

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

## **Zonificación de peligros por movimientos en masa en la micro-cuenca Acomayo - Cusco**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

**Autor:**

Elieser Eder Puma Puma

**Asesor:**

Mg. Jael Calla Calla

Juliaca, diciembre del 2020

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Jael Calla Calla, de la Facultad de Ingeniería Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

### **DECLARO:**

Que el presente trabajo de investigación titulado: **“ZONIFICACIÓN DE PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA MICRO-CUENCA ACOMAYO-CUSCO”** constituye la memoria que presenta el estudiante Elieser Eder Puma Puma para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 23 días del mes de diciembre del año 2020



---

Mg. Jael Calla Calla  
Asesor

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a...22..... día(s) del mes de...diciembre..... del año 2020, siendo las...19:30...horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera....., el (la) secretario(a): Ing. Miguel Ángel Salcedo Munguez..... y los demás miembros Ing. Rony Daniel Diaz Ceguilar..... y el (la) asesor(a) Msc. Joel Gallo Gallo..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Zonificación de peligros por movimientos en masa en la microcuenca Alcomayo - Surco.....

..... de los (las) candidato (as):  
 a) Elisier Eder Ruma Ruma..... b).....  
 ..... c).....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

Ingeniería Ambiental  
(Obtención del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/ a hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Elisier Eder Ruma Ruma.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Candidato/a (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/ a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.


\_\_\_\_\_  
 Presidente/a

\_\_\_\_\_  
 Asesor/a

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (a)

\_\_\_\_\_  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (b)

  
 \_\_\_\_\_  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (c)

# Zonificación de peligros por movimientos en masa en la micro-cuenca Acomayo-Cusco

Puma Puma, Elieser Eder <sup>a\*</sup>; Calla Calla Jael<sup>\*</sup>

*Estudiante de la EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,*

*Universidad Peruana Unión, carretera salida a Arequipa Km 6 Chullunquiani, Juliaca 2020, Perú*

---

## Resumen

La provincia de Acomayo es una de las zonas que a menudo sufre deslizamientos de tierra, que debido a ello aumenta la vulnerabilidad, afectando a la infraestructura, la agricultura, los bienes y la vida. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la zonificación de peligros por movimientos en masa en la micro-cuenca Acomayo-Cusco, específicamente en los centros poblados de Acomayo, Acos y Pillpinto. El método utilizado es el análisis multicriterio basado en la interpretación de parámetros morfométricos para identificar las zonas vulnerables a través del Proceso de Análisis Jerárquico, que tiene cuatro etapas. 1) Identificación de variables que son: cobertura vegetal, geología, fisiografía, pendiente y precipitación. 2) Geoprocesamiento de datos para la elaboración del mapa de peligros donde se aplicó el método de simulación que consiste en la superposición de mapas (variables), desarrollado en un entorno SIG a través del álgebra de capas. 3) Evaluación de los niveles de peligro que representan cada área de la microcuenca y así poder mitigar los riesgos que difieran a la población. 4) Los resultados obtenidos representan el 5.8, 22.6, 33.4, 27.6 y 10.6% de niveles de peligro muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo respectivamente de un área total de 19219.8 Ha, por otro lado, los resultados obtenidos contribuyen con el ordenamiento territorial de manera puntual, para la prevención o mitigación de la inestabilidad física de las áreas críticas identificadas.

*Palabras clave: Cobertura vegetal, fisiografía, geología, movimiento en masa, pendiente, precipitación.*

---

## Abstrac

The province of Acomayo is one of the areas that often suffers from landslides, which because of this increases vulnerability, affecting infrastructure, agriculture, property and life. This study aims to evaluate the zoning of hazards from mass movements in the Acomayo-Cusco micro-basin, specifically in the population centers of Acomayo, Acos and Pillpinto. The method used is the multi-criteria analysis based on the interpretation of morphometric parameters to identify vulnerable zones through the Hierarchical Analysis Process, which has four stages. 1) Identification of variables that are: vegetal cover, geology, physiography, slope and precipitation. 2) Geoprocessing of data for the elaboration of the map of dangers where the simulation method was applied that consists of the superposition of maps (variables), developed in a GIS environment through the algebra of layers. 3) Evaluation of the levels of danger represented by each area of the micro-basin and thus be able to mitigate the risks that differ from the population. 4) The results obtained represent 5.8, 22.6, 33.4, 27.6 and 10.6% of very high, high, moderate, low and very low danger levels respectively of a total area of 19219.8 Ha, on the other hand, the results obtained contribute with the territorial ordering in a punctual way, for the prevention or mitigation of the physical instability of the identified critical areas.

Key words: Vegetal cover, physiography, geology, mass movement, slope, precipitation.

---

\*Elieser Eder Puma Puma  
Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima  
Tel.: +051-935434934  
E-mail: elieser.puma@upeu.edu.pe

## **1 Introducción**

El territorio peruano, debido a su ubicación geográfica, es una de las zonas más inestables del continente sudamericano, cuyas características geológicas, geomorfológicas, climatológicas y sísmicas facilitan el desarrollo de movimientos en masa (MM), que se constituyen en peligros naturales de ocurrencia cada vez más frecuente (Obregon & Lara, 2013).

Según INDECI (2016) menciona que algunas de las provincias de la región Cusco (Paucartambo, Paruro, Acomayo, entre otras) se hallan en un ambiente de crecimiento demográfico relativamente exponencial; es por esa razón y con el fin de contribuir al ordenamiento sustentable del territorio, éstos debieran ser inventariados, valorados y cartografiados para evitar el poblamiento de zonas de riesgo (Mardones & Vidal, 2001).

No obstante, a ello Serrano (2015) menciona que la provincia de Acomayo se encuentra expuesta a diferentes peligros por fenómenos naturales generadoras de desastres que ocasionan pérdidas de vidas humanas, de recursos naturales, pérdidas en la agricultura las que finalmente perjudican las actividades humanas. Además, Tarazona (2018) menciona que el peligro por movimiento en masa afecta a las actividades socioeconómicas principalmente la agricultura, ya que el 70% del territorio es empleado para la agricultura, 20% son glaciares, 7% como herbazales y cubierta rocosa y 3% son usos urbanos.

El método utilizado es el análisis multicriterio basado en la interpretación de parámetros morfométricos para identificar las zonas vulnerables en la micro-cuenca Acomayo-Cusco, a través del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980), quien diseñó para poder resolver problemas complejos de criterios múltiples basado en la selección y asignación de pesos para luego combinar los factores geográficos asociados a la inestabilidad del área analizada. Las variables a utilizar para la zonificación de peligros por movimiento de masa; como: cobertura vegetal, precipitación, pendiente, fisiografía y geología (CENEPRED, 2015).

El presente artículo tiene como objetivo evaluar la zonificación de peligros por movimientos en masa en la micro-cuenca Acomayo-Cusco.

## **2 Materiales y métodos**

### **2.1 Área de estudio**

La provincia de Acomayo está situada en la región suroriental del territorio peruano, limitada al norte con la provincia de Quispicanchis; al este con la provincia de Canchis; al sur con la provincia de Canas y la provincia de Chumbivilcas y al oeste con la provincia de Paruro. Cuyas coordenadas son: este, 209957.79 m y Norte 8459560.26 m, en la zona de 18 Sur, Farfan (2020). De acuerdo a la clasificación de la Autoridad Nacional de Agua (ANA), la micro-cuenca de Acomayo se encuentra en la línea de transmisión de la cuenca del río Urubamba (FAO, 2007).

Actualmente la provincia de Acomayo cuenta con una población total de 24678 habitantes según el último censo realizado, INEI (2017). El área delimitada de la microcuenca de Acomayo, registra desde la parte alta hasta su influencia con la población, que comprende un área total de 19219.8 Ha, tal como se muestra en la figura 1.

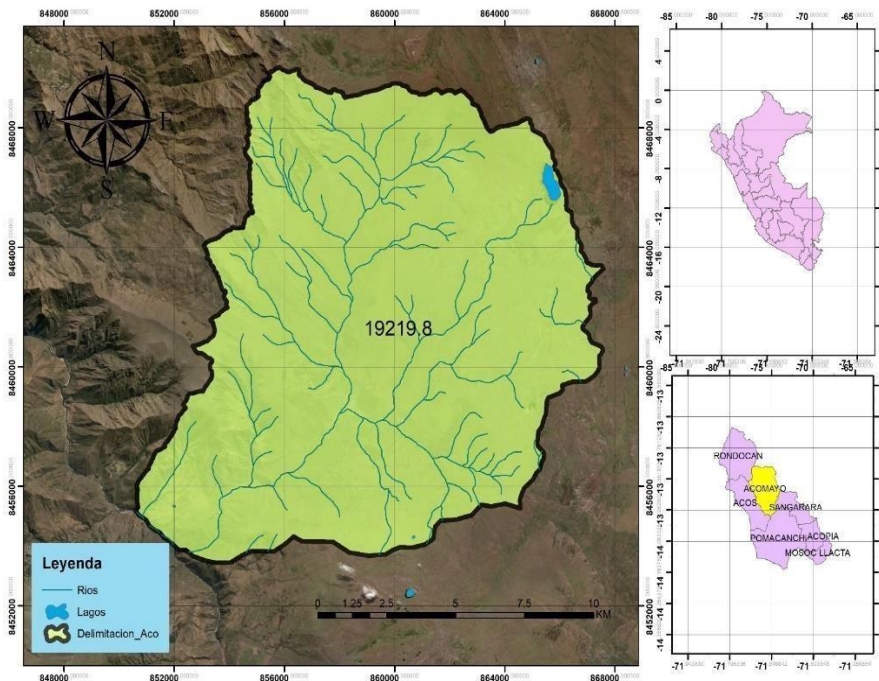


Figura 1 Área de influencia que comprende toda la microcuenca de Acomayo

## 2.2 Proceso de análisis jerárquico (PAJ)

El método utilizado es el análisis multicriterio basado en la interpretación de parámetros morfométricos para identificar las zonas vulnerables en la micro-cuenca Acomayo-Cusco, a través del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), que fue utilizada por el matemático Thomas L. Saaty (1980), diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, con el fin de tomar decisiones y estructurar el problema visual. El punto central de este Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) es asignar una ponderación a los parámetros y descripciones relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados, que son considerados en la gestión de riesgos de desastres mediante la matriz cuadrada es decir el mismo número de filas por el mismo número de columnas, obteniendo como resultado final la ecuación 1 (CENEPRED, 2015).

$$SMMM = \frac{(0.45 * Pend + 0.10 * Fisio + 0.12 * CV + 0.23 * Prec + 0.13 * Geo)}{5} \quad ec. 1$$

Para la generación del mapa de zonificación de peligros por movimiento de masa, se emplearon variables cualitativas y cuantitativas. Las variables cualitativas son: geología, fisiografía y cobertura vegetal, se dispuso a la extracción de archivos shapefiles de las diferentes páginas web que está disponible para el público en general a nivel nacional, que son, MINAM, Worldclim, MINAGRI, entre otros servicios, MINAM (2015). Dentro de las variables cuantitativas se encuentran la pendiente y la precipitación, que se deriva a partir del modelo digital de elevación (MDE), que se descargó del satelital ALOS PALSAR de 12.5m, y en el caso del shapefile de precipitación, se pasó a generar de manera manual con las curvas de nivel a partir de los datos meteorológicos de precipitación, seguidamente se procedió a realizar el mapa de precipitación por el método de Isoyetas, en el software ArcGis versión 10.6, así mismo los datos obtenidos de los últimos 15 años (Osorio & Orejuela, 2008).

La generación del mapa de peligros comprende cuatro etapas, que se describen a continuación: **Primero**, la delimitación del área total de estudio. **Segundo**, la delimitación de áreas por cada variable, consiste en hacer

un recorte con la herramienta “Clip” como entidad de entrada cobertura vegetal, fisiografía, geología, pendiente y precipitación y como entidad de recorte la cuenca delimitada. **Tercero**, la evaluación de los niveles de peligro por cada variable. **Cuarto**, la generación del mapa de peligros, consiste en el geoprocésamiento aplicando las variables reclasificados según las bases legales del MINAGRI como también a criterio, de este modo se observa las áreas de peligro con una automatización en el programa de ArcGIS 10.6 (Marcano & Cartaya, 2013).

### 2.2.1 Variables

Las variables aplicadas en este estudio abarcan la misma área de la cuenca delimitada, estas ya dependen de los atributos que presentan cada variable para la influencia de movimientos en masa (Benavides, 2019).

#### 2.2.1.1 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal es un factor de protección contra la erosión pluvial del suelo, debido a ello aumenta la evapotranspiración y la infiltración, disminuye la escorrentía y un efecto positivo que produce la vegetación es mantener la estabilidad superficial del terreno y evita la degradación, ya que las raíces cohesionan las partículas del suelo y disminuyen la disgregación de los niveles superficiales (IBARRA, 2008).

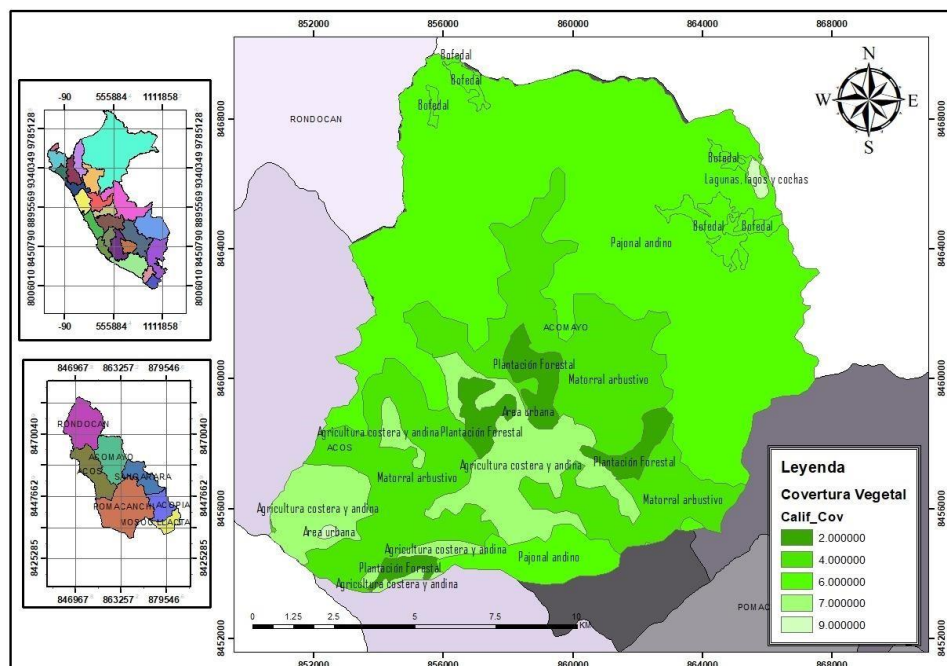


Figura 2 Mapa de cobertura vegetal

Se muestra la mapa de cobertura vegetal con sus respectivos rangos: un rango máximo 9 a un rango mínimo 2, lo que indica que el “Área urbana” comprende de un rango (9) en esta área la influencia de movimientos en masa es mayor debido a la inexistencia de una cobertura vegetal, en el rango (7) comprende a la “Agricultura costera y andina” esta área es el segundo con mayor peligro de movimientos en masa, que presenta un suelo erosionado debido a su escasa vegetación (Rincon, 2019).

La calidad de la cubierta vegetal difiere de acciones antrópicas, con su capacidad de resiliencia, en términos generales la vegetación alto andina, se caracteriza por la dispersión y escasa representatividad de sus componentes. La presencia de una cobertura vegetal también favorece el drenaje por la absorción del agua superficial del terreno, al mismo tiempo disminuye el efecto producido por la erosión hídrica (Pineda, Martínez, & Vilorio, 2016).

### 2.2.1.2 Precipitación

La precipitación es una variable que contribuye el punto clave de la erosión, no solamente por el efecto destructivo propio de cada evento pluviométrico, sino porque, en gran parte, el régimen anual y distribución en el tiempo de las precipitaciones conforman el manto vegetal protector del suelo y condicionan la formación de las aguas superficiales y subterráneas (Sánchez, 2011).

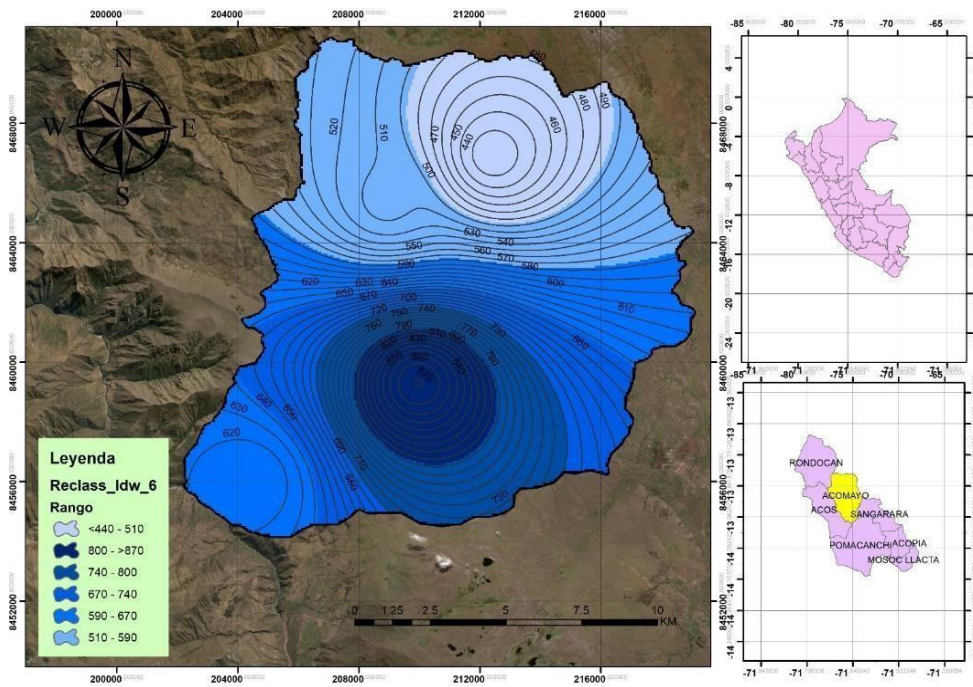


Figura 3 Mapa de precipitación

En la figura N°03, corresponde a la variable de precipitación con sus respectivos rangos como se muestra en su leyenda, en la cual se clasificó de un rango máximo 870mm a un rango mínimo 440 mm a base de nuestro GRIDCODE (son datos acumulados de precipitación según WORLDCLIM), que nos menciona que a mayor precipitación la influencia de peligro a movimientos en masa será mayor y a menor precipitación tendrá menor peligro a movimientos en masa, en nuestra micro-cuenca muestra una mayor precipitación en el noreste de la área urbana con un máximo de 870mm.

Los niveles de precipitación promedio mostrado en dicha cuenca, se interrelaciona con los niveles de precipitación que establece dicha entidad; los niveles máximos registrados son mayores a 870 mm anuales lo cual muestra la probabilidad que ejerce sobre la influencia de movimientos en masa (SENAMHI, 2014).

### 2.2.1.3 Pendiente

La pendiente está muy relacionada con la aparición de movimientos en masa dado que es el principal factor geométrico que aparece en los análisis de estabilidad y es una de las principales condiciones para que ocurra un movimiento en masa. La variable está relacionada directamente con las tensiones de cortes tangenciales y normales en la formación superficial y en suelos, e influye también en la distribución de agua en la ladera (IDEAM, 2012).



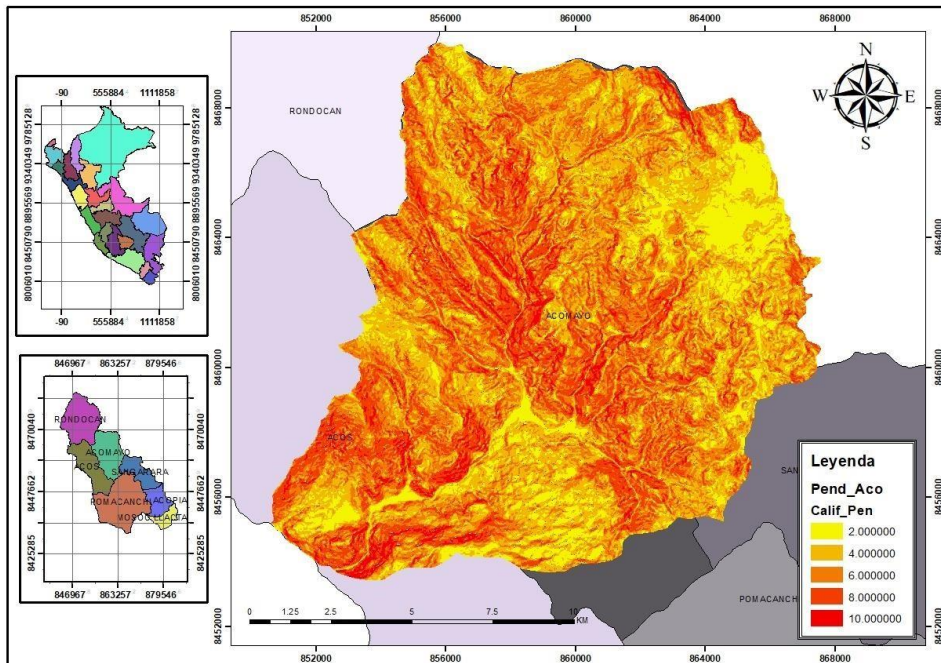


Figura 4 Mapa de pendiente

Correspondiente a la variable pendiente que se ha clasificado de un rango máximo 10 y un rango mínimo 2. En el rango 10 corresponde a la descripción de una “pendiente extremadamente empinada”, son áreas montañosas que pueden tener caídas de rocas y derrumbes debido a ello influye más en movimientos en masa. En el rango 8 y 6 corresponden a la descripción fuertemente y moderadamente empinado, son áreas montañosas con menor pendiente. En el rango 4 está conformada por una pendiente moderadamente a fuertemente inclinado que representa a lomadas de menor pendiente. En el rango 2 conforma una pendiente plana o ligeramente inclinada, por consiguiente, su influencia a movimientos en masa es menor. Cabe resaltar que la pendiente es una variable muy importante en la evaluación de todo tipo de procesos de movimientos en masa, diversos autores consideran esta variable es fundamental en el análisis de susceptibilidad (Aristizábal & Yokota, 2008).

#### 2.2.1.4 Geología

La geología es uno de los parámetros más importantes para analizar la susceptibilidad a los movimientos de masa, pero también es considerado uno de los más complejos de evaluar, debido a las diferentes asociaciones de rocas que se presentan y que condicionan su competencia geomecánica (fracturamiento) y resistencia (meteorización) (Capra, Lugo, & Zamorano, 2014).

**Tabla 1**

Tabla de atributos de la variable "Geología"

FID	Shape	Descripción	calif_geo
0	Polygon ZM	Áreas con construcciones actuales de origen antrópico	10
1	Polygon ZM	Acumulaciones de agua depositadas en depresiones	8
2	Polygon ZM	Toba de cristales riolítica a dacítica, biotitas alteradas, líticos alterados sericita clorita	2 a
3	Polygon ZM	Lavas afaníticas y porfíricas, de composición dacítica y andesítica, estratificadas con tobas en bloques de composición riodacítica	3
4	Polygon ZM	Lavas y brechas de naturaleza andesítica con vulcanitas y aglomerados grises	5
5	Polygon ZM	Gravas redondeadas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa	8
6	Polygon ZM	Clastos dispersos en conjuntos polimícticos con matriz de arena guijarrosa o grava arenoza, intercalada con arenas y limos poco 8 gradados	8
7	Polygon ZM	Depósitos clásticos de transición, escasa selección, insipiente estratificación y gran extensión; constituidos por arenas gruesas, gravillas, gravas y en menor proporción bloques	10

Nota: CALIF\_FIS=Calificación fisiografía

La tabla N°01, corresponde a la variable de geología que se ha clasificado de un rango (máximo de 10 y un rango mínimo 2), en los rangos 10 mayormente están las áreas con actividad antrópica, áreas constituidas por gravas, materiales sedimentarios, etc. estas áreas se caracterizan por presentar un área con mayor peligro a movimientos en masa. En el rango 8, estas áreas están conformados de clastos dispersos intercalado con arenas y limos poco gradados, generalmente este tipo de material se encuentran en un sistema fluvial en el que toda la gama de granos transportados por el agua en movimiento, consiste en piezas erosionados de rocas sólidas, en esta área descrita se presenta un peligro significativo a movimientos en masa. En el rango 5 estas áreas están conformadas por lavas y brechas de naturaleza andestica y aglomerados grises, son generadas por erupciones volcánicas. En el rango 2 y 3 estos materiales ya tienen procedencia de rocas ígneas y tienen menor peligrosidad en el movimiento en masa (Melendez, 2011).

La microcuenca de Acomayo, tiene una gran influencia en la aparición de "argayos" (tierra y piedras que se desprende de la ladera de un monte). De acuerdo a las inestabilidades en las litologías de los tramos carboníferos productivos constituidos por alternancia de lutitas y areniscas según Cuesta (2003). En España en la cuenca Valle de Nalón, tomaron un valor de (1) las litologías que han mostrado ser altamente susceptibles a sufrir inestabilidades del tipo de los argayos y un valor (0) las que no son favorables a desarrollar argayos las capas de caliza y areniscas (INGEMMET, 2015).

Según Vazques & Victoria, (2016) menciona que la geología comprende suelos residuales, rocas blandas pertenecientes a la unidad intrusiva. La obra, formación volcánica el abanico, conos coluviales y abanico aluvial.

### 2.2.1.5 Fisiografía

La variable de fisiografía es muy necesario e imprescindible para el estudio de suelos, también involucra la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve, litología y estructuras predominantes, en la zona de estudio (Fernández, 2009).

**Tabla 2**

Tabla de atributos de la variable "Fisiografía"

Shape	OBJECTID	GRAN_PAIS	PAISAJ	SUB_PAISAJ	calif_fis	
0	Polygon ZM	14	Colinoso (degradacional)	Colina estructural volcánica	Colina alta	6
1	Polygon ZM	21	Montañoso (degradacional)	Montaña degradacional	Montaña baja	8
2	Polygon ZM	29	Montañoso (degradacional)	Montaña estructural volcánica	Montaña baja	7
3	Polygon ZM	32	Valle (agradacional)	Valle aluvial	Valle	5
4	Polygon ZM	70	Área de actividad antrópica	Área de actividad antrópica	Área de actividad antrópica	9
5	Polygon ZM	73	Laguna	Laguna	Laguna	3

*Nota:* GRAN\_PAIS=Gran paisaje; PAISAJ=Paisaje; SUB\_PAISAJ=Sud paisaje; CALIF\_FIS=Calificación fisiografía

La tabla N° 02 corresponde a la variable fisiografía, que se clasificó en diferentes rangos en su tabla de atributos, de un rango máximo 9 a un rango mínimo de 3. En lo cual se observa como máximo valor “área de actividad antrópica”, este se caracteriza por presentar un área con mayor peligro a movimiento de masa, también se identificó dentro de ello un área de “montaña degradacional”, dándole un rango de 8, debido a que esta área está conformada por estructuras sedimentarias, en seguida tenemos el área de “montaña estructural volcánica” dándole un rango de 7, esto debido a que presenta afloramientos de rocas volcánicas y a la vez presentan laderas con pendientes fuertes. Se presenta también un área de “colina estructural volcánica” dándole un rango de 6, esto a que presenta también afloramientos de rocas volcánicas, con la diferencia que una colina no supera los 100 metros hasta la cima. También se tiene el área de “valle aluvial” dándole un rango de 5, esto debido a que la parte orográfica que contiene son mayormente causas y que esto puede ser inundado fácilmente ante una crecida de las aguas. Y como última área tenemos “lagunas”, dándole un rango mínimo de 3, esto debido a que no presenta una pendiente empinada.

Según Serrano (2009) la clasificación fisiográfica, desde su origen, ha sido reconocido y empleado por el mismo IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), utilizando la misma metodología y es uno de los patrones de clasificación para unidades fisiográficas y las relaciones que suceden en el espacio geográfico y, sobre todo, en el espacio biofísico.

### 3 Resultados y discusiones

#### 3.1 Mapa de movimiento de masa de la Microcuenca de Acomayo

Los procesos de remoción en masa o movimientos en masa, generalmente ocurren por acciones o mecanismo naturales y antrópicos, los cuales tiene como factor detonante la pendiente, cobertura vegetal, fisiografía, geología y precipitación de la cuenca. Suarez D. (1998), considera que el gradiente topográfico, sismicidad, meteorización de la roca y las lluvias intensas, son factores relevantes en la presencia de este tipo de eventos extremos que ocurren generalmente en el país durante el período de precipitaciones.

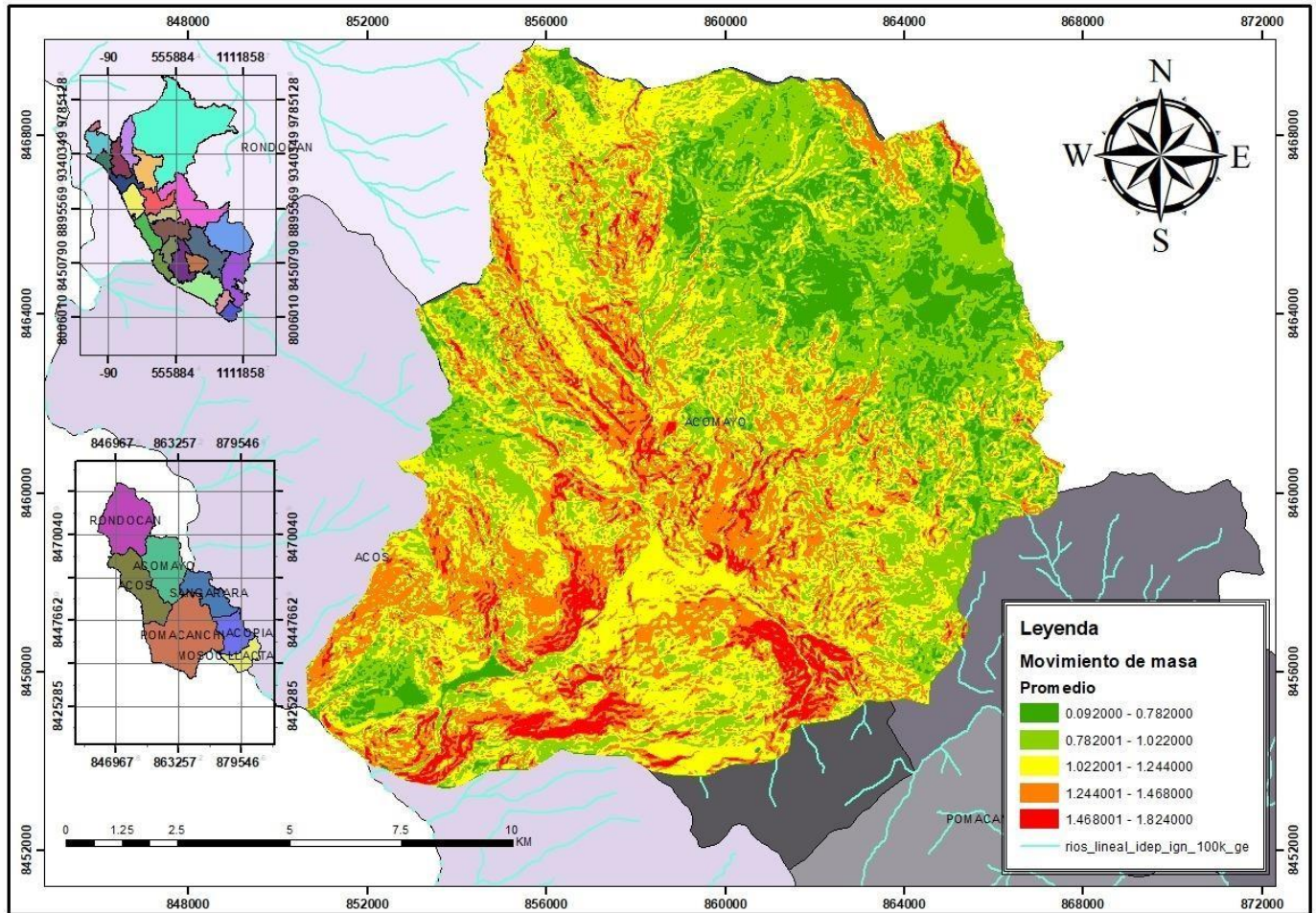


Figura 5 Mapa de movimiento de masa

Tabla 3

Clasificación de niveles de peligros

Calificación	Nivel de peligro	Area_ha	Área_%
0.092-0.782	Muy bajo	2043.4	10.6
0.782-1.022	Bajo	5306.2	27.6
1.022-1.244	Moderado Alto	6422.6	33.4
1.244-1.268	Muy alto	4356.4	22.6
1.268- >1.824		1125.3	5.8
Total		19253.9	100

El modelo resultante de movimientos en masa se agrupa en las categorías de; **Muy alto**: son áreas con muy alto nivel de peligro, que influye la pendiente y el tipo de litología para que ocurra un deslizamiento de materiales rocosos, tierras etc., cuenta con un área de 1125.3 ha, estadísticamente representa el 5.8% del área total de la micro-cuenca de Acomayo. Seguidamente tenemos el nivel **Alto**: estadísticamente cuenta con un porcentaje de 22.6%, ocupando un área total de 4356.4 ha, esta área con el tiempo puede presentar desprendimiento de tierras y piedras de las laderas, no obstante, el nivel **Moderado**: cuenta con un área total de 6422.6 ha, estadísticamente representa un porcentaje de 33.4%, siendo la categoría más extensa. Después tenemos el nivel **Bajo**; que cuenta con un área total de 5306.2 ha, estadísticamente representa un porcentaje de 27.6%, y finalmente el nivel **Muy bajo**: cuenta con área total de 2043.4 ha, estadísticamente representa un porcentaje de 10.6%.

La vulnerabilidad debe ser el primer acercamiento hacia la evaluación de movimientos en masa, que explica la distribución espacial. Por lo tanto, la amenaza corresponde a un acercamiento posterior a una mayor escala para conocer la frecuencia y magnitud de la ocurrencia de movimientos en masa. Entonces se debería entenderse como la consecuencia de las condiciones intrínsecas del terreno y los cambios generados por los procesos externos que hacen que se disminuyan las condiciones de equilibrio, hasta que la presencia de un factor detonante inicia el movimiento en masa (Mendoza & Aristizabal, 2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos de la simulación del mapa de peligros por movimientos en masa para el municipio de Achocalla, Bolivia; consideraron los factores; pendiente del terreno, cobertura vegetal, geomorfología de suelos e influencia del drenaje superficial, también los factores de precipitación y la influencia de la población relacionados con amenazas, de acuerdo al autor se concuerda las variables que se tomó para poder generar un mapa de peligros por movimientos en masa para la microcuenca de Acomayo (Mamani, 2019).

Así mismos se recomienda implementar sistemas de alerta temprana que permitan mitigar el peligro al que se encuentra expuesto el centro poblado de Acomayo, dicho sistema debe funcionar mancomunadamente con entidades del orden público y la población, esta última por medio de capacitaciones que den lugar al conocimiento del peligro por movimientos en masa al que se encuentran. También nos menciona estabilizar las zonas susceptibles a presentar movimientos en masa con especies que tengan raíces profundas para que le den estabilidad al terreno (Fonseca & Azate, 2019).

#### 4 Conclusiones

El estudio de zonificación de peligros por movimientos en masa en la microcuenca de Acomayo, representa el 5.8%, 22.6%, 33.4%, 27.6% y 10.6% de niveles de peligro muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo respectivamente, de un área total de 19219.8 Ha. Los resultados obtenidos contribuyen con el ordenamiento territorial de manera puntual, para la prevención o mitigación de la inestabilidad física de las áreas críticas propensas a deslizamientos en masa.

Los resultados obtenidos de la zonificación de peligros por movimientos en masa solo identifican las áreas potencialmente susceptibles y no implica un periodo de tiempo durante el cual pueda ocurrir un proceso de deslizamiento de tierra, de la misma manera nos permite sectorizar las zonas potenciales a sufrir estos fenómenos, en base a las condiciones intrínsecas del terreno.

## 5 Bibliografía

- Aristizábal, E., & Yokota, S. (2008). Evolución Geomorfológica del Valle de Aburrá y sus Implicaciones en la Ocurrencia de Movimientos en Masa. *Redalyc*, 1-15. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1695/169516254002.pdf>
- Benavides, M. F. (2019). Propuesta Metodológica Para la Zonificación de peligrosidad Por Movimientos En Masa en Cuencas Intramontanas. Ciudad De Loja. *Google Academico*, 1-49. Obtenido de [https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/4966/1/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n\\_Mario%20Fabian%20Benavides%20Rojas.pdf](https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/4966/1/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n_Mario%20Fabian%20Benavides%20Rojas.pdf)
- Capra, L., Lugo, J., & Zamorano, J. J. (2014). La Importancia de la Geología en el Estudio de los Procesos de Remoción en Masa. *Scielo*, 1-10. Recuperado el 1 de Noviembre de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v58n2/1405-3322-bsgm-58-02-205.pdf>
- CENEPRED. (2015). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. 208-220. Obtenido de [https://www.cenepred.gob.pe/web/wpcontent/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-deRiesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wpcontent/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-deRiesgos_v2.pdf)
- FAO. (2007). Sistemas Ingeniosos del Patrimonio Agrícola Mundial: Corredor Puno-Cusco. 5-10. Obtenido de [http://www.fao.org/fileadmin/templates/giahs/PDF/National\\_Project\\_Document\\_Peru.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/giahs/PDF/National_Project_Document_Peru.pdf)
- Farfan , F. E. (2020). La Ocupación Inka en la Microcuenca de la laguna de Pomacanchi. *UNSAAC*, 1-15. Recuperado el 1 de Noviembre de 2020, de [https://www.academia.edu/36402682/LA\\_OCUPACION\\_INKA\\_EN\\_LA\\_CUENCA\\_DE\\_LA\\_LAGUNA\\_DE\\_POMACANCHI\\_pdf](https://www.academia.edu/36402682/LA_OCUPACION_INKA_EN_LA_CUENCA_DE_LA_LAGUNA_DE_POMACANCHI_pdf)
- Fernández, D. (2009). Eventos de Remoción en Masa en la Provincia de Tucumán: Tipos, Características y Distribución. *Asociación Geológica Argentina*, 1-12. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31658516/Fernandez\\_2009\\_RAGA.pdf?1375330889=&response-contentdisposition=inline%3B+filename%3DFernandez\\_2009\\_RAGA.pdf&Expires=1606145340&Signature=YDelsPVwLF5Y8oRSfkYBzWfOIEi7De2rhA8EaqMBLTN635~Rmg9tohvHC3jwezrDVof6](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31658516/Fernandez_2009_RAGA.pdf?1375330889=&response-contentdisposition=inline%3B+filename%3DFernandez_2009_RAGA.pdf&Expires=1606145340&Signature=YDelsPVwLF5Y8oRSfkYBzWfOIEi7De2rhA8EaqMBLTN635~Rmg9tohvHC3jwezrDVof6)
- Fonseca, F. R., & Azate , D. A. (2019). Zonificación de Amenaza y Evaluación del Escenario de Riesgo por Movimiento en Masa en la Zona Rural del Municipio de Coper Boyacá. 10-30. Recuperado el 1 de Noviembre de 2020, de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/2494>
- Hidalgo, H. E. (2014). Zonificación de Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa Mediante Geoprocesamiento con Herramientas SIG en la Cuenca del Río Azufral. 1-22. Recuperado el 2 de Noviembre de 2020, de [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11588/Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1iVNvMzmFn5gN3iSHGB5-8qrYpOy1D62w6xtVg5e\\_SAVU7WK40P5ygqpo](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11588/Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1iVNvMzmFn5gN3iSHGB5-8qrYpOy1D62w6xtVg5e_SAVU7WK40P5ygqpo)
- Ibarra, J. H. (2008). Construcción de un Indicador de Riesgo de Movimientos en Masa en la Comuna de San Clemente, Región del Maule. 23-27. Recuperado el 4 de noviembre de 2020, de [http://ctha.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis\\_de\\_grado/ibarra\\_j.pdf](http://ctha.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/ibarra_j.pdf)

- IDEAM. (2012). Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en Masa. 10-20. Recuperado el 2 de Noviembre de 2020, de [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM\\_oficial\\_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745#:~:text=La%20pendiente%20está%20muy%20relacionada,ocurra%20un%20movimiento%20en%20masa.](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745#:~:text=La%20pendiente%20está%20muy%20relacionada,ocurra%20un%20movimiento%20en%20masa.)
- INDECI. (2016). Huayco Afecta al Distrito de Acomayo – Cusco. *COEN (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional)*, 3.
- INEI. (2017). Crecimiento y Distribución de la Población total, 2017. 1-80. Recuperado el 1 de Noviembre de 2020, de [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf)
- INGEMMET. (2015). Movimientos en Masa, Modeladores del Paisaje en los Andes Peruanos. 1-4. Obtenido de [http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2087/1/VilchezMovimientos\\_en\\_masa\\_andes\\_peruanos.pdf](http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2087/1/VilchezMovimientos_en_masa_andes_peruanos.pdf)
- Mamani, H. A. (2019). Aplicación Combinada: Sistema de Información Geográfica (SIG) y Evaluación Espacial Multicriterio (EEM). *Scielo*, 1-9. Recuperado el 2 de Noviembre de 2020, de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-75322019000100006&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322019000100006&lng=es&nrm=iso)
- Marcano, A., & Cartaya, S. (2013). Zonificación de la Amenaza por Procesos de Remoción en Masa Originados por las Precipitaciones entre Camurí Chico y Punta Tigrillo, estado Vargas, Venezuela. *Dialnet*, 2-6. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4687634>
- Mardones, M., & Vidal, C. (2001). Zonificación y Evaluación de los Riesgos Naturales de Tipo Geomorfológico: Un Instrumento para la Planificación Urbana en la Ciudad de Concepción. *Scielo*, 2-5. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S025071612001008100006&script=sci\\_arttext&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S025071612001008100006&script=sci_arttext&tlng=e)
- Meléndez, C. A. (2011). Zonificación del Potencial de Riesgo por Movimientos en Masa en la Subcuenca Payhua, Cuenca Media del Río Rímac, Distrito de Matucana-provincia de Huarocharí . 1-15. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/710>
- Mendoza , J., & Aristizabal, E. (2017). Metodología para la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa en proyectos lineales. Estudio de caso en el acueducto del municipio de Fredonia, Antioquia. *Scielo*, 1-34. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v13n26/17949165-ince-13-26-00173.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. 1-25. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPANACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETALFINAL.compressed.pdf>
- Obregón, C., & Lara, J. (2013). Mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa: Una Herramienta para la Gestión Sostenible del Territorio. 1-16. Obtenido de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/10622/11094> Osorio, J. C., &

- Orejuela, J. P. (2008). El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la Toma de Decisiones Multicriterio. Ejemplo De Aplicación. *Redalyc*, 1-7. Recuperado el 01 de Noviembre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920503044.pdf>
- Pineda, M. C., Martínez, J. A., & Vilorio, J. (2016). Relación entre los Cambios de Cobertura Vegetal y la Ocurrencia de Deslizamientos de Tierra en la Serranía del Interior, Venezuela. 1-8. Recuperado el 1 de Noviembre de 2020, de [https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/190-PINEDA40\\_3.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/190-PINEDA40_3.pdf)
- Rincón, B. (2019). Elaboración de un Inventario de Movimientos en Masa Mediante Técnicas Geomáticas en el Municipio de Villeta Cundinamarca. 2-15. Obtenido de [https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/2729/1/TRABAJO%20DE%20GRADO\\_CAMILA%20BELTRAN%20RINCON.pdf](https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/2729/1/TRABAJO%20DE%20GRADO_CAMILA%20BELTRAN%20RINCON.pdf)
- Saaty, T. (1980). Modelos, Métodos y Conceptos; Aplicaciones del Proceso de Jerarquía Analítica. *Scielo*.
- Sánchez, D. (2011). Precipitaciones Extremas y sus Implicaciones en Procesos de Remoción en Masa en la Planificación Urbana de Tampico, México. *Redalyc*, 2-10. Recuperado el 4 de Noviembre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/171/17121091005.pdf>
- SENAMHI. (2014). Estimación de Umbrales de Precipitaciones Extremas para la Emision de avisos Meteorologicos. Lima. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-6.pdf><https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-6.pdf>
- Serrano, E. (2015). Analisis Situacional de la Provincia de Acomayo. 10-20. Obtenido de <http://www.diresacusco.gob.pe/ASISprov/acomayo.pdf>
- Suarez D., J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda. Recuperado el 2 de Octubre de 2020, de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Tarazona, J. P. (2018). Estimación del Riesgo por Movimientos en Masa en la Subcuenca del Río Ancash - Yungay 2016. *Google Academico*, 10-20.
- Villon, H. (2018). Identificación de las Condiciones de Riesgos de Desastres y Vulnerabilidad al Cambio Climático de la Región Cusco. *MINAM*, 3-5.