



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA CUENCA TANAUCA ESTUDIO DE CASO

### ANALYSIS OF VULNERABILITY BY PHENOMENA OF LANDSLIDES IN THE TANAUCA BASIN CASE STUDY

ANGULO E, Wilson Javier<sup>1</sup>; MENDOZA P, Jhaird Andres<sup>2</sup>; RIVERA A, Héctor Uriel<sup>3</sup>

1 estudiante programa Ingeniería Ambiental. Facultad de ingeniería y Arquitectura. Universidad de Pamplona. e-mail: wangulo47@gmail.com

2 estudiante VII semestre, programa Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Pamplona. e-mail: jhaird19@hotmail.com

3 Ingeniero Ambiental, Magister en Planificación Urbana, Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL. e-mail: hriveraalarcon@hotmail.com

#### RESUMEN:

El fenómeno de remoción en masa constituye una amenaza importante ya que en combinación con la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas, determina el riesgo a desastres próximos, este artículo tiene como objetivo dar a conocer un análisis detallado de la vulnerabilidad por estos fenómenos en la cuenca Tanauca, para ello se realizó un análisis de la información secundaria mediante la recopilación de datos basados en el plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, en el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de pamplona y en los datos hidro meteorológicos de la estación ISER de pamplona, en conjunto con estudios realizados para la caracterización física de los suelos presentes en esta zona; El predominio de suelos arenarcillosos causan una baja permeabilidad y por lo tanto una elevada retención de agua y de nutrientes, no obstante poseen una baja porosidad siendo suelos que carecen de buenas posibilidades de aireación mostrando una gran resistencia a la penetración de raíces y obstaculizando el nacimiento de plantas, el inadecuado manejo agrícola y pecuario al que está expuesto el suelo, ha hecho que este se deteriore significativamente ocasionando una pérdida de la capa vegetal y con efecto de la precipitación originando una erosión laminar quedando expuesta la zona a derrumbes o deslizamientos.

**PALABRAS CLAVE:** Compactación, endurecimiento, acidificación, susceptibilidad, granulometría, cohesión.

#### ABSTRAC:

The phenomenon of landslides constitute a major threat since in combination with the vulnerability of the populations exposed, determines the next disaster risk, this article is intended to present a detailed analysis of the vulnerability by these phenomena in the Tanauca basin, it conducted an analysis of secondary



information through the collection of data based on the land use and watershed management plan in the basic land use plan, the municipality of Pamplona and hydro meteorological data from Pamplona station ISER in conjunction with studies made for the physical characterization of the soils present in this area; The prevalence of sandy-clay soils cause a low permeability and therefore a high water and nutrient retention, however have a low porosity soils that lack good ventilation possibilities to be showing great resistance to the penetration of roots and hindering the birth of plants, inadequate agricultural and livestock management to which the soil is exposed it has done this to deteriorate significantly causing a loss of the topsoil and effect of precipitation causing an erosion laminar leaving exposed the area to landslides.

**KEYWORDS:** compaction, hardening, acidification, susceptibility, Sazette, cohesion.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Cuenca Tanauca nace al sur-oriente de la región del municipio de Pamplona N. de S. a una altura de 3400 m.s.n.m., en las coordenadas planas X: 1165169 Y: 1303937, sus aguas fluyen hacia el Noreste donde desembocan al río Pamplonita a los 1975 m.s.n.m., en su recorrido tiene como afluentes a la quebrada Santa Helena, La Quebrada Chichira o Plazuelas y la Quebrada Fontibón, que al unirse estas tres forman la Quebrada Tanauca, red hidrográfica con diversidad de paisajes y condiciones topográficas y climatológicas típicas de la zona andina.

La cuenca Tanauca está compuesta por el 10% del territorio de la vereda Fontibón, el 40% de la Chichira y el 33% de la vereda el Naranjo. El área de la cuenca corresponde aproximadamente a 1462.35 Has. Aproximadamente.

Cuando se habla de una zona con vulnerabilidad a que se genere un fenómeno de remoción en masa, se hace referencia aquella zona que está expuesta a un fenómeno con potencialidad destructora, la cual se debe a amplios factores ligados a características

intrínsecas del lugar incluyendo su topografía, climatología, movimientos sísmicos, propiedades de los suelos que la componen, coberturas vegetales y la influencia de las actividades humanas (Rojas et al., 2011).

La remoción en masa es un movimiento de una masa de suelo, causado por la infiltración del agua y la acción de la gravedad. Puede ser de movimiento o flujo lento como la soliflucción o de flujo rápido como los derrumbes (Solano et al., 2013).

Dadas las graves pérdidas en infraestructura, viviendas, equipamiento y vidas humanas que eventualmente pueden generar los movimientos de remoción en masa, los instrumentos de planificación territorial llevan a cabo estudios de riesgos geofísicos, en los que se definen zonas con alto, medio y bajo riesgo de remoción en masa, para que sean consideradas en la zonificación final de usos del suelo.

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial es el instrumento técnico y normativo, mediante el cual la administración municipal concertadamente con los actores sociales y particulares fijan objetivos, directrices, políticas, programas,



estrategias, metas, actuaciones y normas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo del municipio (áreas urbana y rural) a corto, mediano y largo plazo, para mejorar el nivel y calidad de vida, en concordancia con el modelo de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales de la región (Rivera, et al., 2013).

## 2. METODOLOGIA

Los desastres naturales corresponden al efecto perturbador que provoca sobre un territorio un episodio natural extraordinario y que, a menudo, supone la pérdida de vidas humanas (Ayala Caicedo y Olcina 2002). Una forma de medir la incidencia de estos fenómenos sobre el paisaje cultural es evaluando el 'riesgo natural', definido como la probabilidad de ocurrencia en un lugar y en un momento determinados de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad, capaz de causar daño a las personas y a sus bienes. La magnitud del riesgo de los desastres naturales depende de la amenaza y del grado de vulnerabilidad de la población, los cuales no pueden considerarse de manera independiente; es decir, la amenaza no existe sin que un elemento presente vulnerabilidad ante ella, y viceversa (Chardon 2002).

Diversos autores Makrey (1998), CEPAL-BID (2000), Cardona (2001), GTZ (2002), establecen que la vulnerabilidad se puede definir a través de factores físicos, naturales, ecológicos, tecnológicos, sociales, económicos, territoriales, culturales, educativos, funcionales, político institucionales y administrativos, con un carácter de temporales principalmente.

La identificación de numerosos factores de vulnerabilidad, fueron reunidos y clasificados para dar cuenta de la real complejidad del concepto de la vulnerabilidad de manera detallada, para el ámbito del presente trabajo

Para determinar la vulnerabilidad de la cuenca Tanauca se establecieron dos etapas:

En primer lugar, una revisión de antecedentes generales y específicos de: el plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) del municipio de pamplona, específicamente capítulo V, artículo 1.7, en el que se establece la Susceptibilidad de la zona a remoción en masa, el Plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA) del río pamplonita, específicamente tomo III y datos hidrometeorológicos del IDEAM 2014.

Finalmente una segunda etapa, en la cual se realizó una caracterización de suelos siguiendo el método descrito por Joseph E. Bowles 1980, en el cual es necesario caracterizar el tamaño de las partículas de una muestra, su proceso es secar la muestra al aire libre, llevarla a una serie de tamices los cuales tienen diámetros estándar determinados por la ASSHO y que junto con la determinación de los límites plástico y líquidos por el método de Casagrande 1936, se pueden definir los porcentajes de grava, arena, arcilla y limo procediendo a clasificarlos según lo establecido por el sistema unificado de clasificación de suelos (USCS).

## 3. ANALISIS Y RESULTADOS

### PRIMERA ETAPA: Análisis de información primaria

Los instrumentos indicativos que ordenan el territorio y que están contemplados en la legislación vigente son de gestión, y tienen por objetivo contribuir a ordenar,

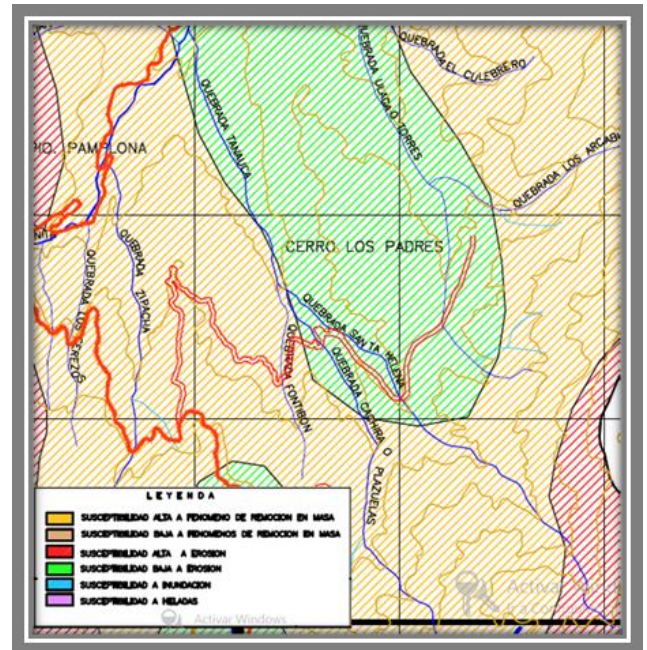


sistematizar y orientar el proceso de desarrollo de los territorios según las demandas de la sociedad, para entregar un marco de referencia en el proceso de toma de decisiones. Mientras que los instrumentos normativos reglamentan o regulan el uso del suelo, tanto de los territorios bajo régimen de propiedad

privada como de los de propiedad pública. Estas regulaciones restringen o permiten el desarrollo de determinados usos del suelo, siendo los estudios de riesgos la base para cualquier proceso de ordenamiento territorial.

Las pendientes presentes en la cuenca (imagen 1.) Se manifiesta como un valor determinante en la clasificación de este fenómeno y su relación con los movimientos en masas de manera que; a mayor el grado de pendiente aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masas (imagen 2.)

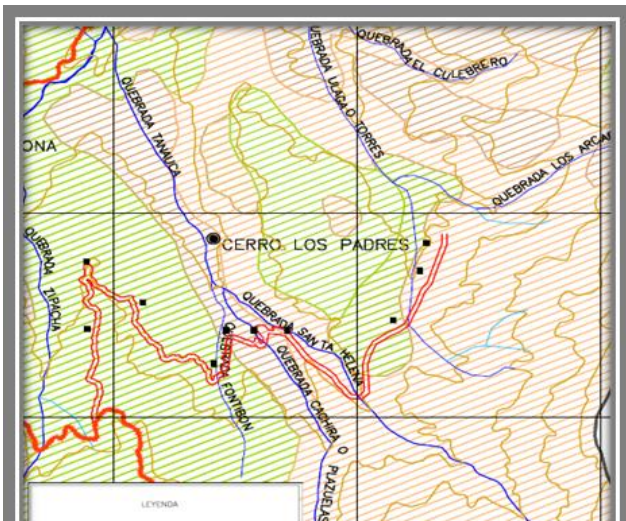
**Imagen 1.** - Fuente: Mapa de pendientes del municipio de pamplona - PBOT



**Imagen 2.** - Fuente: Mapa de susceptibilidad del municipio de pamplona - PBOT

**Tabla 1.** Análisis Físicos y Químicos del suelo

Profundidad (cm)	DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS MINERALES			
	AREN A	Lim o	Arcilla	Clase Textura
2-0,05 mm	0,05 - 0,00	<0,02 mm		







		<b>2 mm</b>		
00 – 40 cm	34,00	38,00	28,00	FAr

abundantes, finas y muy finas; limite abrupto, irregular; pH 4,2.

Profundidad (cm)	pH del suelo	% S. Al.	CO (%)	MO (%)	N (%)	C/N	P (ppm)
	En agua 1:1						
00 – 40 cm	4,20	0,00	3,37	5,81	0,29	11,62	1

CLC cmol(+)/Kg	Base intercambiables cmol(+)/Kg				Suma de bases cmol(+)/Kg	Acidez intercambiable cmol(+)/Kg	Saturación de bases (%)	Saturación de cada base (%)			
	Ca ++	Mg ++	Na +	K +				Ca ++	Mg ++	Na +	K +
4,30	0,2	0,2	0,1	0,1	0,60	3,70	14	4,65	4,65	2,32	2,32

Con

base a los datos meteorológicos (Tabla 2.), con una serie histórica de 10 años y los estudios actuales realizados en la cuenca, se observa que la degradación del suelo es un fenómeno típico de esta región, donde la intensa radiación solar diurna, la humedad y la precipitación pluvial, se combinan para deteriorar las propiedades físicas de aquellos terrenos que están expuestos superficialmente; la precipitación en esta zona es de carácter bimodal, es decir representan 2 periodos de gran pluviosidad que van de abril a mayo el primero y de septiembre a noviembre el segundo; los meses restantes pertenecen a épocas de verano.

**Fuente:** línea base componente suelos, POMCA, río pamplonita 2012

El perfil (Tabla 1.) Presenta color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, débil; consistencia en mojado ligeramente plástica y ligeramente pegajosa; poros abundantes, muy finos, finos; actividad de macro organismos abundante; raíces

**Tabla 2.** Datos Hidro Meteorológicos – Fuente: Datos IDEAM – Estación ISER pamplona datos desde 1981 hasta 2010

MES	PRECIPITACION (mm)	NUMERO DE DÍAS CON LLU	BRI LLOSO LA R	HUMEDA D RELATIVA
-----	--------------------	------------------------	----------------	-------------------



		VIA		
ENERO	31,8	9	5,2	79
FEBRE RO	36,6	11	4,6	79
MARZ O	64,4	13	3,8	78
ABRIL	113,3	16	3,3	79
MAYO	106,2	17	3,5	76
JUNIO	68,9	17	3,7	74
JULIO	58,7	18	4,1	73
AGOST O	68,9	18	4,5	73
SEPTIE MBRE	102,7	18	4,5	75
OCTUB RE	141,7	19	4,0	78
NOVIE MBRE	95,1	16	4,0	80
DICIEM BRE	41,6	10	4,6	79
ANUAL	929,9	181	4,2	77

Si bien hasta ahora se ha determinado la existencia de diferentes causas de erosión según el estudio de suelos y el carácter de la intervención humana, en esta zona se constituye una erosión hídrica laminar a causa de la ocurrencia de periodos húmedos con precipitaciones capaces de generar una pérdida de la capa vegetal y por consiguiente la intensidad del brillo solar en esta zona impacta directamente al suelo causando un deterioro significativo.

## SEGUNDA ETAPA: análisis de información secundaria

### Características físicas del suelo

Tipo de suelo	Coficiente de permeabilidad (m/min)	Densidad natural (KN/m <sup>3</sup> )	Textura	Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )
Arena bien graduada	1,736*10 <sup>-3</sup>	22.69	Arena	25.48

Arcilla ligera	1,38*10 <sup>-5</sup>	24.07	Arcilla	49.9
Arena arcillosa	3,47*10 <sup>-4</sup>	21.5	Arena fina	31
Arcilla limosa con arena	1,04*10 <sup>-4</sup>	22.69	Arcilla	25.48

El predominio de suelos areno-arcillosos en la zona causan una baja permeabilidad y por lo tanto una elevada retención de agua y de nutrientes, no obstante, poseen una baja porosidad siendo suelos que carecen de buenas posibilidades de aireación mostrando una gran resistencia a la penetración de raíces y obstaculizando el nacimiento de plantas.

En la actualidad, la principal actividad económica en la zona es la agricultura, dedicada principalmente a los cultivos de papa, ciruelo, arveja, frijol y fresa; La explotación pecuaria se realiza en forma tradicional, utilizando praderas naturales, con predominio de especies como Holstein, Normando Cebú y Criollo no existe mejoramiento genético. La mayoría de las explotaciones son de doble propósito.

Como consecuencia de las actividades agrícolas y ganaderas vastas áreas de tierra han sido degradadas, por un amplio rango de procesos, entre los cuales se destacan: erosión acelerada, compactación y endurecimiento, acidificación, disminución en el contenido de materia orgánica, pérdida de coberturas vegetales, pérdida de diversidad y disminución de la fertilidad del suelo.

De igual manera se observa que el establecimiento de los sistemas ganaderos está afectando directamente a



la biodiversidad, modificando el balance de los nutrientes, aumentando la compactación en un tiempo relativamente corto (menor que 2 o 3 años), reduciendo el volumen de los espacios porosos, disminuyendo la velocidad del flujo del agua y propiciando la erosión.

## CONCLUSIONES

Dependiendo del tipo de suelo este tendrá diferente comportamiento para resistir todas las consecuencias generadas por los frecuentes fenómenos hidrometeorológicos, un suelo arcilloso, limoso o arenoso, siempre estará susceptible a la erosión, la saturación y a deslizamientos, ya que la presencia del agua tiende a deteriorar sus propiedades geomecánicas.

En las unidades geológicas de superficie del mapa de susceptibilidad de los procesos de remoción en masa se observa que en la cuenca Tanauca predominan estos procesos a un bajo nivel, no obstante, el mal uso que se le brinda al suelo está ocasionando la pérdida de la capa vegetal exponiéndose así a una erosión hídrica laminar.

Se recomienda crear terracetas artesanales o gaviones para evitar deslizamientos de gran tamaño

## Referencias Bibliográficas

Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas, POMCA del río pamplonita 2012, Tomo III.

Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Pamplona

Ayala Carcedo y Olcina 2002. Propuesta metodológica para establecer áreas de riesgo por remoción en masa, Chile Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr., Volumen 22, Número 2, p. 145-169, 2013. ISSN

electrónico 2256-5442. ISSN impreso 0121-215X.

IDEAM 2014. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), <http://www.ideam.gov.co/>

Chardon, Anne-Catherine. 2002. Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas expuestas a amenazas naturales. El ejemplo andino de Manizales, Colombia. [http://hdrnet.org/372/1/CHARDON\\_04.PDF](http://hdrnet.org/372/1/CHARDON_04.PDF)

Rojas et al., 2011. Rojas Vilches, Octavio; Martínez Reyes, Carolina. Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales Revista Universitaria de Geografía, vol. 20, pp. 83-116. Universidad Nacional del Sur Bahía Blanca, Argentina

Rivera, Maria E., Gutierrez A., Daimer, Cristiancho G., Yodymar. (2013). Diagnóstico y manejo ambiental de la microcuenca Q. el escorial, municipio Pamplona. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178, 4 (1). pp: 45 - 52.

Maskrey, A. (Ed.) (1998). Navegando entre Brumas: la Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de Riesgo en América Latina. IT Perú y LA RED, Tercer Mundo Editores.

MINAMBIENTE, 2016 Ministerio de Medio Ambiente. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. España: Ministerio de Medio Ambiente.

Rodriguez S., Juan G., Quintana C., César D., Rivera A., Héctor U., Mosquera T., Jemay. (2013). Zonificación del peligro de remoción en masa en las zonas urbanas según método de análisis mora y vahrsen: estudio de caso. Revista Ambiental Agua,



Aire y Suelo. ISSN 1900-9178, 4 (1). pp:  
13 - 22.