

# GEOMORFOLOGÍA Y SUSCEPTIBILIDAD DE LADERAS A MOVIMIENTOS GRAVITACIONALES EN EL VALLE DEL RÍO CUEVAS, ENTRE QUEBRADA DE MATIENZO Y CURVA DE LA SOBERANÍA ARGENTINA<sup>1</sup>

Viviana Lourdes González Blazek

Facultad de Filosofía y Letras - UNCuyo

## Resumen

El valle del río Cuevas fue profundamente modificado por las glaciaciones del Pleistoceno y su relieve continúa siendo modelado por procesos periglaciares que dan como resultado laderas susceptibles a movimientos gravitacionales, causando diversos inconvenientes a la circulación de vehículos por el Paso Fronterizo Cristo Redentor. En este trabajo se estudia la geomorfología y dinámica de laderas del valle mediante un método heurístico, que permite analizar y correlacionar la distribución de los procesos morfogenéticos con variables condicionantes de estabilidad, con el fin de zonificar la susceptibilidad de las laderas del valle a los movimientos gravitacionales.

**Palabras clave:** Geomorfología, valle del río Cuevas, movimientos gravitacionales, susceptibilidad de laderas, método heurístico, Paso Fronterizo Cristo Redentor.

## Abstract

Cuevas river valley was profoundly changed by the glaciations of the Pleistocene and its relief continues to be modeled by periglacial processes that result in susceptible slopes to gravitational movement, causing several inconvenience to vehicular traffic by the Cristo Redentor Border Crossing. In this paper geomorphology and dynamics slopes of the valley is studied by a heuristic method to analyze and correlate the distribution of morphogenetic processes with conditioning variables of stability, in order to zone the susceptibility of the valley slopes to gravitational movements.

**Keywords:** Geomorphology, Cuevas river valley, gravitational movements, slopes susceptibility, heuristic method, Cristo Redentor Border Crossing.

---

<sup>1</sup> Este trabajo es un resumen de la Tesis de Licenciatura dirigida por el Dr. Raúl Mikkan, Facultad de Filosofía y Letras, U. N. Cuyo, Mendoza, 2015.

## 1- INTRODUCCIÓN

El área de montaña de la Provincia de Mendoza, especialmente la Cordillera Principal, presenta una importante dinámica de laderas favorecida por el retroceso de los glaciares pleistocénicos, que dejó vertientes fuertemente meteorizadas, con altas pendientes, desprovistas de cobertura vegetal, y expuestas a rigurosas condiciones climáticas. Estos factores, combinados con la actividad sísmica característica de la zona, resultan en un escenario de alta susceptibilidad a movimientos gravitacionales.

En este trabajo se ha seleccionado para su análisis, un sector la Cordillera mendocina correspondiente al valle del río Cuevas, entre la Quebrada de Matienzo y el depósito de clastos conocido como Curva de la Soberanía Argentina. Este valle, ubicado a unos 180 km de la Ciudad de Mendoza y a más de 2800 msnm, presenta vertientes afectadas por numerosos movimientos gravitacionales: caídas de bloques, derrumbes, flujos de detritos, coladas de barro, *creep*, deslizamientos, etc.

En ese contexto, el propósito de esta investigación es aportar un mayor conocimiento y apropiada demarcación de las zonas susceptibles a procesos gravitacionales del valle del río Cuevas, lo que contribuirá a la correcta toma de decisiones y planificación territorial del Paso Fronterizo Cristo Redentor.

Para realizar este estudio, se partió de la siguiente hipótesis:

*Los procesos gravitacionales no se distribuyen aleatoriamente, sino que su aparición en las laderas está controlada por ciertas condiciones locales relativas a la topografía, geometría, vegetación, y litología presentes en las mismas, y esa distribución es un indicador válido para estimar la susceptibilidad de la ladera a presentar movimientos gravitacionales.*

El objetivo general del trabajo es estudiar la dinámica geomorfológica de las laderas y estimar los diversos grados de susceptibilidad de las mismas a presentar movimientos gravitacionales, mediante un enfoque heurístico. Además se establecieron una serie de objetivos específicos tendientes a analizar las geoformas del valle, identificar los procesos morfogenéticos que afectan las laderas y caracterizar las variables condicionantes de inestabilidad, con la finalidad de zonificar las laderas de acuerdo a su grado de susceptibilidad.

## 2- MATERIALES Y METODOLOGÍA

La metodología utilizada corresponde a una perspectiva heurística, donde se integran variables condicionantes de estabilidad y técnicas de *Evaluación Multicriterio* basadas

en jerarquías analíticas, y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases (Abril Abril, A. 2011).

Las variables condicionantes elegidas para su estudio son: la pendiente, altitud, curvatura, orientación, litología, cobertura vegetal y morfogénesis. Las cuatro primeras variables fueron extraídas de un DEM 30 x 30 m. La litología se analizó a partir de la Carta Geológica 3369-1 del SEGEMAR a escala 1:250.000, y la cobertura vegetal y morfogénesis se estimaron a base de trabajo de campo y bibliografía.

Se analiza la distribución de los procesos morfogenéticos en relación a las variables condicionantes de estabilidad, a través de la técnica de *Evaluación Multicriterio*, utilizando una *Matriz de Jerarquías Analíticas* (Saaty, 1980). Sobre la base de este análisis se asigna el valor de peso relativo a cada variable condicionante de acuerdo a su influencia en la ocurrencia de movimientos gravitacionales.

Una vez obtenidos los pesos relativos de cada una de las variables, se calcula finalmente el Índice de Susceptibilidad a los movimientos gravitacionales, mediante la suma lineal ponderada de pesos de las variables y sus clases (Hervás de Diego y Barredo Cano, 2001; Castiblanco Ruiz, 2011).

Con esta técnica se obtiene un mapa de susceptibilidad que representa la distribución espacial de los procesos actuales y potenciales, o de las zonas que pueden ser afectadas por estos procesos.

### **3-      ÁREA DE ESTUDIO**

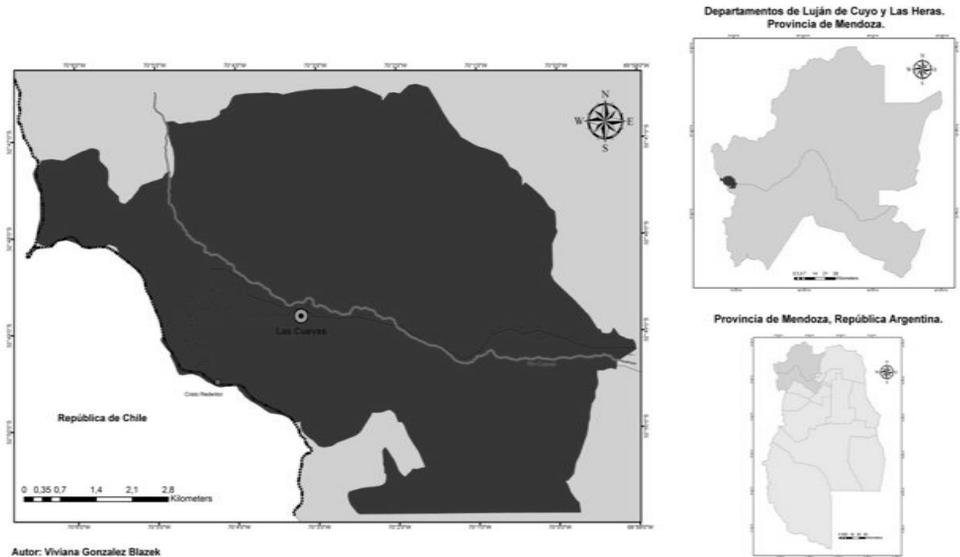
La zona de estudio se ubica en la Localidad de Las Cuevas, Provincia de Mendoza, y corresponde a un tramo del valle del río Cuevas que se extiende desde la Quebrada Matienzo hasta la Curva de la Soberanía Argentina, entre los 32°46' y 32°51' Lat. Sur, y los 69°59' y 70°06' Long. Oeste. Allí se localiza la Villa Las Cuevas y el Paso Fronterizo Cristo Redentor con el Túnel Internacional, que comunica a la Provincia de Mendoza con la vecina República de Chile (Carta Nº 1).

Este valle, visto desde Villa Las Cuevas hacia abajo, se caracteriza por una forma de U o cuna, con hombreras laterales marcadas, producto del ensanchamiento y profundización causada por el paso de la lengua glaciaria principal. Las laderas están cubiertas por mantos detríticos heterogéneos, con una amplia gama de conos de escombros y coladas, interrumpidas por algunos afloramientos rocosos y por los valles afluentes, más o menos suspendidos (Salomón, 1969).

El clima y régimen de precipitaciones de la zona está determinado por la circulación atmosférica baja condicionada por el Anticiclón del Pacífico. Según la clasificación de

climas de Koppen (1931), se pueden diferenciar dos zonas: la primera, entre los 2.700 a 4.100 m s.n.m., que corresponde al clima de tundra; la segunda, a partir de los 4100 m.s.n.m, pertenece al clima polar de hielos eternos (Moreiras, 2009, 2010).

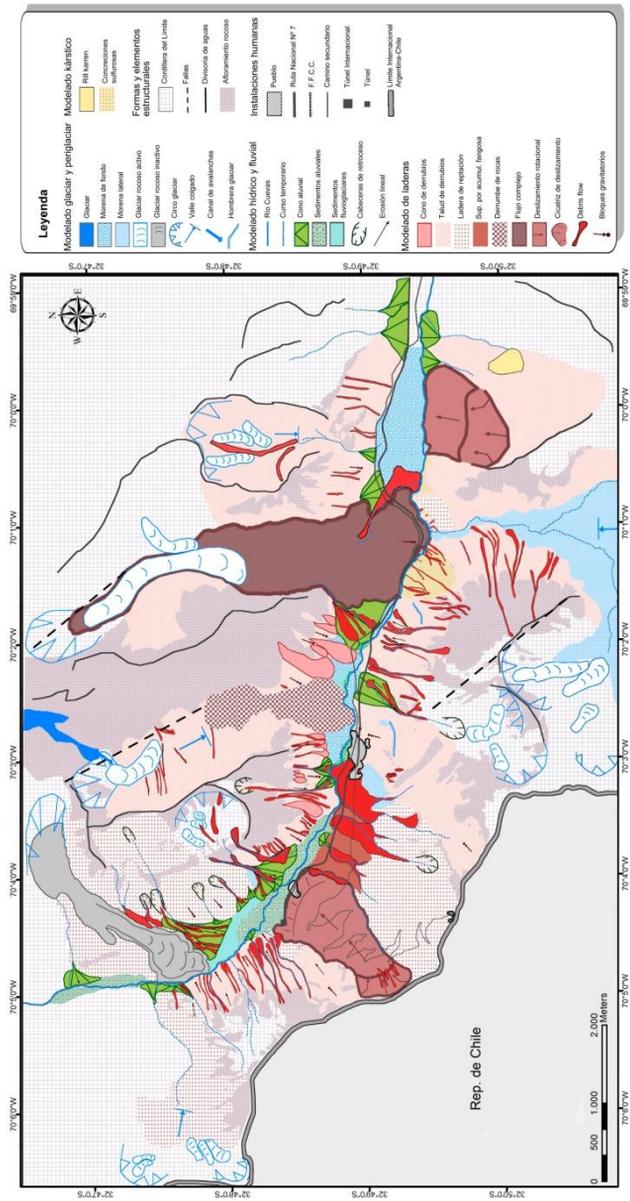
### Carta Nº1: Área de estudio. Las Cuevas, Provincia de Mendoza, República Argentina.



Fuente: elaboración propia

El clima frío y seco, sumado al relieve abrupto y rocoso y la actividad morfodinámica de la zona, dan como resultado suelos de escaso desarrollo (Alessandro, 2009), en su mayoría de carácter pedregoso y poco profundos. Debido a las rigurosas condiciones climáticas que imperan en la zona y al escaso desarrollo de los suelos, la cobertura vegetal es muy pobre.

**Carta Nº 2: Mapa geomorfológico. Valle del río Cuevas, entre Quebrada de Matienzo y Curva de la Soberanía Argentina.**



Fuente: elaboración propia

### **3.1. Las formas del relieve**

Las formas de erosión glacial son las mejor preservadas en la zona, destacándose los circos y valles -principal y tributarios- que deben su configuración de artesa al paso de las lenguas glaciares.

Entre las formas periglaciares, pueden reconocerse glaciares rocosos en circos y valles colgados, conos y taludes de derrubios, coladas de geliflucción, flujos de detritos, césped almohadillado o en guirnaldas, suelos poligonales, etc. La presencia de todas estas formas criogénicas marcan la acción dominante del hielo como agente geomórfico dominante en el modelado del paisaje.

Otras formas de relieve que adquieren gran desarrollo en la zona son las geoformas debidas a las remociones en masa, producto de la intensa dinámica de laderas, accionada por las condiciones climáticas, volumen y tipo de precipitaciones, altura, relieve relativo, escasa cobertura vegetal y la presencia de una importante actividad neotectónica (Mikkan, 2011).

Las geoformas y sus procesos morfogenéticos se cartografiaron con el objeto de ofrecer una imagen de su distribución espacial en el valle (Carta N° 2):

## **4- PROCESOS GRAVITACIONALES Y VARIABLES CONDICIONANTES DE SUSCEPTIBILIDAD**

### **4.1. Los procesos gravitacionales<sup>2</sup>**

Los procesos asociados a la influencia de la gravedad alcanzan una amplia distribución en las laderas del valle del río Cuevas, constituyendo en la actualidad el principal proceso morfogenético actuante, en función del grado de modificación del paisaje que producen y del volumen de material movilizado.

La clasificación de los procesos gravitacionales utilizada se apoya en las publicadas anteriormente (Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996; Corominas y García Yagüe, 1997), y se basa fundamentalmente en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento, utilizando criterios morfológicos. Se diferencian cuatro grupos de procesos gravitacionales: desprendimientos, deslizamientos, flujos y movimientos

---

<sup>2</sup> Los procesos o fenómenos gravitacionales son definidos por Pedraza Gilsanz (1996), como: “el desplazamiento de materiales en las vertientes, sin intervenir ningún soporte activo o medio para movilizarlos, es decir, impulsados por su propio peso; corresponde, por tanto, a una “<<autotraslación>> bajo la acción directa de la gravedad que, en estas circunstancias, deberá considerarse un agente específico más”.

complejos; cada uno de los cuales presenta a su vez subtipos de movimientos (Tabla Nº 1).

**Tabla Nº 1: Clasificación de procesos gravitacionales.**

Tipo de proceso *	Subtipos	Localización	Actividad
<b>Desprendimientos</b>	Caídas de bloques	Presente en casi todas las laderas. Curva de la soberanía.	Activo funcional
	Derrubios gravitatorios (conos, taludes de derrubios)	Presente en casi todas las laderas.	Activo funcional
	Avalancha de rocas**	En la Quebrada del Derrumbe, frente a Villa Las Cuevas.	Inactivo
	Avalanchas de nieve	Corredores de avalanchas	Activo suspendido
<b>Deslizamientos</b>	Rotacional	Ladera del Cristo Redentor y frente a Curva de la Soberanía.	Inactivo
	Traslacional	En la Quebrada del Derrumbe.	Inactivo
<b>Flujos</b>	Flujos de detritos (debris flows)	Presente en casi todas las laderas, restos morénicos y conos aluviales.	Activo suspendido
	Reptación	Presente en casi todas las laderas.	Activo funcional
	Soliflucción/geliflucción	En algunos circos glaciares y en laderas de material blando arcilloso/arenoso.	Activo suspendido
<b>Movimientos complejos</b>	Combinación de dos o más tipos de movimiento	Curva de la Soberanía Argentina y Quebrada del Derrumbe.	Inactivo

\*Sólo se han tenido en cuenta en la clasificación aquellos movimientos que han ocurrido dentro de los límites del sector del valle del río Cuevas elegido para su análisis en este trabajo.

\*\*La avalancha de rocas frente a Villa Las Cuevas puede considerarse un movimiento complejo, que habría comenzado como un deslizamiento traslacional, para después continuar como una avalancha de rocas.

Fuente: elaboración propia en base a Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996; Corominas y García Yagüe, 1997.

## 4.2. Variables condicionantes de susceptibilidad

Las variables condicionantes que se han tenido en cuenta para estimar la susceptibilidad de las laderas a presentar fenómenos gravitacionales son: pendiente, altitud, curvatura, orientación de las laderas, litología, cobertura vegetal y morfogénesis.

**Altitud:** La zona de estudio tiene una altitud promedio de 3633 metros, y acusa un predominio de alturas entre los 3200 y los 5000 metros. Esto evidencia que el paisaje corresponde a un ambiente de alta montaña, y que los procesos modeladores de las laderas están concernidos principalmente dentro de un régimen periglacial.

**Pendientes:** Predominan las pendientes fuertes a muy fuertes (25° a 45°), en casi todas las laderas del valle principal y valles colgados. La prevalencia de pendientes acusadas indica que los procesos morfogenéticos que afectan las laderas se ven muy favorecidos por este factor topográfico.

**Orientación:** Las vertientes del valle presentan diversidad de orientaciones, predominando las laderas que miran al Norte y Sur. Será fundamental tener en cuenta cómo se distribuyen los procesos morfogenéticos en función de la condición de solanas y umbrías de acuerdo con las orientaciones registradas.

**Curvatura:** Predominan las vertientes con perfil cóncavo, convexo-cóncavo y recto-cóncavo. Las primeras corresponden a los circos glaciares; las segundas y terceras a las vertientes con conos y taludes de derrubios.

**Litología:** las litologías más extendidas en la zona de estudio son las formaciones superficiales producto de la erosión cuaternaria, y las Formaciones Tordillo-Grupo Mendoza, Juncal y Cristo Redentor; además se pueden observar numerosos depósitos glaciarios.

**Vegetación:** toda el área de estudio presenta una cobertura vegetal pobre que disminuye con la altura. Las laderas con fuerte inclinación se encuentran totalmente desprovistas de vegetación. Sólo algunas laderas, de pendiente más suavizada, presentan vegetación en forma de terracillas o guirnaldas herbáceas, donde se desarrollan procesos de reptación.

**Morfogénesis:** la geoforma más extendida corresponde a los conos y taludes de derrubios, formados por material detrítico de variado tamaño, anguloso y poco o muy poco consolidado, lo que los hace muy susceptibles a presentar caídas de bloques, deslizamientos y flujos de detritos. Las laderas de reptación también son muy abundantes y se desarrollan preferentemente en vertientes de materiales finos al oeste de villa Las Cuevas; presentan lóbulos de soliflucción y *debris flows*.

Las geoformas heredadas de los grandes movimientos en masa ocurridos en épocas pasadas tienen una distribución puntual en la zona, pero es muy importante tenerlos en cuenta debido al volumen de material movilizado que implican y los procesos gravitacionales que con frecuencia van complicando su morfología, como son los flujos de derrubios, deslizamientos, caídas de rocas, etc.

### **4.3. Relación entre la distribución y las variables condicionantes de distribución de los procesos morfogénéticos**

En los sectores con mayores alturas, por encima de los 3500 metros, predominan los procesos de caídas de rocas, geliflujión, y presencia de glaciares rocosos; por debajo de los 3500 metros, se vuelven más frecuentes las laderas cubiertas de detritos, con procesos de reptación y flujos, y congelamiento estacional sistemático.

Las pendientes más afectadas por fenómenos gravitacionales corresponden a inclinaciones moderadas (25°- 35°) a fuertes (35°- 45°) donde se observan derrubios gravitatorios, reptación y *debris flow*. Las pendientes superiores a 45° presentan en general, muy pocas cicatrices y están poco afectadas por fenómenos gravitacionales, a excepción de las áreas fuente de caídas de bloques (afloramientos de roca desnuda). Respecto de la orientación de las laderas, en laderas que miran al norte y noreste, predominan los procesos de reptación, flujos de detritos y deslizamientos rotacionales; mientras que las laderas más frías (las que miran al sur y suroeste), favorecen los fenómenos de soliflujión, caída de bloques y avalancha de rocas.

En cuanto a la variable curvatura, se consideró las zonas de arranque de los procesos. La zona más favorable a generar procesos gravitacionales corresponde a las áreas rocosas de las partes altas de los cerros, con geometría convexa o recto-convexa.

Para la variable vegetación se tuvo en cuenta la clasificación en *Pisos de vegetación* propuesta por Méndez, Martínez Carretero y Peralta (2006). La escasez de vegetación es la tónica general de toda el área, lo que determina que los procesos morfogénéticos cobren gran intensidad, debido a la ausencia del efecto estabilizador que puede provocar las raíces de las plantas.

En relación a la litología, en aquellos sectores en los cuales las rocas son más blandas y poco resistentes o han sido sometidas a una mayor erosión glaciaria, predominan los movimientos gravitacionales tipo flujos (*debris flows*, reptación, lóbulos de gelisoliflujión), mientras que en los afloramientos de rocas más cohesivas (duras), compactas y resistentes, predominan las caídas de bloques, avalanchas rocosas, etc.

Respecto a la morfogénesis, se observó que en las laderas de reptación el *creepy* los derrubios gravitatorios son los procesos dominantes, y suele ir acompañados por

pequeños lóbulos de *gelisolifluxión* y *debris flows*. Las caídas de bloques tienen una distribución más puntual, y afectan principalmente los taludes o conos de escombros y los depósitos morénicos.

Por último, la influencia de los fenómenos gravitacionales que involucraron grandes volúmenes de material movilizado, se limita principalmente a la geoforma generada por el depósito del material. Sin embargo, los mismos se encuentran complicados con la ocurrencia de otros procesos, como caídas de bloques, reptación, deslizamientos o flujos de detritos. Esto es importante debido a que los tres procesos -teóricamente “inactivos”-, no son ajenos a la ocurrencia de otros fenómenos gravitacionales en su superficie, lo que podría implicar la removilización de parte del material previamente depositado.

## **5- EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LAS LADERAS A FENÓMENOS GRAVITACIONALES**

### **5.1. Determinación de los pesos de las variables condicionantes**

Para evaluar la susceptibilidad de las laderas a fenómenos gravitacionales se aplicó una metodología con un enfoque heurístico, con la utilización de técnicas de *Evaluación Multicriterio*, basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases (Saaty, 1980; Hervás de Diego, et al, 2002; Abril Abril, A. 2011).

Primero, se crea una matriz cuadrada, en la que el número de filas y columnas viene definido por el número de variables condicionantes de susceptibilidad analizadas. A cada elemento de la matriz se le asigna un valor que representa la importancia relativa de la variable de la fila, respecto a la de su columna, en cuanto a posible inestabilidad. Para este trabajo se decidió aplicar una valoración más sencilla, comprendida entre 4 y  $\frac{1}{4}$  (Tabla N° 4).

Posteriormente, se normalizan los valores de las variables y se obtiene el promedio de cada una de las filas. Este valor es el que corresponde al peso que se le asigna a cada variable condicionante. Al ser estandarizado, la suma de los pesos promedio debe ser igual a 1 (Tabla N° 5).

**Tabla Nº 4: Matriz de jerarquización analítica para la asignación de pesos a las variables condicionantes de susceptibilidad.**

Variables	Altitud	Pendiente	Curvatura	Orientación	Litología	Vegetación	Geoformas
<b>Altitud</b>	1	0,33	0,33	0,33	0,33	1	0,33
<b>Pendiente</b>	3	1	2	2	2	2	3
<b>Curvatura</b>	3	0,5	1	0,5	0,5	2	2
<b>Orientación</b>	3	0,5	2	1	0,5	2	2
<b>Litología</b>	3	0,5	2	2	1	2	3
<b>Vegetación</b>	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	2
<b>Geoformas</b>	3	0,33	0,5	0,5	0,33	0,5	1
<b>Suma:</b>	<b>17</b>	<b>3,66</b>	<b>8,33</b>	<b>6,83</b>	<b>5,16</b>	<b>10,5</b>	<b>13,33</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla Nº 5: Normalización y promedio de los pesos de las variables condicionantes.**

Variables	Altitud	Pendiente	Curvatura	Orientación	Litología	Vegetación	Geoformas	Peso (W <sub>j</sub> )
<i>Altitud</i>	0,0588	0,0902	0,0396	0,0483	0,0640	0,0952	0,0248	<b>0,0601</b>
<i>Pendiente</i>	0,1765	0,2732	0,2401	0,2928	0,3876	0,1905	0,2251	<b>0,2551</b>
<i>Curvatura</i>	0,1765	0,1366	0,1200	0,0732	0,0969	0,1905	0,1500	<b>0,1348</b>
<i>Orientación</i>	0,1765	0,1366	0,2401	0,1464	0,0969	0,1905	0,1500	<b>0,1624</b>
<i>Litología</i>	0,1765	0,1366	0,2401	0,2928	0,1938	0,1905	0,2251	<b>0,2079</b>
<i>Vegetación</i>	0,0588	0,1366	0,0600	0,0732	0,0969	0,0952	0,1500	<b>0,0958</b>
<i>Geoformas</i>	0,1765	0,0902	0,0600	0,0732	0,0640	0,0476	0,0750	<b>0,0838</b>
							Sumatoria:	1

Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Cálculo del Índice de Susceptibilidad

Una vez determinados los pesos de las variables condicionantes y sus clases, se calcula finalmente el Índice de susceptibilidad a los fenómenos gravitacionales, mediante la suma lineal ponderada (Voogd, 1983, citado por Hervás et al., 2002) de pesos de las variables y clases, según la expresión:

$$I = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij}$$

Siendo I, el índice de susceptibilidad;

$w_j$ , el peso de la variable j;

$x_{ij}$ , el peso de la clase i de la variable j.

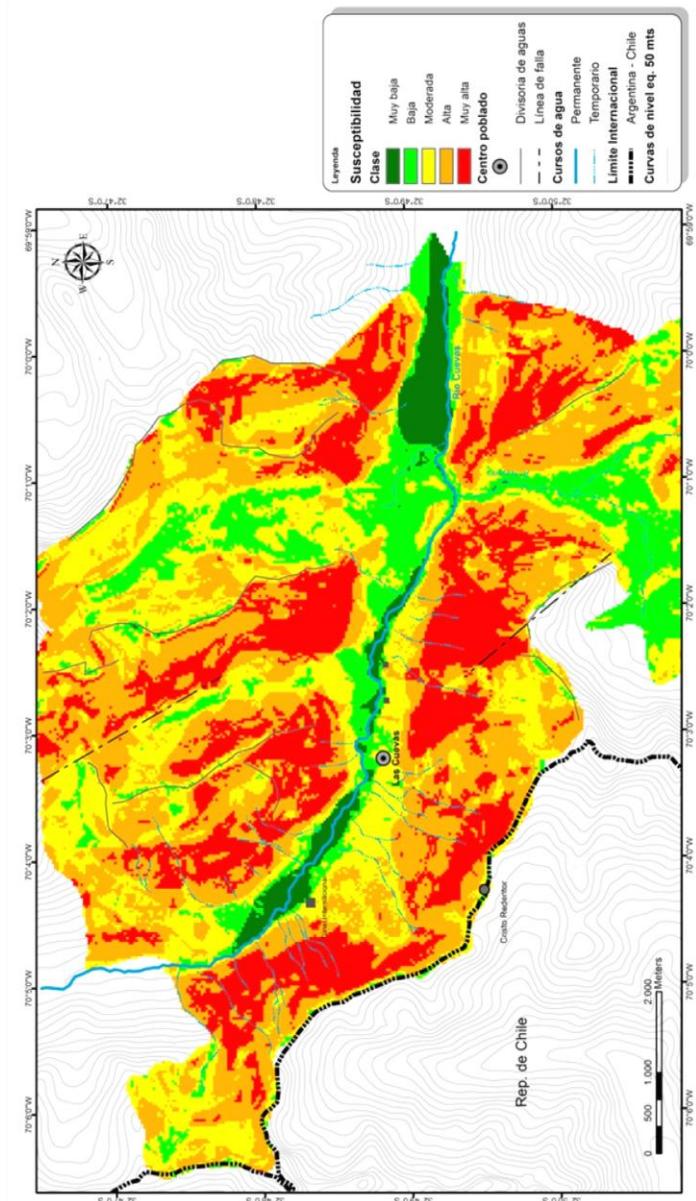
El índice de susceptibilidad obtenido, dependerá fundamentalmente del peso asignado a las variables y en menor medida de la asignación de pesos a cada clase dentro de una variable, por lo que la subjetividad y ausencia de control inherentes a este último proceso no influye sobremedida en el cálculo del índice final (Hervás de Diego y Barredo Cano, 2001).

El cálculo del índice de susceptibilidad se realizó utilizando el software ArcGIS 10.1, con la herramienta Map Algebra-Raster Calculator. El mapa resultante fue reclasificado en cinco clases, de acuerdo al grado de susceptibilidad: muy alta, alta, moderada, baja, muy baja susceptibilidad (Carta N° 3).

En síntesis, las áreas de mayor susceptibilidad se caracterizan por presentar numerosos procesos gravitacionales que van arrastrando el material detrítico vertiente abajo, lo que puede producir inconvenientes en la Ruta Internacional y las edificaciones allí instaladas. Entre estas áreas, cabe destacar las laderas localizadas al norte y sur frente a Villa Las Cuevas. En ambas vertientes, los fenómenos de caída de bloques, derrumbos gravitatorios y debris flows, se manifiestan con gran intensidad.

Respecto a las áreas con susceptibilidad moderada a baja, si bien los procesos gravitacionales se presentan con menor intensidad, sus laderas no están exentas de que pueda producirse algún evento que ponga en peligro las instalaciones humanas. Un ejemplo de ello es el sector correspondiente al lóbulo frontal de la Curva de la Soberanía, al cual le corresponde susceptibilidad moderada a baja. Sin embargo, este lóbulo presenta indicios de posibles desprendimientos de bloques, que podrían afectar seriamente la Ruta Internacional en ese tramo. Una situación parecida puede observarse en el derrumbe rotacional Cristo Redentor, donde la circulación de vehículos, especialmente en época de deshielo, provoca pequeños deslizamientos de material detrítico que podrían poner en peligro la estabilidad de partes de la ladera. Esto podría afectar el camino al Monumento Cristo Redentor, la Ruta Internacional y las instalaciones aduaneras ubicadas en la zona, lo que lleva a agregar al elemento antrópico, como otro factor más que contribuye a la susceptibilidad de las laderas.

**Carta Nº 3: Susceptibilidad a fenómenos gravitacionales. Valle del Río Cuevas, entre Quebrada de Matienzo y Curva de la Soberanía Argentina.**



Fuente: elaboración propia

## 6- CONCLUSIONES

En el valle del río Cuevas, los procesos morfogenéticos manifiestan un carácter complejo, con la combinación de diversos tipos de fenómenos y varios ciclos de removilización de material. La distribución de los procesos morfogenéticos en las vertientes no es aleatoria, sino que cada proceso responde a particulares condiciones topográficas, climáticas, hidrológicas, geotectónicas, etc., que determinan su organización espacial. Por ello, la comprensión de los múltiples factores que condicionan la presencia de estos fenómenos, es primordial para conocer la susceptibilidad de las laderas e identificar las áreas más críticas, información muy útil para la realización de estudios de riesgo, diseño e implementación de obras de defensa de las vertientes, etc.

La finalidad de este trabajo ha sido aportar un mayor conocimiento de la dinámica geomorfológica de las laderas del valle del río Cuevas, -de las formas de relieve y los procesos morfogenéticos que afectan las vertientes-, así como las principales variables condicionantes de inestabilidad que intervienen en el sistema de equilibrio de las laderas.

Además, como el área de estudio corresponde al Paso Fronterizo Cristo Redentor, principal vía de circulación que une los centros comerciales y puertos de los países miembros del MERCOSUR, se consideró importante y en base a lo analizado, realizar a manera de síntesis una carta de susceptibilidad de las laderas a los movimientos gravitacionales, que diferencia aquellos sectores en las laderas que, por el número de procesos presentes y su actividad e intensidad, suponen una amenaza natural en la zona. En este sentido, la cartografía geomorfológica detallada ha sido una herramienta muy eficaz para el estudio de los factores que intervienen en la inestabilidad de las laderas y de los principales procesos dinámicos actuantes en ellas.

La combinación del estudio geomorfológico con la utilización de técnicas de análisis multicriterio ha permitido obtener una zonificación del área de estudio de acuerdo al grado de susceptibilidad a los movimientos gravitacionales en las laderas, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfodinámicos. Esta información será de gran utilidad en la orientación de prioridades en cuanto al destino de recursos destinados hacia estudios geotécnicos de detalle, etc.

### BIBLIOGRAFÍA

ABRIL ABRIL, A.L. (2011). *Estudio e implementación de un modelo para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento mediante el uso de sistemas de información geográfica: caso de estudio sector Quimsacocha* (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad de Cuenca.

- ALESSANDRO, M. B. et al. (2007-2009). *La complejidad de los ecosistemas del norte de la provincia de Mendoza*. Informe final de investigación (06/6395). Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Filosofía y Letras.
- CASTIBLANCO RUÍZ, D. A. (2011). *Evaluación de amenaza por deslizamiento con base en mapas de Geología y Geomorfología* (Tesis de Grado). Bogotá: Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana.
- COROMINAS, J. y GARCÍA YAGÜE, A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. *IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Granada. 3, 1051-1072.
- CRUDEN, D. M., & VARNES, D. J. (1996). Landslide types and processes. Landslides Investigation and Mitigation. *Transportation Research Board*, Special Report, 247, 36–75.
- HERVÁS DE DIEGO, J., BARREDO CANO, J. (2001). Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos mediante el uso conjunto de SIG, Teledetección y métodos de Evaluación Multicriterio. Aplicación al Barranco de Tirajana (Gran Canaria). *V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*, Madrid.
- MÉNDEZ, E., MARTÍNEZ CARRETERO, E., PERALTA, I. (2006). La vegetación del Parque Provincial Aconcagua (Altos Andes Centrales de Mendoza, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41 (1-2), 41-69.
- MIKKAN, R. (1997). Geomorfología y dinámica de vertientes del Valle del Río Mendoza entre las Estaciones Guido y Uspallata, Provincia de Mendoza – República Argentina. *Revista de Estudios Regionales* (17). CEIDER, 81-133.
- MIKKAN, R. (2011). *Atlas Geomorfológico de la Provincia de Mendoza*. Tomo I. Mendoza, Argentina. Jagüel Editores de Mendoza.
- MOREIRAS, S.M. (2009). Análisis estadístico probabilístico de las variables que condicionan la inestabilidad de las laderas en los valles de los ríos Las Cuevas y Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65(4): 780–790.
- MOREIRAS, S.M. (2010). Avances en el estudio geomorfológico de la Quebrada de Matienzo, Provincia de Mendoza, Argentina. *Contribuciones Científicas GAEA*, 23, 159-173.
- PEDRAZA GILSANZ, J. (1996). *Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Ediciones Rueda, S.L.
- RAMOS V.A., CAMINOS, R. y CORTES, J.M. (2000). *Hoja Geológica 3369-I Cerro Aconcagua (1:250.000)*. Subsecretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico. SEGEMAR.
- SAATY, T. (1980). *Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.
- SALOMÓN, J. N. (1969). El Alto Valle del Río Mendoza. *Boletín de Estudios Geográficos*, XVI (62), 1-50.
- VARNES, D. (1978). Landslides Analysis and Control - Slope Movement Types and Processes. *Transportation Research Board*. Edited by Schuster & Krizek, Special Report 176, 11-33.