

# ANÁLISIS DE LOS PELIGROS NATURALES, LOCALIDAD DE LOS BERROS, DEPARTAMENTO SARMIENTO, PROVINCIA DE SAN JUAN

Analysis of Natural Hazards, in the Los Berros Town, Sarmiento Department,  
Province of San Juan

**Mirta Mariel Negrelli** | Mscs Geóloga | Instituto de Investigaciones Mineras, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina | marielnegrelli@gmail.com

**Agustín Arroqui Langer** | Doctor en Geología | Instituto de Investigaciones Mineras, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina

**Mónica S. Ramírez** | Mscs Ingeniera | Instituto de Investigaciones Mineras, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina

**RESUMEN:** La Localidad de Los Berros se ubica dentro del Departamento Sarmiento, en la Provincia de San Juan, al Oeste de la República Argentina. Una de sus principales actividades económicas es la minería, dedicada esencialmente a la extracción e industrialización de la piedra caliza para la obtención de cales. Otra actividad que se desarrolla en dicha localidad, y no menos importante, es la actividad agrícola, dedicada a cultivos de vides y olivos para la elaboración de vinos y aceites.

Ambas actividades económicas junto con el emplazamiento urbano, compiten por la ocupación del suelo. Por ello y ante el inminente crecimiento industrial/agrícola de la zona, que impactará en un aumento poblacional, se hace necesario conocer los peligros naturales asociados al área de Los Berros, como herramienta adecuada para la planificación de los usos del territorio.

Por este motivo se plantea como objetivo de este estudio identificar y cartografiar los peligros naturales más relevantes del área. La determinación de dichos peligros permitirá circunscribir amenazas previsible en función de las expectativas de desarrollo existentes. Asimismo, se pueden delimitar sectores en los que no es conveniente asentar zonas industriales y urbanas, porque significa poner en riesgo a las personas y a los bienes.

**PALABRAS CLAVES:** Minería – Peligros naturales – Cales.

**SUMMARY:** The Town of Los Berros is located in the Sarmiento Department, in the Province of San Juan, Argentina. The main economic activity is the mining. This activity is mainly devoted to the extraction and industrialization of limestone for the lime production. Another activity that takes place in this locality and not less important is the agricultural activity, dedicated to vines and olive crops for the production of wines and oils.

Both economic activities and the human site, compete for land occupation. Given the imminent industrial / agricultural growth of the area, which will impact on a population increase, it is necessary to know the natural hazards associated with the area of Los Berros, as an appropriate tool for the planning of land uses.

The objective of this study is to identify and mapping the most relevant natural hazards in the Los Berros area. The identification of such hazards allows circumscribing predictable threats based on existing development expectations. Likewise, it is possible to delimit sectors in which it is not convenient to settle industrial and urban areas, because it means putting at risk people and property.

**KEY WORDS:** Mining – Natural hazards – Limes.

## INTRODUCCIÓN

La Localidad de Los Berros se emplaza al Este de la Precordillera Oriental en el Departamento Sarmiento y constituye uno de los centros caleros principales de la provincia (Figura 1). Dista de la capital provincial de San Juan, aproximadamente 80 km en dirección SSO, cuenta con una población de 3.783 habitantes, según CENSO 2010 y posee todos los servicios de infraestructura básica.

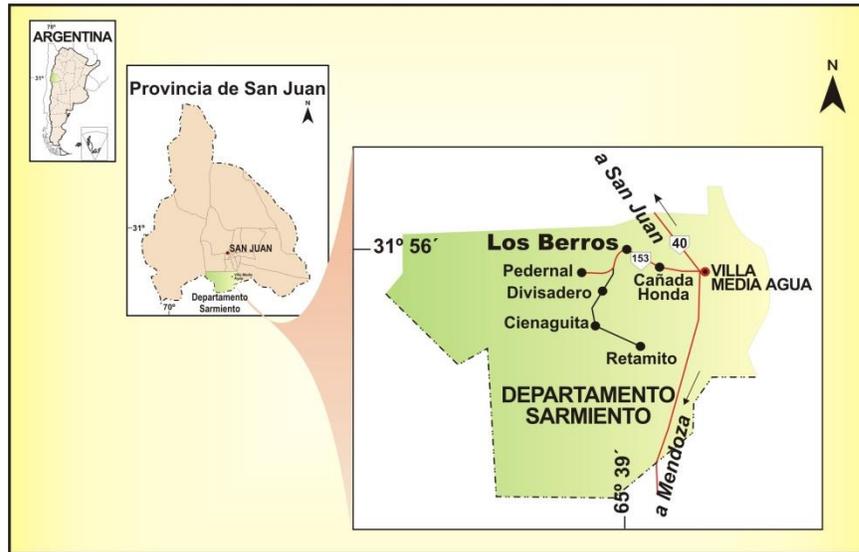


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

La minería es la principal actividad productiva de esta zona y se basa principalmente en la extracción de la piedra caliza y su industrialización para obtener cal viva e hidratada y carbonato de calcio precipitado.

En los últimos años también se ha desarrollado la agricultura como actividad complementaria, especialmente cultivos de vides y olivos.

La ocupación territorial en la zona de estudio está íntimamente vinculada a la actividad extractiva minera. Se ha observado que la mayor demanda de explotación de caliza, y por ende el crecimiento de la mano de obra efectivamente ocupada, ha producido un aumento desordenado de actividad industrial y de asentamientos de nuevos núcleos familiares en la localidad.

Todas estas actividades antrópicas están sometidas a distintos peligros que pueden limitar su desarrollo. El estudio de los peligros naturales, colabora con la gestión del territorio minimizando los riesgos ambientales.

Se entiende por peligros naturales a aquellos fenómenos geológicos e hidrometeorológicos que se producen por causas naturales en cualquier lugar del mundo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de los peligros naturales, es necesaria la elaboración previa de una carta de las unidades de terreno presentes en el área de estudio, con el propósito de identificar y relacionar el peligro que se pudiese generar en cada una de ellas.

Se entiende como unidad territorial aquellos sectores del territorio definidos e identificados por la existencia de un factor ambiental condicionante clave (Gómez Orea, 2002).

Para la elaboración de una carta de unidades territoriales (UT), se necesita de información geológica, referida principalmente a la litología y geomorfología.

Geológicamente, el área de estudio se emplaza en el ámbito de la Precordillera Oriental de San Juan, conformada por afloramientos rocosos constituidos por rocas sedimentarias del Paleozoico y Cenozoico (Ortiz y Zambrano, 1981), siendo las de mayor importancia las de tipo carbonática del Paleozoico, objeto de la explotación minera.

Hidrológicamente los ríos próximos al área son el Arroyo Seco y el Río del Agua, donde este último constituye el único curso de agua permanente en la zona, alimentándose de las precipitaciones pluviales que ocurren en la época estival.

Edafológicamente los suelos pertenecen al Orden de los Entisoles, siendo suelos con pobre o casi nula evidencias de desarrollo de horizontes edafogénicos.

En el área de Los Berros, la geomorfología es el factor clave porque condiciona el régimen hídrico, la vegetación y la fauna asociada. Teniendo en cuenta este factor controlante y tomando el criterio de que son homogéneas, se identificaron cinco unidades territoriales (Tabla 1). Con estas unidades se elaboró una Carta de Unidades Territoriales, en la que también se distinguen subunidades (Figura 2).

Tabla 1. Unidades Territoriales del área de estudio

UT	Unidad Geomorfológica que representa	Subunidades
UT1	Montaña	UT1a (Área de Montaña propiamente dicha, que involucra al Cerro Pedernal de Los Berros y al Cerro del Medio)
		UT1b (Pie de Monte, zona de influencia)
UT2	Abanicos aluviales Antiguos	-
UT3	Abanicos aluviales Modernos	UT3a (Zona Apical)
		UT3b (Zona Distal)
UT4	Llanura de Inundación del Arroyo Seco	-
UT5	Lomadas Sedimentarias Terciarias	-

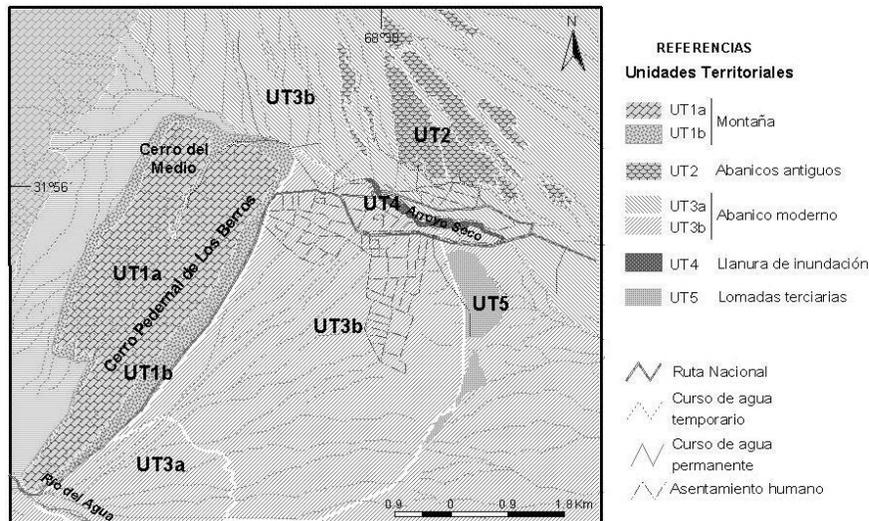


Figura 2. Carta de Unidades Territoriales en el Distrito Minero Los Berros

La unidad territorial de Montaña (UT1), se caracteriza por la presencia del Cerro Pedernal de Los Berros y el Cerro del Medio.

Los abanicos aluviales antiguos (UT2), se presentan en niveles aterrizados, en el ambiente del abanico moderno del Río de la Flecha (Di Chiacchio, 1985).

La UT3, se conforma por los abanicos aluviales modernos correspondientes al Río de la Flecha y el Río del Agua.

En la línea imaginaria de coalescencia lateral de los abanicos aluviales del Río de la Flecha y del Río del Agua, escurre el Arroyo Seco.

La llanura de inundación de dicho arroyo es considerada como la cuarta unidad territorial (UT4). Este arroyo constituye un curso de agua que actúa como colector de la red de drenaje de las bajadas pedemontanas. Su caudal es variable, ya que depende del volumen de precipitación durante la época estival, por tal razón es de carácter temporal.

Las lomadas sedimentarias asignadas al Terciario, constituyen la quinta unidad territorial (UT5). Se ubican hacia el Sureste del asentamiento poblacional de Los Berros y sobre la margen derecha del Arroyo Seco.

Una vez conformada la carta de UT, se consideraron los procesos activos naturales asociados a ellas.

La Metodología utilizada para el estudio de los peligros naturales siguió la siguiente secuencia:

- a) Tareas de gabinete:
  - Análisis de antecedentes bibliográficos, trabajos de investigación realizados en la zona y documentos periodísticos.
  - Recopilación de información lograda en entrevistas informales a pobladores de Los Berros.

- Análisis de cartografía topográfica y geológica.
- b) Tareas en laboratorio de imágenes: manejo de datos geoespaciales.
  - Pre-procesamiento (corrección geométrica y radiométrica).
  - Análisis de imágenes de satelitales y fotointerpretación de fotografías aéreas.
  - Interpretación visual y procesamiento digital para la elaboración de mapas temáticos.
  - Implementación del SIG (Sistema de Información Geográfica) para la organización de la información espacial.
- c) Control de campo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la identificación de los posibles peligros naturales que se pudiesen originar en la zona de estudio, fue necesario conocer las características generales de la roca (litología, grado de fracturación, resistencia mecánica, disposición de los estratos, condiciones del substrato subyacente, entre otros), como así también la pendiente, formas de relieve y registros históricos y actuales sobre las condiciones meteorológicas (clima), los cuales permitieron tener una aproximación sobre zonas potencialmente inestables.

Teniendo en cuenta la clasificación de los peligros naturales y las unidades territoriales ya definidas en el área de estudio, fue posible reconocer el tipo de peligro natural relacionado potencialmente a las UT consideradas (Tabla 2).

Tabla 2. Peligros Naturales asociados a cada Unidad Territorial

PELIGROS NATURALES GEOLOGICOS	Tipos de Peligros Naturales asociados potencialmente a la zona de Estudio	UT asociada
1-Remoción en Masa	☼	UT1, UT2
2-Erosión	☼	UT3a, UT3b, UT5
3-Aluvión	☼	UT3a, UT3b
4-Inundación	☼	UT4

(☼ Aplica)

## Descripción de los Peligros Naturales Identificados

A partir de lo obtenido en la Tabla 2, se describen los distintos tipos de peligros naturales identificados en la zona de estudio, para las unidades territoriales afectadas.

### 1) Peligro de Remoción en Masa

Corresponden a deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas. Este peligro en general engloba a los movimientos gravitacionales que afectan a materiales en áreas de ladera y taludes. (Ferrer, 1988).

Imperan una variedad de factores intrínsecos e extrínsecos, que influyen a los movimientos de laderas, y para su determinación existe una gran diversidad de criterios, en el cual se utiliza una metodología propia resultante de la integración de propuestas de los numerosos autores consultados.

Para determinar el peligro por deslizamiento, se tuvieron en cuenta aquellos factores más relevantes, que influyen en el desencadenamiento de este proceso y que son considerados y valorados en términos cualitativos en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de peligrosidad asociada a cada variable condicionante

Variable condicionante	PELIGROSIDAD					
	Valores					
	Nulo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Fracturación	0	1	2	3	4	5
Pendiente	0 (0-10%)	1 (10-20%)	2 (20-30%)	3 (40-50%)	4 (50-60%)	5 (>60%)
Litología – Resistencia mecánica de la roca	0	1	2	3	4	5
Clima	0	1	2	3	4	5

El puntaje considerado para evaluar la Peligrosidad Total se obtiene sumando los valores asignados a cada parámetro de la Tabla 3.

Para determinar el grado de peligrosidad total (Tabla 4), se utilizó una escala numérica y cualitativa de carácter local (esta escala fue determinada conforme los niveles máximos y mínimos definidos en el área).

Tabla 4. Peligrosidad Total

Leyenda	Valor
Peligrosidad Muy Alta	16 - 20
Peligrosidad Alta	12 a 15
Peligrosidad Media	8 a 11
Peligrosidad Baja	4 a 7
Peligrosidad Muy Baja o Nula	0 a 3

## UT1 Montaña

En esta unidad se ha realizado una zonificación en 5 secciones (A, B, C, D y E), a fin de calificar los grados de peligros naturales asociados a ella. Esta zonificación fue realizada en base a criterios morfoestructurales, grado de fracturación, litología, clima, resistencia mecánica y pendiente.

En la Tabla 5 se muestran valoraciones dadas a cada sección determinada para la UT1.

Tabla 5. Zonificación de la Unidad Territorial de Montaña y su correspondiente valoración

Variable condicionante	UT1 Zonificación				
	A	B	C	D	E
Fracturación	3	2	3	1	1
Pendiente	4	2	2	1	1
Litología - Resistencia mecánica	3	3	3	3	3
Clima	2	2	2	2	2
<b>TOTAL</b>	12 (Alta)	9 (Media)	10 (Medio)	7 (bajo)	7 (Bajo)

Los criterios seguidos para asignarle los valores mostrados, se detallan a continuación:

- *Fracturación*: ésta unidad de montaña se encuentra tectónicamente afectada por numerosas fracturas, las cuales han sido agrupadas en distintas clases, de acuerdo al orden de su magnitud.

Las de primera clase, presentan un rumbo general N-S y tienen relación con el levantamiento de grandes bloques estructurales. Las de segunda clase, son las fallas transversales a las anteriores con dirección predominante E-O que afectan a ambos cerros. Por último, las de tercera clase, están referidas al diaclasamiento y alineaciones presentes en estas unidades.

En base a éste parámetro de tipo estructural, esta unidad territorial se dividió en cinco sectores (A, B, C, D y E), los cuales fueron evaluados de acuerdo a la Tabla 3. Los sectores A y C se caracterizan por un considerable número de fracturas y fallas, por lo se le asignó un valor de 3. Mientras que en el sector B, D y E el grado de fracturación y fallamiento disminuye (valor 2,1 y 1).

- La cuantificación de la *pendiente* contribuye a brindar información muy significativa para predecir la posible dinámica del área. Mediante la observación estereoscópica de fotografías aéreas, se establecieron los grados cualitativos de pendiente, conforme a la Tabla 3:

Para el sector A, su pendiente se encuentra comprendida entre el 50 y 60%, por lo que se le asignó un valor de 4.

Sectores B y C, la pendiente oscila entre un 20 – 30%, (valor 2).

Para los sectores D y E, la pendiente es mucho menor (20%), (valor 1).

- La *litología* y la *resistencia mecánica de la roca*, son otros factores que influyen en cómo se genera y a qué velocidad se produce posibles fenómenos de deslizamiento. Para ello se tuvo en cuenta el tipo de litología que aflora en esta unidad territorial, bancos de calizas, que constituyen la masa principal de los afloramientos rocosos y que se encuentran en posición subvertical; también se tuvo en cuenta su clasificación de la resistencia de la roca inalterada, de acuerdo a lo propuesto por Deere and Millar, citado por Hoek y Brown (1980), calculada en función a la resistencia compresiva de la roca.

Tomando en consideración el tipo de litología y la resistencia de la misma, éste parámetro fue valorado para toda la unidad territorial en 3.

- El *clima* de la región se caracteriza por ser árido y seco. Los registros de temperatura dan evidencias de importantes amplitudes, las que están en íntima relación con los procesos de meteorización y erosión. El factor clima contribuye a la meteorización física de los materiales, favorecida por la falta de protección del relieve debido a la escasez de suelos y de vegetación en las unidades territoriales consideradas, además también influye en forma directa debido a una súbita tormenta torrencial que rebasa el umbral de estabilidad, produciendo procesos de escurrimiento y deslizamiento. Por tal motivo éste parámetro fue valorado para toda la unidad territorial en 2.

Como se dijo anteriormente, el valor total de peligrosidad resulta de la sumatoria de los valores asignados a cada parámetro considerado, en cada sector que constituye la unidad territorial.

Para el sector A de ésta unidad territorial, la ocurrencia del peligro de remoción en masa es *Alta*. Este efecto, además se puede confirmar por las presencia de conos de deyección ubicados sobre este sector.

Para el sector B y C el peligro de ocurrencia de deslizamiento es *Medio*; hecho que se puede confirmar también por la presencia de los conos de deyección.

Finalmente para el sector D y E el peligro por deslizamiento es *Bajo*.

## UT2 Abanicos aluviales antiguos

Esta unidad se corresponde a los abanicos aluviales antiguos. Están conformados por materiales gruesos, parciales y totalmente cementados, con pendientes entre 4 y 10 %, una altura no mayor a los 15 metros y se encuadran bajo el mismo clima árido y seco.

Las valoraciones de los parámetros de la variable condicionante correspondientes a la UT2, se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Valoración de la Unidad Territorial

Variable condicionante	UT2
Fracturación	1
Pendiente	2
Litología	4
Resistencia mecánica.	2
Clima	2
<b>TOTAL</b>	<b>9 (Medio)</b>

Por lo antes explicado y de acuerdo con la Tabla 4, el peligro por deslizamiento se considera *Medio*.

### 2) Peligro por Erosión

Las características climáticas y bióticas encuadran al área de estudio dentro del sistema morfogenético de medio árido. En esta región, el agente externo más activo es el agua proveniente de precipitaciones estacionales, de carácter torrencial y de corta duración.

Existe un predominio de la meteorización física de los materiales, que se ve beneficiada por la falta de protección del terreno, producto de la escasez de vegetación y de suelo. Estos procesos dinámicos de tipo externo, transforman a las rocas en regolitos de diferentes tamaños y formas, que además son modelados con el arrastre del agua y del viento.

Este peligro de erosión se evidencia en el área de estudio, principalmente en terrenos de poca pendiente, como en el caso de los abanicos aluviales modernos (UT3a y UT3b), en donde el proceso dinámico externo ha generado diferentes niveles aterrizados, formando surcos y cárcavas. Estos elementos constituyen uno de los más importantes sistemas geomorfológicos de los ambientes áridos y semiáridos, debido a que las lluvias caídas sobre estos espacios generan altos coeficientes de escorrentía que causan abultadas avenidas en los cursos de agua y activan procesos de erosión y sedimentación importantes.

Los *surcos* pueden ser definidos como cicatrices abiertas por el agua en suelos desnudos y mal protegidos por la vegetación. La profundidad puede variar de pocos centímetros hasta medio metro, con longitudes variables.

Las *cárcavas* indican un fenómeno de erosión más agresiva, debido a la concentración y mayor velocidad de los flujos hídricos. Las formas de erosión se evidencian con los diferentes niveles aterrizados. Las dimensiones son variables llegando a 1,0 – 1,5 metros de profundidad.

Por tal motivo, debido a la presencia de estos elementos característicos que acusan al fenómeno de erosión (surcos y cárcavas), se describe el peligro por erosión en las unidades territoriales UT3 y UT5.

### **UT3 (Abanicos aluviales modernos)**

En las unidades territoriales UT3a y UT3b (sector apical y distal, respectivamente, de los abanicos aluviales modernos) se utilizó la técnica de procesamiento de imágenes satelitales denominada "Componentes Principales". Esto tuvo como finalidad resaltar las distintas geoformas erosivas, la importancia y el grado de actividad de las mismas asociadas a los niveles de abanicos.

Los Componentes Principales (ACP) es una técnica que se emplea para resumir la información contenida en un grupo amplio de variables (referidas a las 6 bandas utilizadas por el satélite Landsat) en un nuevo conjunto, más pequeño, sin perder una parte significativa de esa información. Esta capacidad de síntesis ha sido la base de la aplicación del ACP en teledetección. Aplicar esta técnica facilita una primera interpretación sobre las imágenes, lo que permite identificar aquellos rasgos que se recogen en la mayor parte de las bandas y aquellos otros que son específicos a algún grupo de ellas, es decir facilita una identificación más atinada de las distintas cubiertas (Chuvieco, 2002).

Para el estudio de los abanicos aluviales modernos, se realizó la combinación de bandas RGB con los componentes principales 1, 2 y 3, lo que permitió identificar niveles topográficos y las diferentes coberturas correspondientes a vegetación, áreas montañosas, áreas peniplanizadas (abanicos aluviales modernos), y destacar la red de drenaje sobre ellos. .

Por otro lado, la actividad de estos abanicos ha sido evaluada en función del análisis de la presencia o no del barniz del desierto en los distintos canales de escurrimiento.

Como es conocido, el barniz del desierto puede ser definido como una pátina oscura encontrada en la superficie de algunas rocas expuestas a un ambiente árido. Este barniz se compone de una mezcla de partículas de arcilla con óxidos de hierro y manganeso.

Éste barniz se acumula en los sectores sobre elevados e inactivos del abanico, aislados de los procesos de lavado, restringidos estrictamente a los cauces activos. Se considera que el efecto del lavado debido a lluvias estacionales es de menor cuantía.

Es posible identificar la presencia de barniz de desierto en los distintos sectores del abanico a partir del análisis de los niveles de reflectancia en imágenes satelitales: los niveles caracterizados por dicho barniz se ven más oscuros respecto de los niveles sin la presencia de éste. Esto se debe a la acción de lavado esporádica de los clastos de las áreas activas respecto de las inactivas, donde el barniz se acumula con el paso del tiempo.

Los sectores caracterizados por un mayor nivel de reflectancia, se relacionan a los cursos con actividad actual; los que se asocian a un nivel de peligrosidad erosivo *Alto*.

Mientras, que en otros sectores del abanico, muestran bajo nivel de reflectancia, lo que indican canales de escurrimiento de baja actividad actual, relacionado básicamente a épocas de lluvias torrenciales. En general estas áreas se encuentran formadas por materiales aluvionales de variada granulometría, con marcada tendencia grano-decreciente y constituida superficialmente por suelos incipientes, muy pedregosos, esqueléticos, con una cobertura vegetal xerófila y rala. Las características señaladas en estos sectores permiten asignar, en términos erosivos, un bajo grado de peligrosidad.

### **UT5 (Lomas Sedimentarias)**

La UT5, que corresponde a las lomas sedimentarias asignadas al Terciario, constituye relieves de escasa altura, con cumbres chatas y suaves pendientes. Estas lomas están cubiertas

en discordancia angular por los depósitos cuaternarios (Di Chiacchio, 1985) y en determinados sectores la erosión ha progresado tanto que ha eliminado los depósitos cuaternarios, avanzando sobre los estratos infrayacentes de menor resistencia, produciendo un relieve de huayquerías.

Este tipo de relieve se caracteriza por ser surcado por uadis (cauces secos) que descienden de superficies redondeadas, de suave pendiente y poca altura, diseñando una red de drenaje de tipo centrífuga.

Los cursos se alimentan excepcionalmente de las lluvias torrenciales, que ocurren generalmente en la época de verano, erosionando los materiales más blandos, labrando un característico paisaje de badlands (tierras malas).

Cuando se generan esporádicamente éstas lluvias, se transporta gran cantidad de materiales detríticos, esculpiendo surcos al arrastrar material deleznable, ya desintegrado mecánicamente.

Por tal efecto el peligro erosivo que se genera en esta unidad ha sido considerado *Alto*.

### **3) Peligro por Aluviones**

Los aluviones son aquellos materiales detríticos transportados por una corriente de agua, como consecuencia de una súbita tormenta de carácter torrencial que rebasa el umbral de estabilidad, produciendo procesos de escurrimiento concentrado, deslizamiento y sedimentación, actuando generalmente de manera destructiva. Son fenómenos extremos o excepcionales.

En el área de estudio este fenómeno se encuentra íntimamente relacionado a los cauces activos de los abanicos del Río del Agua y del Río de la Flecha (UT3a y UT3b). Ambas geformas son el resultado del transporte de materiales provenientes de la Precordillera Central y en menor medida de la Precordillera Oriental, caracterizados por una variedad de gravas, arenas, arcillas y limos.

Por lo antes explicado, estos sectores constituyen áreas de *Muy Alta Peligrosidad*, especialmente en épocas de verano durante la ocurrencia de lluvias torrenciales.

### **4) Peligro por Inundación**

En la coalescencia del abanico aluvial del Río de la Flecha y el Río del Agua escurre, en dirección SE, el Arroyo Seco. La organización de la red hidrográfica está condicionada por las características estructurales y litológicas que conforman este espacio.

El Arroyo Seco constituye un curso de agua que se alimenta, principalmente en épocas de lluvias, del drenaje de las bajadas pedemontanas y del remanente del agua de vertientes. Su caudal es variable, ya que desaparece o crece en forma repentina durante las precipitaciones pluviales estivales, por tal razón es de carácter temporario.

En época de lluvias torrenciales, por su ubicación en la zona de descarga de las redes de drenaje y su topografía deprimida, éste arroyo es receptor del desagüe de los cauces provenientes de los abanicos aluviales circundantes. Las precipitaciones que se producen en la época estival ocasionan un aumento repentino del caudal de los ríos, con un gran poder de arrastre de sedimentos que impactan aguas abajo sobre la localidad de Los Berros. Cuando estas avenidas superan los niveles normales, se produce el desborde de la llanura de inundación perjudicando los asentamientos rurales de dicha localidad.

Para un mejor análisis de la dinámica de éste arroyo, se dividió el mismo en tres sectores: Superior, Medio e Inferior y se analizó el gradiente correspondiente a cada uno de ellos, mediante la realización de un perfil longitudinal.

Analizando el perfil se puede concluir que:

- El sector de Cabecera es el comprendido entre las divisorias de aguas de los cerros de La Flecha y Loma Redonda, hasta la longitud de la divisoria de aguas del cerro Pedernal de Los Berros. En este sector existen huellas mineras y no hay asentamientos poblacionales. Sobre esta porción, de 5 km de longitud, existe un desnivel relativo de aproximadamente 475 m, que representa una pendiente de 9,5 %. Por tal razón, el Arroyo Seco presenta un flujo de elevada velocidad, altamente erosivo y con gran capacidad de arrastre aluvional.
- El Sector Medio posee 6 km de longitud, con un desnivel de 125 m, lo que significa una pendiente del 2 %. Allí la velocidad del escurrimiento del agua es más lenta respecto del tramo anterior, pero aún conserva gran capacidad erosiva y de transporte. A ambos márgenes de este tramo, se asienta la población de Los Berros. En épocas de lluvias intensas, éste tramo se ve afectado por los crecimientos repentinos de caudal, produciendo fenómenos de inundación sobre su llanura (de inundación) afectando a la población y su infraestructura que se encuentra asentados sobre dicho sector.
- El sector Final es el ocupado por la parte distal del abanico aluvial del Río de la Flecha. En éste las pendientes son más suaves y colectan las aguas provenientes de sectores más altos de la margen izquierda del Arroyo Seco, las cuales son desviadas hacia el Este por sistemas de drenes y canales que finalmente las descargan en las Lagunas de Huanacache, fuera del área de estudio.

Numerosas publicaciones periódicas de los últimos años, como así también comunicaciones verbales proporcionadas por vecinos del lugar, indican importantes inundaciones en Los Berros como consecuencia de grandes desbordes. Esto ha sido corroborado mediante el estudio morfométrico de la cuenca del Arroyo Seco, que muestra que las zonas de mayor densidad de drenaje corresponden al sector medio de la cuenca.

Es importante destacar que determinados sectores, del asentamiento poblacional, han sufrido fenómenos de hundimiento de cimientos y/o inundación; esta problemática es interpretada como consecuencia de la cercanía del nivel freático a la superficie del terreno. La construcción de nuevos barrios, han sido emplazados sin un estudio previo del sitio, por lo que no se han tenido en cuenta los problemas de drenaje del agua de lluvia ni el nivel freático, en algunos casos, próximo a la superficie.

También es considerable resaltar que la llanura de inundación del Arroyo Seco, en su sector medio, ha sido modificada por la ocupación del hombre, utilizándola para actividades agrícolas y para viviendas. Por tal motivo, estas áreas consideradas (sector que forma parte de la UT3b y UT4), presentan una *Alta* probabilidad de sufrir inundaciones.

## Carta Síntesis de Peligros Naturales

Para la confección del mapa de peligros naturales potenciales asociados al área de Los Berros, se estableció cualitativamente una escala de valores que representa los diferentes niveles de peligrosidad natural, ligados a las diferentes unidades territoriales.

La escala cromática que se tuvo en cuenta fue realizada en base a la clasificación de la Peligrosidad Total dada en la Tabla 4. De esta forma se logra una representación gráfica de los distintos niveles de peligrosidad, para los diferentes eventos potenciales. La Tabla 7 muestra dicha escala cromática.

Tabla 7. Niveles de Peligros Naturales identificados en el área de Los Berros

Leyenda	Remoción en Masa	Erosión/Aluvión	Inundación
Peligrosidad Muy Alta			
Peligrosidad Alta			
Peligrosidad Media			
Peligrosidad Baja			
Peligrosidad Muy Baja o Nula			

En la Figura 3, es una carta síntesis que se representa la peligrosidad relacionada a los peligros naturales más destacables (remoción en masa, erosión, aluvión, inundación) para cada una de las unidades territoriales en consideración.

Es importante aclarar que la ocurrencia de estos fenómenos (remoción en masa, erosión, aluvión, inundación) se relaciona fundamentalmente con el clima, en donde tales eventos están asociados principalmente a períodos de lluvias torrenciales potenciales de gran magnitud.

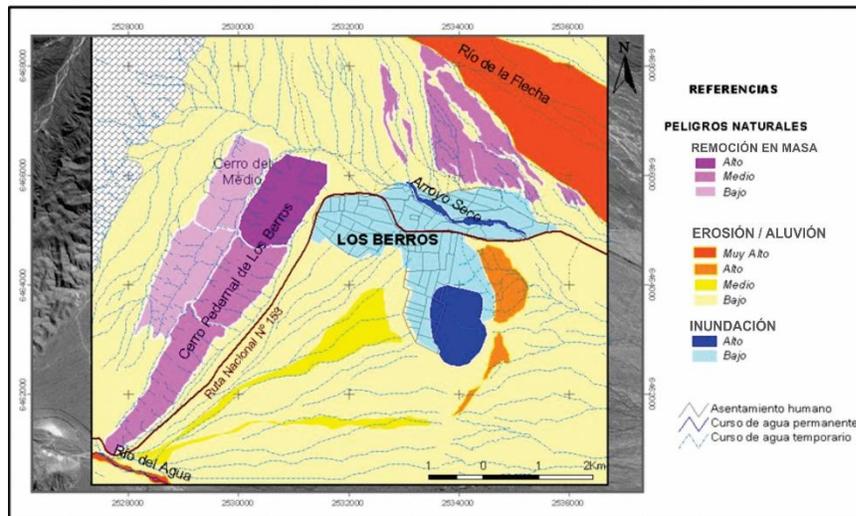


Figura 3. Carta Síntesis de Peligros Naturales en el área de Los Berros

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través del análisis e interpretación de diferentes estudios como geológicos, topográficos, de pendiente, entre otros, se han reconocido unidades territoriales caracterizadas por peligros naturales de remoción en masa, erosión e inundación. Esta zonificación será de utilidad para una mejor gestión del territorio y en términos de planificación y aprovechamiento de los recursos naturales; minimizando a su vez impactos negativos sobre el ambiente y la población.

Se recomienda tomar en consideración los resultados de este trabajo para la planificación futura de las actividades del territorio. Las áreas demarcadas como de alta peligrosidad tendrán una significancia particularmente ante la ocurrencia de fenómenos climáticos excepcionales o cíclicos. Por ello, la implementación de obras de infraestructura que prevengan daños a la población en estas áreas, son de gran importancia.

## Bibliografía

- Chuvieco E., (2002). *“Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio”*. España: I Edición – Editorial Ariel, S. A.
- Di Chiacchio J. C., (1985). *“Estudio estratigráfico estructural de los Cerros Pedernal de Los Berros y del Medio”*. Trabajo Final de Licenciatura. Inédito. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan.
- Ferrer Gijon M., (1988). “Deslizamiento, Desprendimientos, Flujos y Avalanchas”. En *Riesgos Geológicos*. (págs. 175 -201) Madrid: IGME (Instituto Geológico y Minero de España).
- Gómez Orea, D. (2002). *Ordenación Territorial*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Hoek E. & Brown E., (1980). *“Excavaciones subterráneas en Rocas”*. New York: McGraw Hill.
- Ortiz A. y Zambrano J. J., (1981). *“La provincia geológica Precordillera Oriental”*. 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: págs.59-74.