

# Identificación de umbrales físicos para la delimitación de unidades hidrogeomorfológicas en ambiente fluvial de montaña

## *Identification of physical thresholds for the delimitation of hydrogeomorphological units in mountain river environment*

Jorge E. Eremchuk J.<sup>1</sup>, Miriam Y. Cisternas<sup>1</sup>, Ernestina T. Vergara<sup>1</sup>, Gretel Galeano<sup>1</sup>, Héctor Niederle<sup>1</sup>, Claudia Barrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. UNCA. Maximio Victoria 55 (4700). Catamarca. Argentina

*eremchuk@tecno.unca.edu.ar; mciste@hotmail.com; trinidad\_vergara@hotmail.com; gretelgaleano@gmail.com; hector.jo.nie@gmail.com; barrera\_claudia@hotmail.com*

**Recibido:** 28/08/2020 - **Aceptado:** 25/10/2021 - **Publicado:** 20/12/2021

## Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo identificar los umbrales físicos naturales que permiten clasificar los terrenos ribereños en ambientes de montañas y bolsones, teniendo en cuenta la morfología y los procesos fluviales actuantes. Estos límites pueden ser reconocidos en registros aerofotográficos e imágenes satelitales, debiendo ser verificados y ajustados mediante el control de campo correspondiente.

Se identifican y caracterizan los umbrales físicos delimitados en un tramo del río Ambato, antes de su confluencia con el río del Valle, en la localidad de La Puerta – Banda Sur, en el departamento Ambato, provincia de Catamarca, que delinean las unidades hidrogeomorfológicas de los terrenos ribereños, usando análisis multitemporal de imágenes satelitales disponibles en Google Earth © en el periodo 2003 – 2018 y verificación en terreno.

Se han determinado tres taludes de erosión, denominados Taludes 1, 2 y 3 que constituyen los límites de las unidades geomorfológicas lecho ordinario, lecho de inundación y terrazas e interfluvios.

**Palabras claves:** Umbral físico – terrenos ribereños – imágenes satelitales – análisis multitemporal

## Abstract

The present papers has for objective to identify the natural physical thresholds that allow to classify the riparian terrains in mountain and bag environments, taking into account the morphology and the fluvial processes at work. These limits can be recognized in aerial photographs and satellite images, and must be verified and adjusted by means of the corresponding field control.

The delimited physical thresholds are identified and characterized in a section of the Ambato river, before its confluence with the Valle river, in the town of La Puerta - Banda Sur, in the Ambato department, Catamarca province, which delineate the hydrogeomorphological units of riparian land, using multi-temporal analysis of satellite images available on Google Earth © in the period 2003-2018 and verification on the ground.

Three erosion slopes have been determined, called Slopes 1, 2 and 3, which constitute the limits of the units ordinary bed, flood bed, terraces and interfluves.

**Keywords:** Physical threshold - riverine terrain - satellite images - multitemporal analysis

## 1 INTRODUCCION

En este trabajo se identifican los umbrales físicos delimitados en un tramo del río Ambato, antes de su confluencia con el río del Valle, en la localidad de La Puerta – Banda Sur, en el departamento Ambato, provincia de Catamarca, que permiten clasificar los terrenos ribereños en ambientes de montañas y bolsones,

típicos de la provincia de Catamarca, teniendo en cuenta sus características morfológicas y los procesos fluviales actuantes, que pueden ser reconocidos en imágenes satelitales, registros aerofotográficos y verificados en terreno.

Este pequeño núcleo urbano se ubica aproximadamente a 900 m s.n.m. a 46 Km al norte de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Se accede a través de

la ruta provincial N°1, la cual se encuentra asfaltada y en buen estado de conservación y mantenimiento. Se trata de una villa veraniega, de segunda residencia que cuenta con una población de 706 habitantes [1]. Figura 1.

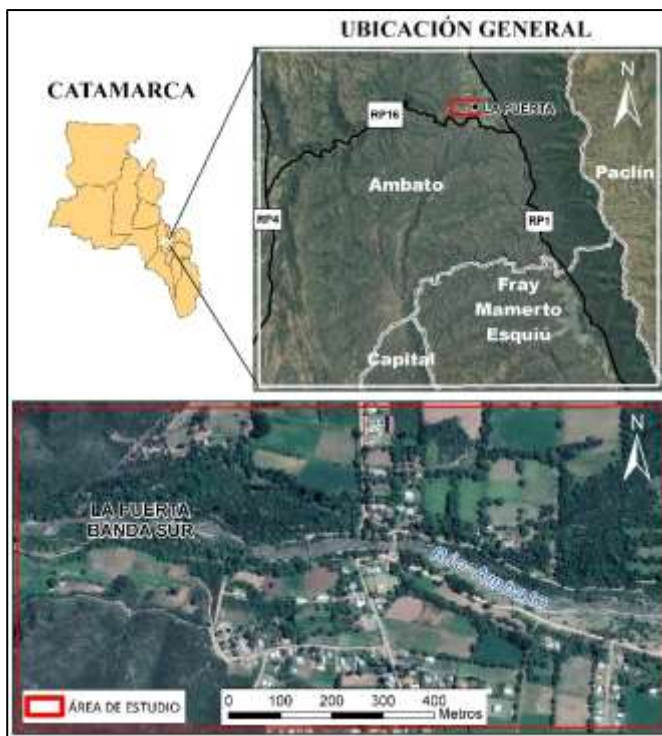


Figura 1. Ubicación y vías de acceso al área de estudio.

La zona de estudio se ubica en la región climática árido de sierras y bolsones, caracterizada por un periodo húmedo, con precipitaciones estivales entre diciembre a abril y un periodo seco, de mayo a noviembre.

En la localidad de El Rodeo, se determinaron valores de precipitaciones excepcionales de 100 mm/hora para valores de retorno de 100 a 200 años [2].

Geológicamente corresponde a la provincia geológica de Sierras Pampeanas Occidentales, representada por un basamento cristalino ígneo – metamórfico de edad Eopaleozoico. La cubierta sedimentaria Neógena está ausente en el área de estudio. Culminan la secuencia, depósitos de naturaleza aluvional matriz portante y depósitos fluviales de edad Cuaternaria.

Desde el punto de vista morfoestructural se caracteriza por la presencia de macizos rocosos fallados en dirección norte-sur y basculados hacia el este, por la tectónica ándica, que ha generado el paisaje de sierras y bolsones [3].

El río Ambato es un curso de agua permanente, formado por torrentes de orden 1 que surcan la ladera oriental del cerro Manchao, perteneciente a la sierra de Ambato. Circula encajonado con rumbo noreste una distancia aproximada de 15 Km; al llegar a la localidad de El Rodeo, forma un cono aluvial, producto del cambio de pendiente y depositación de parte de los materiales que transporta. Continúa su recorrido por unos 5 Km, ajustándose al estrecho valle de dirección este – noreste

para finalmente adquirir rumbo hacia el sudeste, transitando 4 Km, con pendiente promedio entre 2,4 a 2,8 %, para luego descargar sus aguas en el Río del Valle y formar un nuevo cono aluvial, donde se ubica la localidad de La Puerta – Banda Sur.

Este río presenta un régimen torrencial, siendo frecuente la ocurrencia de crecientes extraordinarias que desbordan su cauce, entre las que se pueden mencionar las acontecidas en enero de 1999 y enero de 2014. La primera afecta los terrenos ribereños localizados sobre su margen derecha en La Puerta – Banda Sur, delineando la morfología que se observa a la fecha en el área de estudio. La segunda se comporta como una creciente de banca llena, no superando a la ocurrida en el año 1999.

El río del Valle circula en dirección norte-sur entre las sierras de Graciana y Ambato, es de régimen permanente, constituye el principal curso de agua que drena el Valle Central de Catamarca y divide a la localidad de La Puerta en dos bandas: “Norte” y “Sur”.

Las unidades hidrogeomorfológicas de un territorio drenado por un curso de agua constituye la zonificación básica de la cual debería partir el análisis de la problemática de inundación, complementando o calibrando los estudios hidráulicos para delimitar la línea de ribera, la cual separa los terrenos de dominio privado del público [4].

Actualmente es posible identificar y delimitar el cauce de un río y las zonas susceptibles de inundación ribereña, utilizando los productos generados a partir de sensores remotos, los cuales se hayan disponibles en forma gratuita o de bajo costo en internet, brindando un registro periódico sobre los cambios ocasionados por la dinámica fluvial de los últimos 50 años.

## 2. METODOLOGIA

Para determinar las unidades hidrogeomorfológicas del área de estudio se utilizó el reconocimiento de los umbrales físicos naturales, generados por la erosión del río (taludes del cauce, lecho extraordinario y terrazas) en imágenes satelitales disponibles en el sitio web Google earth © y del Servicio Geológico de EEUU entre los años 2003 y 2018, con su posterior control y ajuste de campo. Estos umbrales son móviles ya que dependen de los flujos de crecientes extraordinarias. Pueden ser discontinuos y se extienden en mayor o menor medida según el relieve y morfología del terreno.

Por ello, es necesario el análisis multitemporal de imágenes satelitales que posibilita el registro de su evolución y cambios en un determinado periodo de tiempo. Dicho análisis puede estar condicionado por la disponibilidad de los materiales fotográficos e imágenes satelitales.

En terreno es importante identificar las huellas dejadas por las máximas crecientes extraordinarias, tales como marcas de crecidas, diferencias en el estado de

crecimiento de la vegetación, existencia de barras o islotes, contraste de materiales aluvionales, entre otros.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los umbrales físicos naturales que delimitan los terrenos ribereños del lecho menor, lecho mayor, terrazas e interfluvios, se representan en la Figura 2, que corresponde a un corte transversal del río Ambato, a la altura del badén que cruza el río homónimo en la localidad de La Puerta. - Banda Sur.

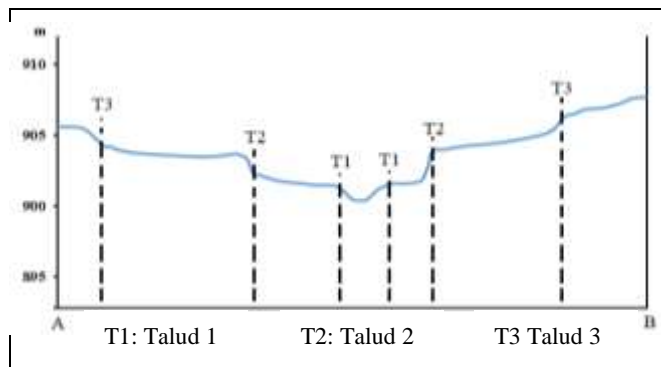


Figura 2. Corte transversal del río Ambato, donde se muestran los umbrales físicos de las geoformas fluviales.

#### 3.1 Talud 1:

Representa el límite del “lecho menor” del río o “cauce”, denominación que surge de la definición del artículo 235, inciso c del Código Civil y Comercial (CCC) [5]. Es el espacio geográfico natural que contiene los caudales de las crecidas ordinarias. Cuando éstas alcanzan la cota superior del reborde de erosión, se denominan máximas crecidas ordinarias o crecidas de “Banca llena” (Bankfull).

El talud 1 muestra una altura promedio de 1 m. Corresponden a depósitos del lecho mayor del río. Son conglomerados poco consolidados, de tipo clasto portante con matriz de gravilla-arena-limosa, constituido por grava gruesa a bloques, de naturaleza metamórfica con algunos componentes graníticos; culmina con un nivel friable de arenas limosas, que han permitido el desarrollo de una capa edáfica vegetativa. Foto 1.



Foto 1: Talud 1 sobre margen izquierda del río Ambato

En esta zona ocurren procesos fluviales alternantes entre la agradación transitoria y la erosión.

Los materiales de transporte del cauce, pueden generar depósitos transitorios de bloques, gravas y arenas, denominados “barras” (playas, según el CCC) que representan materiales sedimentarios abandonados cuando el flujo pierde energía y capacidad de transporte; en ríos de mayor desarrollo, estas acumulaciones pueden adquirir importantes dimensiones y pasan a formar “islas”, según el inciso d del CCC.

El agua en el interior de esta unidad, puede escurrir en uno o más canales activos y secundarios; el sector más bajo o profundo de esta unidad se lo identifica como “canal de estiaje”, “thalweg” o “vaguada”.

Es frecuente encontrar en esta zona, “marcas de crecidas”, que responden a restos de material de transporte o de erosión sobre las márgenes u orillas identificadas como talud 1.

#### 3.2 Talud 2:

Constituye el límite entre el “lecho mayor o de inundación” y el primer nivel de terraza.

El talud 2, el cual corresponde a la terraza, está formado por un conglomerado matriz portante. Los clastos son de composición metamórfica – granítica, bien redondeados, con tamaño promedio entre 20 y 40 cm, con individuos escasos de mayor tamaño. Predomina una matriz areno limosa. En la parte superior del perfil se observa un nivel edáfico con desarrollo normal sin interrupciones por crecientes, sobre el cual se asienta la población. Foto 2.

El lecho mayor está constituido por la franja de terrenos laterales, simétricos o asimétricos, cuyo origen son las barras laterales inestables o débilmente estabilizadas que son inundadas en forma frecuente cuando los caudales superan el Talud 1. Puede estar cubierto por vegetación arbustiva dispersa o densa, dependiendo del mayor o menor periodo de recurrencia de las mismas.





Foto 2: Talud 2 sobre margen derecha del río Ambato, a la altura del Camping Municipal.

Teniendo en cuenta la interpretación implícita del CCC vigente, las aguas que alcanzan esta unidad hidrogeomorfológica corresponderían a crecientes extraordinarias.

En los tramos de las cuencas bajas o áreas de llanura, esta zona se presenta con mayor extensión y toma el nombre de “llanura o planicie de inundación”. En el ámbito serrano, dado que son tierras periódicamente inundables y por lo tanto no aptas para las expansiones urbanas, es conveniente mantener la denominación “lecho mayor o de inundación”.

### 3.3 Talud 3:

Es el umbral físico natural que separa el nivel de terraza del interfluvio, que en este caso corresponde a un “cono aluvial”.

El perfil litológico de dicha geoforma está constituido por un conglomerado matriz portante. El tamaño predominante de los rodados está comprendido entre 20 y 30 cm, con un buen grado de redondez y de naturaleza metamórfica - granítica. Se presentan bloques dispersos de mayor tamaño, de 70 a 80 cm. La matriz es areno limosa. La parte superior muestra un buen desarrollo de suelo y de vegetación. Foto 3.

Los terrenos entre los Taludes 2 y 3 se denominan “Terrazas Inferiores”. Son superficies planas, retazos de terrenos continuos o discontinuos, simétricos o asimétricos ubicados lateralmente allende al curso de agua, resultado de la acción erosiva del agua que ha excavado sobre sus propios materiales, a consecuencia de cambios climáticos o tectónicos.



Foto 3: Talud 3 sobre margen derecha del río Ambato, límite entre las unidades lecho mayor y terraza. Foto tomada a 300 m al SO de la confluencia de los ríos Ambato y del Valle.

Un río puede tener uno o más niveles de terrazas, siendo el más cercano al cauce, el de menor edad geológica. Estas unidades se presentan estables, muestran desarrollo de suelo, suelen ser ocupadas por diferentes actividades del hombre y están cubiertas por vegetación. Sin embargo, son susceptibles de inundación por crecientes extraordinarias y el reborde (Talud 2) que limita con el lecho de inundación puede ser socavado con mayor frecuencia.

La Figura 3 muestra la escena satelital del tramo del río Ambato de fecha 12/10/2018, que contiene la pasarela, badén y camping de la localidad mencionada, en la cual se han indicado con líneas diferentes los umbrales físicos mencionados y con distintos colores las unidades hidrogeomorfológicas.

## 4. CONCLUSIONES

En regiones caracterizadas por escasa o nula disponibilidad de datos climáticos que permitan el modelado hidrológico, la determinación de los límites de las diferentes unidades hidrogeomorfológicas de terrenos ribereños, mediante umbrales físicos naturales o rebordes de erosión, que involucra análisis multitemporal de escenas satelitales y control de campo, es un procedimiento metodológico válido y confiable. Tiene la ventaja de la gran disponibilidad de escenas satelitales al alcance de los profesionales u organismos públicos a un costo bajo o gratis, según sea la plataforma web a usar.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo logístico brindado por la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca y a los miembros del equipo de investigación que participaron del taller de campo del 12 de septiembre de 2019.

El presente trabajo constituye una muestra de las actividades llevadas a cabo en el contexto del proyecto “Propuesta de herramientas de gestión prospectiva para problemas de inundación fluvial en núcleos urbanos del Valle Central de Catamarca”, el cual forma parte del subproyecto S18 Vinculación-Universidad-Sociedad-Sector Productivo, gestionado por la Secretaria de Vinculación y Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional de Catamarca.

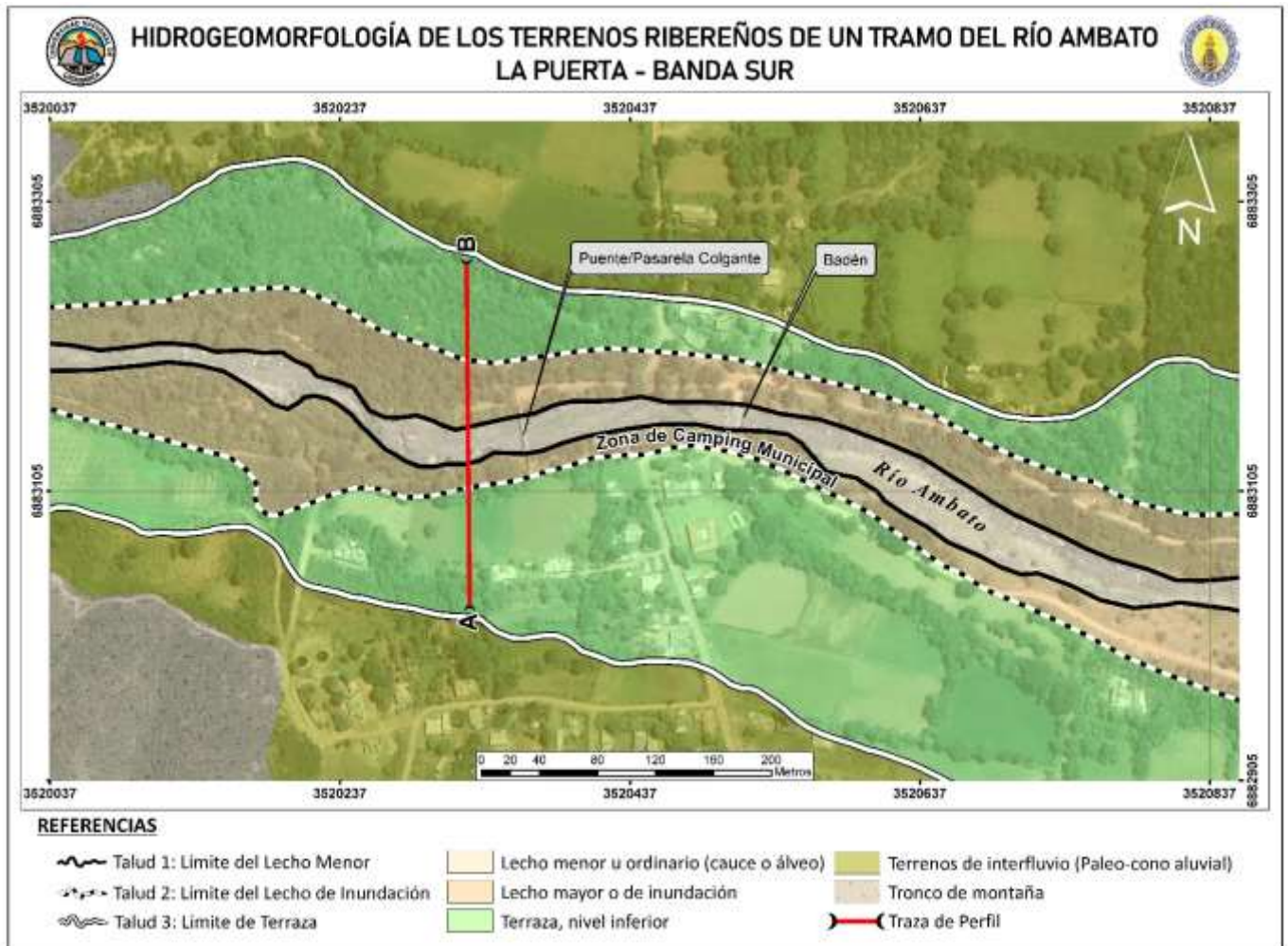


Figura 2: Taludes de erosión demarcados sobre captura de imagen satelital de fecha 29/07/2018 en el tramo del río Ambato analizado

## 6. REFERENCIAS

- [1] Dirección Provincial de Estadísticas y Censos. *Información estadística de los municipios de la provincia de Catamarca 2016*. <http://www.estadistica.gob.ar/index.php/component/content/article/9-sin-categoria/168-publicaciones>. 15/07/2020.
- [2] Instituto Nacional del Agua. *Delimitación de Áreas de Riesgo Hídrico en El Rodeo - Departamento Ambato-Catamarca*. [https://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-delimitacion\\_areas\\_riesgo\\_hidrico-RODEO-CATAMARCA.pdf](https://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-delimitacion_areas_riesgo_hidrico-RODEO-CATAMARCA.pdf). 01/07/2020.
- [3] Gonzalez Bonorino, F. *Descripción geológica de la hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca*. Servicio Geológico Nacional. 1978.
- [4] Eremchuk, J. *Geoamenazas por inundaciones de las geoformas fluviales de áreas urbanas y rurales de los principales ríos del centro y este de la provincia de Catamarca*. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente - N° 42 – Pág. 35-49 - ISSN 2422-5703. 2019.
- [5] Código Civil y Comercial de la Nación. *Biblioteca Digital*. 12/12/2020, <http://www.bibliotecadigital.gob.ar/items/show/2690>.

### Información de Contacto de los Autores:

**Jorge Eremchuk**

Maximio Victoria 55  
San Fernando del Valle de Catamarca  
Argentina  
[eremchuk@tecno.unca.edu.ar](mailto:eremchuk@tecno.unca.edu.ar)

**Miriam Cisternas**

Maximio Victoria 55  
San Fernando del Valle de Catamarca  
Argentina  
[mcisternas@tecno.unca.edu.ar](mailto:mcisternas@tecno.unca.edu.ar)

**Ernestina Vergara**

Maximio Victoria 55  
San Fernando del Valle de Catamarca  
Argentina  
[trinidad\\_vergara@hotmail.com](mailto:trinidad_vergara@hotmail.com)

**Gretel Galeno**

Maximio Victoria 55  
San Fernando del Valle de Catamarca  
Argentina  
[gretelgaleano@gmail.com](mailto:gretelgaleano@gmail.com)

**Hector Niederle**

Maximio Victoria 55  
San Fernando del Valle de Catamarca  
Argentina  
*hectornie@arnet.com.ar*

**Claudia Barrera**

Maximio Victoria 55  
San Fernando del Valle de Catamarca  
Argentina  
*barrera\_claudia@hotmail.com*

**Jorge Eremchuk**

Doctor en Geología. Más de 40 años de experiencia en la actividad docente universitaria, en ámbito privado y en cargos de gestión municipal y provincial. Autor / Coautor de numerosas publicaciones a nivel provincial y nacional. Director de trabajos finales de grado en la carrera de Licenciatura en Geología.

**Miriam Cisternas**

Licenciada en Geología. Desarrolla actividad docente universitaria. Autora / Coautora de publicaciones a nivel provincial y nacional referida a temática ambientales. Directora de trabajos finales de grado en la carrera de Licenciatura en Geología.

**Ernestina Vergara**

Licenciada en Geología. Desarrolló actividades de gestión y control ambiental minero en el Ministerio de Minería de Catamarca. Docente universitaria. Directora de trabajos finales de grado en la carrera de Licenciatura en Geología.

**Gretel Galeno**

Licenciada en Comunicación Social, con orientación en comunicación institucional. Diplomada en comunicación y gestión de riesgo de desastre. Se desempeñó como Directora de Defensa Civil de la provincia de Catamarca. Docente universitaria. Directora de tesis de pregrado. Publicaciones en congresos y jornadas.

**Hector Niederle**

Ingeniero civil. Experiencia en diseño y proyecto de obras hidráulicas, estudio de disponibilidad de recursos hídricos, obras de aprovechamiento, captación y conducción. Riesgo Hídrico. Se desempeñó como Director de Hidrología y Evaluación de los Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca. Docente universitario.

**Claudia Barrera**

Abogada. Experiencia en derecho civil, laboral y contencioso – administrativo. Docente universitaria.