

VIENTOS del NORTE



Sociedad, Ambiente y Territorio



NÚMERO ESPECIAL DE GEOGRAFÍA FÍSICA

ISSN 2591-3247

Volumen 8. N° 1. Año 2022

Revista Disciplinar del Departamento Geografía

Facultad de Humanidades

Universidad Nacional de Catamarca





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA



FACULTAD DE HUMANIDADES



DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

REVISTA DISCIPLINAR DEL DEPARTAMENTO GEOGRAFÍA

VIENTOS del NORTE

Sociedad, Ambiente y Territorio



REVISTA DISCIPLINAR DEL DEPARTAMENTO GEOGRAFÍA

VIENTOS del NORTE



Sociedad, Ambiente y Territorio

Número Especial de Geografía Física

Volumen 8

Número 1

Editor Asociado:

Dr. JULIO ALBERTO COSTELLO

Director de la Revista:

Lic. ARQUÍMEDES JOAQUÍN ITURRIZA

ISSN 2591-3247

Año 2022

San Fernando Valle de Catamarca, Departamento Capital, Provincia de Catamarca
República Argentina



PRODUCCIÓN EDITORIAL, ESTILO Y PUBLICACIÓN

Lic. Arquímedes Joaquín Iturriza

EDITOR ASOCIADO Y PUBLICACIÓN

Dr. Julio Alberto Costello

TRADUCTORES

TPN Ana Betsabet Iturriza
Mgter. Guadalupe López Acuña

FOTO DE PORTADA

Gastón Exequiel Iturriza

PROPIEDAD

Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA

RECTOR

Ing. Agr. OSCAR ALFONSO ARELLANO

VICERRECTORA

Dra. ELINA AZUCENA SILVERA DE BUENADER
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Dr. RAÚL ORTEGA

DIRECTOR DE PUBLICACIONES

CIRO CARRIZO

FACULTAD DE HUMANIDADES

DECANA

Mgter. LILIA EXENI

VICE-DECANO

Esp. MIGUEL ÁNGEL MARQUEZ
SECRETARIA DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN

Dra. MARILINA AYBAR

DIRECTORA DE PUBLICACIONES

Mgter. JUDITH BAZÁN

DEPARTAMENTO GEOGRAFÍA

DIRECTORA

Lic. MARCELA KARINA MIRANDA

VICE-DIRECTORA

Lic. KARINA VIVIANA BALDIVIES

REVISTA DISCIPLINAR DEL DEPARTAMENTO GEOGRAFÍA

VIENTOS DEL NORTE

Sociedad, Ambiente y Territorio

DIRECTOR

Lic. ARQUÍMEDES JOAQUÍN ITURRIZA

EDITOR ASOCIADO

Dr. JULIO ALBERTO COSTELLO



REVISTA DISCIPLINAR DEL DEPARTAMENTO GEOGRAFÍA

VIENTOS DEL NORTE

Sociedad, Ambiente y Territorio

COMITÉ EDITOR

Dr. JULIO ALBERTO COSTELLO (UNCA)

Lic. TERESITA DEL JESÚS NIEVA (UNCA)

Lic. LUIS EDUARDO SEGURA (UNCA)

Mgter. LUIS ALBERTO SEGURA (UNCA)

Contacto:

revista.vientos.del.norte@huma.unca.edu.ar

Dirección Postal:

Avenida Belgrano N° 300

C.P. N° 4700

San Fernando Valle de Catamarca. Departamento Capital. Provincia de Catamarca.
República Argentina

Web:

www.editorial.unca.edu.ar

Los artículos publicados han sido evaluados por referato doble ciego.

Las opiniones que se expresan en los artículos son responsabilidad de los autores.

La revista adscribe a la política de acceso abierto.

Licencia Creative Commons: Reconocimiento - No comercial - 4.0 Internacional.

Diciembre 2022



COMISIÓN DE REFERATO

Dr. Alberto Antonio Espeche (Universidad Nacional de Catamarca) Dr. Elio Herminio Navarro (Universidad Nacional de Catamarca) Dr. Eloy Montes Galván (Universidad Nacional de Luján) Dr. Germán Figueroa (Universidad Nacional de Córdoba) Dr. Gustavo Buzai (Universidad Nacional de Luján) Dr. Gustavo Peretti (Universidad Nacional del Litoral) Dr. Julio Albergo Costello (Universidad Nacional de Catamarca) Dra. Gladys Edith Molina (Universidad Nacional de Cuyo) Dra. Marta Vigo (Universidad Nacional de Catamarca) Dra. Silvia Valiente (Universidad Nacional de Córdoba) Dra. Sonia Lanzellotti (Universidad Nacional de Luján); Dr. Raúl Mikkan (Universidad Nacional de Mendoza); Dr. Omar Conte (Universidad Nacional de Formosa); Mgter. Lila Silvia Carrizo (Universidad Nacional de Catamarca) Mgter. Luis Alberto Segura (Universidad Nacional de Catamarca); Esp. Elvira Cejas (Universidad Nacional de Catamarca); Esp. Susana Garaventa (Universidad Nacional de Catamarca); Lic. Juan Luis González (Universidad Nacional de Tucumán); Lic. Teresita Nieva (Universidad Nacional de Catamarca); Lic. Luis Eduardo Segura (Universidad Nacional de Catamarca); Lic. Luis Jaime (Universidad Nacional de Tucumán)



REVISTA DISCIPLINAR DEL DEPARTAMENTO GEOGRAFÍA

VIENTOS del NORTE



Sociedad, Ambiente y Territorio

PRESENTACIÓN

La Revista disciplinar virtual del Departamento Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca, *Vientos del Norte*, se concibe como un espacio de reflexión destinado a la divulgación del pensamiento geográfico.

Entre sus objetivos primordiales se propone la visibilización de recorridos curriculares, de experiencias de campo, de explicitación de planteos teóricos, posturas, discusiones, entre otros, que promueven y coadyuven a compartir y exponer los movimientos, avances y transformaciones en la investigación geográfica.

revista.vientos.del.norte@huma.unca.edu.ar



ENVÍOS DE TRABAJOS

Los interesados en publicar trabajos en la revista Vientos del Norte deberán contactarse con la Dirección de la Revista a la siguiente dirección electrónica para solicitar las normas de publicación:

revista.vientos.del.norte@huma.unca.edu.ar

La Dirección de la Revista informará a cada interesado sobre la recepción y aceptación de los trabajos de acuerdo a la normativa de la Resolución Consejo Directivo de la Facultad de Humanidades UNCA N° 029/2017.

1. Requisitos

Los artículos deben respetar para su aceptación las normas de publicación que se listan seguidamente de forma resumida y en forma completa en las Normas de Edición. (Solicitar por e-mail Resolución CDFH N° 029/2017. Normas de Edición 2017)
Se recuerda que el artículo enviado no debe haber sido publicado previamente ni haberse enviado a otra revista.

2. Tipos de artículos

Los artículos que podrán ser incorporados en la publicación deben responder a los siguientes tipos:

Tipo de artículo	Partes que debe contener
Informe de investigación	1. Resumen en español y en inglés; 2. Introducción; 3. Marco teórico/conceptual; 4. Metodología; 5. Resultados; 6. Conclusiones/Recomendaciones; 7. Referencias.
Reflexiones teóricas o metodológicas sobre las prácticas	1. Resumen (español e inglés); 2. Introducción; 3. Marco teórico; 4. Reflexión; 5. Conclusiones; 6. Referencias
Reflexiones teóricas o metodológicas sobre una temática de la especialidad	1. Resumen (español e inglés); 2. Introducción; 3. Desarrollo de la reflexión o de la propuesta; 4. Conclusiones; 5. Referencias
Experiencias de aula	1. Resumen (español e inglés); 2. Introducción; 3. Marco teórico; 4. Desarrollo de la experiencia;



	5. Conclusiones; 6. Referencias
Experiencias de talleres	1. Resumen (español e inglés); 2. Introducción; 3. Marco teórico; 4. Desarrollo de la experiencia; 5. Conclusiones; 6. Referencias
Reseñas de libro o artículo	1. Resumen (español e inglés); 2. Introducción (presentación de la obra); 3. Comento (contenido-fuentes-antecedentes del autor-propósito de la obra-método de trabajo-organización de la obra); 4. Evaluación de la obra.

3. Características de los archivos

Los archivos enviados deberán estar titulados (asunto) con el apellido y nombre del primer autor.

El archivo adjunto se identifica con el apellido y nombre del primer autor, respetar las normas de edición, en formato Word, el cual será evaluado con el sistema doble ciego.

- ✓ En caso de haberse empleado imágenes, cuadros, gráficos, fotos o cartografía, éstos deben incorporarse en el lugar en el que deberán aparecer, solamente en formato JPG (no Excel).
- ✓ Las imágenes deben ajustarse siempre al formato de página vertical, por lo que su proporción no puede superar el ancho de página, considerando también los márgenes. Las imágenes pueden ser a color.
- ✓ Cualquier tabla o figura reproducida o adaptada de otra obra debe acompañarse de una nota al pie de la tabla o figura en la que se dé crédito al autor original.

Se utilizará © Microsoft Word como procesador de texto, sin estilo predeterminado, sin numeración de página, sin sangría.

4. Requisitos formales

- Extensión: El título del trabajo deberá ir centrado y en negritas, con fuente Arial, tamaño 12. No podrá superar las 15 palabras. El resumen contendrá entre 150 y 300 palabras. El texto tendrá una extensión aproximada de 5.000 palabras dependiendo del tipo de artículo.
- Datos del encabezado: título del trabajo centrado, debajo y luego de doble espacio sobre el lado izquierdo el apellido y nombre del o los autores, debajo correo electrónico y finalmente filiación institucional.
- Configuración de página: A4 (21 x 29,7 cm), con margen izquierdo de 3 cm. Los demás, 2,5 cm.
- Interlineado: sencillo, sin espacio entre párrafos.
- Párrafos: justificados sobre ambos márgenes, sin sangría inicial.
- Se empleará fuente Arial en tamaño 11. Las notas se incorporarán al pie, en el mismo tipo de letra y en tamaño 9.



- No se numerarán las páginas.
- Se dejarán dos espacios antes de los títulos de secciones y uno entre ellos y el texto que siga.
- Las citas textuales de más de 40 palabras se ubicarán en párrafo aparte, sin comillas, con una sangría izquierda y derecha de 1 cm y en letra tamaño 10.
- La ordenación de las partes del trabajo se realizará mediante números arábigos seguidos de un punto.
- Las ilustraciones, cuadros, tablas, gráficos, imágenes, cartografía, etc. que se incorporen en el cuerpo del trabajo deben presentarse en formato jpg.
- El tamaño de la fuente de los epígrafes de imágenes no deberá ser menor a Arial 9.

5. Formas de citación

Las referencias en el interior del texto se consignarán según el sistema autor-fecha: apellido/s del autor, coma, año de la primera publicación en lengua original, dos puntos, espacio, número de página de la que se extrae la cita. En ningún caso se citará con el nombre de pila o sólo con el segundo apellido (en caso de tener dos).

Ejemplo 1 (un autor):

Con respecto a los complementos del nombre, Escandell-Vidal señala que la mayoría de las gramáticas se limita a listar las preposiciones que los encabezan (Escandell-Vidal, 1997: 17).

Ejemplo 2 (dos autores):

Como señalan Bosque & Gutiérrez Reixach, "la sintaxis es la parte de la gramática que estudia la forma en que se combinan las palabras y los significados a los que dan lugar esas combinaciones" (Bosque & Gutiérrez Reixach, 2008: 11).

Ejemplo 3 (tres o más autores):

[En referencias de obras de tres autores o más, en la primera mención se citarán todos los apellidos respectivos y en las siguientes ocasiones se empleará solo el apellido del primer autor, seguido de *et al*]

Como señalan Graesser, Singer & Trabasso, "un modelo de situación es una representación mental de las personas, escenarios, acciones y eventos que están mencionados en cláusulas explícitas o que se completan inferencialmente mediante el conocimiento del mundo" (Graesser, Singer & Trabasso, 1994: 371).

Igualmente, y en oposición a otras líneas como la hipótesis minimalista, Graesser *et al.* Afirman que muchas clases de inferencias basadas en el conocimiento previo se construyen potencialmente durante la comprensión (Graesser *et al.*, 1994: 371).

Ejemplo 4 (instituciones):

Si la cita pertenece a un texto editado por una institución (corporaciones, organismos, asociaciones, etc.), en la primera mención se escribirá el nombre completo y desde la segunda se empleará la abreviatura correspondiente.

En el tratado de la *Nueva gramática de la lengua española*, se toma posición respecto de las particularidades diatópicas ya que se tratan "como una variable de la descripción de las construcciones gramaticales", que pueden ser comunes a todos los hispanohablantes o



propias de una determinada comunidad o se limitan a una época (Asociación de Academias de la Lengua Española & Real Academia Española, 2009: XLII).

A pesar de esto, en la gramática académica se explicita que “es imposible que una descripción gramatical analice con profundidad similar todos los tipos de variación que hoy se reconocen en la lengua española” (ASALE & RAE, 2009: XLIII).

Si el segmento citado pertenece, a su vez, a una cita, esto debe aclararse apropiadamente: Para Heine, la auxiliaridad está determinada por la presencia de un conjunto de rasgos prototípicos entre los que se cuentan: a) la conformación en una clase cerrada de unidades lingüísticas; b) la evidencia de un comportamiento verbal restringido; c) la carencia o reducción de significado independiente, propio de los verbos plenos; y d) la expresión de un grupo reducido de dominios nocionales, como tiempo, aspecto y modalidad (Heine, 1993:475 citado en Essegby, 2004: 476).

Las citas con menos de 40 palabras van dentro del texto, entre comillas dobles, sin cursivas ni negritas, con la indicación de los datos entre paréntesis, según el sistema mencionado: Apellido, año: número de página.

6. Lista de referencias

Luego de las conclusiones, en el apartado de Referencias bibliográficas, se incluirán los datos completos de las obras que fueron citadas en el texto y en las notas. Éstas se ordenarán alfabéticamente.

En cada referencia se utilizará la sangría francesa.

Las distintas obras de un mismo autor se ordenarán cronológicamente. Las obras publicadas en el mismo año se diferenciarán con letras en orden alfabético, en minúscula.

Las obras en colaboración de un autor ya citado se consignarán a continuación de las obras de autor individual, si existieran.

Ejemplo de referencias de libros:

Chomsky, N. (1986a). *Knowledge of Language: Its nature, Origin, and Use*. New York: Praeger.

Chomsky, N. (1986b). *Barriers*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

Chomsky, N. & H. Lasnik (1991): “Principles and Parameters Theory”. En *Jacobs et al.* (Eds.) (1993): *Syntax. An International Handbook of Contemporary Research*. Berlín: De Gruyter, 506-569.

Ejemplo de referencia de capítulo de libro:

Chomsky, N. & H. Lasnik (1991): “Principles and Parameters Theory”. En *Jacobs et al.* (Eds.) (1993): *Syntax. An International Handbook of Contemporary Research*. Berlín: De Gruyter, 506-569.

Ejemplo de referencia de artículo de revista:

Essegby, J. (2004). “Auxiliaries in serialising languages: on COME and GO verbs in Sranan and Ewe”. *Lingua*. 114, 4, pp. 473-494.

Ejemplo de referencia de artículo de Internet:

Nombre del autor, año, título de la contribución, título de la obra que la contiene. Al final de la referencia se colocará el URL correspondiente, precedido por Recuperado de.

Salamanca, D. (2008). “El idioma miskito: estado de la lengua y características tipológicas”. *Letras* (Universidad Nacional de Costa Rica). Vol 1, No 43. Recuperado de: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/letras/article/view/296>



7. Otras consideraciones

Las notas se incorporarán al pie y sólo en caso de ser estrictamente necesarias. Recuerde que éstas sirven para ampliar información pertinente pero no decisiva para el desarrollo expositivo.

En ningún caso se emplearán notas al pie para consignar datos bibliográficos.

En lo posible, deben evitarse las abreviaturas innecesarias. Las siglas se emplearán sólo después de la primera mención del segmento acotado.

Las cursivas se pueden emplear para:

- ✓ enfatizar o destacar un término o concepto.
- ✓ todos los términos en lengua extranjera.
- ✓ todas las locuciones latinas.
- ✓ los enunciados que constituyan citas de datos empíricos.
- ✓ los títulos de libros, películas, pinturas, esculturas, obras musicales o literarias.

Salvo en el título, no se emplearán negritas en el texto.

Salvo las direcciones de Internet, no se empleará subrayado en el texto.

Salvo el título, no se emplearán mayúsculas corridas en el texto.

Cualquier consulta o aclaración deberá realizarse a la dirección de la revista:

revista.vientos.del.norte@huma.unca.edu.ar



CONTENIDO

Prólogo	15
Morfometría de la cuenca del arroyo Baró (San Roque, Corrientes) <i>Juana Bolo; Humberto Smichowski; David Morel; Elsie Ojeda y Félix Ignacio Contreras</i>	17
Metodología para el estudio del patrimonio geomorfológico <i>Raúl Alejandro Mikkan</i>	36
Consecuencias y vulnerabilidad ambiental en asentamientos poblacionales espontáneos. Quebrada El Tala. Catamarca <i>Marcelo Costello; Victoria Arévalo y Julio Alberto Costello</i>	54
Variables de reanálisis para determinar tendencias de precipitación acumuladas estivales. Valle Central Catamarca <i>Uriel Alberto Flores</i>	62
Entropía de laderas en el subsistema de Las Juntas, Departamento Ambato. Catamarca <i>Julio Alberto Costello</i>	75



PRÓLOGO

A posterior de la lectura de los cinco trabajos publicados en la Revista Geográfica "Viento del Norte" de la Universidad Nacional de Catamarca, confieso, que los contenidos presentados me trajeron evocaciones de mí pasado como estudiante de la Carrera de Geografía en la Universidad Nacional de Tucumán a inicio de 1970.

Aquellos dedicados profesores nos reiteraban con frecuencia la importancia como geógrafos saber: "donde estamos parados", además, del valor de la "observación del presente con proyección al futuro".

El experto en climatología nos alertaba que la temperatura del planeta ascendería tal vez medio grado, con consecuencias difíciles de imaginar.

En Geografía Humana, nos daban a conocer que éramos unos 4.000 millones de habitantes, con una rápida duplicación de ese valor en muy poco tiempo, (con graves consecuencias para el entorno y la humanidad).

En geomorfología; el docente dibujaba trazos del relieve y enseñaba, con diapositivas, los agentes erosivos. Se dejaba para el final una muestra de imágenes del "nuevo agente modelador", el hombre, ese ser "racional" alterador del relieve, dinámico y destructor, que supera a cualquier agente endógeno y exógeno.

En mi mente de principiante, veía a estos planteos como lejanos, algo exagerados o tal vez poco probable; hasta llegué a dudar de la extinción masiva del homo sapiens. Hoy me asombra mi superficial manera de pensar.

Ante esta breve introducción, dejo mi reflexión: transcurrieron un poco más de medio siglo desde aquellos años de estudiante y de todas las enseñanzas y advertencias de los abnegados geógrafos; sus vaticinios están presentes hoy y potenciados.

En la lectura de estos interesantes trabajos, los lectores encontrarán la preocupación de sus autores por el acelerado impacto al ambiente, al punto que en el texto hay expresiones como: "desmesurada actividad antrópica"; "dinámica gravitatoria acelerada por la acción humana"; "necesidad de mitigación ante la destrucción humana"; "prácticas ganaderas rudimentarias con efectos



destructivos"; "sitios geomorfológicos patrimoniales con tendencia a la desaparición"; "presión antrópica sobre los recursos naturales".

Los volcanes, que permiten la salida de material fundido del interior del planeta en forma de magma, es tratado en este escrito desde una mirada netamente geográfica y por demás novedosa, se valora la conservación de las geoformas y se basa en La Payunia como ejemplo de patrimonio geomorfológico. El autor brinda la metodología de trabajo, aplicando sus saberes en el terreno.

La obra de las sierras noroccidentales de Ambato, es un meticuloso estudio geomorfológico, donde su autor no solo se conforma con explicar los procesos físicos de la pérdida de suelos, sino que acude a sus sólidos saberes de historia colonial del NOA para poder explicarlo.

La pobreza extrema, también está plasmada en esta obra, un trabajo trata sobre la vulnerabilidad ambiental en los asentamientos poblacionales en la quebrada de El Tala, provincia de Catamarca. La ocupación ilegal de tierras trajo preocupantes consecuencias para el ambiente, la salud de sus habitantes y un peligro potencial para la capital provincial.

Dos trabajos más conforman la publicación, un estudio morfométrico de una pequeña cuenca denominada arroyo Baró en la provincia de Corrientes y un estudio sobre las precipitaciones estivales en el valle central de la provincia de Catamarca. Ambas obras recurren a modelos numéricos y avances tecnológicos para sus conclusiones.

El geógrafo español Fernando Rodríguez de la Torre, experto en Geografía Física, sostiene que la geografía no divide lo que la naturaleza une; que existen varios fenómenos naturales que atañen al territorio, a la comunidad y al entorno, descuidados por los geógrafos e invadidos por otras ciencias.

Por lo expuesto afirmo que esta publicación geográfica, redactada desde la Geografía Física, responde al pensamiento del geógrafo español y es valorable.

Luis Dardo Jaime

CAPÍTULO 1

MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL ARROYO BARÓ (SAN ROQUE, CORRIENTES)

Juana Bolo¹

Humberto Smichowski²

David Morel³

Elsie Araseli Ojeda⁴

Félix Ignacio Contreras⁵

- 1.- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. juanibolo1@gmail.com
- 2.- Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL – CONICET / UNNE)
- 3.- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.
- 4.- Instituto de Investigaciones Geohistóricas (IGHI – CONICET / UNNE)
- 5.- Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL – CONICET / UNNE) Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.



MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL ARROYO BARÓ (SAN ROQUE, CORRIENTES)

MORPHOMETRY OF THE BARÓ STREAM BASIN (SAN ROQUE, CORRIENTES)

*Juana Bolo
Humberto Smichowski
David Morel
Elsie Araseli Ojeda
Félix Ignacio Contreras*

Resumen

Los estudios morfométricos de cuencas hidrográficas constituyen las bases para la comprensión de las dinámicas fluviales, de los elementos y factores morfológicos que influyen e intervienen y, por lo tanto, sus conocimientos son fundamentales para el ordenamiento territorial. El objetivo del trabajo es conocer cuáles son las características morfométricas de la cuenca del arroyo Baró, de gran importancia local, puesto que gran parte de su tramo medio hasta su desembocadura se ubica en el ejido urbano de la localidad de San Roque. En este sentido, el reducido tamaño y las características de su cuenca influye sobre la ciudad que se encuentra bajo la amenaza constante de riesgos por inundación, los cuales se manifiestan de manera recurrente y repentina. Este trabajo constituye un primer aporte en la contribución de la planificación urbana, como así también, en la mitigación y alerta temprana de riesgos de inundaciones.

Palabras clave: Morfometría, Cuencas Hidrográficas, Corrientes.

Abstract

The morphometric studies of hydrographic basins constitute the bases for the understanding of the fluvial dynamics, and of the morphological elements and factors that influence and intervene; therefore, knowing about them is fundamental for territorial ordering. The aim of this paper is to show what are the morphometric characteristics of the Baró stream basin, of great local importance, since a large part of its middle section up to its mouth is located in the urban area of the town of San Roque. In this sense, the small size and characteristics of its basin influence the city, which is under the constant threat of flood risks, which manifest themselves recurrently and suddenly. This work constitutes a first contribution in support of urban planning, as well as in the mitigation and early warning of flood risks.

Keywords: Morphometry, hydrographic basins, Corrientes.



1. Introducción

La cuenca hidrográfica es un área de captación natural de aguas de precipitaciones, formada por un conjunto de manantiales que conforman una red de drenaje, que dirige el flujo a un punto de salida único, conocido como exutory (Tucci, 1997).

Las cuencas hidrográficas son las unidades de análisis territorial de los estudios hidrológicos, y su importancia radica en que en ellas se encuentran los recursos naturales y se asientan las poblaciones (Salas Salinas y Jiménez Espinoza, 2004).

Considerar los parámetros morfométricos en cuencas hidrográficas es importante para evaluar el sistema hidrológico (Maidment, 1992; Camino et al., 2018). Las variables de forma, relieve y red de drenaje revelan el comportamiento morfodinámico e hidrológico de las cuencas (Salas Aguilar et al., 2011; Gaspari, 2012; Cruz Romero et al., 2015; Aumassanne et al., 2018; Moretto et al., 2019). El caudal y las crecidas modifican las propiedades morfométricas y morfológicas como el tamaño, la forma y la pendiente, que resultan muy importantes en la respuesta del volumen de agua acopiada y operan tanto para atenuar, como para intensificar las crecidas, influye, además, sobre el flujo y la velocidad de su movimiento (González de Matauco, 2004). Es por ello que, para "la correcta gestión de los recursos es necesario obtener información sobre las características morfométricas de la cuenca, para influir en el sistema hidrológico y, en consecuencia, la dinámica del ecosistema" (Teodoro, Teixeira, Costa y Fuller, 2007, p. 43).

Según Popolizio (1986), la provincia de Corrientes tiene muy baja amplitud de relieve (unos 200 m de diferencia entre sus cotas extremas: 220 y 20 m), en los extremos NE y SO respectivamente predomina el aspecto de extensas planicies en el oeste y suaves colinas en el este. La red hídrica posee escaso desarrollo y se desdibuja hacia las cabeceras lo cual dificulta la traza de la divisoria topográfica. Es común la presencia de paisajes anegadizos de bañados, esteros y lagunas, que hacia sus desembocaduras se canalizan y forman arroyos con los que se relacionan difusamente (Contreras y Odriozola, 2016).

Con amplia ocupación territorial se destacan las cuencas de los arroyos Empedrado y Riachuelo, en este último la presencia de esteros homónimos cuyos ambientes acuáticos ocupan el 30% de la superficie, mientras que durante las inundaciones se extienden hasta un 45% (Bonetto et al., 1978).

La presión antrópica sobre los recursos naturales (suelo y agua) y el crecimiento de la población, plantea la necesidad de un ordenamiento ambiental que anticipe el riesgo. Las personas comienzan a ocupar lugares cercanos al centro de la ciudad sin tener en cuenta los problemas y la consecuencia de su ubicación. Concretar un asentamiento poblacional sin un análisis del lugar conlleva a generar problemas de diferente índole. En las cuencas hidrográficas los riesgos se manifiestan por crecientes e inundaciones que afectan de forma negativa la vida de las personas que están en zonas aledañas a las cuencas. Por lo tanto, es necesario realizar un estudio de áreas inundables y/o anegables a fin de minimizar el riesgo.

En este marco, los conocimientos referidos a la topografía del lugar constituyen la base de toda investigación referida al estudio directa o indirectamente de los paisajes, sus dinámicas y evolución, cuya información resulta de interés a diversas ciencias y no exclusivamente a la geografía.

En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica, a través de los Modelos Digitales de Elevación (MDE), proponen herramientas de análisis espacial que permiten identificar áreas desfavorables para la instalación urbana. Felicísimo (1999), describe la altimetría de un lugar mediante una serie de datos acotados que sirven de base para construir un conjunto de modelos que derivan y se elaboran a partir de la información contenida explícita o implícitamente en el MDE.

Los avances de las tecnologías espaciales en las últimas décadas permiten contar con información detallada de la superficie terrestre. El uso de herramientas geoespaciales y procesamientos en sistemas de información geográfica cobra relevancia en estudios morfométricos porque permite la medición automática de los parámetros físicos de las cuencas hidrográficas de forma rápida y bajo costo (Brubacher, Oliveira y Guasselli, 2011; Viramontes et al. 2007, p. 22).

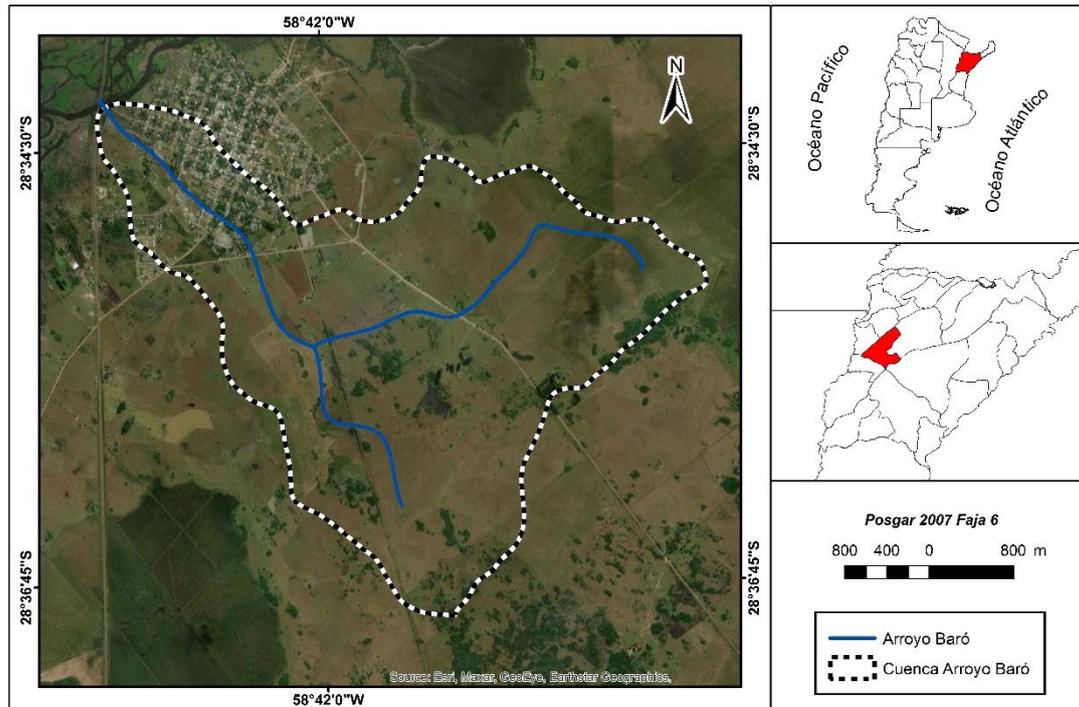
Además, se recorre el área de estudio a fin de analizar, por un lado, los problemas del comportamiento hidrológico natural de la cuenca y por otro, los sectores que se encuentran intervenidos.

En el presente trabajo se realiza un estudio planialtimétrico y morfométrico de la cuenca del arroyo Baró de la localidad de San Roque, se emplea herramientas Geoespaciales, se establece la influencia de ambos factores en la intensificación o atenuación de las crecidas a los fines de generar datos útiles para la planificación territorial y mitigación del riesgo.

2. Área de estudio

La ciudad de San Roque (Figura 1) se ubica en el sector Centro-Oeste de la provincia, sobre la margen izquierda del río Santa Lucía, uno de los principales cursos fluviales autóctonos del territorio, el cual descarga las aguas de vastas regiones de humedales homónimos, localmente conocidos como esteros. No obstante, dentro del ejido urbano de la ciudad, se localizan pequeños arroyos de cuencas muy reducidas y de los cuales se destaca el arroyo Baró.

Figura 1
Área de estudio



Nota: Elaboración propia.

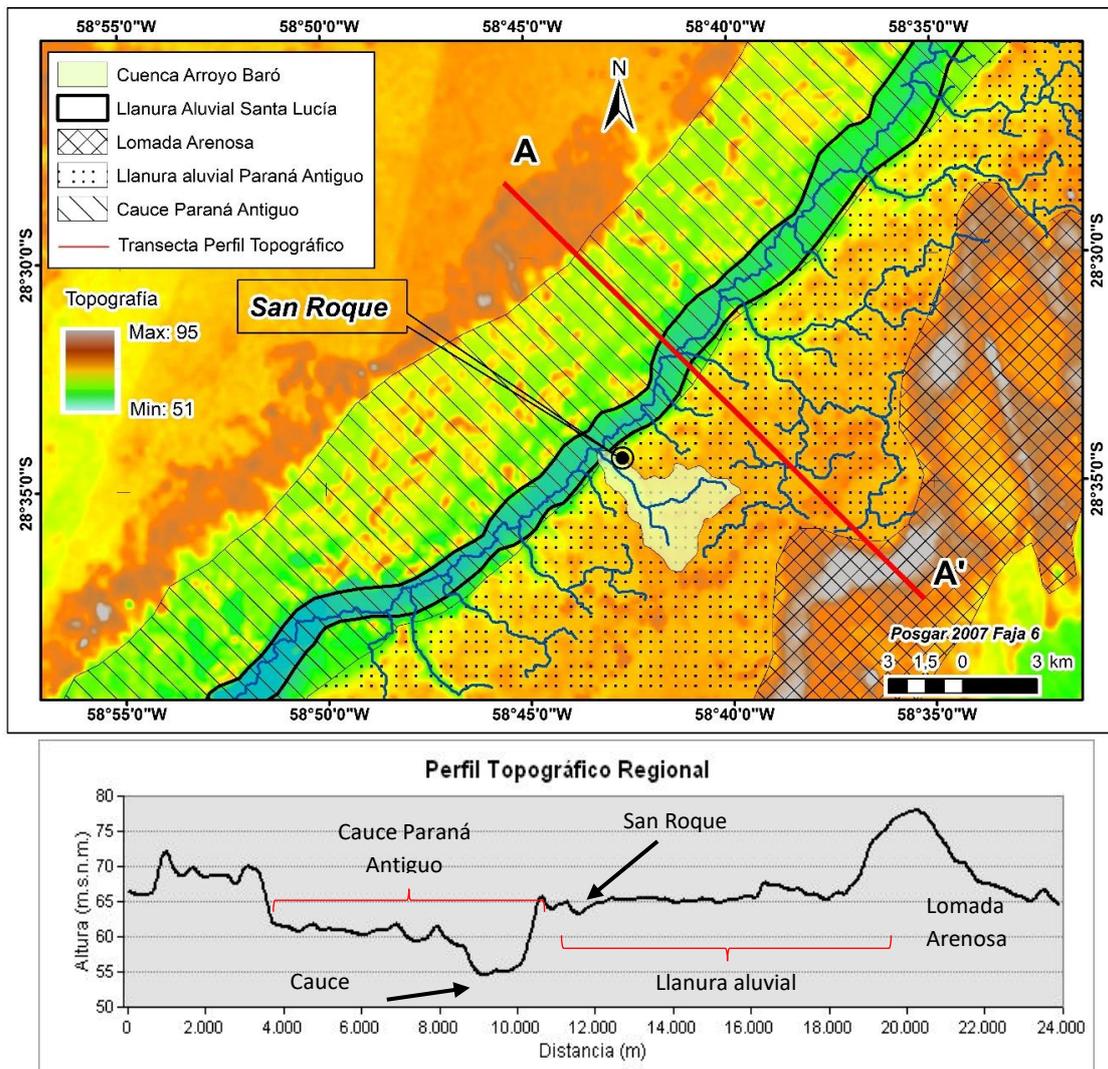
Este curso de agua, el cual posee una disposición perpendicular al río Santa Lucía, nace en un área anegadiza localmente conocida como cañada que, a diferencia de los esteros, tiene

un tiempo de permanencia del agua menor y su extensión es mucho más reducida. En este contexto, el arroyo Baró se describe como un curso de agua pequeño que se desarrolla sobre un terreno relativamente plano y con escasa pendiente. Por otra parte, si bien su alta cuenca se encuentra en una zona rural, gran parte de su recorrido hasta su desembocadura lo realiza en áreas urbanas y periurbanas, esto constituye un factor de amenaza y expone a la población a riesgos por inundaciones repentinas (Figura 1)

Los cursos menores de la cuenca -como el arroyo Baró- proviene desde las lomadas arenosas y desemboca en el río Santa Lucía en forma perpendicular, de acuerdo con el modelado del río Paraná en la región.

Cabe destacar, que el río Santa Lucía recorre un antiguo cauce labrado por el Paraná con dirección noreste-sudoeste, el cual posiblemente ocupaba el ancho total de la llanura aluvial actual río. Por su parte, los pequeños tributarios actuales de la margen izquierda de este último se desarrollan sobre relieves planos anegadizos que se caracterizan por la presencia de cañadas y bañados, que probablemente formaban llanuras de inundación del río Paraná (Orfeo, 2005) (Figura 2).

Figura 2
Relieve regional



Nota: Elaboración propia

Esta génesis del relieve y paisaje actuales les imprime sus características morfométricas a las diferentes cuencas de drenaje de la región (Pissara et al., 2004). A su vez, es posible advertir que sobre la margen izquierda se emplaza la localidad de San Roque y ésta se ubica más elevada que la margen derecha, sin embargo, ambas están bajo amenaza por inundación.

La cuenca posee un clima subtropical con temperaturas medias de 21° C y precipitaciones medias anuales en el orden de los 1400 mm, (Pyszczek, 2016), las cuales se desarrollan con mayor abundancia entre las estaciones de primavera y otoño. No obstante, en el área de estudio se desarrollan eventos meteorológicos de gran magnitud, cuyos montos pluviométricos superar los 100 mm en menos de una hora.

En función de la gran distribución de ríos, esteros, cañadas y lagunas que posee la provincia de Corrientes, Contreras y Odriozola (2016) definen tres tipos de amenazas por inundaciones y anegamientos. En primer lugar, las inundaciones por desborde de los ríos Paraná y Uruguay (Tipo de riesgo 1), principales cursos de agua. En segundo lugar, los riesgos de inundaciones y anegamientos de cursos autóctonos (Tipo de riesgo 2), los cuales son tributarios de los anteriormente mencionados y, por último, el anegamiento de áreas deprimidas (Tipo de riesgo 3) correspondientes a paleocauces, esteros, cañadas, lagunas, etc. En este sentido, el arroyo Baró constituye una amenaza Tipo 2, las cuales, para los autores, son las más peligrosas debido a la mayor incertidumbre que generan las alturas de las aguas como respuesta a las precipitaciones locales.

3. Materiales y métodos

El desarrollo del análisis morfométrico de la cuenca se realiza con el Modelo Digital de Elevación de 30 m de resolución espacial, adquirida del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2020) correspondiente a la hoja 2960-12, escala 1:100000. Este DEM se desarrolló a partir de datos capturados durante las misiones *Shuttle Radar Topography Mission*, (SRTM), llevada adelante por la NASA en el año 2000, y *Advanced Land Observing Satellite "DAICHI"* (ALOS), de la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA) en el año 2014, y contiene alturas corregidas y vinculadas con el Sistema de Referencia Vertical Nacional (SRVN16) (IGN, 2020).

Tabla 1

Variables de medición directa

Variable	Unidad	Definición
Área (A)	km ²	Proyección ortogonal del área de drenaje de un sistema de escorrentía.
Perímetro (P)	km	Longitud de la línea que limita la cuenca hidrográfica.
Longitud axial (Lm)	km	Distancia entre la desembocadura y el punto más lejano de la divisoria de aguas de la cuenca.
Ancho máximo (l)	km	Distancia entre los puntos más alejados de la cuenca medidos perpendicular a la longitud axial.
Vertiente mayor (Amax) y menor (Amen)	km ²	Áreas de drenaje de la cuenca separadas por el cauce principal.
Longitud de las curvas de nivel (Lc)	km	Sumatoria de las longitudes de las líneas que unen puntos de igual altura topográfica.
Longitud del	km	Distancia medida desde el punto más distante del



cauce principal (L)		curso colector de la cuenca hasta la desembocadura.
Longitud total de la Red ($\sum L_i$)	km	Sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan en una cuenca determinada.
Altura máxima (Hmax) y mínima (Hmin) del Cauce Principal.	m.s.n.m.	Cota del punto más elevado y del punto más bajo del cauce principal.

Nota: en base a Reyes-Trujillo, Barroso y Caravajal-Escobar (2010); Gaspari (2012); Camino et al. (2018).

La delimitación de la cuenca hidrográfica y la extracción de la red de drenaje se realiza mediante el software GRASS GIS 7.4.2., mientras que para la medición de las variables se utilizó el ArcMap Desktop 10.5.

3.1. Parámetros relativos a la forma de la cuenca

La forma de la cuenca es la configuración geométrica tal y como está proyectada en el plano horizontal (Llamas, 1993). Cada cuenca tiene una forma determinada que guarda estrecha relación con la manera en que se suministra el agua desde su nacimiento hasta su desembocadura, por lo que dos cuencas de igual área, pero con diferente forma, tendrán comportamientos hidrológicos diferentes (Mariscal Romero, et al, 2019, p. 40).

-Factor de forma (F):

$$F = \frac{A}{L_m^2}$$

Propuesto por Horton (1932) relaciona el área de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (Méndez 2015), determina la forma redondeada o alargada de la cuenca, la cual genera tendencia hacia crecidas rápidas y muy intensas, o lentas y sostenidas.

Un valor de F superior a la unidad muestra una cuenca achatada o un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa que forma fácilmente grandes crecidas (Reyes-Trujillo, Barroso y Caravajal-Escobar, 2010).

-Índice de compacidad (Kc):

$$K_c = 0.28 x \left[\frac{P}{\sqrt{A}} \right]$$

Desarrollado por Gravelius (1914) relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área equivalente a la de la cuenca (Cruz Romero et al 2015).

Cuanto mayor es el coeficiente, más distante será la forma de la cuenca con respecto al círculo. Valores cercanos a 1 indican que la cuenca presenta mayor tendencia a crecientes o concentración de altos volúmenes de agua de escorrentía (Sellers, Corbelle, Buján y Miranda, 2015).

-Índice de alargamiento (Ia):

$$l_a = \frac{L_m}{l}$$

Este índice, propuesto por Horton (1945), relaciona la longitud axial de la cuenca con su ancho máximo.

Las cuencas que presentan valores mayores a 1 tienen un área más larga que ancha, y permite predecir la dinámica del movimiento del agua en los drenajes y su potencia erosiva (Salas Aguilar et al, 2011).

-Índice asimétrico (I_{as}):

$$I_{as} = \frac{A_{may}}{A_{men}}$$

Este índice evalúa la homogeneidad en la distribución del drenaje, relaciona las áreas de las vertientes mayor y menor (Cruz Romero et ál., 2015).

Si el índice da como resultado un valor mucho mayor a 1 el río está más recargado sobre una de las vertientes (Reyes-Trujillo et al., 2010).

En la Tabla 2 se presenta un cuadro resumen con los datos obtenidos.

Tabla 2

Interpretación de parámetros de forma

Parámetro	Interpretación
Factor de Forma	$F > 1$: Cuenca Achatada = Tendencia a ocurrencia de avenidas. $F < 1$: Cuenca Alargadas = Baja susceptibilidad a Avenidas.
Índice de Compacidad	$K_c = 1,00 - 1,25$: Cuenca redonda a Oval Redonda. $K_c = 1,25 - 1,50$: Cuenca Oval Redonda s Oval Oblonga. $K_c = 1,50 - 1,75$: Cuenca Oval Oblonga a Rectangular Oblonga.
Índice de Alargamiento	$I_a > 1$: Cuenca Alargada. $I_a = 1$: Cuenca Achatada y por lo tanto el cauce principal es corto.
Índice Asimétrico	$I_{as} > 1$: Cauce principal bastante recargado a una de las vertientes. $I_{as} = 1$: Distribución uniforme del Cauce principal

Nota: Reyes-Trujillo, et al., (2010); Gaspari (2012); Camino et al., 2018

3.2. La pendiente

-La pendiente media de la cuenca (S_m):

$$S_m = \frac{D \times L_c}{A}$$

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca, y su importancia radica en la influencia que tiene sobre el comportamiento hidrológico, y sus consiguientes efectos

sobre la erosión y la sedimentación, y sobre la magnitud y el tiempo de formación de las crecientes (González de Matauco, 2004; Reyes-Trujillo, et al., 2010; Camino et al., 2018). Para estimar la pendiente media de una cuenca se propone una ecuación que relaciona la equidistancia (D) entre las curvas de nivel, el área y la sumatoria de las longitudes de todas las curvas de nivel que se encuentran dentro de la cuenca (Gaspari, 2012).

-Pendiente del cauce principal (S):

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \times 100$$

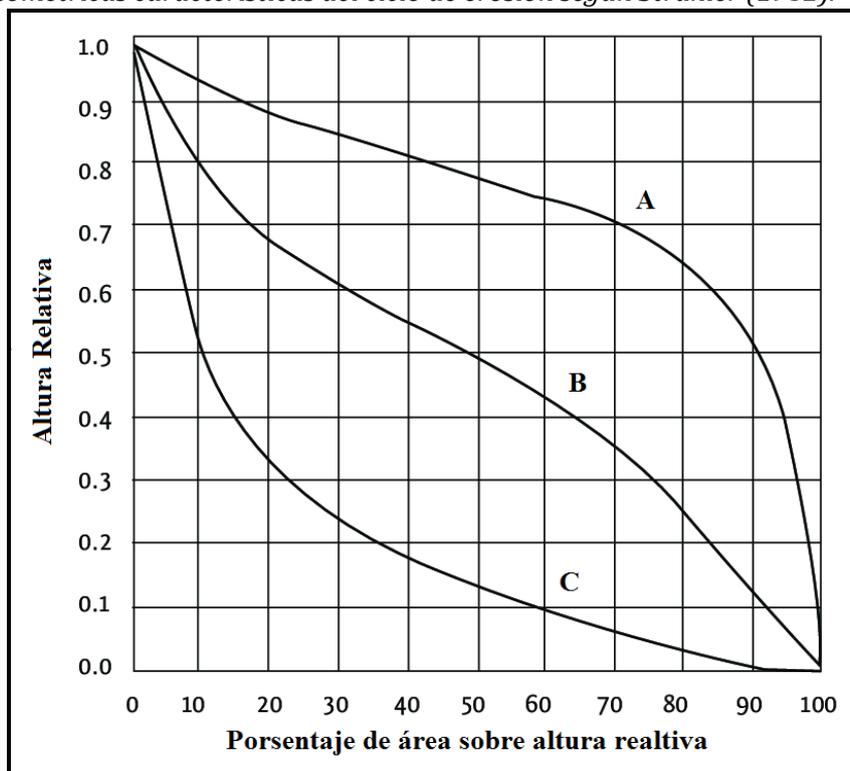
Este factor se relaciona directamente con la velocidad del flujo que discurre por el canal principal e inciden en la capacidad de transporte de sedimentos (Farfán et al., 2010). Se calcula y se determina el desnivel entre los puntos topográficos más alto y más bajo, y luego se divide por la longitud de cauce.

3.3. Curva hipsométrica

La curva hipsométrica es propuesta por Strahler (1952). Es un modelo que permite conocer la distribución de la masa desde arriba hacia abajo en relación con la altura y el área de la cuenca (Racca, 2007). (Figura 3)

Figura 3

Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión según Strahler (1952).



Leyenda: A) Cuenca con alto potencial erosivo (etapa juvenil); B) Cuenca en equilibrio (etapa de madurez); C) Cuenca sedimentaria (etapa de vejez).

Nota: Modificado por los autores en base a Salas Aguilar et al. (2011, p. 36)

La curva refleja con precisión el comportamiento global de la altitud de la cuenca y la dinámica del ciclo de erosión. A partir de la simple observación de las formas podemos inferir el grado de madurez de la cuenca o si existe algún control litológico que influye en el sistema hidrológico (Salas Aguilar et al., 2011).

3.4. Perfil longitudinal

Representa las diferentes elevaciones del fondo del arroyo desde el nacimiento hasta la desembocadura del río (Sellers et al., 2015). Evidencia de las particularidades del relieve de la cuenca a la que pertenece.

En su forma quedan registrados los efectos de la deformación de la corteza, cambios en el clima o procesos propios de la evolución del drenaje o capturas fluviales (Jiménez-Cantizano et al., 2017).

3.5. Densidad de drenaje

Es la relación entre la longitud total de los cauces de la cuenca y su área total. Indica el grado de desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca y su eficiencia (Horton 1945).

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Cuanto mayor sea el valor de la densidad de drenaje, más rápida será la respuesta de la cuenca ante una tormenta, por lo tanto, se evacúa el agua con mayor celeridad (Reyes-Trujillo et al., 2010; Gaspari, 2012), situación que se considera como un indicador de peligrosidad (Camino, et al, 2018)

3.6. Tiempo de concentración

Se define como el tiempo en el cual la escorrentía superficial del punto más alejado de la cuenca alcanza el punto de salida, es decir el tiempo en el cual toda la cuenca contribuye al flujo (Vélez Upegui y Botero Gutiérrez, 2011).

Varios autores proponen diversas fórmulas para determinar el tiempo de concentración en cuencas hidrográficas. Una de las más extendidas es la propuesta por Kirpich (1940), que calcula el T_c en minutos y la relaciona con la longitud del cauce principal y su pendiente media.

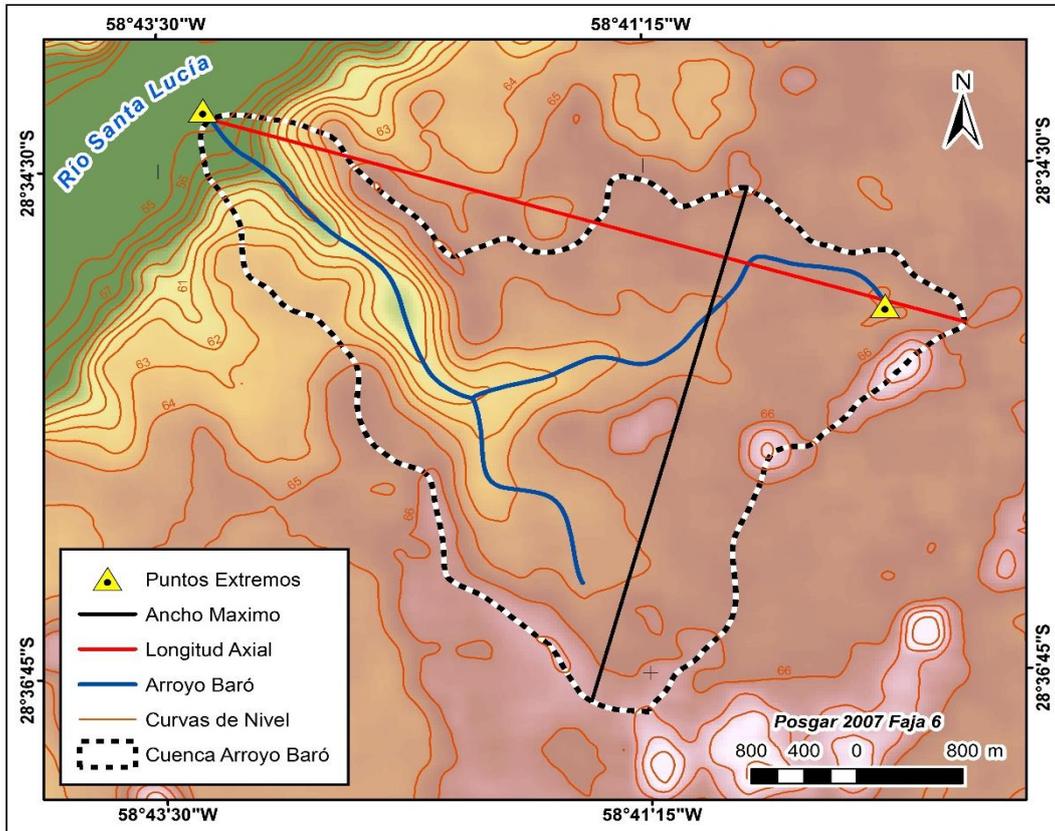
$$T_c = \frac{0,01947 \times L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

Es un parámetro que recibe la influencia de las características de la forma, el relieve y la red de drenaje de la cuenca (Gaspari, 2012; Camino et al., 2018; Aumassanne et al., 2018; Mariscal Romero et al., 2019).

4. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de las variables de medición directa indican que la cuenca del arroyo Baró tiene una superficie de 13,05 km², definiéndose como una Microcuenca (Camino et al. 2018, Campos Aranda, 1992). Además, exhibe un perímetro de 17,98 km, 5,94 km de longitud axial, 4,37 km de ancho máximo, 8,73 km² de vertiente mayor, 4,32 km² de vertiente menor (Figura 4).

Figura 4
 Parámetros de medición directa.



Nota: Elaboración propia

La longitud de curvas de nivel es de 56,19 km, la equidistancia de 1 m, la longitud de cauce principal 6,97 km, la longitud total de la red 8,90 km, mientras que las alturas máximas y mínimas del cauce principal son 64,96 y 54,5 m.s.n.m. respectivamente.

El factor de forma arrojó un valor de 0,37, lo que indica una cuenca bastante alargada con baja susceptibilidad de crecidas repentinas (Tabla 3).

Tabla 3
 Parámetros de forma

Parámetro	Resultado (Índices adimensionales)
Factor de Forma	0,37
Índice de Compacidad	1,39
Índice de Alargamiento	1,36
Índice Asimétrico	2,02

Nota: Elaboración propia

Por su parte, el cálculo del índice de compacidad dio como resultado 1,39, que indica una forma oval redonda a oval oblonga, con tendencia media a la concentración de grandes volúmenes de agua. El valor de 1,36 de índice de alargamiento muestra una cuenca con un área poco alargada y predice un drenaje algo lento y con escasa potencia erosiva y de arrastre (Moreno Grande y Esquivel Jiménez, 2015)

El índice asimétrico muestra que la cuenca se encuentra recargada sobre la margen de mayor área. Esto se percibe al observar el único afluente que tiene el arroyo el cual proviene de la margen izquierda.

En general las cuencas que presentan valores similares a los que exhibe la cuenca del arroyo Baró, tienden a mostrar hidrogramas intermedios, sin picos muy fuertes, pero tampoco tan difusos. (Campo, Aldular, Fernández, 2011).

La pendiente media de la cuenca es de 0,43%, mientras que la pendiente del cauce principal es 0,15%. Esto quiere decir que el arroyo transita por un terreno muy plano (Ortiz, 2004), por lo tanto, denota erosión baja y baja capacidad de carga de sedimentos (Silva, 2003) (Tabla 4).

Tabla 4
Clasificación de pendientes medias.

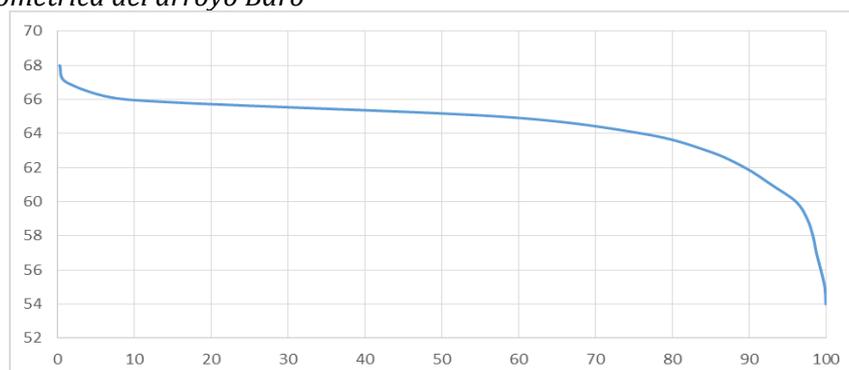
Pendiente (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Mediano
12-35	Accidentado
35-50	Fuerte
50-75	Muy Fuerte
>75	Escarpado

Nota: Ortiz Vera (2004)

La curva hipsométrica evidencia un relieve en etapa de juventud con alto potencial erosivo (Figura 4). Se observa una pequeña pendiente al inicio de la curva, estabilizándose alrededor de los 66 m en la que comienza una zona plana sobre la cual se desarrolla la gran mayoría de la cuenca.

A partir de los 64 m y hasta la desembocadura es posible advertir un aumento progresivo de la pendiente. Este comportamiento también se refleja en la forma convexa del perfil longitudinal, con la única diferencia en la parte final de la curva, en la que se observa un área plana coincidente con el área urbana (Figura 5).

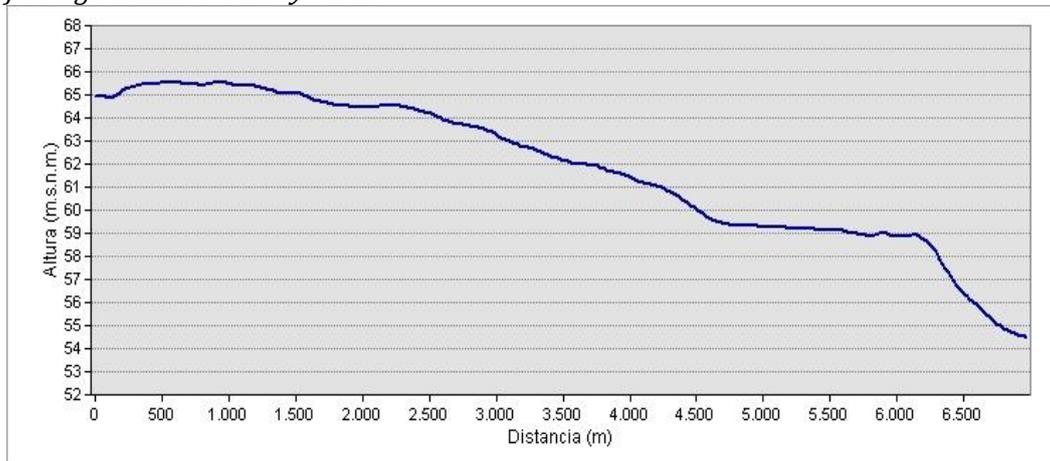
Figura 5
Curva hipsométrica del arroyo Baró



Nota: Elaboración propia

Las zonas de mayor pendiente coinciden con las áreas urbanizadas, por lo tanto, se genera mayor energía potencial en el flujo de agua y, en consecuencia, determina riesgos asociados a erosión y deslizamientos. (Verdugo Cárdenas, 2017)

Figura 6
Perfil longitudinal del arroyo Baró



Nota: Elaboración propia.

El valor de 0,68 de densidad de drenaje muestra una cuenca pobremente drenada. El agua retarda la salida y disminuye los picos de caudales en los hidrogramas (Cruz Romero et al., 2015). El tiempo de concentración es de 3 horas con 35 minutos, un valor alto en comparación con los tiempos de concentración de microcuencas (Méndez Mata, Córdova, Cartaya Ríos, 2005). Esto se produce, porque la zona en la cual se asienta la cuenca es una antigua llanura aluvial muy plana y, por lo tanto, retarda la respuesta ante las precipitaciones.

4.1. Visita al área de Estudio.

Durante la visita al área de estudio fue posible advertir una serie de obras de canalización realizadas dentro del área urbana. El arroyo Baró fue rectificado (Figura 7) y los terrenos que antes eran ocupados por el agua, hoy se encuentran con asentamiento de familias o en construcción (Foto 1 y 2).

Figura 7
Fotos e imagen satelital de rectificación del cauce





Leyenda: Foto 1. Cauce Natural; Foto 2. Cauce Rectificado.

Nota: Foto 1 y 2 tomadas durante trabajo de campo

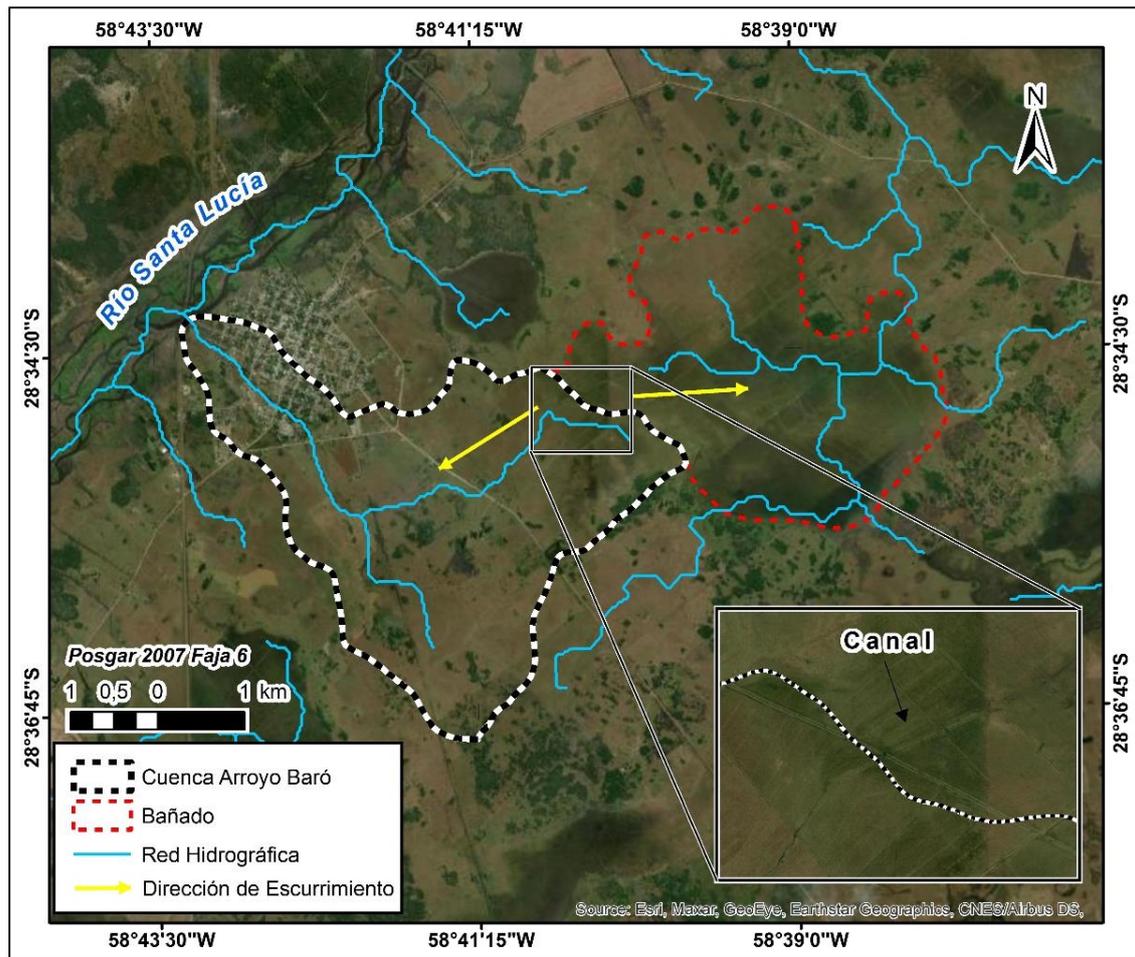
En la Figura 7, en la fotografía 1 podemos ver una depresión que marca el cauce natural del arroyo Baró anterior a la rectificación del curso realizada en el año 2005. Estos son terrenos bajos con depresión en comparación con los circundantes y por lo tanto susceptibles a anegamientos regulares, y, aun así, se perciben construcciones dentro del área.

En la misma Figura 7, en la foto 2 se observa el cauce rectificado y la presencia de una edificación al fondo, la cual se encuentra en un área de sumo peligro entre el cauce natural y el cauce rectificado.

En el año 2005 se hizo una modificación del cauce natural del arroyo, el lugar dejó de ser parte del curso de agua. Fue dividido en dos partes, una fue donada a los bomberos voluntarios y la otra a un ciudadano. Esta persona actualmente construye cabañas de fines de semana en lugares que son inundables. El agua llegó hasta el límite de propiedad de los bomberos alguna vez, por lo tanto, es una locura que se permita construir allí. En mi opinión el municipio no debía donar el terreno a esa persona. (Reproducción textual: Roque Ferreira, Ex-Jefe de Bomberos Voluntarios de San Roque)

Por último, a través de análisis de imágenes satelitales y de modelos de elevación digital, se constata una serie de obras de canalizaciones para drenaje de bañados que conducen agua hacia el arroyo Baró desde cuencas aledañas (Figura 8).

Figura 8
Red de escurrimiento y canal conector entre distintas cuencas



Nota: Elaboración propia

Sin dudas que esta modificación antrópica genera un aumento de la superficie de captación de la cuenca y, en consecuencia, un desequilibrio entre el volumen de agua disponible y el volumen que soporta el canal colector, pudiéndose generar grandes desbordes. En este sentido, la rectificación de los cursos y la canalización constituyen los factores que incrementan la velocidad del flujo, originan una concentración más rápida de la escorrentía y un flujo turbulento más potente que erosiona más rápido las márgenes del arroyo (Vidal y Romero, 2010; Marroquín, 2017, Matteucci et al 2007).

5. Conclusiones

La localidad de San Roque se ubica en una posición geográfica expuesta a riesgos por inundación casi constantes, como sucedió en los años 2017 y 2019 con una precipitación acumulada de 452 mm solo en los meses abril y mayo y de 328,5 mm en el mes de enero respectivamente. A causa de esto, el arroyo crece repentinamente, se desborda, afecta a las familias de la localidad y se procede a evacuar a más de 750 personas de sus hogares. En los últimos años, el riesgo por inundación se manifiesta de manera recurrente, afecta a muchas personas que viven en áreas aledañas tanto de río Santa Lucía, como del arroyo



Baró. Los análisis morfométricos posibilitan tener una idea general de la respuesta hidrológica que tendría una cuenca hidrográfica ante eventos de precipitación intensos. A su vez, es posible obtener datos precisos de forma rápida y continua, y con relativamente poco tiempo de procesamiento gracias a las facilidades que proveen en el presente las tecnologías geoespaciales.

Los resultados obtenidos evidencian que se trata de una cuenca joven de forma alargada y con pendientes muy bajas, por lo tanto, las probabilidades de crecidas repentinas son bajas. Los tiempos de recorrido del agua son altos en relación con el área de la cuenca y el drenaje es pobre, lo que retarda la descarga y achata los picos de los hidrogramas de salida. Sin embargo, al tratarse de una cuenca muy reducida en tamaño, la respuesta de los niveles hidrométricos será relativamente inmediatos. Para que las crecidas repentinas ocurran se tiene que dar una serie de acontecimientos, que son precipitaciones de más de 100 mm en pocas horas y, que el río Santa Lucía esté alto, o sea a partir de unos 3 m aproximadamente. Esto demuestra que son eventos recurrentes, como se menciona anteriormente, en muchos casos se vincula con una deficiente gestión o planificación urbana.

Por otro lado, las intervenciones humanas sobre sistemas naturales que evolucionan durante cientos o miles de años responden a las condiciones ambientales determinadas (por más mínimas que estas sean) originan desequilibrios en estos sistemas de los cuales se desconoce las consecuencias e influyen y aumentan los niveles de riesgo para poblaciones enteras.

Es por ello, que una buena gestión de los recursos naturales implica el conocimiento funcional del paisaje, principalmente aquellas variables ambientales que intervienen e influyen para mitigar o potenciar la amenaza por inundación, a fin de preservar tanto la salud ambiental como a la población y sus bienes materiales.

6. Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por los proyectos PICT 2018- 636; PI 19Q001 y 20Q002 de la Secretaría General de Ciencia y Técnica – UNNE. Por otra parte, se agradece a la Lic. Nadia Kowacki y al Lic. Juan Skrbec de INNOVAT por su gestión para adquirir el equipo Drone con el que se realizó este trabajo.

7. Referencias bibliográficas

- Aguirre, N. (2007). *Manual para el Manejo Sustentable de Cuencas Hidrográficas*. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador.
- Aumassane, C. M.; Gaspari, F. J.; Bege, M. E.; Sartor, P. D.; Oricchio, P.; y Di Bella, C. M. (2018). "Morfometría de la cuenca alta del río Colorado, Argentina". *Boletín geográfico*. 40, 1, pp. 13-29.
- Bonetto, A.; Roldán, D.; y Oliver, M. (1978). "Estudios limnológicos en la cuenca del Riachuelo. Poblaciones de peces en ambientes leníticos y lácticos". *Ecosur*. 5, 9, pp. 1-15.
- Camino, M. A.; Bó, M. J.; Cionchi, J. L.; López de Armentia, A.; Del Río, J. L.; y De Marco, S. G. (2018). "Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)". *Revista Universitaria de Geografía*. 27, 1, pp. 73-97.



- Campo, A. M.; Aldalur, N. B.; y Fernández, S. N. (2012). "Morfometría fluvial aplicada a una cuenca urbana en Ingeniero White, República Argentina". *Investigaciones Geográficas*. 77, pp. 7-17.
- Campos Aranda, D. (1992). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. San Luis de Potosí: Editorial Universitaria Potosina.
- Contreras, F. I.; y Fantín, M. A. (2015). "El riesgo de la población a inundaciones por lluvias como consecuencia de la dinámica de expansión urbana sobre paisajes anegadizos. El caso de la ciudad de Corrientes (Argentina)". *Folia Histórica del Nordeste*. 23, pp. 97-112.
- Contreras, F. I.; y Odriozola, M. P. (2016). "Aplicación de Modelos de Elevación Digital para la delimitación de áreas de riesgo por inundaciones. San Luis del Palmar, Corrientes, Rca. Argentina". *Contribuciones Científicas GAEA*. 28, pp. 83-94.
- Cruz Romero, B.; Gaspari, F. J.; Rodríguez Vagaría, A. M.; Carrillo González, F. M.; y Téllez López, J. (2015). "Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México." *Investigación y Ciencia*. 23, 64, pp. 26-34.
- del Río San José, J. (2010). *Introducción al tratamiento de datos espaciales en hidrología*. Madrid: Bubok
- Encinas (22/07/2016). "Dragado, defensas y desagües pluviales, obras que urgen para evitar inundaciones". Diario *El Litoral de Corrientes*. Recuperado de: <http://www.ellitoral.com.ar/301956/Dragado-defensas-y-desagües-pluviales-obras-que-urgen-para-evitar-inundaciones-acceso-10/03/2016>
- Farfán, F.; Urbina, L.; Ferreira, S.; y Brandan, M. (2010). "Caracterización y red de drenaje de la subcuenca del río Tin-Tin, PN Los Cardones, Salta." *Revista Científica de Educación*. 5, 16, pp. 7-21.
- Felicísimo, Á. (1999). *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones a las ciencias ambientales*. Biblioteca de Historia Natural, 3. Pentalfa Ediciones, Oviedo
- Fuentes-Junco, J. J. A. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro*. México: Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología (INE).
- Gaspari, F. J.; Rodríguez Vagaría, A. M.; Senisterra, G. E.; Denegri, G.; Delgado, M. I.; y Besteiro, S. (2012). "Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina." *AUGM DOMUS*. 4, pp.143-158.
- González de Matauco Askoa, I. (2004). "Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas". *Boletín de la Asociación de Geógrafos españoles*. 38, pp. 311-329.
- Gravelius, H. (1914). *Grundrifi der gesamten Gewcisserkunde. Compendium of Hydrology*. Berlín: Goschen.
- Horton, R. E. (1932). "Drainage-basin characteristics". *Transactions*. 13, 1, pp. 350-361.
- Horton, R. E. (1945). "Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology". *Geological Society of America Bulletin* 56(3): 275-370.
- Jiménez-Cantizano, F.; Antón, L.; Soria-Jáuregui, A., y Pastor-Martín, C. (2017). "Cálculo del perfil teórico de equilibrio de un río en función del índice de gradiente." *Geogaceta*. 62, pp.51-54.
- Kirpich, P. Z. (1940). "Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds". *Civil Engineering*. 10, 6, pp. 362.
- Llamas, J. (1993). *Hidrología general: principios y aplicaciones*. Bilbao: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Maidment, D. R. (1992). *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill.



- Mariscal-Romero, J.; Chávez-González, T. R.; y Arciniega-Flores, J. (2019). "Caracterización hidrográfica de las cuencas de la Bahía de Navidad, Jalisco, México." *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 27, 77, pp. 38-46.
- Marroquín, M. G. (2017). *Impacto de la canalización del Río Vado Ancho sobre la cuenca baja, Laguna Panzacola y la pesquería*. Tesis de Maestría en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable con orientación en Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Colegio de la Frontera Sur. Tapachula. Chiapas. México. Recuperado de: <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=ddf89e19c903495b47b361ce4fa3822d>
- Matteucci, S. D.; Herrera, P.; Miñarro, F.; Adámoli, J.; Torrela, S.; Ginzburg, R.; y Naturales, U. B. A. (2007). *Herramientas de toma de decisiones en la zonificación para el uso sustentable en los humedales del sudeste de la región chaqueña*. In Memorias XII Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (SIBSIG). Universidad Nacional de Luján. pp. 1-25.
- Moreno Grande, F. A.; y Esquivel Jiménez, J. R. (2015). *Estudio morfométrico de la Cuenca del Río Azul, afluente del Río Calima, Departamento del Valle del Cauca*.
- Moretto, B.; Gentili, J. O.; y Campo, A. M. (2019). "Análisis morfométrico multiescalar en la cuenca alta del arroyo Sauce Corto (Buenos Aires, Argentina)". *Revista Huellas*. 23, 2, pp. 149-167
- Neiff, J.; y Malvárez, A. (2004). "Grandes Humedales fluviales". Malvárez, A y Bó, F. (Eds.) *Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina*. Talleres Gráficos Leograf S.R.L. pp. 77 – 88.
- Orfeo, O. (2005). "Historia geológica del Iberá, provincia de Corrientes, como escenario de biodiversidad". *Miscelánea*. 14, pp. 72.
- Pissara, T. C. T.; Politano, W.; y Ferraudó, A. S. (2004). "Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)". *Rev. Bras. Ciências do Solo, Viçosa*. 28, pp. 297-305.
- Poi, A.; y Galassi, M. (2013). "Humedales del noroeste de Corrientes". En: Benzaquén, L.; Blanco, D.; Bó, R.; Kandus, P.; Lingua, G.; Minotti, O.; Quintana, R.; Sverlij, S. y Vidal, L. (Eds.). *Inventario de Humedales de Argentina: Sistemas de paisajes de humedales del Corredor Fluvial Paraná – Paraguay*. Pp. 215–221.
- Popolizio, E. (1986). "Influencia del sistema geomorfológico en las crecientes e inundaciones del nordeste argentino". *Geociencias*. 14.
- Pyszczyk, O. (2016). "Condiciones atmosféricas y clasificación climática del espacio geográfico correntino". En Contreras FI., y Odrizola, MP. *Libro de la Junta de Geografía 2016*. Pp. 6 – 17.
- Racca, J. M. G. (2007). Análisis hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de modelos digitales del terreno. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*. 77,1-2, pp. 31-38.
- Reyes-Trujillo, A.; Barroso, F. U.; y Carvajal Escobar, Y. (2010). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali. Colombia.
- Salas Salinas, M. A.; y Jiménez Espinosa, M. (2004). *Inundaciones*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
- Salas-Aguilar, V. M.; Pinedo-Álvarez, C.; Viramontes-Olivas, O. A.; Báez-González, A. D.; y Quintana-Martínez Rey M. (2011). "Morfometría de la cuenca del río Nazas Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial." *Tecnociencia Chihuahua*. 5, 1, pp. 34-42.



- Schumm Stanley, A. (1956). "Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Anboy, New Jersey". *Bulletin of the Geological Society of America*. 67, pp. 597-646.
- Sellers, C.; Corbelle, E.; Buján, S.; y Miranda, D. (2015). "Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca hidrográfica del río Paute en Ecuador". *IERSE*. 30, pp. 131-180.
- Strahler, A. N. (1952). "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topograph." *Bulletin of the Geological Society of America*. 63, pp. 1117-1142.
- Teodoro, V. L. I.; Teixeira, D.; Costa, D. J. L.; y Fuller, B. B. (2007). O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Brasileira Multidisciplinar*. 11, 1, pp. 137-156.
- Tucci, C. E. M. (1997). Regionalização de vazões. 2º ed. En *Hidrología: Ciência e Aplicação*. Tucci, C. (Org). ABRH, Porto Alegre. pp. 573-620.
- United States Geological Survey (USGS). (1998). *Standards for digital elevation models*. 410 p. National Mapping Program-EE.UU.
- Vélez Upegui, J. J.; y Gutiérrez, A. B. (2011). "Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales". *Dyna*. 78, 165, pp. 58-71.
- Verdugo Cárdenas, M. (2017). *Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico*. Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana. Sede Cuenca. Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14381/1/UPS-CT007051.pdf>
- Vidal, C.; y Romero, H. (2010). "Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bío-bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción". En Pérez, L. e Hidalgo, R. (Eds.). *Concepción metropolitano (AMC). Planes, procesos y proyectos*. Serie Geolibros, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/118084> acceso 10/03/2016
- Viramontes-Olivas, Ó. A.; Escoboza-García, L. F.; Álvarez, C. P.; Álvarez, A. P.; Reyes-Gómez, V. M.; y Pérez-Márquez, A. (2007). "Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua." *Tecnociencia Chihuahua*. 1,3, pp. 21-31.



CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO

Raúl Alejandro Mikkan¹

1.- Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo.
raulmikkan@gmail.com



METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO

METHODOLOGY FOR THE STUDY OF THE GEOMORFOLOGICAL HERITAGE

Raúl Alejandro Mikkan

Resumen

Desde finales del siglo XIX y como consecuencia principalmente de la puesta en marcha de un modelo de desarrollo industrial, el relieve del planeta es impactado por actividades humanas negativas que, en ocasiones, generan la desaparición del recurso geomorfológico. En consecuencia, el interés por el conocimiento, valoración y conservación de las geoformas se incrementa en países europeos, los cuales comienzan a prestar atención al patrimonio geomorfológico. A su vez, en Argentina, se comprende lo esencial que es resguardar la flora, fauna, yacimientos arqueológicos y paleontológicos, sin embargo, el relieve no recibe la misma consideración. Como patrimonio geomorfológico se consideran aquellas formas del relieve que se pueden valorar desde un punto de vista científico, cultural, educativo, ecológico, paisajístico, económico y que deben ser protegidas para el disfrute de la población actual y de generaciones venideras. En este trabajo se propone una metodología de estudio que parte del conocimiento e inventario de sitios geomorfológicos patrimoniales a partir de la elaboración del mapa geomorfológico. La selección se concreta por el valor científico que se establece en función de las características especiales que evidencian los modelados y sus procesos asociados. Posteriormente, en cada sitio inventariado, se evalúan otros valores como los añadidos, de uso y vulnerabilidad que permiten obtener el valor de gestión y establecer prioridades de intervención para el resguardo de los modelados. En las etapas finales del método, se sugieren medidas para la preservación del patrimonio geomorfológico y acciones de difusión a fin que diversos actores territoriales lo conozcan y comprendan la necesidad de su conservación.

Palabras clave: Geomorfología – Patrimonio – Conservación

Abstract

Since the end of the 19th century and mainly as a consequence of the implementation of an industrial development model, the relief of the planet has been impacted by negative human activities that, on occasions, have generated the disappearance of the geomorphological resource. Consequently, interest in the knowledge, assessment and conservation of geoforms grew in European countries that began to pay attention to their geomorphological heritage. In turn, in Argentina, it was understood how essential it is to protect the flora, fauna, archaeological and paleontological sites, however the terrain has not received the same consideration. Those forms of terrain that can be valued from a scientific, cultural, educational, ecological and economic point of view and that must be



protected for the enjoyment of the current population and future generations are considered geomorphological heritage.

In this paper, a study methodology is proposed that departs from the knowledge and inventory of geomorphological heritage sites starting with the elaboration of the geomorphological map. The selection is specified by the scientific value that is established based on the special characteristics that the modeling and its associated processes show. Subsequently, in each inventoried site, other values such as added values, use and vulnerability are evaluated, which allow obtaining the management value and establishing intervention priorities for the protection of the models. In the final stages of the method, measures are suggested for the preservation of the geomorphological heritage and dissemination actions so that various territorial actors know it and understand the need for its conservation.

Keywords: Geomorphology, Heritage, Conservation.

1. Introducción

Mundialmente las sociedades paulatinamente adquieren conciencia de las profundas modificaciones que ocurren sobre los elementos del sistema natural como consecuencia de acciones humanas agresivas lo que lleva a la degradación de territorios de los que el hombre forma parte y necesita para habitar y disfrutar.

El relieve es uno de los elementos que recibe un mayor grado de impacto con actividades, por ejemplo: de deforestación, de minería, incendios, etc., incidieron e inciden de manera negativa y afecta a la conservación y a veces genera la desaparición del recurso geomorfológico al que se lo debe considerar como un bien no renovable.

En función de esto, el interés por el conocimiento, valoración y protección de las formas del relieve se incrementa especialmente en los países europeos que comienzan a prestar atención al patrimonio geomorfológico.

2. Importancia de la conservación del patrimonio geomorfológico

Históricamente lo patrimonial se relaciona con aspectos culturales, pero, sin embargo, actualmente adquiere mayor amplitud ya que también se consideran los elementos naturales como patrimoniales, esto es a consecuencia del valor que les otorga el hombre y la necesidad de protegerlos como una herencia de generaciones pasadas y un legado para los que vendrán (Cunha y Vieira, 2004).

Considerar al relieve en sus diferentes escalas como un patrimonio natural, lleva a la necesidad de conocerlo y valorarlo para, en definitiva, conservarlo. Además, es necesario difundir el patrimonio geomorfológico lo que permitirá que diferentes actores territoriales conozcan su potencial y disminuirá su vulnerabilidad frente al uso público, más aún cuando no existan figuras legales de protección.

La puesta en valor del patrimonio geomorfológico supone un cambio positivo en las relaciones relieve-sociedad, concientiza al ser humano de la necesidad de mantener dicho recurso como bien comunitario. Por otra parte, le permitirá al hombre obtener información del pasado reciente de la Tierra y, en consecuencia, la del hombre ya que, para las sociedades antiguas, el relieve es de gran importancia tanto para la vida cotidiana como en la dimensión simbólica (Vieira, 2004).



3. Definición de patrimonio geomorfológico

En primer lugar, es menester destacar que se entiende por patrimonio. De manera amplia, se considera al conjunto de activos que se poseen y que se transmitirán como herencia.

Desde el punto de vista natural, como geopatrimonio se considera a todos los elementos de la geodiversidad que merecen atención y protección por poseer un interés relevante (científico, económico, pedagógico, cultural, etc.) y abarca a lo geológico, geomorfológico, hidrológico y pedológico que, junto al patrimonio biológico, componen el patrimonio natural.

Definir lo que se considera como patrimonio geomorfológico es de primordial importancia para establecer criterios precisos que permitan la asignación de formas del relieve a la categoría patrimonial.

En la bibliografía específica se encuentran diversas definiciones que se incrementan a través de los años (Pereira, 1995; Grandgirard, 1995; Panizza, 2001; Cunha y Vieira, 2004; Reynard y Panizza, 2005; Reynard, 2009; Figueiró *et al.*, 2013; Vieira *et al.*, 2014).

Los autores coinciden que son formas del relieve individuales o conjunto de morfologías que contienen procesos pasados y actuales asociados, que se encuentran en un lugar o sitio, capaces de expresar una parte de la evolución de la superficie de la Tierra y que contienen valores científicos, educativos, histórico-culturales, estéticos, ecológicos y de uso que derivan de la percepción humana la gestión y protección fundamental para el disfrute de las generaciones actuales y la transmisión para las futuras.

3.1. Términos utilizados

A estos sitios con formas de relieve único, con interés científico, relevante desde lo cultural, etc., se los ha denominado de diferentes maneras como ser:

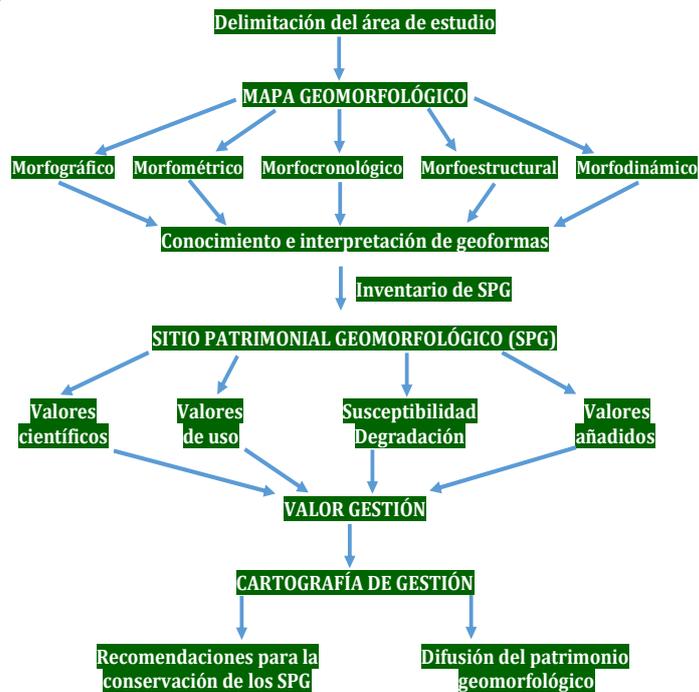
- Geomorfositos (Panizza, 1999; Panizza y Piacente, 1993; Vieira *et al.* 2014);
- Geomorfositas (Reynard y Panizza, 2005);
- Lugares de Interés Geomorfológico (Serrano y Trueba, 2005);
- Sitio Geomorfológico (Hooke, 1994);
- Sitios de interés geomorfológico (Rivas *et al.*, 1997);
- Espacios de interés geomorfológico (Pérez Alberti y López Bedoya, 2008);
- Activo geomorfológico (Panizza, y Piacente, 1993);
- Geotopos geomorfológicos (Grandgirard, 1995) y;
- Bien geomorfológico (Carton *et al.*, 1994).

En este trabajo se propone incorporar y emplear el término Sitio Geomorfológico Patrimonial (SPG), de este modo, se destaca con mayor énfasis que se relaciona con un lugar en el cual las formas del relieve se consideran un patrimonio tanto como elementos estructurales y funcionales, como por su importancia social, conservación y protección.

4. Metodología para el estudio de sitios geomorfológicos patrimoniales

La metodología propuesta se compone de 8 etapas (Figura 1), que inicia con la elaboración del mapa geomorfológico del área a trabajar e incluye una cartografía final o de gestión para lograr una aplicación efectiva del estudio, ya que la misma puede ser de utilidad para diferentes actores involucrados en la administración y uso del lugar o para el público en general.

Figura 1
Metodología para el conocimiento, valoración y gestión de sitios patrimoniales geomorfológicos



Nota: Etapas para el estudio del patrimonio geomorfológico. Mikkan.

Las etapas a desarrollar son:

Etapa 1: Delimitación del área de estudio:

En este primer momento se establecen los límites del área a estudiar. La superficie ocupada por el área de estudio y determinar la escala del mapa base geomorfológico para elaborar en la etapa siguiente.

Etapa 2: Elaboración del mapa geomorfológico:

El mapa geomorfológico se realiza con el fin de generar un conocimiento minucioso y científico del relieve del área a través de un análisis sobre la base de un trabajo de campo y el empleo de medios auxiliares y bibliográficos.

La premisa de partir de la cartografía geomorfológica la proponen investigadores como Trueba y Serrano (2008) quienes advierten que un geomorfólogo es el profesional idóneo para elaborar el mapa geomorfológico.

Este mapa contiene las cualidades morfoestructurales, morfográficos, morfoestructurales, morfoestructurales, morfoestructurales y morfoestructurales para lograr un análisis sistémico de cada forma de modelado.

Etapa 3: Inventario de Sitios Geomorfológicos Patrimoniales (SGP):

A partir del mapa geomorfológico, se lleva a cabo el inventario o selección de los SGP según el valor científico de las geoformas que se determina por características especiales que evidencien los modelados y sus procesos asociados (pasados y actuales).

A este valor, y por ser la única evaluación puramente geomorfológica que se realiza, se propone también denominarlo valor geomorfológico, aunque otros autores como Santos Leal (2014) lo considera la suma del valor científico y los valores añadidos de los modelados.

El éxito del inventario depende de los conocimientos del agente que evalúa por lo que debe estar a cargo de geomorfólogos.

Para establecer el valor científico o intrínseco, se analiza y cuantifica lo siguiente:

- *rareza u originalidad* de las geoformas como elementos únicos o poco frecuentes en el área ya sea por su morfología, génesis y procesos evolutivos.
- Además, se debe tener en cuenta la *diversidad*, se evalúa la asociación o presencia de morfologías con interés científico en proximidad física.
- *representatividad* como capacidad del relieve para transmitir los contenidos inherentes, los procesos involucrados en su elaboración y posterior evolución que pueden ser fechados de manera relativa o absoluta, lo que permite obtener información de la historia reciente de este espacio de la Tierra.
- *integridad o conservación* en relación con el mantenimiento de las características originales de los modelados, considera que esta cualidad disminuye en función del grado de degradación a consecuencia de factores naturales o antrópicos y,
- *conocimiento científico* que se establece en función del número de publicaciones relacionadas con el sitio y refleja la importancia que se le asigna la comunidad científica.

Los sitios seleccionados se pueden clasificar según su escala en cuatro categorías:

- a) Sitio Patrimonial Singular (SPS),
- b) Sitio Patrimonial Representativo (SPR) de grupos de modelados similares,
- c) Sitio Patrimonial Compuesto (SPC) con diversas formas del relieve que se combinan para conformar un sitio y,
- d) Paisaje Patrimonial Geomorfológico (PPG) (modificado de Trueba y Serrano, 2008).

Etapa 4: Valoración de los sitios seleccionados:

A la valoración de los rasgos geomorfológicos propios de los SPG, hay que sumarle nuevos valores para conocer su valía patrimonial y que dependen de las complejas relaciones que se establecen entre la sociedad y el medio (González Amuchástegui *et al.*, 2014).

La valoración, según Serrano y Trueba (2005), no puede establecerse mediante parámetros estadísticos o formulaciones matemáticas ya que son valores intangibles.

Sin embargo, es necesario disponer de una apreciación lo más objetiva posible y con un carácter comparado. Esto último lleva nuevamente a la cuantificación de los parámetros que se consideran a fin de permitir comparaciones y clasificaciones de los sitios excepcionales y posteriormente establecer prioridades de gestión.

De esta manera, valorar el patrimonio geomorfológico desde diferentes aspectos, lo convierten en un recurso multifuncional (De Uña Álvarez, 2012; Reynard y Panizza, 2005) ya que poseen valores que derivan de su importancia natural y social (Trueba y Serrano, 2008).

Para una correcta sistematización de la valoración a realizar en cada sitio, se confecciona una ficha individual en la cual se detallan los resultados de la valoración en relación con los criterios que se fijan con anterioridad y se incluye el valor científico.

La ficha cuenta con datos del lugar como su nombre, número asignado, categoría, ubicación, coordenadas geográficas, accesibilidad, altitud, fecha en que se realizó el trabajo para que estudios futuros puedan indicar modificaciones en el SGP, descripción, foto del sitio y los valores con su correspondiente puntuación.

En el caso de morfologías similares en la cual carezcan de marcadas diferencias se elabora una sola ficha representativa del conjunto morfológico. Junto a la información registrada en la ficha, se puede además incluir información cartográfica de localización o un bloque interpretativo de carácter geomorfológico.

Es necesario hacer referencia detallada a la escala de cuantificación del estudio, por ejemplo: de 0 a 10, o de 1 a 3, o de 0 a 4, etc., con la meta de establecer condiciones de baja, media o alta valoración.

Para cada sitio del inventario se proponen los siguientes valores a tener en cuenta:

- Valores añadidos o adicionales;
- Valores de uso; y,
- Valor vulnerabilidad o de susceptibilidad a la degradación.

- **Valores añadidos o adicionales:** Como valores añadidos se consideran el valor cultural – histórico que aparece cuando existe una interdependencia entre las características geomorfológicas del sitio con el hombre. Su valoración proviene de la importancia del relieve como soporte de actividades humanas por contener aspectos históricos, arqueológicos, temas religiosos, evocación para artistas o escritores, leyendas, milagros, toponimias y festividades. Además, como valor adicional se considera el valor estético – paisajístico que se relaciona con el atractivo visual que genera la belleza de los paisajes. Su análisis se basa en criterios tales como tamaño, forma, contraste cromático, visibilidad, presencia o no de agua y armonía de los elementos geomorfológicos con otros elementos naturales. La presencia de elementos no armónicos o extraños al paisaje tales como instalaciones antrópicas, no contribuyen a la armonía del lugar. Por último, se evalúa el valor ecológico que se basa en la importancia que las geoformas asumen en el mantenimiento de ecosistemas o conservación de la biodiversidad, en el desarrollo de fauna o especies florísticas particulares o existencia de alta diversidad en términos de fauna y flora.
- **Valores de uso:** Como valores de uso se tienen en cuenta el valor económico y el valor educativo. El primero depende de la capacidad del relieve para utilizar y generar ingresos, sin que esto afecte la integridad total o parcial a través de actividades como turismo de naturaleza o científico, deportes como andinismo, espeleología o escalada. A su vez, este valor no se traduce solo en el uso directo del lugar sino también, en su potencial de ingresos indirectos como la presencia de infraestructuras cercanas (restaurantes, cabañas, etc.). El segundo, el valor educativo se basa en la importancia científica del relieve como un recurso utilizable para la educación y la formación de recursos humanos. El modelado debe permitir interpretar de manera clara al público especializado o no, la acción de los procesos que elaboraron el relieve y de los que rigen su evolución actual, más los factores condicionantes de dichos procesos. Ambos valores alcanzan una dimensión importante cuando las morfologías están acompañadas por elevadas condiciones de visibilidad, accesibilidad y cercanía de centros poblados y educativos.
- **Valor vulnerabilidad o de susceptibilidad a la degradación:** Este valor establece el estado actual de conservación y las amenazas naturales y antrópicas a las que están expuestos los diferentes sitios. El grado de afectación puede restar información geomorfológica intrínseca, reduce su atractivo y su utilización, de esta manera se demuestra la necesidad de preservación. En la valoración influyen también parámetros como la cercanía de poblaciones o la facilidad de acceso que son comunes a la valoración de uso, pero en este caso puntúan en sentido contrario. Por otra parte, se evalúa el uso actual y la ausencia o presencia de figuras de protección legal.

Etapa 5: Cálculo del valor de gestión:

La totalidad de los valores cuantificados llevarán a la determinación del valor de gestión según el grado de intervención necesario para la conservación del SPG con el fin de garantizar el mantenimiento a través del tiempo de sus valores.

Para obtenerlo se confecciona una tabla con las formas de evaluar en las filas y los valores en las columnas con sus respectivos puntajes asignados en los diferentes sitios.

Para conocer la prioridad de gestión se suman los puntajes de las filas por cada SPG y se agrupan por clases según el grado de gestión: bajo, medio o alto según el criterio del autor del trabajo (Tabla 1).

Tabla 1

Modelo de Valor de gestión

Nombre SGP	Valor Científico	Valores Añadidos	Valor de Uso	Vulnerabilidad	Valor Gestión
La Pasarela					
Cono					
Campos					
Colada					
Coladas					
Hornitos					
Etc.					
Valor Gestión Clase A: 1 – 20: Bajo (Verde) Clase B: 21 – 80: Medio (Amarillo) Clase C: + 80: Alto (Rojo)					

Nota: Elaboración propia.

Etapa 6: Cartografía de gestión:

El carácter pragmático que se persigue con esta metodología, se plasma en la elaboración de una cartografía de síntesis que señale las diferentes urgencias de gestión de los sitios patrimoniales, orientada a facilitar su uso por parte de posibles interesados (científicos, autoridades, gestores ambientales, guías turísticos) y comprensible para el público en general.

Se pueden confeccionar dos tipos de cartografía: Como primer modelo, en el mapa geomorfológico se acompaña cada SPG con un gráfico de barra con los valores alcanzados. De esta manera, se logra conocer la ubicación del sitio y su necesidad de gestión con el objeto de preservar dichos valores, ya que las morfologías con números mayores son las prioritarias.

Otro ejemplo cartográfico de administración es el mapa base geomorfológico y al símbolo geomorfológico correspondiente a cada sitio patrimonial, en el mapa se le otorga un color rojo, amarillo o verde según la prioridad de gestión obtenida en la tabla elaborada para tal fin (Figura 2).

Figura 2

Ficha individual de valoración

NOMBRE:	N° 1	CATEGORÍA:
Ubicación:	Fotografías:	
Coordenadas:		
Accesibilidad:	Altitud:	
Descripción del SPG:	Fecha:	
VALOR CIENTÍFICO		De 1 a 10



Rareza:	
Representatividad:	
Integridad:	
Diversidad:	
Conocimiento científico:	
Total valor científico	
VALORES AÑADIDOS	
Valor cultural – histórico:	
Valor estético – paisajístico:	
Valor ecológico:	
Total valores añadidos	
VALORES DE USO	
Valor económico:	
Valor educativo:	
Total valores de uso	
Valor Vulnerabilidad:	

Nota: Elaboración propia.

Etapa 7: Recomendaciones para la conservación del patrimonio geomorfológico:

A los fines de lograr una correcta gestión de los SPG es ineludible la tarea de realizar sugerencias con el objeto de orientar la toma de decisiones de parte de las autoridades.

Dentro de las propuestas diseñadas, se contempla la posibilidad de proponer la creación de figuras de protección del patrimonio geomorfológico como "Área de interés geomorfológico", "Reserva geomorfológica" o "Paisaje protegido de interés geomorfológico". Las diferentes recomendaciones se organizan en una tabla que contiene, el nombre del sitio seleccionado, el marco legal de protección si existiera y las acciones sugeridas para su preservación (Tabla 2).

Tabla 2

Recomendaciones para conservación de sitios patrimoniales a corto plazo

FORMAS DEL RELIEVE	ACCIONES A DESARROLLAR
Cono	- Mejorar... - Incrementar...
Colada	- Eliminar... - Incrementar...
Campos	- Evitar... - Limitar...

Nota: Elaboración propia.

Etapa 8: Propuestas para la difusión de los Sitios Geomorfológicos Patrimoniales:

La difusión del patrimonio geomorfológico es otro aspecto fundamental para la protección y conservación. Muchos actores territoriales (residentes o visitantes), desconocen el potencial del recurso geomorfológico, sobre todo cuando no existen figuras y normas de protección lo que puede generar un aumento de su vulnerabilidad (Álvarez Vázquez y De Uña Álvarez, 2016).

Las acciones de estudio, cartografía, valoración del patrimonio y la aplicación de una política de preservación, no son suficientes para su conservación efectiva.

Un aspecto fundamental es el desarrollo de estrategias que promuevan iniciativas de difusión y sensibilización dirigidas al público en general o a audiencias específicas como

autoridades, gestores, guías turísticos o población estudiantil más abierta a este tipo de iniciativas y con la capacidad de internalizar mensajes de mayor carácter ambiental (Vieira, 2004).

Este aspecto condiciona decisivamente el proceso de concientizar a las personas sobre los elementos geomorfológicos y enfatiza en los problemas ambientales que genera su destrucción.

Una forma de concientizar y educar es incluir contenidos sobre patrimonio geomorfológico en los planes de estudio de colegios y universidades.

En el área del sitio es conveniente crear centros de interpretación, diseño de rutas educativas y turísticas ya sea guiadas por técnicos con formación científica o autoguiadas mediante la provisión de correcta información (trípticos, guías, mapas), acompañadas de elementos que proporcionen un fácil acceso al conocimiento y valoración del patrimonio que se visita (paneles genéricos y específicos).

Medios como Internet o redes sociales son indispensables en los procesos de globalización de las ideas e iniciativas para crear conciencia y difundir el patrimonio geomorfológico como también, la realización de eventos como jornadas, talleres o muestras temáticas que estén en relación con el patrimonio y con la finalidad que las personas hagan suyo el proyecto y se compenetren con la necesidad de conservar el recurso geomorfológico que puede contribuir al desarrollo económico, social y cultural (Cunha y Vieira, 2003).

5. Estudio del patrimonio geomorfológico en un área natural protegida

Con el objetivo de implementar la metodología propuesta, se realizó un estudio en una ampliación del espacio categorizado como Monumento Natural de la Reserva La Payunia en el Departamento de Malargüe, en el sur de la Provincia de Mendoza (Mikkan, 2016).

El área comprende 420 km² de superficie y se trata de un campo volcánico joven con una gran diversidad de morfologías volcánicas (Figura 3).

Figura 3

Área de estudio: Área Monumento Natural Reserva La Payunia, Malargüe, Mendoza

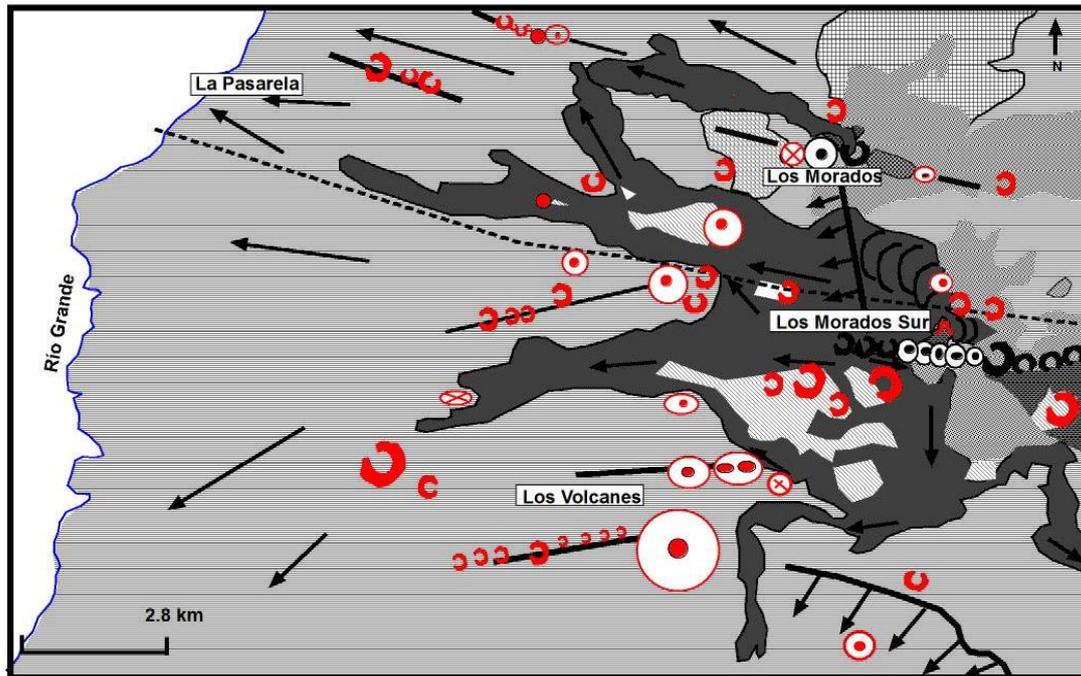


Leyenda: Sector ampliado del área Monumento Natural, Reserva La Payunia, Malargüe, Mendoza.

Nota: Imagen Google Earth Pro.

Para el conocimiento e interpretación de las formas del relieve del área se procedió, en primer término, a la confección del mapa geomorfológico (Figura 4).

Figura 4
 Mapa Geomorfológico del área del Monumento Natural Reserva La Payunia, Malargüe, Mendoza



REFERENCIAS

- | | | | |
|--|---|--|---|
| | Macizo volcánico de Palauco (Terciario) | | Colada de lava aa (Pleistoceno) |
| | Cono de escoria aportillado (Pleistoceno) | | Colada de lava pahoehoe (Pleistoceno) |
| | Cono de escoria circular con cráter (Pleistoceno) | | Colada de lava aa - Fase 1 (Holoceno) |
| | Cono de escoria circular sin cráter (Pleistoceno) | | Colada de lava pahoehoe - Fase 2 (Holoceno) |
| | Cono de escoria erosionado (Pleistoceno) | | Colada de lava aa - Fase 2 (Holoceno) |
| | Cono de escoria aportillado (Holoceno) | | Ventana lávica |
| | Cono de escoria circular con cráter (Holoceno) | | Hornitos |
| | Cono de escoria con numerosas bocas erutivas (Holoceno) | | Dirección del flujo lávico |
| | Campo de lapillis | | Fractura |
| | | | Falla Carbonilla inferida |
| | | | Falla con indicación de labio hundido |

Nota: Mapa geomorfológico del área de estudio.

La totalidad de las morfologías interpretadas son volcánicas destacándose conos de escorias monogenéticos de diferentes tipos (anulares, aportillados) del Pleistoceno y Holoceno (Foto 1), con sus extensas coladas de lava tipo *aa* y *pahoehoe* (Foto 2), ver Figura 5.

Figura 5

Imágenes de Los Morados, en el área del Monumento Natural Reserva La Payunia, Malargüe, Mendoza



Nota: Archivo fotográfico del autor.

A estas geoformas, se suman hornitos, superficies tapizadas por lapillis recientes y relieves originales como La Pasarela que fue elaborada por una gran afluencia de lavas basálticas pleistocénicas hacia el valle del río Grande en el cual se edifica un dique natural que embalsa las aguas del citado río, las cuales, con el pasar del tiempo, disectaron la roca para generar un espectacular cañón de paredes verticales (Foto 3 en Figura 6).

Figura 6

Imágenes del área del Monumento Natural, Reserva La Payunia, Malargüe, Mendoza



Nota: Archivo fotográfico del autor.

Una vez cartografiado el relieve y por poseer aún escasa gestión la zona ampliada de la Reserva La Payunia, se decidió que la totalidad de las geoformas volcánicas debían ser consideradas como Sitios Geomorfológicos Patrimoniales por su valor científico y que era

necesario valorarlas en relación con otros criterios para conocer las prioridades de gestión.

Para la valoración, se confeccionaron fichas de cada morfología y se procedió a la cuantificación de valores añadidos, de uso y vulnerabilidad para que, junto al valor científico, establecer el valor o necesidad de gestión (Figura 7).

La escala de cuantificación para todos los valores se estableció entre 1 y 10 como valor máximo.

Figura 7

Ficha individual de valoración del cono monogenético Los Morados

FICHA DE VALORACIÓN		
SITIO GEOMORFOLÓGICO PATRIMONIAL CONO LOS MORADOS		
Nombre: Cono aportillado Los Morados	N° 1	Categoría: SPS
Ubicación: Reserva La Payunia. Departamento de Malargüe, Mendoza, Argentina. Coordenadas: 36°20'49.57"S - 69°28'7.20"O		
Accesibilidad: Ruta nacional N°40 hasta La Pasarela y luego camino sin pavimento hacia el este.	Altitud: 2.150 m.s.n.m.	
Descripción del SPG: Cono de escoria aportillado monogenético de edad holocena.	Fecha: Agosto 2015.	
VALOR CIENTÍFICO		(1 - 10)
Rareza: Geoforma representativa en el área.		9
Representatividad: Transmite los contenidos inherentes a su génesis, forma y procesos morfológicos involucrados en su evolución que pueden ser fechados.		10
Integridad: Sus características morfológicas originales se encuentran poco modificadas.		8
Diversidad: El sitio posee morfologías asociadas de interés.		9
Conocimiento científico: Existen estudios publicados.		8
Total valor científico		44
VALORES AÑADIDOS		
Valor cultural - histórico: Sin historias o mitos.		1
Valor estético - paisajístico: Bello paisaje compuesto por el cono aportillado junto a coladas de lavas y campos de lapillis oscuros.		10
Valor ecológico: Presencia de fauna y flora de la región		6
Total valores añadidos		17
VALORES DE USO		
Valor económico: Turismo de naturaleza - científico. Sin infraestructuras cercanas.		8
Valor educativo: Útil como modelo para la representación completa de la evolución de procesos geomorfológicos. Centros poblados y escuelas se encuentran alejados.		7
Total valores de uso		15
Valor Vulnerabilidad: Trazas en sus faldas para acceso de turistas. Posee figura de protección legal.		5

Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, se procedió a volcar en una tabla las formas del relieve con sus correspondientes valores a los fines determinar el valor de gestión de cada una de ellas que se obtiene al sumarlas por filas (Tabla 3). Los resultados de la tabla de valor de gestión se agrupan en tres clases que determinan cuales son las morfologías a gestionar de forma inmediata para su conservación (color rojo), a mediano plazo (color amarillo) y las de bajos valores cuya protección no es inmediata (color verde).

Tabla 3
Valor de gestión

Nombre SGP	Valor Científico	Valores Añadidos	Valor de Uso	Vulnerabilidad	Valor Gestión
La Pasarela	50	20	20	9	99
Cono aportillado Los Morados	44	17	20	8	89
Conos Los Morados sur	50	17	15	3	85
Campos de lapillis	40	15	20	8	83
Colada aa Los Morados	36	17	20	8	81
Conos monogenéticos holocenos	30	20	15	7	72
Coladas pahoehoe pleistocenas	30	15	15	9	69
Coladas aa holocenas	30	15	15	7	67
Conos monogenéticos pleistocenos	30	15	10	8	63
Hornitos	30	10	20	3	63
Cono anular Los Morados	20	7	6	3	36

Leyenda: A los fines de valorar la gestión se clasifica en:

- Clase A: 1 – 20: Bajo (Verde);
- Clase B: 21 – 80: Medio (Amarillo); y,
- Clase C: + 80: Alto (Rojo).

Nota: Elaboración propia.

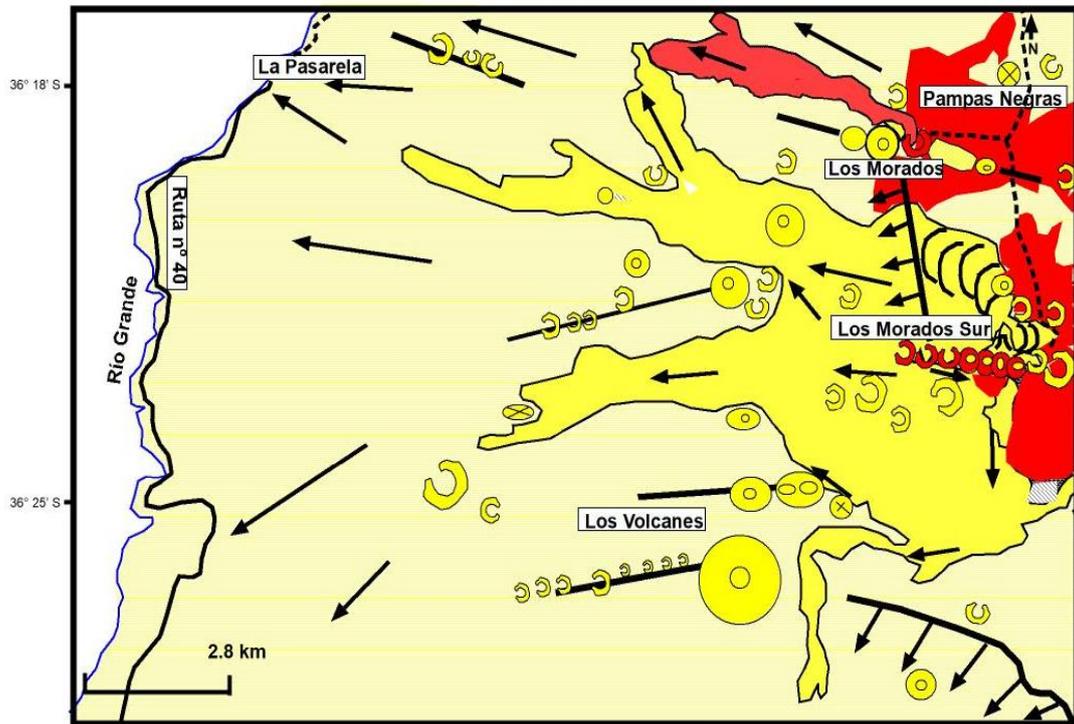
En la Tabla 3 se puede observar que no aparecen valores de gestión bajos, lo que implica que la totalidad del patrimonio geomorfológico del área de ampliación necesita de medidas de protección a corto y mediano plazo.

-Cartografía de gestión:

A consecuencia del carácter pragmático que se persigue con este estudio, se elabora una cartografía de gestión orientada a su utilización por parte de los administradores de la ANP, guías, científicos y comprensible para el público en general. En la carta final se representan nuevamente las formas del relieve con su correspondiente simbología de

acuerdo con el mapa geomorfológico inicial y cada sitio o modelado se colorea (rojo, amarillo o verde) según la clase de valor de gestión que lo abarca (Figura 8).

Figura 8
 Cartografía del valor de gestión del área del Monumento Natural Reserva La Payunia, Malargüe, Mendoza



REFERENCIAS

VALOR DE GESTIÓN

- Alto
- Medio
- Cono de escoria apuntillado
- Cono de escoria circular con cráter
- Cono de escoria circular sin cráter
- Cono de escoria erosionado
- Cono de escoria con bocas erutivas
- Campo de lapillis

- Coladas de lava pleistocenas (aa - pahoehoe)
- Colada de lava aa Fase 1 (Holoceno)
- Coladas de lava aa - pahoehoe Fase 2 (Holoceno)
- Ventana lávica
- Hornitos
- Dirección del flujo lávico
- Fractura
- Falla con indicación de labio hundido
- Ruta
- Camino consolidado

Nota: Elaboración propia.

De esta manera, con la cartografía del valor de la gestión se puede identificar rápidamente la ubicación espacial de los sitios y las prioridades de gestión establecidas para planificar acciones tendientes a la conservación del patrimonio geomorfológico.



-Recomendaciones

Para complementar las etapas precedentes, se elabora una tabla que contiene recomendaciones y acciones a desarrollar para el cuidado de las morfologías que resultaron con necesidad de gestión inmediata (Tabla 4), sin olvidar que en el resto del área considerada la gestión es necesaria a mediano y largo plazo con el objetivo de preservar la totalidad del patrimonio frente al incremento de actividad turística del lugar.

Tabla 4

Recomendaciones para conservación de sitios patrimoniales a corto plazo.

Formas del relieve	Acciones a desarrollar
Cono aportillado Los Morados	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar nuevas trazas para vehículos - Limitar circuitos pedestres - Evitar la pérdida de bombas volcánicas - Mejorar la seguridad de mirador turístico - Incrementar visitas educativas
Colada aa Los Morados	<ul style="list-style-type: none"> - No permitir nuevos circuitos pedestres para... - Evitar la extracción de material volcánico.
Campos de lapillis	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar nuevas trazas para vehículos - Limitar circuitos pedestres.
Conos Los Morados Sur	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar clausura de Los Morados Sur para el uso turístico y educativo
La Pasarela	<ul style="list-style-type: none"> - Limitar circuitos pedestres - Eliminar impactos antrópicos (basura) - Instalación de baños químicos - Incrementar su valor educativo

Nota: Elaboración propia.

En general, entre las recomendaciones se destaca evitar la generación de nuevas trazas o trazas "furtivas" para vehículos frente a las ya existentes y prevenir de esta manera, el desencadenamiento de procesos erosivos (deflación, erosión hídrica) y la degradación de la armonía y belleza paisajística del lugar.

También es fundamental limitar nuevos circuitos pedestres para reducir la posibilidad de depredación de bombas volcánicas.

Otra medida importante es incrementar las visitas educativas y la difusión del patrimonio geomorfológico en todos los sitios a través de señalética y folletería para concientizar sobre el valor y ayudar en la protección y conservación.

De manera particular, en La Pasarela, lugar único por su rareza a nivel provincial, es indispensable eliminar el impacto antrópico de los residuos sólidos urbanos que se produce mediante el arrojado de abundante basura por parte de los visitantes que por estar a la vera de la Ruta Nacional N° 40 y de fácil acceso su número es elevado.

Sumado a esto, sería interesante su puesta en valor a través de paneles explicativos sobre la particular génesis del modelado y los peligros que acarrea acercarse al borde de las paredes basálticas verticales.

Por otra parte, y en relación con los conos volcánicos yuxtapuestos bautizados como Los Morados Sur, se reclama la eliminación de la clausura existente para visitas por el gran valor científico que representan a causa de particulares morfologías y compleja evolución y su alto valor paisajístico y educativo (Mikkan, 2018).



6. Conclusiones

Es primordial que los Sitios Geomorfológicos Patrimoniales estén estudiados científicamente y evaluados para su conservación y disfrute por parte del hombre. Esta afirmación toma mayor dimensión si se considera que la población no tiene una conciencia efectiva del patrimonio geomorfológico y su importancia como recurso ambiental e incluso como apoyo para la vida y actividades humanas (Vieira *et al.*, 2014).

La metodología de estudio propuesta pretende contribuir al conocimiento de un tipo de acervo poco considerado, cuya importancia es incuestionable. Sin embargo, constantemente relegado a un segundo plano cuando se habla de medidas de conservación.

En este sentido, es importante además desarrollar estrategias de difusión y sensibilización entre la población con el fin de promover el patrimonio geomorfológico. Dichas estrategias componen un proceso de sistematización del patrimonio apoyado en criterios concretos sobre la base de una sólida actividad científica para lograr un uso público sustentable del relieve.

7. Referencias bibliográficas

- Álvarez Vázquez, M & De Uña Álvarez, E. (2016). "Descubriendo el Patrimonio Geomorfológico en la ciudad (Río Miño, Ourense, Noroeste de la Península Ibérica)". *Actas del IX Seminario Latino Americano y V Seminario Ibero - Americano de Geografía Física*. Guimaraes, Portugal.
- Carton, A. *et al.* (2005). "Guidelines for geomorphological sites mapping: examples from Italy". *Morphologie: Relief, processus, environnement*, 209-218.
- Cunha, L. & Vieira, A. (2003). "Geomorfologia, património e actividades de lazer em espaços de montanha. Exemplos no Portugal Central". *Centro de Estudos Geográficos*, Fac. Letras, Univ. Coimbra, Portugal.
- Cunha, L. & Vieira, A. (2004). "Património geomorfológico, recurso para o desenvolvimento local em espaços de montanha. Exemplos no Portugal Central". *Cadernos de Geografia*, Coimbra, 21/23, 2004, pp. 15-28.
- De Uña Álvarez, E. (2012). "Patrimonio Geomorfológico en la dimensión local. Formas graníticas en Galicia meridional (NW Península Ibérica)". *Actas XIII Coloquio Ibérico. Respuestas de la Geografía Ibérica a la crisis actual*. Santiago de Compostela. España.
- Figueiró, A. *et al.* (2013). "Patrimônio geomorfológico e paisagem como base para o geoturismo e o desenvolvimento local sustentável. CLIMEP - *Climatologia e Estudos da Paisagem (SP)* - Vol.8 - n.1. Río Janeiro. Brasil.
- González Amuchástegui M. *et al.* (2014). "Lugares de interés geomorfológico, geopatrimonio y gestión de espacios naturales protegidos: el Parque Natural de Valderejo (Álava, España)". *Revista de Geografía Norte Grande*, 59: 45-64. Chile.
- Grandgirard, V. (1995). "Méthode pour la réalisation d'un inventaire de géotopes géomorphologiques". *Ukpik, Cahiers de l'Institut de géographie de Fribourg*, 10, 121-137.
- Hooke, R. (1994). "On the efficacy of humans as geomorphic agents". *GSA Today*, 4, 224-225.
- Mikkan R. (2016). "Patrimonio Geomorfológico. Identificación y valoración de sitios de importancia geomorfológica". *XI Jornadas de Geografía Física*. Catamarca. Argentina.
- Mikkan R. (2018). "Morfología compleja y dinámica de los conos monogenéticos Los Morados Sur en el campo volcánico Payún Matrú, Malargüe, Mendoza". *Boletín de*



- Estudios Geográficos*, N°108: 85 - 101. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Panizza, M. y Piacente, S. (1993). "Geomorphological assets evaluation". *Zeitschrift fur Geomorphologie*. N. F., Suppl. BD. N° 87.
- Panizza, M. (1999). "Geomorphological assets: concepts, methods and examples of survey". In: Barrentino, D., Vallejo, M. y Gallego, E. (Eds.). *Towards the balanced management and conservation of the geological heritage in the new millennium*. Madrid, 1999. pp. 125-128.
- Panizza, M. (2001). "Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey". *Chinese Science Bulletin*, vol. 46, 2001, pp. 4-6. 2001.
- Pereira, A. (1995). "Património geomorfológico no litoral sudoeste de Portugal". *Revista Finisterra*, XXX, 59-60, Lisboa.
- Pérez Alberti, A. & López Bedoya, J. (2008). *Espazos de interese geomorfológico*. Tomo I. Universidad de Santiago de Compostela y Xunta de Galicia.
- Reynard, E. & Panizza, M. (2005). "Geomorphosites: definition, assessment and mapping: an introduction". *Geomorphologie*, vol. 3, pp. 177-180.
- Reynard, E. (2009). "The assessment of geomorphosites. In book". *Geomorphosites* (pp.63-71). Publisher: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. Editors: Emmanuel Reynard, Paola Coratza, Géraldine Regolini-Bissig.
- Rivas, V. *et al.* (1997). "Geomorphological indicators for environmental impact assessment; consumable and non-consumable geomorphological resources". *Geomorphology*, 18, 3-4, p. 169-182.
- Santos Leal, C. (2014). *A escarpa dos Arrifes do Macico Calcário Estremenho. Proposta de classificacao a Patrimonio Geomorfológico*. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra. Portugal.
- Serrano, E. & Trueba, J. (2005). "Assessment of geomorphosites in natural protected areas: the Picos de Europa National Park (Spain)". *Geomorphologie: relief, processus, environnement*, n° 3, pp. 197-208. Atas/ Proceedings I Encontro Luso-Brasileiro de Património Geomorfológico e Geoconservacao.
- Trueba, J. & Serrano, E., (2008). "La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al Parque Nacional de los Picos de Europa". *Boletín de la A.G.E.* N° 47.
- Vieira, A. (2004). "Património Geomorfológico – tentativa de sistematização". Conference: *III Seminário Latinoamericano de Geografia Física*. Volumen: 1. Puerto Vallarria, México.
- Vieira, A. *et al.* (2014). "Metodologia de avaliacao do patrimonio geomorfológico: aplicao á Serra de Montemuro (Portugal)". *I Encontro Luso – Brasileiro de Património Geomorfológico e Geoconservacao*. Associação Portuguesa de Geomorfólogos. Coimbra. Portugal.



CAPÍTULO 3

CONSECUENCIAS Y VULNERABILIDAD AMBIENTAL EN ASENTAMIENTOS POBLACIONALES ESPONTÁNEOS. QUEBRADA EL TALA. CATAMARCA

Marcelo A. Costello¹

Victoria C. Arévalo²

Julio A. Costello³

- 1.- Empresa GeoServicios. marcecost@hotmail.com
- 2.- Centro de Investigación y Transferencia de Catamarca (CONICET-UNCA)
- 3.- Empresa GeoServicios.



CONSECUENCIAS Y VULNERABILIDAD AMBIENTAL EN ASENTAMIENTOS POBLACIONALES ESPONTÁNEOS. QUEBRADA EL TALA. CATAMARCA

CONSEQUENCES AND ENVIRONMENTAL VULNERABILITY IN SPONTANEOUS POPULATION SETTLEMENTS. BROKEN THE TALA. CATAMARCA

*Marcelo A. Costello
Victoria C. Arévalo
Julio A. Costello*

Resumen

La quebrada de El Tala como unidad geomorfológica, se ubica en la región centro de la provincia de Catamarca y constituye el cauce principal de dicha cuenca, además de constituir uno de los principales ríos que aportan agua para consumo humano a la ciudad de San Fernando Valle de Catamarca. La creciente ocupación urbana dispuesta en las márgenes del río homónimo, se halla asociada a las condiciones ecológicas propicias para el esparcimiento humano, que dio lugar a la instalación de viviendas de diversas infraestructuras, en detrimento de las condiciones ambientales y el comportamiento de la naturaleza local; por ello, se hace necesario determinar los sectores de máxima influencia del impacto de la actividad antrópica, con el objeto de definir pautas y métodos de control y mitigación aplicables a los daños ambientales en el área de estudio. Para la determinación de las problemáticas planteadas, se recurrió a la utilización de modelos digitales de pendiente, obtenidos mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten definir zonas proclives a eventos de remoción en masa; además de realizar el relevamiento de las características sedimentológicas en los terrenos ribereños, con la finalidad de inferir la posible percolación de efluentes cloacales. Los resultados obtenidos, indican que el avance de la mancha urbana en estos sectores, genera el aumento de las zonas de fragilidad ambiental, así como la susceptibilidad de riesgos naturales. Finalmente, se establece una posible contaminación del recurso hídrico debido al vertido o percolación de efluentes cloacales, consecuencia de la instalación de fosas sépticas deficientes en sedimentos permeables del río.

Palabras claves: Ocupación Urbana, Contaminación, Riesgo.

Abstract

The El Tala ravine as a geomorphological unit, is located in the central region of the province of Catamarca and constitutes the main channel of said basin, in addition to constituting one of the main rivers that provide water for human consumption to the city of San Fernando del Valle de Catamarca. The growing urbanization process arranged on the banks of the homonymous river, is associated with favorable ecological conditions conducive to human recreation, which allowed the installation of houses with various infrastructures, in detriment of environmental conditions and the behavior of local nature.

For this reason, it is necessary to determine the sectors of maximum influence from anthropic activity, in order to define guidelines for control elements and mitigation methods applicable to possible environmental damage in the study area. To determine the problems raised, the use of digital slope models was used, obtained through geographic information systems (GIS), which allowed us to define areas prone to mass removal, and to survey the sedimentological characteristics of the riverside terrain in order to infer the possible percolation of sewage effluents. The results obtained indicate that urban growth in these sectors generates an increase in areas of environmental fragility, as well as the susceptibility to geological risks. Finally, a possible pollution of the water resource is established due to the discharge or percolation of sewage effluents, a consequence of the installation of deficient septic tanks in permeable river sediments.

Keywords: Urbanization Process, Pollution, Geological Hazard.

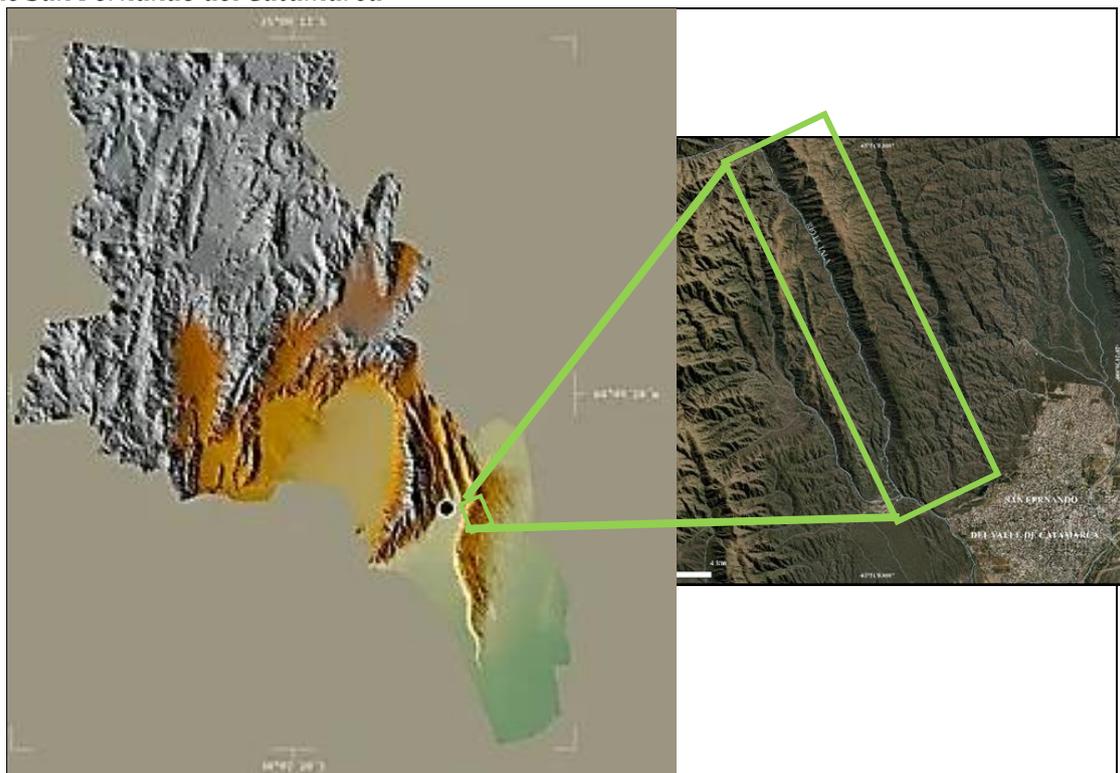
1. Introducción

La Región Centro de la Provincia de Catamarca se caracteriza por el paisaje de montaña que definen valles, bolsones y quebradas estrechas donde escurren los ríos más importantes de la región.

Los paisajes montañosos se ubican dentro de la provincia geológica de Sierras Pampeanas. Tanto la quebrada de El Tala como el río principal de la cuenca homónima ocupa una superficie aproximada de 17.000 Ha., e históricamente permite el abastecimiento de agua con destino a la ciudad de Catamarca.

Figura 1

Ubicación del área de trabajo en el contexto provincial y local en relación a la ciudad capital de San Fernando del Catamarca



Nota: Elaboración propia en base a datos provistos por el Instituto Geográfico Nacional



(IGN) y de *Google Earth*.

El ejemplo que aquí se plantea corresponde a la quebrada de El Tala que se ubica al Oeste de la ciudad de San Fernando Valle de Catamarca, en el departamento Capital de la provincia.

La quebrada El Tala constituye en una depresión tectónica con condiciones topoclimática única que genera una diferencia de escenarios ambientales marcados en relación al fondo de valle.

Estos paisajes históricamente constituyen el lugar de recurrencia de la población al momento del esparcimiento, recreación o reunión familiar en las veras del río homónimo a la quebrada, son vecinos que buscan resguardo durante las jornadas de intenso calor que afectan a la ciudad capital.

Con el tiempo, el avance continuo del urbanismo propicia la instalación de familias de manera permanente en sectores próximos al río El Tala mediante la construcción de edificaciones precarias, encontrándose en el presente más de 200 instalaciones urbanas en los bordes del cauce.

La situación de mayor preponderancia, bajo este marco de constante urbanización corresponde a la ausencia de planificación del territorio, que contemplan las condiciones del paisaje natural, la funcionalidad de los procesos físicos reinantes y las consecuencias del deterioro paisajístico que este proceso genera.

En la última década esta situación se profundiza y acelera de tal manera, que la usurpación de propiedades obstaculiza y coarta el acceso libre al río en diversos sectores. Además, la urbanización de terrenos próximos a la cinta asfáltica modifica los cauces naturales que escurren por la depresión de la quebrada.

Históricamente el recurso hídrico generado por este cauce se aprovecha desde tiempos inmemoriales, algunos se inician con los asentamientos originarios desde épocas pre-incaicas, puesto que existen vestigios arqueológicos habitacionales hallados a escasos metros del cauce del río como el denominado "Pueblo Perdido". También, poblaciones que abastecen sus necesidades de agua de esta fuente desde épocas coloniales.

Además, existen importantes antecedentes científicos desde el año 1914 al presente, avocados al análisis de sitios arqueológicos dispuestos en la quebrada que hacen mención de algunas las características físicas del sector.

Actualmente, el crecimiento demográfico se desarrolla en la salida de la quebrada del río El Tala, hasta cubrir gran parte del fondo del valle.

En lo referente al análisis geológico, estudios generados por Fidalgo (1966) y Nullo (1981); describen las características de los sedimentos del primer nivel de piedemontes (González Bonorino, 1950a) y los fondos de valles, pero las escalas a la que se remiten las cartas geológicas no permiten la representación de las unidades que integran la depresión de la quebrada.

Por su parte en 2018, estudios generados por Herrera Castellanos *et al.*, así como Rodríguez *et al.*, establecen la necesidad del análisis de la vulnerabilidad de riesgo geológico en el sector, pero no hacen mención del deterioro ecológico producido por la actividad antrópica.

De esta manera, la urbanización descontrolada en sectores naturales de alto valor ecológico, trae aparejada una contaminación ambiental. Esta razón refuerza la necesidad de generar estudios integrales del área, a los fines de establecer las condiciones necesarias para la instalación humana y las consecuencias aparejadas a este proceso.

El objetivo de este trabajo es establecer los efectos ambientales de la ocupación humana y la susceptibilidad de riesgo, en un sector de alto valor ecológico y social para la Región Centro de la provincia de Catamarca, además de proponer posibles soluciones acordes a las características del sector.

2. Materiales y Métodos

Para establecer sectores de análisis se procede a la identificación de áreas urbanizadas mediante el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) de acceso libre QGIS, con obtención de foto mosaicos a escala 1:2000, útiles en la observación de las áreas de interés.

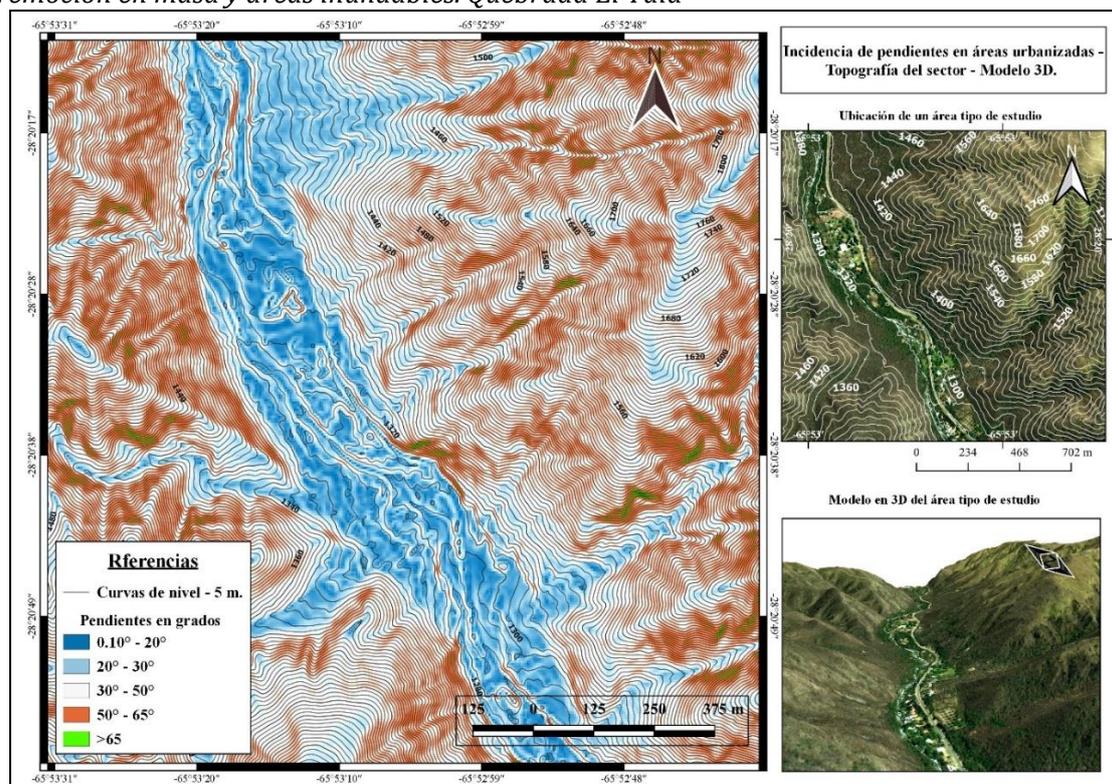
Además, se obtuvieron Modelos de Elevación Digital del Terreno (DEM) con una resolución espacial de 5 metros, derivados del sensor *Vexcel UltraCam Xp* y provistos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), que permitieron determinar del rango de pendientes, curvas de nivel y modelos en tres dimensiones (Figura 2).

Posteriormente se realizaron trabajos de campo para el relevamiento fotográfico; caracterización de las unidades geomorfológicas afectadas por el urbanismo; determinación de casos específicos de contaminación mediante el vertido directo de efluentes cloacales al curso fluvial; y los sectores con vulnerabilidad en función de los alcances a los que permiten acceder la resolución de las imágenes satelitales de la plataforma *Google Earth*.

Además, se trabaja con fotografías aéreas con una resolución de 1080 píxeles, mediante plataformas no tripuladas (*Drone*) que admiten tomas a 90° y 45° y alturas variables con respecto al suelo.

Figura 2

Modelo de cartografías utilizadas para la determinación de áreas susceptibles a procesos de remoción en masa y áreas inundables. Quebrada El Tala



Nota: Elaboración propia en base a Modelos de Elevación Digital del Terreno (DEM) derivado del sensor *Vexcel UltraCam Xp* y provistos por el IGN; *Google Earth*; Imágenes *Drone* y QGIS.

Para el análisis de las áreas susceptibles de riesgo geológico, se realizó la caracterización geomorfológica mediante el uso de los elementos antes citados además de mapas topográfico y de pendientes, que siguen los criterios metodológicos establecidos por el ITC (Verstappen, H. Th. y Van Zuidan, R.A., 1992).

Estas herramientas permitieron entre otros detalles, la ubicación georreferenciada de áreas urbanizadas proclives a procesos catastróficos naturales; ello en virtud de los indicadores de improntas existente en laderas, marca de crecidas y materiales de fondo de valle.

Además, a los fines de comprender la funcionalidad ecosistémica de este valle, se generó una identificación de campo, de las condiciones ecológicas asociadas a la biodiversidad, la fitogeografía y el relieve imperante, los cuales permitieron la interpretación del funcionamiento topoclimático del sector.

3. Resultados y discusión

Las labores de campo corroboran las hipótesis planteadas e identifican los daños ecológicos y la susceptibilidad a riesgos geológicos que trae aparejado el crecimiento urbano espontáneo en la quebrada.

El análisis integral del área de estudio desde el enfoque de múltiples variables permite realizar una serie de afirmaciones en el orden geomorfológico y ecológico que se detallan a continuación.

3.1. -Análisis Geomorfológico

- Tipo de geoforma
El avance de la mancha urbana en geoformas fluviales próximas al cauce del río (barras laterales, lechos, canales de descarga y paleocauces) permite asentar la susceptibilidad de riesgo fluvial del sector para crecientes extraordinarias.
- Características estructurales del valle
La presencia de laderas con inclinación elevada (>60%), bloques de gran porte posados en altura y fallas tectónicas activas en el piedemonte sugieren alta vulnerabilidad de las viviendas a la caída y deslizamiento de rocas. Esta hipótesis fue confirmada en el terreno debido a la presencia de bloques de gran porte en la sección alta de las laderas y en el fondo de los valles, que dejaron cicatrices en la ladera producto del deslizamiento gravitacional aguas abajo. El dato generado por los sistemas SIG permitió confirmar los pendientes regionales promedios, como así también los sectores de máximas pendientes presentes en cada sector urbanizado (Figura 2).
- Tipo de sedimentos
La predominante existencia de bloques rocosos en el sustrato de los terrenos habitados, permiten inferir un daño ecológico que genera por la ausencia de fosas sépticas y el vertido directo de los efluentes cloacales al río (caso confirmado en trabajos de campo).
- Posición de los núcleos habitacionales con respecto al curso fluvial:
En el caso que existiera presencia de fosas sépticas, la escasa potencia de los sedimentos y la proximidad de las infraestructuras habitacionales al cauce del río, permite asentar la influencia directa de los efluentes cloacales a los niveles subsuperficiales y subterráneos del río.



3.2. Análisis Ecológico

- La conjunción de los caracteres físicos reinantes en el área de estudio, posibilita la presencia de una cobertura vegetal que constituye un bosque denso, caducifolio durante la estación seca, el cual tapiza completamente el fondo del valle, hasta sectores medios de ambas laderas.

De acuerdo Cabrera (1976) y Morlans (1995), la flora corresponde predominantemente a la descripta para la Ecorregión de Chaqueña y dentro de esta, a la Sub-Ecoregión de Chaco Serrano.

Conforme nos adentramos al sector medio de la quebrada, la vegetación adquiere ecotonos con elementos de Yungas y conforma fisionomías complejas de definir.

Además, la diversidad de comunidades vegetales y su complejidad definen el ecosistema óptimo para la proliferación de diversas especies animales nativas y migratorias, de alto valor ecológico por su función en el ambiente, los cuales dependen la calidad de agua para el desarrollo de las etapas iniciales de su ciclo, reproducción y función específica en la ecología del lugar.

A partir del análisis de las relaciones ecológicas y el impacto que genera el avance demográfico no planificado, se estima que la biodiversidad local y el equilibrio ecológico se encuentra en situación de riesgo en función a la invasión antrópica en sectores no perturbados, puesto a lo largo de la quebrada se llevan a cabo actividades de tala indiscriminada, cercados perimetrales de terrenos en áreas marginales al cauce del río e introducción de especies vegetales exóticas y animales domésticos sin control de reproducción alguno (casos confirmados en el área de estudio).

En el futuro, el avance de áreas afectadas por la huella antrópica, produce una declinación de la humedad ambiente por afección del proceso de evapotranspiración y la no regulación de la incidencia solar en niveles inferiores del bosque, propicia efectos de borde a través del aumento paulatino de las temperaturas, provoca la desaparición de especies intolerantes a esta variabilidad ambiental.

Finalmente, la alteración del agua por presencia de efluentes cloacales no tratados vertidos de manera directa e indirectamente al lecho del cauce, condiciona el desarrollo de la flora y la fauna acuática por incrementos de materia orgánica en suspensión, aumenta el aporte de sustancias químicas sintéticas, propicia la variabilidad del pH, prolifera colonias de bacterias y algas de diferentes tipos, entre otros aspectos negativos a corto, mediano y largo plazo.

Además, en estas circunstancias, no solo el ambiente acuático se ve impactado negativamente, sino también afecta en forma directa la calidad del recurso hídrico como única fuente de agua dulce superficial a la que tiene acceso la ciudad de capital para consumo humano.

4. Conclusiones

La importante cantidad de parcelas ocupadas mediante construcciones precarias con infraestructura habitacionales que se disponen a lo largo de las márgenes del cauce del Río El Tala conlleva a la transformación en una densa mancha urbana a corto plazo en el área de estudio.

Estas viviendas no presentan una sistematización tanto de aguas residuales grises como



de aguas negras, las cuales son vertidas de manera directa al cauce o tienen una influencia en los niveles subterráneos, por fosas sépticas deficientes generadas en materiales predominantemente arenosos.

Además, se carece de información referente al comportamiento climático en el sector de larga data, del régimen pluviométrico o de la estabilidad de laderas, por lo cual, hacemos uso de indicios de terreno; como las características de sedimentos que conforman las unidades geomorfológicas antes mencionadas o individuos rocosos de gran porte (peñas) ubicados en la sección alta de laderas, que permiten inferir la susceptibilidad a procesos de remoción en masa e inundaciones por avenidas fluviales, a las que se hallan sometida la ocupación de los terrenos próximos al río y al pie de la ladera oriental.

El área de análisis presenta características biotásicas particulares, consecuencia de un nicho ecológico que dio lugar a un complejo grupo de especies, que en el presente se transforma de forma negativa por la actividad antrópica, con el peligro de la pérdida de uno de los geosistemas naturales más importante, que posee el entorno de la ciudad capital de la provincia de Catamarca.

5. Referencias bibliográficas

- Cabrera, A. L. (1976). Regiones Fitogeográficas de la Argentina. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería. Argentina*. Fascículo 1. Tomo II. Editorial ACME.
- Fidalgo, F. (1966). Geología del Pleistoceno del "Valle" de Catamarca. *Servicio Geológico Nacional*, carpeta 663. Inédito.
- González Bonorino, F. (1950). Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista Asociación Geológica Argentina*. Volumen 5, pp. 81-110.
- Herrera Castellanos M. C., Barbieri N. R. y Niz A. E. (2018). Riesgos geológicos en la quebrada de El Tala. *Actas de Resúmenes del 13° E-ICES*. p. 82. Malargüe, Mendoza.
- Morlans, M. C. (1995). Regiones Naturales de Catamarca. Provincias Geológicas y Provincias Fitogeográficas. *Revista de Ciencia y Técnica*. Volumen II. Número 2. Año 1. pp. 1-42. Centro Editor de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Catamarca.
- Nulló, F. (1981). Descripción geológica de la hoja 15f, Huillapima (provincia de Catamarca). *Boletín del Servicio Geológico Nacional* 178. Buenos Aires.
- Rodríguez G. D., Niz A. E., Savio M.E., Lamas C. A. y Oviedo J. (2018). Uso de sensores para el estudio por remoción en masa en la quebrada del Tala – Catamarca. *Actas de Resúmenes del 13° E-ICES*, pp. 90. Malargüe, Mendoza.
- Verstappen, H. Th. y Van Zuidam, R. A. (1992). El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. Una base para la evaluación de recursos y riesgos naturales. *Reviseded Enschede ITC*. Publicación 10, pp. 89.



CAPÍTULO 4

VARIABLES DE REANÁLISIS PARA DETERMINAR TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN ACUMULADAS ESTIVALES. VALLE CENTRAL CATAMARCA

Uriel Alberto Flores¹

1.- Observatorio de Clima. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Catamarca. geourieflores@gmail.com



VARIABLES DE REANÁLISIS PARA DETERMINAR TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN ACUMULADAS ESTIVALES. VALLE CENTRAL CATAMARCA

REANALYSIS VARIABLES TO DETERMINE ACCUMULATED SUMMER PRECIPITATION TRENDS. CENTRAL VALLEY CATAMARCA

Uriel Alberto Flores

Resumen

El Reanálisis es un modelo matemático para obtener información meteorológica de carácter mensual en diversos climas, combina temperatura, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, etc., y son de acceso libre y gratuito. El reanálisis se aplica a la región Valle Central de Catamarca, en la provincia de Catamarca, República Argentina, para generar conocimiento climático de veranos húmedos y secos, a través de la técnica de datos percentiles y correlaciones de reanálisis que favorecen el entendimiento y la comprensión de los distintos forzantes, asociados o no a la circulación general de la atmósfera. El objetivo principal es vincular los forzantes internos y externos en cuanto a mecanismos atmosféricos para determinar la forma en que se fortalecen o debilitan las precipitaciones correspondientes al trimestre estival: diciembre, enero y febrero. En conclusión, los extremos altos mostraron estar modulados por un aumento de precipitaciones estivales como consecuencia de un eje ciclónico anómalo en la región, un corrimiento al SW e intensificación de *storm-tracks*. Los extremos bajos se mostraron influenciados por anomalías frías en trimestres secos, anomalías negativas de precipitación asociadas a un anticiclón anómalo en la región de estudio y debilitamiento del flujo de los Alisios. Además, se observa una marcada estacionalidad de las precipitaciones con cosecha importante de precipitaciones en verano.

Palabras clave: reanálisis, anomalías, precipitación, estival, Valle-Central-Catamarca

Abstract

Reanalysis is a mathematical model of monthly meteorological information applied to various climates, it combines temperature, relative humidity, precipitation, atmospheric pressure, etc., and is freely accessible. Reanalysis is applied to the Valle Central de Catamarca region, in the province of Catamarca, Republic of Argentina, to generate climatic knowledge of wet and dry summers, through the technique of percentile data and reanalysis correlations that favor understanding and comprehension. of the different forcing, associated or not with the general circulation of the atmosphere. The main objective is to link the internal and external forcing in terms of atmospheric mechanisms to determine the way in which the precipitations corresponding to the summer quarters: December, January and February are strengthened or weakened. The high extremes showed to be modulated by an increase in summer precipitations as a consequence of an anomalous cyclonic axis in the region, a shift to the SW and intensification of storm-tracks.



The low extremes were influenced by cold anomalies in dry quarters, negative precipitation anomalies associated with an anomalous anticyclone in the study region and weakening of the trade winds. In addition, there is a marked seasonality of rainfall with a significant harvest of rains in summer.

Keywords: Reanalysis, Anomalies, Precipitation, Summer, Valle-Central-Catamarca.

1. Introducción

Los reanálisis como fuentes analíticas del clima se han incorporado a la ciencia atmosférica en los últimos años. En las últimas décadas se consolida el uso de modelos numéricos para el estudio de parámetros climáticos. Uno de los modelos más utilizados es el Reanálisis NCEP/NCAR (*National Center for Environmental Prediction*) / (*National Center for Atmospheric Research*) que se emplea para el estudio del clima mundial y regional.

Las bases de datos de reanálisis disponibles, provenientes del ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) y del NCEP / NCAR están disponibles en el sitio web de la NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*).

Los reanálisis varían en su performance y resolución, entre otros parámetros y es una herramienta que actualmente se emplea para graficar los campos medios de diversas variables meteorológicas y climáticas.

Su objetivo no sólo es analizar los campos medios, sino que permite familiarizarnos con el diagnóstico del Sistema Climático.

El Reanálisis NCEP / NCAR, en síntesis, "es un modelo numérico que permite obtener información meteorológica mensual de diversos elementos del clima (temperatura, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, etc.) desde 1948 a la actualidad y poseen cobertura mundial. Son gratuitos y de libre acceso <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis>" (Bustos et al. 2016, p. 335).

La obtención de registros estadísticos de pluviometría, su descripción y análisis en la región Valle Central de Catamarca, en la provincia de Catamarca, República Argentina, nos permite abordar el conocimiento climático de veranos húmedos y secos, a través de la técnica de datos percentiles y correlaciones de reanálisis que favorecen el entendimiento y la comprensión de los distintos forzantes, asociados o no a la circulación general de la atmósfera.

El objetivo principal de esta investigación radica en vincular con forzantes externos e internos en cuanto a mecanismos atmosféricos para determinar la forma en que se fortalecen o debilitan las precipitaciones correspondientes al trimestre estival: diciembre, enero y febrero (DEF), en el Valle Central de Catamarca.

2. Caracterización regional

Gran parte del Noroeste Argentino se caracteriza por la presencia recurrente de fenómenos asociados a excesos hídricos como inundaciones, deslizamientos y derrumbes de laderas, aluviones de barro y rocas, etc., que generan frecuentes e intensos impactos en la población y sus actividades y que, en ocasiones, derivan en desastres.

Tales eventos, si bien son detonados por condiciones de variabilidad hidroclimática (principalmente la estacionalidad de pluviosidad), expresan una trama del riesgo

sumamente compleja y cambiante, de la que participan las configuraciones de la dinámica natural, las formas de valoración, apropiación, aprovechamiento y gestión del área, y las transformaciones ambientales asociadas a ellas (Castro, 2015, p. 93).

La recurrencia y profundización de este tipo de eventos en verano es consecuencia del transporte con sentido sur de aire húmedo procedente de la región amazónica, que es canalizado en la troposfera baja entre las faldas orientales de la Cordillera de Los Andes y la meseta central de Brasil.

El principal mecanismo dinámico que produce precipitación en la región es la actividad transitoria asociada a los ciclones migratorios extratropicales que se propagan hacia el Este a través de las 'storm tracks' (Trenberth, 1991).

3. Datos y metodología

La obtención de los registros estadísticos de la pluviometría de la región del Valle Central de Catamarca, a través de la estación del Aeropuerto "Felipe Varela", el Observatorio de Clima de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca y el Servicio Meteorológico Nacional, su descripción y análisis nos permite el conocimiento climatológico-meteorológico para la comprensión de los distintos forzantes asociados a la circulación general de la atmósfera. (Figura 1)

Figura 1

Serie de datos Estival Diciembre, Enero y Febrero (1975-2019)

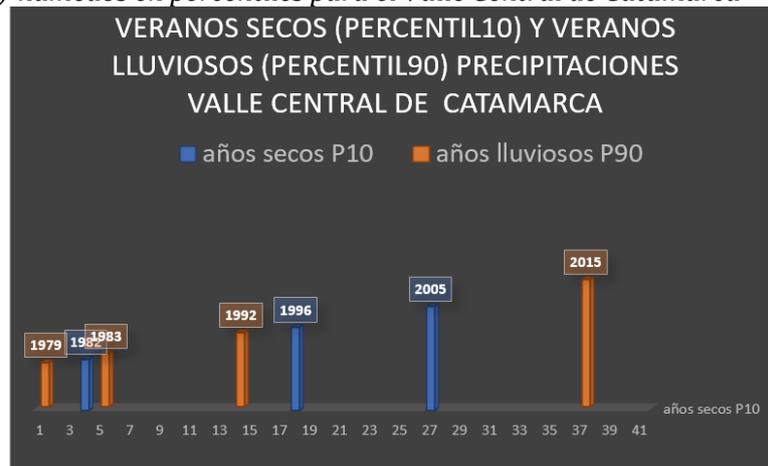
1975	2019								
1976	4.5	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1977	-39	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1978	66.3	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1979	54.6	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1980	-81.6	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1981	-18.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1982	-180.3	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1983	272.2	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1984	-108.1	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1985	-0.7	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1986	-118	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1987	-1	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1988	138.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1989	-101	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1990	-25.8	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1991	-21.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1992	214.8	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1993	-142.6	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1994	-48.6	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1995	-40.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1996	-15.8	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1997	85.3	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1998	-5.2	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
1999	32.3	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2000	38.5	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2001	-82.7	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2002	33.5	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2003	-47	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2004	-37.2	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2005	-34.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2006	31.7	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2007	-36.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2008	172.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2009	-103	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2010	-45	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2011	85.2	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2012	-86	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2013	39.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2014	119.5	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2015	95.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2016	-209.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2017	-35.5	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2018	55.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9
2019	140.4	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9	-999.9

Nota: Elaboración en base a fuentes de datos Servicio Meteorológico Nacional, Aeropuerto Felipe Varela y Observatorio Clima de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca.

Se desarrolla un análisis climático-sinóptico de precipitación basado en campos de distintas variables atmosféricas, mediante uso de la herramienta de reanálisis para elaborar correlaciones, composiciones e índices climáticos, para la aplicación en acumulados extremos de precipitaciones estivales: primero, años lluviosos P90 (P: percentil) y segundo, años P10 secos (Figura 2), que permiten asociar los veranos lluviosos y/o secos con respecto a la circulación general de la atmósfera. (Figura 3)

Figura 2

Veranos secos y húmedos en percentiles para el Valle Central de Catamarca



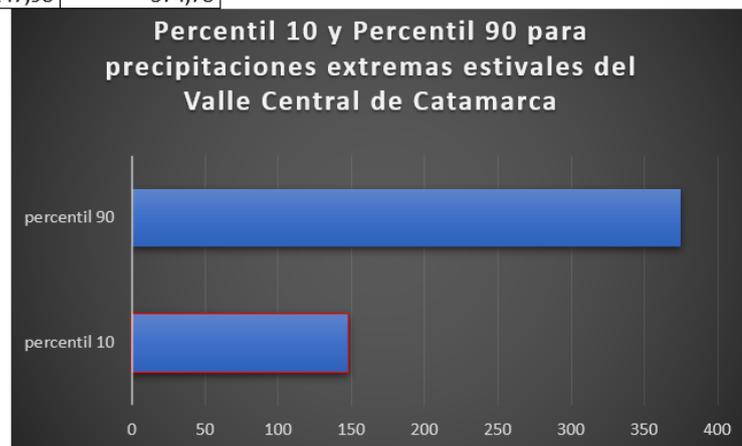
Nota: Elaboración propia a fuentes de datos Servicio Meteorológico Nacional, Aeropuerto Felipe Varela y Observatorio Clima de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca.

Para evaluar la circulación troposférica fueron utilizados datos de reanálisis propuesto con el programa ERA5 de Hersbach, et al. (2020).

Figura 3

Cálculo de Percentil 10 y Percentil 90 para establecer precipitaciones extremas (en mm)

percentil 10	percentil 90
147,98	374,78



Nota: Elaboración propia a fuentes de datos Servicio Meteorológico Nacional, Aeropuerto Felipe Varela y Observatorio Clima de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca.

Las variables seleccionadas con el fin de evaluar la circulación de gran escala fueron SST (temperatura de la superficie del mar), viento zonal (u) y meridional (v) en 250 hPa (hectopascal), geopotencial en 250 hPa y derivados como función corriente y potencial de velocidad en 250 hPa.

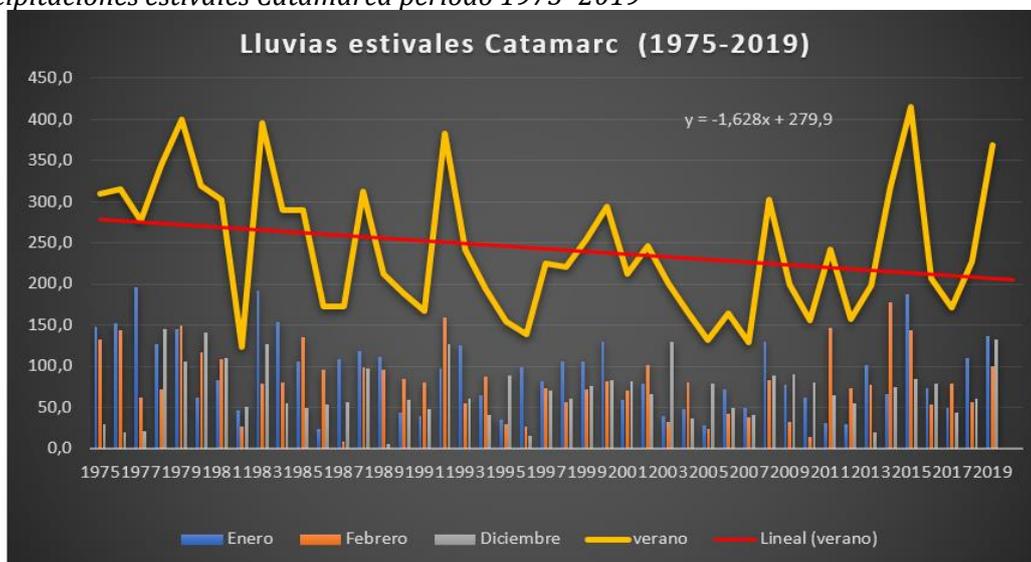
Adicionalmente, para evaluar la influencia local en la precipitación, se utilizó temperatura a 2 metros y el producto de precipitación total del reanálisis.

Cabe destacar, que esta última variable no debe ser considerada como una excelente representación de la realidad sino un análisis estadístico previo avalado por los datos pluviómetros citados, por lo que las interpretaciones de estos campos deben ser evaluados con precaución.

El uso de la herramienta de reanálisis con la elaboración de correlaciones y *composites* (composiciones de datos estadísticos) permite aplicar variables de acumulados extremos de precipitaciones estivales para el área de estudio: verano meteorológico: diciembre, enero y febrero. (Figura 4)

Figura 4

Precipitaciones estivales Catamarca período 1975- 2019



Nota: Elaboración propia a fuentes de datos Servicio Meteorológico Nacional, Aeropuerto Felipe Varela y Observatorio Clima de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca.

Este sistema de análisis-pronóstico de última generación realiza asimilación de datos desde el año 1948 hasta el presente. Este subconjunto está disponible en el Laboratorio de Ciencias Físicas de la Oficina de la Atmósfera del Gobierno, NOAA-ESRL, Boulder Colorado-EEUU, (PSL), en su formato original de 4 veces al día y con promedios diarios.

El proceso de elaboración cartográfica local tomó solo los valores pronosticados 0Z, 6Z, 12Z y 18Z (horarios que se toman de base a la hora del Meridiano de Greenwich, en nuestra provincia, se resta 3 horas al horario Z correspondiente) y, por lo tanto, solo esos se usaron para hacer la serie de tiempo tanto diarias como de medias mensuales.

Producto de la divergencia anómala en la región del Pacífico Tropical que se refuerza en verano por fuentes extratropicales, se propaga un tren de ondas de *Rosby* (procesos de

convección del aire que determinan importantes acumulaciones de precipitaciones) cuasi estacionarias.

En los ambientes serranos se observó que la temperatura del aire tiene un mejor ajuste que los otros parámetros considerados. Esto muestra una diferencia con otros autores que encontraron que a mayor altura sobre el nivel medio del mar menor es el ajuste de los datos observados con los del NCEP/NCAR.

En los últimos años se presenta un distanciamiento mayor en la brecha entre extremos secos y húmedos, que puede estar asociado al declive del nivel de la tendencia presentado en los gráficos anteriores.

3. 1. Veranos extremos lluviosos

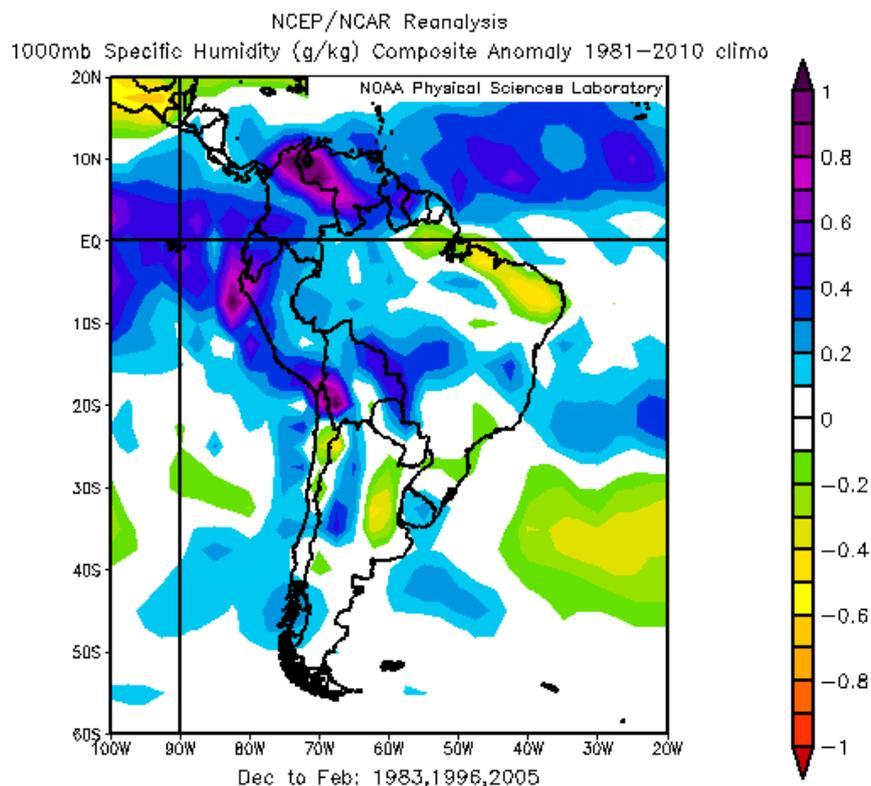
Con el cálculo de percentil P90 los años extremos que superan los 374 mm, son los siguientes: 1979, 1983, 1992 y 2015.

En relación al promedio anual acumulado, que es de 450 mm, los veranos lluviosos oscilan en 65 y 75% en esta estación representa la cosecha más importante de precipitaciones en todo el año, si se tiene en cuenta el en clima de dominio semiárido de sierras y bolsones.

Las anomalías positivas de geopotencial en 100 mb y humedad específica favorecen la convección asociada mayormente a sistemas orográficos. "La definición de una condición extrema tiene un contenido intrínsecamente estadístico y la determinación cuantitativa general es aplicable a cualquier región" (Penalba, 1995, p. 93) (Figura 5)

Figura 5

Anomalía en la composición de la humedad específica, de diciembre a febrero. Años 1981-2010



Nota: En base a NOAA Physical Sciences Laboratory.

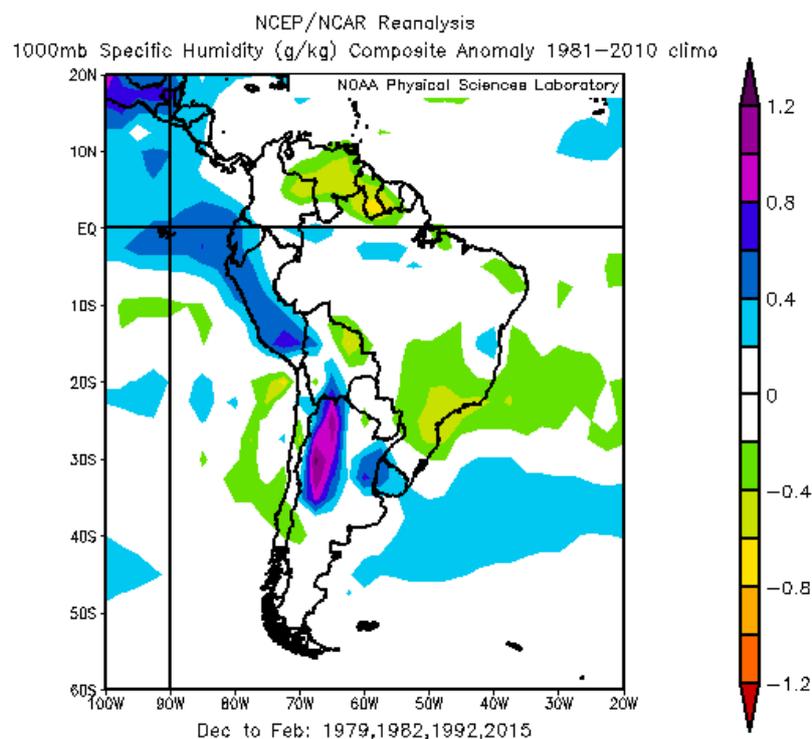
Luego del equinoccio de primavera, el inicio de la convección profunda en la región amazónica al sur del Ecuador, junto con los vientos Alisios, inducen un flujo de aire cálido y húmedo hacia el Este, que es desviado hacia el Sur por la cordillera de los Andes.

Este flujo es prevaleciente entre octubre y abril (Barros et al. 1998).

De acuerdo con Barrera y Maggi (2017) como respuesta dinámica al calentamiento de la alta tropósfera generado por la convección profunda en la región amazónica, y al debilitamiento del gradiente térmico Ecuador-Trópico, se establece un centro de alta presión en la tropósfera media y alta conocido como Alta de Bolivia. "En término medio el centro está ubicado en 15°S y 65°O". (p. 3-4). (Figura 6)

Figura 6

Alta Bolivia. Anomalía en la composición de la humedad específica, de diciembre a febrero. Años 1981-2010



Nota: En base a NOAA Physical Sciences Laboratory.

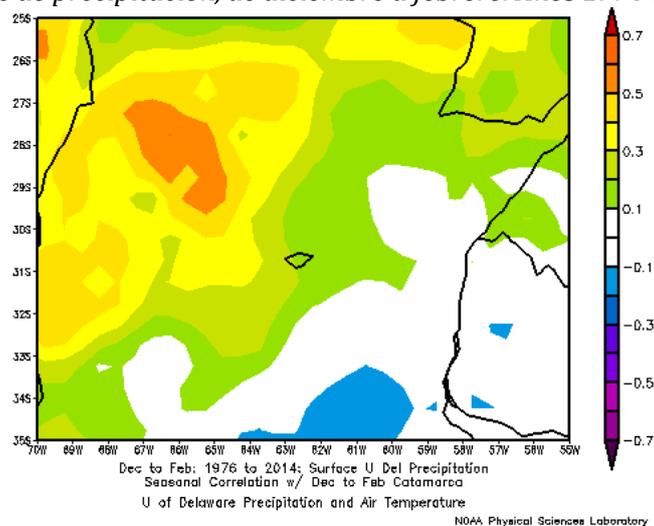
Además, según Barrera y Maggi (2017), en el semestre cálido se desarrolla en niveles troposféricos bajos un centro de baja presión en la región del Chaco denominado Baja del Chaco (BCH) y continua, la BCH está centrada aproximadamente entre los 21° S y los 61° O (p. 4).

Por otra parte, la Baja del Noroeste Argentino (BNOA) es una región de baja presión de origen termo-orográfico alargada en sentido meridional al este de los Andes, con centro aproximadamente en 30°S y 65°O (Barrera y Maggi, 2017, p. 4).

3. 2. Veranos extremos secos

Con el cálculo de percentil P10 los años extremos que están por debajo de los 374 mm, son los siguientes: 1982, 1996 y 2005. (Figura 7 y 8).

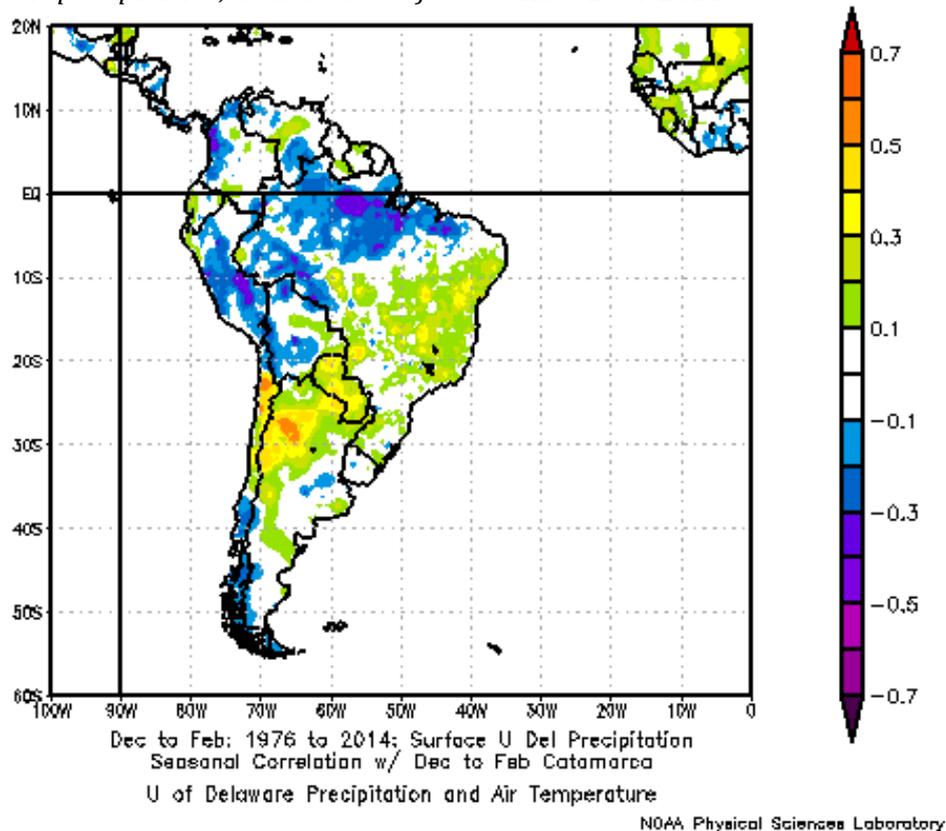
Figura 7
Síntesis de superficie de precipitación, de diciembre a febrero. Años 1976-2014



Nota: En base a NOAA Physical Sciences Laboratory.

Las anomalías negativas de geopotencial en 100 mb y humedad específica no favorecen la convección asociada, lo que se deduce que como en los años más lluviosos, pero en menor medida, responde mayormente a un patrón asociado a sistemas orográficos de origen termodinámico.

Figura 8
Superficie de precipitación, de diciembre a febrero. Años 1976-2014



Nota: En base a NOAA Physical Sciences Laboratory.

Según Trenberth (1991), "la actividad de *Storm Tracks* trayectoria de tormenta es notablemente persistente durante todo el año tanto en ubicación como en intensidad en el Hemisferio Sur". (p. 2173). (Figura 9)

Figura 9
Zona de influencia de vientos, en julio. Años 1979-1989

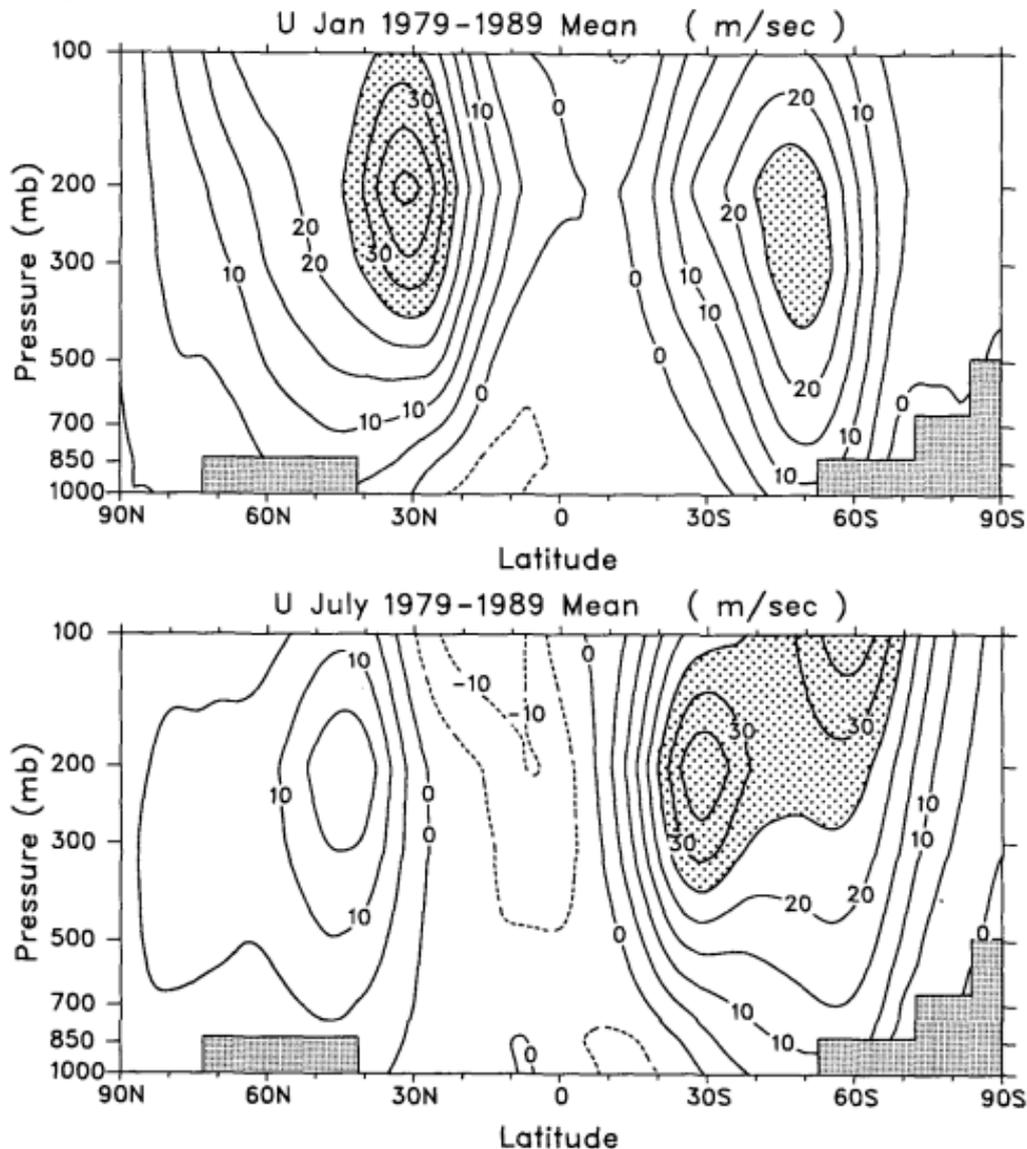


FIG. 5. Zonal-mean winds from 1979 to 1989; the contour interval is 5 m s^{-1} . Values greater than 25 m s^{-1} are stippled; the fine stipple indicates areas influenced by surface pressures less than 1000 mb.

Nota: Trenberth (1991, p. 2165)

La trayectoria de las tormentas está más alejada hacia el Polo en las estaciones de transición como parte de un ciclo semestral, pero permanece cerca de los 50° S durante todo el año, y es más fuerte en el sur del Océano Índico y más débil en el Pacífico Sur.

Existe una fuerte relación entre la trayectoria de la tormenta y la principal corriente en chorro polar troposférica y su baroclinicidad asociada en los niveles inferiores a lo largo del año, y la distribución de la actividad de la trayectoria de la tormenta puede explicarse mediante la teoría baroclínica. En contraste con el NH, los gradientes de temperatura meridionales más fuertes en las latitudes medias se encuentran en el medio año de verano en el SH (Trenberth (1991, p. 2159)

Mientras que la actividad de la trayectoria de tormentas en Hemisferio Norte es mucho más débil en verano y se desplaza hacia el Polo, la actividad en el Hemisferio Sur es tan fuerte como en invierno y, en todo caso, se desplaza ligeramente hacia el Ecuador. La simetría zonal es mayor en verano y los perfiles meridionales son más nítidos, lo que implica una menor variabilidad en la trayectoria de las tormentas tanto dentro como entre temporadas.

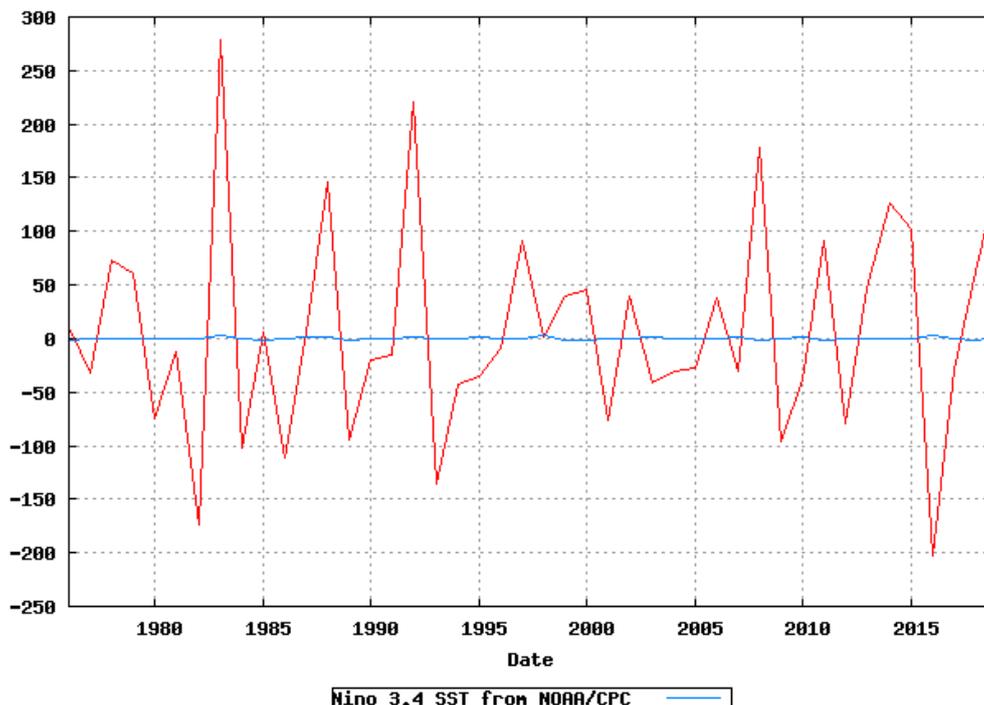
En invierno, la actividad de la trayectoria de las tormentas de alta frecuencia se extiende sobre un rango más amplio de latitudes y está asociada principalmente con la Corriente en Chorro Polar. (Trenberth, 1991)

4. Relación de la serie con índices climáticos

Se observa claramente la asociación de años lluviosos con anomalías positivas pertenecientes a índice El Niño 3.4, (Figura 10). Se destaca los años 1983, 1992 con valores altos y en igual sentido con los de 2015.

Figura 10

Anomalías estivales de precipitación Catamarca, de diciembre a febrero. Años 1976-2019



Nota: NOAA (2021)



La anomalía se origina a partir de la retroalimentación dinámica y termodinámica entre la atmósfera y el océano, asociado con un ciclo cuasi periódico de 3 a 7 años de calentamiento El Niño y enfriamiento La Niña de la zona central oeste y oriental del Océano Pacífico.

5. Conclusiones

El estudio de reanálisis de las precipitaciones estacionales del Valle Central de Catamarca contribuye a reunir la información mensual confirmando la variabilidad de los promedios. Además, permite conocer la base climatológica de los registros para una mayor comprensión de la problemática que incluye la variabilidad de los fenómenos extremos de precipitación.

Con relación a los parámetros de variabilidad puede apreciarse que los meses que presentan escasas precipitaciones poseen una mayor variabilidad que los meses con precipitaciones más abundantes. Esto es una consecuencia del régimen de precipitaciones. El ciclo anual de precipitaciones muestra un régimen pluvio-nival con un máximo relativo estival y un mínimo absoluto en invierno.

Los *composites* analizados para años extremos de mm altos (bajos) durante la fase de máximo de verano seleccionados a través del criterio del percentil muestran patrones consistentes con la fase positiva del ENSO en los meses DEF.

Los extremos altos mostraron estar modulados por un aumento de precipitaciones estivales como consecuencia de un eje ciclónico anómalo en la región, un corrimiento al SW e intensificación de *storm-tracks*.

Los extremos bajos se mostraron influenciados por anomalías frías en trimestres secos, anomalías negativas de precipitación asociadas a un anticiclón anómalo en la región de estudio y debilitamiento del flujo de los alisios.

Se observa una marcada estacionalidad de las precipitaciones con cosecha importante de lluvias en verano. Precipita en promedio, 1.8 veces más que el resto del año (otoño, invierno y primavera sumados).

El percentil 90 (347 mm) marca que en esta estación llueve un 77%, con respecto al promedio anual de 450 mm.

Con el fenómeno de El Niño se observa en el año 1988, un incremento en los promedios y en los extremos positivos de precipitaciones.

Asimismo, a consideración de varios autores, las precipitaciones de esta área de estudio poseen de un 35 a 40% de singularidad como base en cada período.

Su profundización en verano favorece el transporte hacia el Sur de aire húmedo desde la Región Amazónica, que es canalizado en la tropósfera baja entre las Faldas Orientales de la Cordillera de Los Andes y la Meseta Central de Brasil.

6. Referencias bibliográficas

- Barrera, D.; y Maggi, A. (2017). Variabilidad de la precipitación en el Altiplano Argentino. Incidencia de la transición climática 1976/1977 y del fenómeno El Niño – oscilación del Sur en el Noroeste Argentino. Meteorológica. Disponible en: http://www.meteorologica.org.ar/wp-content/uploads/2017/05/Barrera_y_Maggi_2017.pdf
- Barros, V.; González, M.; y Barros, V. (1998). The relation between tropical convection in South America and the end of the dry period in subtropical Argentina. *Internacional*



Journal of Climatology. Volumen 18. pp. 1669-1685. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228606083_The_relation_between_tropical_convection_in_South_America_and_the_end_of_the_dry_period_in_subtropical_Argentina/citation/download

- Bustos, M. L.; Ferrelli, F.; Huamantínco Cisneros, M. A.; Piccolo, M. C.; y Gil V. (2016). Estudio preliminar del ajuste entre datos meteorológicos *in situ* y del Reanálisis (NCEP/NCAR) en distintos ambientes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Estudios Geográficos* Vol. LXXVII, 280, pp. 335-343. Enero-junio, 2016. ISSN: 0014-1496 e ISSN: 1988-8546. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/2742/9995dd563b0768c36b018ba3c049f3071942.pdf>
- Campitelli, E. (2018) metR-Visualización y manejo de datos meteorológicos. In: Conferencia Latinoamericana sobre Uso de R en Investigación+ Desarrollo (LatinR 2018)-JAIIO 47 (CABA, 2018)
- Castro, H. (2015). La trama reciente del riesgo ambiental en la quebrada de Humahuaca: procesos, efectos y derivas, en Jessica Viand y Fernando Briones (compiladores), *Riesgo al Sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina*. 1ª ed. Parte III. Capítulo 7. pp. 93. Ediciones Imago Mundi. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Riesgos_al_sur_Diversidad_de_riesgos_de.pdf
- Catalini, Carlos et All (2010). "regionalización de lluvias máximas diarias en la provincia de Catamarca".
- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020; Volumen 146. Número 730. pp. 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803> Disponible en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.3803>
- Penalba, O. C. (1995). *Algunas propiedades específicas del régimen pluvial en Buenos Aires*. (Tesis). Capítulo 8. Climatología de las precipitaciones extremas. pp. 93. Disponible en: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n2748_Penalba.pdf
- Trenberth, K. E. (1991). Storm tracks in the Southern Hemisphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 48(19), 2159-2178.

7. Webgrafía

- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. <https://www.ecmwf.int/>
- National Center for Environmental Prediction & National Center for Atmospheric Research <https://www.weather.gov/ncep/>
- National Oceanic & Atmospheric Administration. <https://www.noaa.gov/>
- Reanálisis.
[NCEP/NCAR Reanalysis at NOAA/ESRL PSL](https://psl.noaa.gov/data/reanalysis/)
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis>
<https://psl.noaa.gov/data/reanalysis/>



CAPÍTULO 5

ENTROPIA DE LADERAS EN EL SUBSISTEMA DE LAS JUNTAS, DEPARTAMENTO AMBATO. CATAMARCA

Julio Alberto Costello¹

1.- Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Catamarca.
jacoste@gmail.com



ENTROPIA DE LADERAS EN EL SUBSISTEMA DE LAS JUNTAS, DEPARTAMENTO AMBATO. CATAMARCA

SLOPE ENTROPY IN THE LAS JUNTAS SUBSYSTEM – AMBATO DEPARTMENT - CATAMARCA PROVINCE

Julio Alberto Costello

Resumen

La movilidad de los suelos a consecuencia de los movimientos de laderas, se deben considerar dentro de los procesos propios de la geodinámica natural, hallándose asociados a la naturaleza de los materiales, pendientes y condiciones climáticas de los lugares donde estas se desarrollan, aunque, observaciones actuales relacionadas al cambio climático y al comportamiento actual de las precipitaciones en la región de las sierras noroccidentales de Ambato, demuestran comportamientos gravitacionales y de flujos diferentes a los que indica la bibliografía tradicional. Las remociones en los flancos, si bien constituyen un proceso natural; en la actualidad la desmesurada actividad antrópica supera la capacidad de sustentabilidad de estos paisajes, sumándose a ello las características de las precipitaciones que superan los umbrales normales locales y, cuando se hallan por debajo de éste, dificultan el proceso de resiliencia de los paisajes serranos locales, transformando así, las condiciones ambientales de la región. De esta manera, el presente trabajo tiene como objeto desde la geografía física, establecer una caracterización de los procesos en la relación a la tipología existente, determinando los mecanismos y la cuantificación de la magnitud de algunos fenómenos monitoreados a lo largo de veinte años.

Palabras clave: Movimientos de laderas, Sierras de Ambato, Geografía física, Resiliencia, Cuantificación, Caracterización.

Abstract

The mobility of the soils as a result of the movement of slopes, must be considered within the processes of natural geodynamics, being associated with the nature of the materials, slopes and climatic conditions of the places where they develop, even though, recent observations related to climate change and the current behavior of rainfall in the region of the northwestern sierras of Ambato, show gravitational and flow behaviors that are different from those indicated by the traditional bibliography. The removals on the flanks, although they constitute a natural process, the excessive anthropic activity at present exceeds the sustainability capacity of these landscapes, adding to this the characteristics of the precipitations that exceed the local normal thresholds and, when they are below them, hinder the resilience process of local mountain landscapes, thus transforming the environmental conditions of the region. In this way, the present work has as its object, from physical geography, to establish a characterization of the processes in relation to the

existing typology, determining the mechanisms and the quantification of the magnitude of some phenomena monitored over twenty years.

Keywords: Slope movements, Sierras de Ambato, Physical Geography, Resilience, Quantification, Characterization.

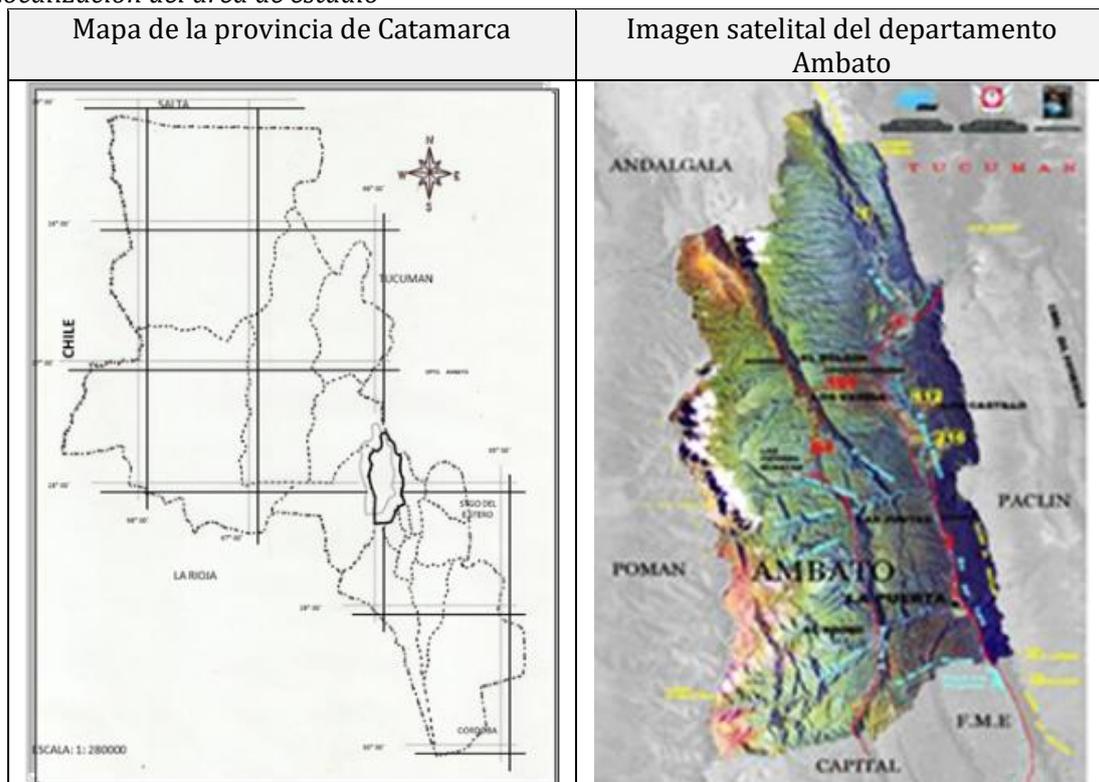
1. Introducción

En la intención de analizar el proceso de destrucción en las laderas orientales de las sierras de Ambato desde la Geografía, surge la idea de mostrar el desarrollo de importantes núcleos de erosión como manifestaciones propias de la dinámica gravitatoria natural, que este caso, acelerado mecánicamente a partir de procesos antrópicos y el aumento de las precipitaciones locales (Figura 1).

Comparativamente las sierras de Ancasti (pertenecientes a la misma provincia geológica) en el paisaje cumbral y el flanco oriental, presentan escasos procesos de remoción en masa activos, excepto manifestaciones de disección vertical, relacionados al diastrofismo postándico modificador de las pendientes estructurales, que generalmente gobiernan el escurrimiento longitudinal y la incisión sobre depósitos de materiales finos subyacentes; mientras existen, además, bajos o depresiones intermontanas soterradas por depósitos sedimentarios, movilizados por escurrimientos laminares con evidencia de escasa torrencialidad, que se muestran a manera de "bolsones" o cuencas de captación de materiales retransportados desde superficies aplanadas; sólo modificadas por procesos de depósitos laminares gobernados por las pendientes que impone la topografía local.

Figura 1

Localización del área de estudio



Nota: Costello e imagen Google Earth.

A diferencia de esto, los flancos orientales de las sierras Ambato-Manchao, muestran una intensa dinámica producida por las características de las precipitaciones, que contribuyen al desarrollo masivo de procesos degradativos que se acrecientan en magnitud por la importante actividad ganadera presente en el área.

Cabe agregar, que los inicios de la actividad ganadera se remontan a la época colonial que incluye un nuevo elemento al paisaje de montaña y somete a este tipo de suelo a mecanismos que aceleran los procesos degradativos. (Costello 2018). (Figura 2)

Figura 2

Imágenes de las áreas de estudio



Nota: Archivo fotográfico del autor.

Los trabajos realizados en la cuenca de Las Juntas, subsistema de la cuenca del río Del Valle, determinaron la presencia alarmante en características y magnitudes de eventos degradativos, los que se extienden por este flanco hasta la localidad de Aconquija en el departamento Andalgalá.

2. Análisis de las características fisiográficas generales

Las Sierras de Ambato Manchao constituyen parte del dominio geológico conocido como Sierras Pampeanas Noroccidentales, cuya interesante historia geocronológica se inicia durante tiempos eopaleozoicos, con evidencia de materiales precámbricos (Ramos, 2015). Estas sierras sobrevivieron a la deriva continental y a procesos de reacomodamiento de las estructuras a lo largo de su historia, habiéndose constatado, además, la existencia de secuencias volcánicas neopaleozóicas en la Sierras Pampeanas de Córdoba, según Bondenbender (1911) las que a posterior se verían reactivadas durante la formación de la cordillera andina en el terciario medio-superior.

La reactivación que aún se manifiesta en los procesos neotectónicos actuales cuyas improntas estructurales geomorfológicas afloran en los valles de las regiones circundantes, sorprenden a especialista por la información que expone el paisaje, como lo indica Eremchuck y otros (1999), cuando se refiere a los bordes occidentales del valle de Paclín.

Para completar la evolución de este paisaje, Ricardo, J y otros (1989), indican que en tiempos postpleistocénico, en el holoceno entre 10.000 a 30.000 años, esta parte de las sierras como otras formaciones de la región noroeste se vieron cubiertas por depósitos eólicos de loess; tan importantes que relacionados a la *bonomia* de los climas actuales,

determinan suelos y condiciones bióticas únicas dentro de la región, y por lo tanto, constituye una "epidermis" que permite el desarrollo de ecosistemas locales con características particulares.

A manera de breve síntesis y haciendo alusión a la teoría de evolución de los paisajes de W. Davis (1890), quien establece este concepto revolucionario para la geografía física, al indicar que, en los paisajes montañosos, podrían considerarse etapas bien definidas de tres periodos que abarcaban desde la juventud, la madurez a la vejez.

Más allá de lo taxativo de su apreciación al no considerar los procesos diastróficos positivos, su arriesgada teoría sirvió para dar luz a la ciencia y buscar la respuesta no considerada por el autor, respecto a la reactivación diastrófica.

Así, estas sierras constituyen un excelente ejemplo de rejuvenecimiento de paisajes, por reactivación estructural. Sólo basta leer la magnífica apreciación de Zetzner (1873), cuando las define como un paisaje cuasi aplanado de proto-sierras, antes de los efectos de las manifestaciones ándicas, bautizándolas curiosamente de manera aparentemente contradictoria, como Sierras Pampeanas.

Acerca de estos procesos de reactivaciones locales dentro de los valles de altura, Costello M (2018) cita en su trabajo sobre neotectónica de El Rodeo y La Puerta, departamento Ambato, la existencia de fallamientos y depósitos aluviales elevados por reactivación cuaternaria, lo cual indica que la actual geotectónica local aún continúa con la acreción de estos cuerpos tectónicos, y que aquellos magníficos procesos del ándico continúan en este tiempo, aunque vigente en menor escala.

La lectura de los rasgos geomorfológicos heredados en el paisaje, constituyen una importante evidencia de la existencia de paleoclimas variables que abarcan periodos fríos, secos y húmedos que afectaron a esta parte de Sierras Pampeanas y específicamente el sector septentrional de estas sierras.

Ahora bien, si realizamos una mirada regional, el Valle de Tafí ubicado en las sierras de Aconquija; según indican trabajos de palinología realizados en este lugar por Grill S. y otros (2013), se detectaron intercalaciones de periodos húmedos y secos durante el holoceno.

Además, entre otros, Lupo (1990), establece de manera concordante de acuerdo a trabajos geomorfológicos realizados en el lugar, la existencia cuasi reciente en los primeros mil años de la era con condiciones pertenecientes a características de un clima frío y húmedo con valores superiores a los actuales.

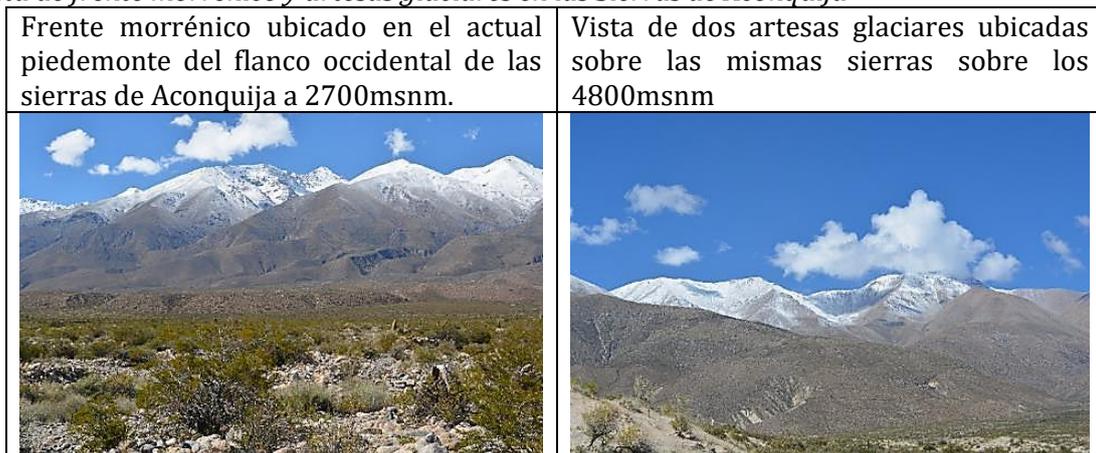
Al respecto, Sayago (1995) indica que los paleosuelos de Aconquija, localidad cercana a la cuenca de trabajo, se hallan en franca relación con una etapa polar austral correspondiente al Pleistoceno superior.

La apreciación hace suponer que el ingreso de frío polar desde el Sur antes de llegar a las cumbres de mención, manifestó los efectos primariamente, sobre el cordón de Ambato Manchao, produciendo las evidencias encontradas durante los trabajos de campo:

- la primera evidencia interesante de una etapa húmeda y fría local surge del hallazgo de paleosuelos al Norte del valle, cuya disposición indica escurrimientos laminares, así como también, depósitos aluviales subyacentes bajo mantos *loessicos*; estos últimos descriptos oportunamente por Gonzales Bonorino (1942).
- la segunda demostración *in situ* y quizás la más importante (Figura 3), constituye la presencia en las facies estratigráficas exhumadas de suelos afectados por frío y depósitos de materiales finos comprimidos y estriados por contracción laminar. Además, de rupturas de depósitos arcillosos (*break rock*), originados por cuñas de aguas congeladas (*freezes ice*), como producto de la licuefacción del hielo al producirse la apertura de grietas, estas permiten el paso del material de la fase superior a la inferior los cuales se observan *in situ* (Costello, 2018).

Figura 3

Vista de frente morrénico y artesas glaciares en las Sierras de Aconquija



Nota: Archivo fotográfico del autor.

La existencia de un ciclo frío regional también fue indicada por Rohmeder (1942), quien basado en observaciones *in situ* establece la existencia de amplios circos glaciares ubicados en ambos flancos y áreas cumbreales de las sierras de Aconquija, distantes a 80 kilómetros al norte del mismo lineamiento montañoso de Ambato Manchao. Las improntas geomorfológicas descubiertas indican a partir de la naturaleza de los procesos mecánicos y de las evidencias comprobadas en el lugar, tres áreas afectadas por glaciario Pleistocénico, bien definidas:

- 1) Aquellas ubicadas sobre los 5.200 msnm, donde es frecuente observar formas glaciares pertenecientes a morrenas y circos.
- 2) Las ubicadas desde los 2.500 hasta los 1.000 msnm, caracterizada por presentar materiales fluvio-glaciares gruesos.
- 3) Las localizadas en los fondos de valles o zonas bajas con presencia de morfología glaciares, con alto grado de alteración post etapa fría.

De acuerdo a la naturaleza de los hallazgos de estas improntas morfológicas correspondientes a paisajes fríos, este autor precisa que las sierras de Aconquija se vieron afectadas por cuatro periodos gélidos, advirtiendo al tercero como el de mayor importancia del resto, basado posiblemente por alcanzar los niveles cuasi distales del piedemonte adosados a los faldeos occidentales de las sierras.

El detalle de las imágenes satelitales actuales, permitieron reafirmar la importancia de la observación *in situ*, confirmando las apreciaciones realizadas por Rohmeder, y, aunque si bien podríamos discutir la existencia de los cuatro períodos gélidos, indicados sólo a partir de observaciones y análisis morfológicos cuantitativos, o si estos constituyeron diferentes estadios de una misma etapa gélida; "lo indiscutible es que las glaciaciones estuvieron presentes en estas sierras, testimonios de las cuales quedan restos de artesas y depósitos glaciares que aún se resisten a la degradación del tiempo y a los agentes de modificación actual" Costello J (2018).

Aspectos morfológicos confirmados por Ahumada y otros (2013), indican la presencia de 246 glaciares de escombros, avalando de manera directa las observaciones de originales realizadas por el autor de mención. (Figura 4)

En relación al lugar de trabajo que se expone, si bien no existe información científica que permita por medio de dataciones indicar el tiempo exacto y la periodicidad de las etapas frías en el paisaje local, se puede inferir, considerando la proximidad del centro y norte de Ambato Manchao al cordón de Aconquija y, de evidencias de paleosuelos y glaciares de

escombros observados en estas sierras, afirmar la existencia de la afección en el paisaje de los estadios glaciares holocénicos y postglaciares, a los que estuvo sometida la región, que sin dudas afecta las altas cumbres de la sierra, hasta más allá de la latitud de S:28° 04'32,19" y S - W:65° 54' 25,01".

Figura 4

Depósitos de paleosuelos y cuña sedimentaria en el área de estudio

Depósitos de paleosuelos correspondientes a una etapa climática húmeda	Cuña sedimentaria originada por la licuefacción de permafrost, ubicados a la latitud de 28° 04' 32,19" S y 65° 54' 25,01" W

Nota: Archivo fotográfico del autor.

Este paisaje fue sometido en su historia a varias fases climáticas entre el pleistoceno superior incluido el holoceno, según las evidencias de paleosuelos originados por la presencia de coberturas vegetales importantes correspondientes a periodos de climas húmedos intercalados con otros de sequías, que determinaron el desarrollo de redes de cárcavas importantes, hoy, estabilizadas por resiliencia de la dinámica natural actual del clima subhúmedo-húmedo que domina en el presente esta región. El paisaje se presenta como una cuenca con particulares características que la hacen importante al análisis de la especialidad.

Si bien, no existe una carga de datos climáticos que permitan definir de manera precisa el clima de Las Juntas no invalida esto, que se pueda realizar una aproximación a partir del análisis de la cobertura y dominios biotásicos que corresponden a prados o pastizales y bosques de altura, estos últimos con importante presencia de sotobosque y cobertura muscinal, evidencian la influencia de un régimen de precipitaciones propio de las regiones húmedas, que en este caso alternan con la estación seca invernal.

Morfológicamente existen dentro del valle, depósitos loessicos post-pleistocenos, que muestran improntas de grandes procesos de erosión retrocedente, y dentro de estos, manifestaciones similares cuasi actuales reducidas, quedando ambas manifestaciones unas dentro otras; en ambos casos sin alcanzar la estructura que se halla soterrada por estos materiales.

Estas manifestaciones de erosión vertical indican dos estadios diferentes de precipitaciones, el primero logra generar formas importantes, indicando un periodo de precipitaciones destructivas en un clima más seco, mientras que las segundas manifestaciones hablan de un proceso de menores precipitaciones que las anteriores, y de reducida manifestación.

En la actualidad la mayoría de estos eventos se hallan protegidos por una densa cobertura biotásica de cormofitas y arbustales, que evitan el efecto progresivo de las

retrocedencias. Es importante destacar que el proceso de revegetación natural, permite estabilizar el proceso de erosión en estos paleocauces de ladera. (Figura 5)

Figura 5

Improntas de procesos de erosión retrocedente estabilizados por biostasia.



Nota: Imagen Google Earth (2021)

De esta manera las lluvias orográficas producidas en la región de las laderas orientales de estas sierras, responden a la altura del cordón, de poco más de 3500msnm, "pantalla" amplia de captación de masas húmedas procedentes del sudeste durante la época estival, las que originan montos superiores a 700mm, mientras en los sectores deprimidos del gran valle las lluvias alcanzan -500mm milímetros anuales aproximadamente. (Cuadro 1)

Cuadro1

Caudales máximos aproximados del subsistema de Las Juntas tomados durante los veranos correspondientes entre los años 1980 y 2014 expresados en metros cúbicos

AÑOS	CAUD. APROX	AFECCIONES	REGISTRO
1.980	250	S/ afecciones	Cát. Geom.
1.985	300	Mínimas	Cát. Geom.
1.987	250	S/ afecciones	Cát. Geom.
1.990	300	Mínimas	Cát. Geom.
1.992	400	Mínimas	Cát. Geom.
1.994	350	Mínimas	Cát. Geom.
1.996	350	Mínimas	Cát. Geom.
1.997	300	Mínimas	Cát. Geom.
2.000	250	S/ afecciones	Cát. Geom.
2.004	300	Mínimas	Cát. Geom.
2.006	250	S/ afecciones	Cát. Geom.
2.008	350	Mínimas	Cát. Geom.
2.011	350	Mínimas	Cát. Geom.
2.014	350	Mínimas	Cát. Geom.

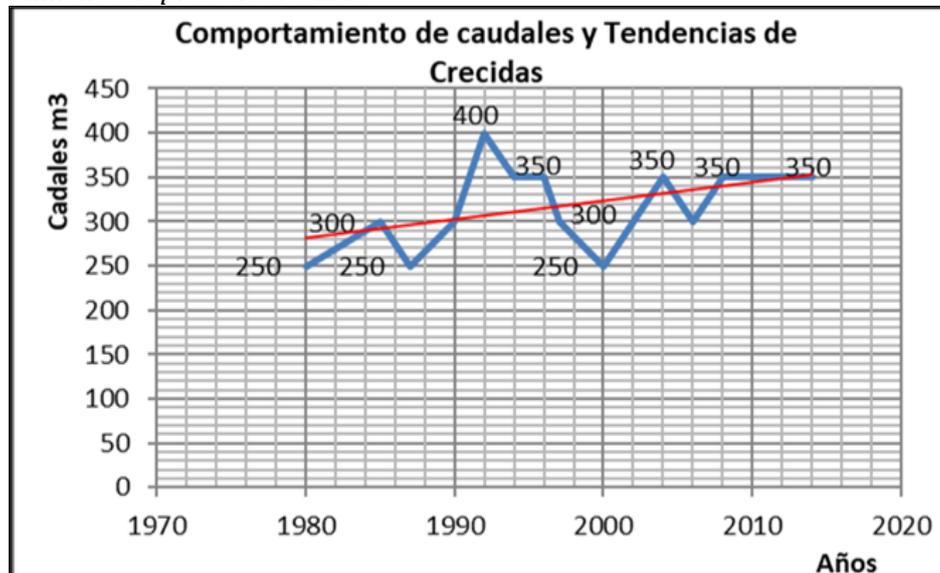
Nota: Elaboración propia.

Fuente interesante de información pluviométrica lo constituía la estación de El Rodeo ubicada a 1.100 m.s.n.m., a la misma longitud y a 15km de la cuenca de trabajo; estación que funciona de manera sistemática durante 25 años y registra uno de los eventos pluviométricos que alcanzó una precipitación al Oeste valle de 1000mm para el año 1990 (Cuadro N°1).

A manera de correlación se toman las grandes crecidas de la subcuenca de Las Juntas, producidas en los veranos de 1975 a 2014 (Figura 6)

Figura 6

Comportamiento de picos de crecidas



Nota: Elaboración propia.

Específicamente la de 1990, veremos la importancia de los volúmenes aproximados de agua en las ocurrencias que fueron registradas por la cátedra de Geomorfología e Hidrografía del Departamento Geografía de esta Universidad Nacional de Catamarca.

3. La naturaleza de los eventos gravitacionales

El estudio de la naturaleza de los eventos gravitacionales, originalmente fue abordado por la geología, ciencia que aportó magníficas apreciaciones, clasificaciones y nomenclaturas de movimientos en masa.

Basta leer obras de Sharpe (1938), Holmes, (1940) Kirby y Carson (2004) entre algunos, para dar cuenta de la intensa labor y conocimientos sobre el tema desarrollados.

Arthur Strahler (1980) entre los clásicos de la Geografía dedicaron su tiempo a introducir este interesante conocimiento como tantos otros al complejo, amplio y holístico campo de la Geografía, a través de la Geografía Física, y dentro de ella a la Geomorfología, como herramienta que permite al profesional de la Geografía, auscultar al paisaje natural, con el objeto de indicar el límite de las modificaciones antrópicas en el medio, o bien, las medidas que pudieran mitigar los impactos en el paisaje producto de su atrevida "capacidad de destrucción" justificado mediante el sostén discursivo de "su capacidad creativa e intelectual", sin dudas desmesurada "creatividad", en la búsqueda del ilimitado confort.

No es motivo de este trabajo desarrollar clasificaciones de eventos gravitacionales, pero sí mencionar aquellas que permiten tipificar algunas formas degradativas de tratamiento.



Otros aportes como Cruden & Varnes (1978-1996) y Hutchinson (1968, 1988), se caracterizan por la complejidad y la amplitud de variables que se consideran en el desarrollo de estos y son aceptadas por geomorfólogos hispano parlantes, como así también, por anglosajones, en virtud de los problemas que pueden ocasionar las traducciones del inglés al español, de todas maneras, las observaciones de Sharpe (1938), continúan siendo la base clásica de estas, tal como su obra.

Los procesos gravitacionales, si bien constituyen una parte de la mecánica de transformación de la superficie de la Tierra son el producto final de la acción de los agentes modeladores tanto externos como internos (estos últimos en menor medida), cuya interacción determina el tipo de modificación. Por ejemplo: las características climáticas de la región, la geología, la naturaleza edáfica del piso, el tipo y naturaleza de la cobertura biotásica la cual se relaciona al clima, etc., aunque los factores de mayor importancia es el gradiente de pendiente que posea el lugar y el efecto de las precipitaciones sobre esta.

En la actualidad, existen dos variables de afección regional que aceleran los procesos de destrucción gravitacional local, pudiéndose considerar a las actividades antrópicas como una de ella, mientras que la segunda corresponde a las nuevas características de las precipitaciones originadas por el actual cambio climático, que acelera el entropismo de estos particulares ecosistemas.

En cuanto al lugar de tratamiento, se puede indicar que los flancos occidentales de la sierra de Ambato donde se traza el subsistema de Las Juntas, constituyen un interesante ejemplo de destrucción paulatina de laderas, bosques autóctonos y pastizales de altura o prados, como consecuencia de procesos gravitacionales, escorrentías y actividades antrópicas de épocas coloniales con la introducción postcolonial de ganado.

Al respecto Sola (1890) al referirse acerca de la crianza del ganado en el Noroeste del país, indica que se trata de una actividad totalmente primitiva, donde la premisa es dejar ganado en el campo para multiplicarse "... con la ayuda de Dios..." y "sin ningún tipo de cuidado...", práctica que actualmente se emplea con idéntico procedimiento.

De esta manera desde el siglo XVI al XVIII y principios del XX las montañas de la región, estuvieron sometidas a prácticas ganaderas rudimentarias e intensivas, establecidas en campos abiertos, perdurando hasta las primeras décadas de 1900.

Si bien, la actividad minera en Perú y Bolivia ya había decaído, el norte de Chile se constituyó en un nuevo e importante mercado regional consumidor de ganado bovino y mular, que trasladado por valles y sierras allende la cordillera llegaba a los pueblos costeros en el Pacífico, cumpliendo con la demanda de consumo de carnes rojas y de mulares para carga.

Esta actividad económicamente altamente productiva finaliza con las medidas de regularización e impuestos establecidos por la Dirección Nacional de Aduanas a partir de 1935 aproximadamente, aunque la faena ganadera local se mantuvo de manera intensiva hasta tiempos no lejanos del presente, manteniendo la producción de ganado en virtud del consumo local y regional, al transformarse el Valle Central de Catamarca en importante mercado de consumo de carnes rojas.

De esta manera la actividad antrópica conlleva paulatinamente a la destrucción de estos paisajes montañosos, proceso que se acentúa hacia el norte de estas laderas, hasta más allá de la localidad de Humaya, espacios otrora ocupados por extensos campos aterrizados dedicados a la actividad agrícola en épocas precolombinas.

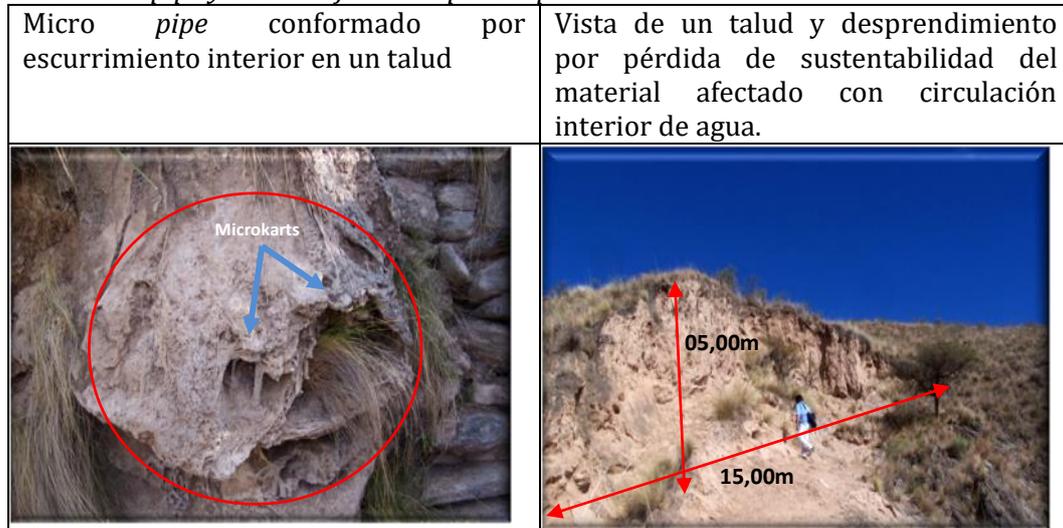
Del análisis, surge que los extensos depósitos postpleistocénicos de loess al quedar desprotegidos de la cobertura vegetal, se alteran con facilidad ante la presencia de escorrentías.

Además, en los sistemas de red de tubos subterráneos (*pipe*) producidos por la presencia importante de carbonato de calcio, que en climas húmedos se disuelven con facilidad

creando un sistema interno de circulación de agua. Esta red de tubos subterráneos provoca procesos de hundimiento de la superficie o caída de materiales, formando extensos taludes que, de acuerdo a la naturaleza de su constitución y su geometría, sometidos al intemperismo constituyen sectores de evolución mecánica gravitacional de degradación constante, como se indica en la Figura 7.

Figura 7

Vista de Micro pipe y de talud formado por desprendimiento



Nota: Elaboración propia.

Estas morfologías en algunos casos con características pseudokársticas, (Mikkan, 2017) se hallan relacionadas a suelos finos (Loess) con presencia de materiales solubles, y mecánicas de dispersión o contracción de las arcillas en presencia de agua, ambos elementos (arcillas y carbonatos) son comunes en depósitos loessicos observados en la región.

Redolfi, E. (2007), en su trabajo "Suelos Colapsables", indica de manera concordante con Dudley (1970) que las principales causas de hundimientos de estos tipos de suelos se relacionan con:

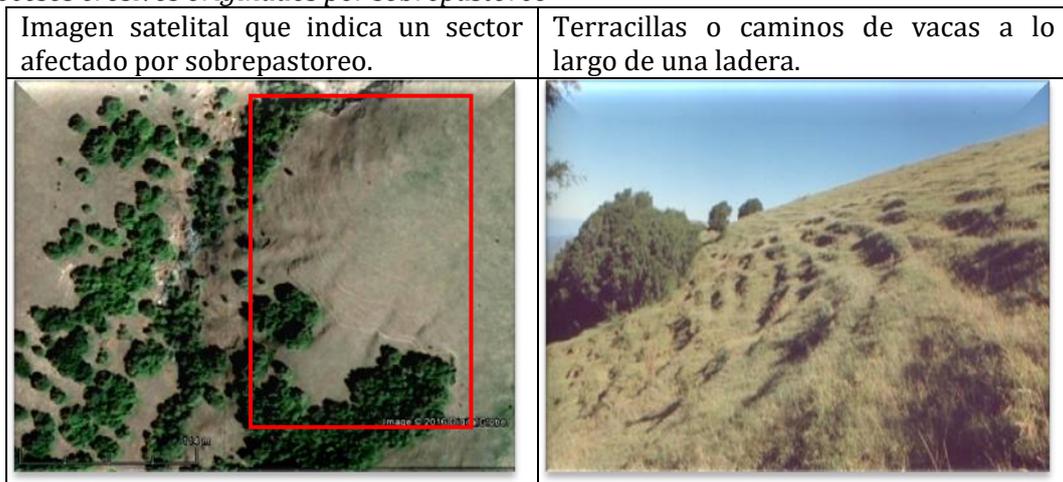
- 1) La característica del suelo: relacionadas a las condiciones químicas que permiten el desarrollo del proceso.
- 2) Materiales susceptibles de ser anulados o reducidos por agua.
- 3) Presencia de espacios internos que permiten la falta de resistencia del depósito.

A lo que se puede agregar, además, condiciones climáticas de humedad importantes como sucede en este caso particular.

Analizado desde el contexto de la Geografía en cuanto al estudio de las interacciones naturaleza sociedad, toma importancia en esta región los efectos generados por la actividad ganadera que degrada el piso a partir del sobrepastoreo, acción que involucra, además, el ramoneo y el pisoteo (Figura 8).

La deformación de la superficie del suelo con improntas conocidas como *ped de vache* o caminos de vacas (Max Derruau, 1965), tienden a destruir la cobertura vegetal protectora del suelo y generar núcleos de erosión progresivos en el sentido de las pendientes, que expuestos a las escorrentías superficiales tienden a acelerar el ciclo de evolución degradativo natural, transformando a estos en procesos erosivos en eventos exponenciales.

Figura 8
Procesos erosivos originados por sobrepastoreo



Nota: Elaboración propia.

La mecánica de hundimiento vertical progresivo, genera despegues superiores a un metro entre terracillas y expone importantes superficies de suelo a los procesos exógenos de desgaste, estos eventos se producen en laderas con pendientes superiores al 3%. Otra de las manifestaciones propias en este tipo de suelo presentes aquí, son los carcavamientos verticales (Cutting) de gran profundidad, que buscan las divisorias de aguas con el consecuente proceso de erosión regresiva, y solo se frenan cuando las rápidas erosiones de los mantos de loess alcanzan la estructura.

Figura 9
Carcavamiento por erosión retrocedente "camino de vacas"



Nota: Elaboración propia.

El monitoreo de diferentes laderas demuestra que los "caminos de vacas", constituyen el estadio inicial en la destrucción antrópica de laderas, mientras que los procesos posteriores de aceleración y mayor impacto surgen de la transformación de los escurrimientos laminares normales a escurrimientos en surcos, pendiente abajo, creando extensos carcavamiento longitudinales con canales superiores a 1m de profundidad, y en

algunos casos prominentes taludes, (Figura 10) sujetos al hundimiento y caída de materiales por desarrollo de redes tipo *pipe lines* en el cuerpo loessico.

Figura 10

Abarrancamiento por caída de taludes



Nota: Elaboración propia.

Otra de las cuestiones a considerar es la destrucción de la cobertura herbácea, en este caso por sobrecarga ganadera, que expone el suelo a la denudación, a la erosión y a los taludes al efecto de las precipitaciones que altera y aumenta la presión sobre la porosidad, la infiltración, provoca el incremento de volumen del material por hidratación, constituyendo este último el disparador de procesos de caídas, hundimientos, deslizamientos y coladas o flujos terrígenos, procesos comunes en el paisaje de tratamiento.

Figura 11

Desarrollo de cárcavas por arroyadas y transformación final en bad land



Nota: Elaboración propia.

El desarrollo de *bad land* o "tierras malas", constituye quizás el proceso de mayor daño de estos paisajes de ladera, pues por las características de estas se transforman en



degradaciones imposibles de controlar aquí, donde la erosión a consecuencia de la torrencialidad de las precipitaciones no permite el enraizamiento de coberturas herbáceas que eviten la erosión.

Cuadro 2

Valores aproximados de suelo y superficie perdidos por eventos de erosión en laderas originados por actividad económica

Sector de Erosión	Superficie Afectada m²	Volumen suelo desaparecido m³	Altura msnm
Núcleo 1	4.414,50	68.125	1974
Núcleo 2	2.600	6.500	2073
Núcleo 3	3.005	15.426,10	2190
Núcleo 4	1.417,32	3.492	2221
Superficie de Suelo Desaparecido	11.516,82	93.543,27	

Nota: Elaboración propia.

Las actividades de campo permitieron obtener valores de diferentes eventos, considerando en este caso los de mayor magnitud en la muestra, aunque no todos los existentes pudieron ser relevados, determinando para los indicados en este trabajo la pérdida de 93.543 m³ de suelo aproximadamente, desapareciendo con ello 11.516 m² de superficie de laderas aproximadamente.

4. Conclusiones

Constituyen los paisajes de laderas ubicados en la subcuenca del río de Las Juntas, correspondientes al cordón de Ambato-Manchao de Sierras Pampeanas; valles intermontanos donde la bondad de la naturaleza fisiográfica, permite el desarrollo de interesantes y únicos ecosistemas.

Considerando las condiciones de evolución geomórfica natural de estos tipos de paisaje, se puede inferir acertadamente que los procesos de modificación se hallan relacionados a la naturaleza de este, además de condiciones de pendientes, tipo de suelos, clima (precipitaciones), y características biotásicas, que permiten la evolución a partir de mecánicas de arroyadas laminares, remoción en masa, etc.

Se advierten, además, formas gravitacionales particulares en relación con las clasificaciones existentes de procesos gravitacionales, relacionados obviamente a las características propias del lugar donde estas se desarrollan.

Los procesos de hundimientos por colapso de suelos por desarrollo de redes subterráneas de agua por *piping*, desarrollos de *band land*, coladas de barro, carcavamientos por desarrollo de *ryles*, de *pipes* etc., son los más comunes.

En este caso particular, la entropía acelerada en condiciones aparente de irreversibilidad de las cuencas de la región, se debe a los daños producidos por la intensiva e histórica actividad ganadera, que domino a la región desde tiempos históricos al presente.

En la actualidad, se comprobó que a consecuencia de los efectos de las varianzas del clima regional que determina largos periodos de stress hídrico y luego, precipitaciones con intensa torrencialidad, los procesos de mención aceleran la dinámica de destrucción de la superficie como de la pérdida de suelos que conllevan a estos paisajes a la paulatina entropía.



5. Referencias bibliográficas

- Bondenbender, G. (1911). Contribución al conocimiento geológico de la República Argentina, Meláfiro y Andesitas en las Sierras de Córdoba. *Anales del Ministerio de agricultura, Sección Geología y Minería Buenos Aires*, Tomo II N° 3, Pág.43.
- Costello, J. (2000). Los procesos erosivos en la cuenca alta de Las Juntas y el uso del *Podocarpus parlatorei* y andenes pre incas en el control de la remoción en masa. Aportes científicos en masa. *Aportes científicos desde las Humanidades Ambiente, Historia y Sociedad*. Actas 6tas. Jornadas de Ciencia y Tecnología. Facultad de Humanidades UNCA. Editorial Universitaria. Pag.09-17.
- Costello, J. (2001). *El Podocarpus parlatorei, herramienta eficaz en el control de los procesos erosivos en pendientes con fuerte drenajes*. FH. Editorial Universitaria UNCA. Pag. 43-45
- Costello, J. (2005). Comportamiento de variables microclimáticas, temperatura y humedad en el bosque de *Podocarpus parlatorei*, Las Juntas Dpto. Ambato. *Aportes Científicos desde las Humanidades Actas 1ras Jornadas de Ciencia y Tecnología*. Facultad de Humanidades. UNCA Editorial Universitaria. Tomo I. Pág. 43 – 45.
- Costello, J. y Cardenez, S. (2006). Estudio comparativo temporal de los procesos degradativos en microrrelieves. Las Juntas Dpto. Ambato Catamarca. *Aportes Científicos desde las desde las Humanidades 6, Ambiente Historia y Sociedad*. Editorial Universitaria UNCA. Catamarca Pág. 16 – 25.
- Derreaux, M. (1966). *Geomorfología*. Ediciones Ariel, Barcelona. España.
- Dudley, J. (1970) Review of Collapsing Soils. *Journal of Soils Mechanics and Foundation*. División. ASCE. Vol. 96 (SM3), pp. 925 - 947.
- Eremchuck, J. y Papetti, L. (1999). Neotectónica del tramo austral del valle de Paclín-Catamarca. *Decimocuarto Congreso Geológico Argentino. Actas I*, Pág.257- 259.
- Gonzales Bonorino. F. (1978) *Descripción geológica de la hoja 14f San Fernando del valle de Catamarca (provincia de Catamarca)*. Dirección Nacional de Geología y Minería Vol. 160.
- Glade, T y Crozier, M. (2005). *A Rewiev of scale dependency in landslide hazard and risk analysis England*, Jhon Willey & Sons pp. 70 -190.
- Kenneth Hamblin, W. (1985). *The Eart's Dynamic Systems*. Burgess Publishing USA.
- Khun, F. Rohmeder, G. (1943). *Estudio Fisiográfico de las Sierras de Tucumán*. Facultad de Filosofía, UNT. p. 1-98. Tucumán.
- Le Corre, C. Rosello, E. (1989). Evidencias geológicas de una tectónica andina distensiva en las Sierras Pampeanas de Ambato y Ancasti, Catamarca, Argentina. *Primer Simposio Argentino de Teledetección*, Resúmenes Pág. 41.
- Le Corre, Rossello, E. (1994). Kinematics of early Paleozoic ductile deformation in the basement of NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 7(3/4): 301-308.
- McHarg, I. (1992). *Desing with Nature*. Jhon Wiley &, Inc, New York.
- McKnight, T. (1987). *Physical Geography a Lancape Appreciation*. Prentice Hall, Inc. Inglewood Cliffs, New Jersey USA.
- Nulló, F. (1984). Estructura del extremo austral de las sierras de Ancasti, Catamarca. *IX Congreso Geológico Argentino, Actas 2*. p. 414-426, S.C. Bariloche
- Ramos, V.; Escayola, M.; Leal, P.; Pimentel, M. y Santos, J. (2015). The lates stage of the pampean orogeny, Córdoba (Argentina): Evidence postcolisional Early Cambrian Slab break of magmatism. *Jurnal of South American Science*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.08.02>. p. 1-15.
- Redolfi, E. (2007). *Suelos Colapsables*. Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales. Departamento de Construcciones Civiles. Univ. Nacional de Córdoba.



- Rocca, R.; Redolfi, E. y Terzario, R. (2006). Características geotécnicas de los loess de Argentina. *Revista de Desastres Naturales, Accidentes e infraestructura civil*. Vol.6 (2) 149.
- Rohmeder, G. (1942). *La glaciación diluvial de los nevados de Aconquija, (parte austral)*. Instituto de Estudios Geográficos Rohmeder. Universidad nacional de Tucumán Facultad de Filosofía y Letras, Monografía N° 1. pp. 3. Tucumán.
- Rohmeder, W. (1941). *Die diluviale Vereisung des S. Aconquija – Gebirges in Nordwest Argentiennen – Peterm. Geogr. Mitt*, 12:417-433.
- Sayago, J. (1995). The Argentine Neotropical loess a Eolian Sediment in the Quaternary *Science Review USA*, 14: 755-756
- Sayago, J.; Zinck, M.; Collantes, M. y Toledo, M. (2003). Evolución ambiental de los Valles Preandinos y la Llanura Chaqueña Occidental Argentina, durante el Pleistoceno Tardío y el Holoceno. *Actas del Congreso Argentino del Cuaternario 2003*. Tucumán.
- Solá, M. (1890). *Memoria descriptiva de la provincia de Salta*. Ed. Mariano Moreno Buenos Aires. Argentina.
- Stelzner, A. (1873) Comunicaciones sobre geología y mineralogía de la República Argentina. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias Exactas Universidad de Córdoba T.I*
- Varnes, D. (1978), Slope movement types and processes, en Shuster, R. L. and Krizek R. J. Ed landslides. Analisis and control: Washington D. C, National Academy Press, *Transportation Research Board Special Report 175* pp. 7 - 38