



ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE CHAMICAL (PROVINCIA DE LA RIOJA, ARGENTINA) COMO BASE PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES

Carina Seitz¹

Facundo Scordo²

Paula Andrea Zapperi³

(Manuscrito recibido el 26 de junio de 2016, en versión final 29 de julio de 2016)

Resumen

La región de Chamical se ubica dentro de una área climática semiárida donde los procesos morfodinámicos característicos son los fluviales y eólicos. Por otro lado la características topográficas y sismotectónicas de la región, dan lugar a agentes modeladores azonales, independientes del clima, como la gravedad y los eventos sísmicos. Estos procesos se encuentran activos actualmente en un estado de evolución constante. Se propone como objetivo de este trabajo elaborar un mapa geomorfológico de la región de Chamical delimitando las unidades morfoestructurales que agrupan las distintas geoformas, como así también los procesos morfodinámicos que les dieron lugar como una herramienta básica e inicial para futuros análisis de riesgo. Se analizó información correspondiente a la carta geológica Chamical del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) 1:250.000, a la base de datos SIG 250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) e imágenes SPOT obtenidas de Google Earth. Se delimitaron las unidades morfoestructurales que agrupan las distintas geoformas y procesos morfogenéticos siguiendo el criterio de Demek (1976). El análisis de las características geomorfológicas del área apartir de la elaboración del mapa geomorfológico de Chamical permitió determinar un componente tectónico importante en el proceso morfogenético endógeno que dio lugar a la formación de los sistemas serranos y valles. A su vez, los antecedentes mostraron que la región posee actividad neotectónica reciente. En la actualidad predominan los procesos fluvio-eólicos lo

¹ Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur / Instituto de Oceanografía (IADO-CONICET). E-mail: cseitz@iado-conicet.gob.ar

² Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur / Instituto de Oceanografía (IADO-CONICET). E-mail: fscordo@criba.edu.ar

³ Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur / CONICET. E-mail: paula.zapperi@uns.edu.ar

que da lugar a un paisaje serrano con presencia de valles fluviales controlados estructuralmente. La utilización de imágenes de Google Earth fue de gran utilidad debido a su resolución espacial (hasta 2,5 m). Asimismo, la posibilidad de capturas de distintas fechas facilitó el análisis de la dinámica de los distintos procesos. Aunque el uso de imágenes ha permitido desarrollar este trabajo, se reconoce la importancia de la validación de la información a través de trabajo de campo.

Palabras clave: mapa geomorfológico, imágenes satelitales, unidades morfoestructurales, procesos morfogenéticos

GEOMORPHOLOGICAL STUDY OF CHAMICAL REGION (LA RIOJA, ARGENTINA) AS THE BASIS FOR THE ANALYSIS OF NATURAL HAZARDS

Abstract

Chamical region is located in a semiarid morphoclimatic area. Its characteristic morphodynamic processes are fluvial and eolian. On the other hand the topographical and seismotectonic characteristics of the region lead to azonal modelers agents, such as gravity and seismic events, which do not depend on climate conditions. These processes are active currently in a state of constant evolution. The goal of this work is to develop a geomorphological map of the Chamical region. The morphoestructural units grouping different landforms, as well as the morphodynamic processes that gave rise to them, were demarcated. This map is an initial basic tool for risk assesment. Information was taken from geological maps 1: 250000 published by Geological and Mining Service of Argentina (SEGEMAR), SPOT images obtained from Google Earth and the 250 GIS data base of the National Geographic Institute (IGN). Morphoestructural units grouping different landforms and morphogenetic processes were defined according to Demek criteria (1976). From the development of the geomorphological map of Chamical it was determined that the geomorphology of the area shows an important component of the endogenous tectonic morphogenetic process that resulted in the generation of mountain and valley systems. Currently, fluvial-wind processes shape a mountain landscape with fluvial valleys structurally controlled. To identify these processes, the use of images of Google Earth was very useful due to their high spatial resolution (SPOT multispectral images up to 2.5 meters) .Although the use of images has allowed to develop this work, the importance of validating the information through field work is recognized.

Keywords: geomorphological map, satellite images, morphoestructural units, morphoestructural processes

Introducción

La superficie de la Tierra está constituida por distintas geoformas que ejercen un rol importante en el asentamiento de la población y sus actividades ya sea por su carácter de obstáculo o de facilitación. Las geoformas así como los procesos asociados, son estudiados por la Geomorfología. De esta manera, el mapa o carta geomorfológica es el documento que sintetiza los diferentes aspectos que hacen a la descripción geomorfológica. Este es un mapa temático que proporciona un inventario explicativo del relieve, debidamente especializado (Herrero Matías, 1988). Constituye, por lo tanto, un documento base para la planificación de las actividades que se extiendan sobre el territorio como también para el reconocimiento de los procesos hidrogeomorfológicos que pudieran afectar a las mismas (Peña Monné, 1997).

El área de estudio del presente trabajo abarca el suroeste de la provincia de La Rioja y el noreste de la provincia de San Juan (Argentina). Se localiza entre los paralelos 30° y 31° S y meridianos 66° y 67° 30' O (Figura 1). La temperatura media anual es de 20°C. Con respecto al valor promedio de precipitaciones, la región se encuentra atravesada por la isohieta de 400 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2001) y la ocurrencia de las mismas está asociada principalmente con la generación de tormentas convectivas (Rosa, 2000). Estas características ubican al área dentro de la región morfoclimática semiárida donde los procesos morfodinámicos característicos son fluviales y eólicos. Por otro lado, las características topográficas y sismotectónicas de la región, dan lugar a agentes modeladores azonales, independientes del clima, como la gravedad y los eventos sísmicos. Siguiendo el concepto de Bertrand (1978) la zona de estudio se encuentra en un estado de evolución progresiva. Esto se basa en la teoría de biorexistiasia de Erhart (1967) aplicada a la génesis de suelo en donde se considera el estado de “biostasia” a una escasa actividad geomorfogenética y “rexistiasia” a la situación opuesta. De acuerdo con el mismo autor en este tipo de paisajes es necesario reconstruir su historia, haciendo hincapié en su dinámica reciente y estudiando su distribución espacio-temporal.

De esta manera, dentro los procesos actuales activos, cabe destacar a los fenómenos de flujos gravitatorios (flujos de rocas y residuos, flujos de residuos y de lodo y flujos hiperconcentrados, etc.) pues son eventos muy frecuentes en zonas áridas como consecuencia de precipitaciones excepcionales (Colegio de Ingenieros del Perú, 1998).

Asimismo, otro mecanismo desencadenante de flujos gravitatorios es la ocurrencia de eventos sísmicos de magnitud superior a 6.0 y con hipocentros poco profundos (Suárez, 2009). En la zona se han reconocido evidencias neotectónicas que involucran depósitos holocenos y recientes, asociado a la falla Patquia Viejo, localizada en los Llanos de la Rioja (Massabié y otros, 1998). Por otro lado al noroeste del área de estudio, asociado a la falla de Jagüé, se han reconocido

deformaciones cuaternarias (Perucca y Navarro, 2005) y además se la asocia con el terremoto del 12 de abril de 1899 (M 6.4) de intensidad máxima IX (MMI), que destruyó la población de Jagüé (Perucca y Bastias, 2006).

Los flujos gravitatorios constituyen uno de los desastres naturales que más vidas han cobrado y la mayoría de los más grandes deslizamientos catastróficos ocurridos en el mundo, corresponden a avalanchas (Schuster, 1996). La manera más eficiente de contrarrestar este tipo de amenazas es mediante análisis de riesgos que permitan caracterizar correctamente el peligro y de esa manera poder trabajar efectivamente en la reducción de la vulnerabilidad, componente humano y económico del riesgo. La Teoría Social del Riesgo identifica cuatro dimensiones cuya consideración conjunta permite la evaluación del riesgo. Se considera *peligrosidad* a la potencialidad de cualquier fenómeno natural que pueda causar daño al sistema social. Por otra parte, la *exposición* representa la distribución de la población y bienes materiales y que pueden ser afectados ante un suceso peligroso. Con respecto a la *vulnerabilidad*, la misma está asociada con la capacidad de hacer frente a un evento de peligro por lo que se define a partir las condiciones socioeconómicas previas a la ocurrencia del mismo. Por último, la *incertidumbre* se deriva de la imposibilidad de cuantificar y definir alguna de las tres dimensiones mencionadas y se refiere a las limitaciones en el estado de conocimiento y las indeterminaciones jurisdiccionales, administrativas y legislativas (Natenzon 1995; González y otros (1998); Andrade 2005; Fernández Caso y otros, 2007). De esta manera, el análisis de los procesos geomorfológicos activos de la región de Chamental queda comprendido en el componente de la peligrosidad dado que define la ocurrencia de eventos naturales que pueden afectar a la población y a sus bienes materiales. El mapa geomorfológico en donde se caracterizan los procesos morfodinámicos actuales y su distribución espacio-temporal constituye una herramienta básica fundamental del análisis de riesgo. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es elaborar un mapa geomorfológico de la región de Chamental delimitando las unidades morfoestructurales que agrupan las distintas geofomas, como así también los procesos morfodinámicos que les dieron lugar.

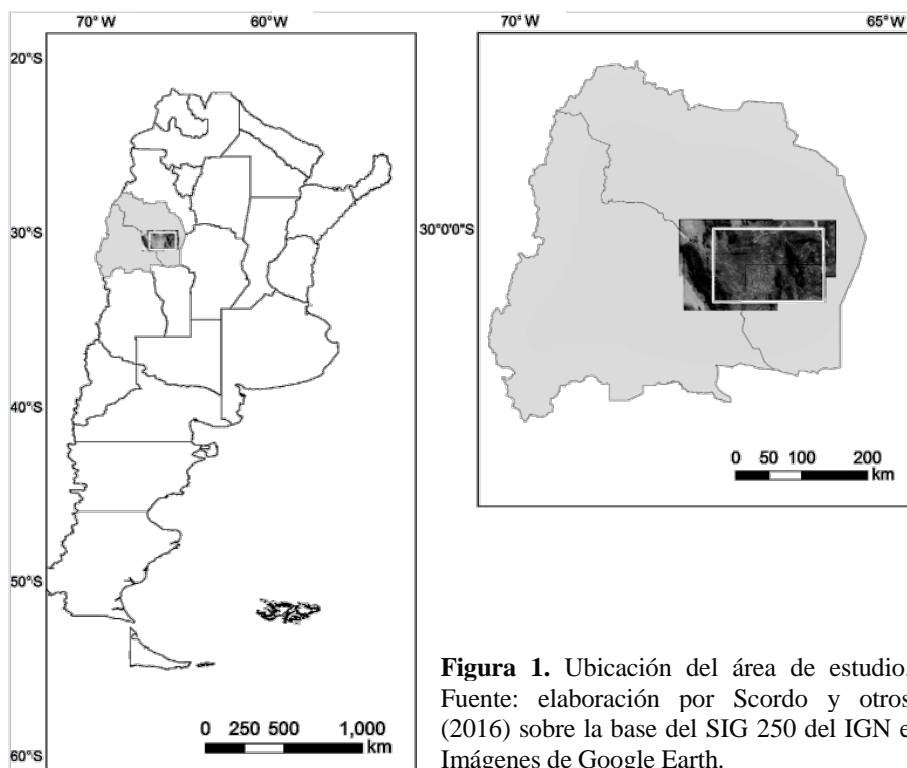


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: elaboración por Scordo y otros (2016) sobre la base del SIG 250 del IGN e Imágenes de Google Earth.

Materiales y métodos

Para realizar la clasificación de las unidades geomorfológicas se siguió el criterio de Demek (1976), el cual propone la realización de las actividades que se enuncian a continuación para la generación de unidades morfoestructurales:

1. *Análisis de las cartas geológicas y estructurales del área.* Para este caso se tomó como base la carta geológica en formato digital Chemical 3166-I, escala 1:250.000 elaborada por Limarino y otros (1999) y publicada por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) de la cual se extrajo información de las unidades litológicas y elementos estructurales.
2. *Análisis de cartas topográficas:* se utilizó la capa de información de curvas de nivel del SIG250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) (Figura 2) e información altimétrica brindada por las imágenes SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) con una resolución de 30 m o 1 arco de segundo.
3. *Elaboración de los perfiles topográficos.* Como parte de esta etapa se realizaron dos perfiles para facilitar la interpretación de las unidades morfoestructurales, pendientes generales y diferencias altitudinales. Los mismos fueron realizados con la herramienta de generación de perfiles de Google Earth que utiliza la información altimétrica incluida dentro en dicho programa.

4. *Interpretación de fotografías aéreas o imágenes satelitales:* se realizó un mosaico del área de estudio con 4 imágenes SPOT comprendidas en la Cobertura DigitalGlobe que se obtuvieron a través de la aplicación Google Earth con una resolución adecuada a la escala de trabajo, establecida en función de la carta Chamental 3611-1 a escala 1:250.000 (Figura 1). Las capas de información, cursos de agua, cuerpos de agua, ejidos urbanos y red vial del SIG250 (IGN) también fueron tomados como referencia.
5. *Levantamiento y verificación en campo para la corrección de las unidades establecidas:* si bien en el presente trabajo se utilizaron imágenes cuya resolución permitió la identificación de las distintas geoformas, se reconoce la importancia de la validación de la información a través de trabajo de campo.



Figura 2. Información altimétrica de la región circundante a Chamental, La Rioja, Argentina.

Sobre esta información de base se realizó la georreferenciación de las imágenes Google Earth con el software ENVI 4.1. De esta manera, se conformó un mosaico con el programa ArcGis 9.2 para la posterior digitalización de las unidades geomorfológicas. Conforme con la escala seleccionada y el tipo de datos que debe contener un mapa geomorfológico, sobre la base de Tricart (1965) y Serrat (1976) se definieron las unidades geomorfológicas del área según criterios morfográficos, morfométricos, morfoestructurales, morfogenéticos y morfocronológicos. Por otra parte, en la tabla 1 se presenta la clasificación de las distintas unidades geomorfológicas del área la cual fue estructurada en función de los criterios que plantea Gustavsson (2005):

1. *Ambiente geomorfológico*: unidad que queda definida por el tipo de región geológica-estructural al que pertenece. Cada unidad ambiental está ligada a la presencia de unidades geomorfológicas, las cuales están estrechamente relacionadas en cuanto a su origen, morfometría, morfología y geología.

2. *Unidad geomorfológica*: se define a través de un nombre representativo, enmarcado en las características de la unidad ambiental.

3. *Unidad genética*: se refiere al proceso dominante responsable de la creación de la unidad geomorfológica.

En cuanto a la organización de la leyenda, la misma se estructuró sobre la base de la clasificación mencionada. En dicho proceso, como señala Peña Monné y otros (2002), el orden de los elementos de la leyenda se establece de manera previa a la realización del mapa de acuerdo a criterios teóricos metodológicos que no necesariamente se encuadran dentro de las consideraciones gráficas o didácticas de la cartografía.





















AMBIENTE GEOMORFOLOGICO	SUBAMBIENTE GEOMORFOLOGICO	UNIDAD GEOMORFOLOGICA	SUBUNIDAD	UNIDAD GENETICA
1. Montañas	1.1 Altas	1.1.1 Sierras Pampeanas bloques basculados paleozoicos.		 H
		1.1.2 Sa. Famatina bloques basculados paleozoicos.		H 
	1.2 Medias	1.2.1 Sa. medias Famatinos Crestas mesozoicas		H
		1.2.1 Cuestas		H 
2. Zona pedemontana	2.1 Zona pedemontana	2.1.1 Piedemonte flujo canalizado		
		2.1.2 Abanicos Coluviales		
3. Planicies y Depresiones	3.1 Valle de La Rioja	3.1.1 Llanura fluvial	3.1.1.a- Planicie de red de drenaje noencauzada	
			3.1.1.b- Planicie de red de drenaje encauzada	
	3.2 Valles intermontanos			
	3.3 Llanura fluvio eólica	3.3.1 Bañados		
		3.3.2 Salinas		
		3.3.3 Río colector conoide		
		3.3.4 Relieves residuales		
		3.3.5. Planicie fluvio eólica		
		3.3.6 Depósitos eólicos holocenos/pleistocenos		
	<p>Procesos endógenos: Intrusivos () , Estructurales () ;</p> <p>Procesos Exógenos: Fluviales () , Remoción en masa () , Acumulación fluvial () y Eólicos ()</p>			

Tabla 1. Clasificación de las unidades geomorfológicas. Fuente: elaboración propia sobre la base de Tricart (1965), Serrat (1976), Abraham (2000) y Gustavsson (2005).

Resultados y discusión

El área de estudio abarca las provincias geológicas de las Sierras Pampeanas y las estribaciones sur de la provincia geológica Famatina, representada esta última por la Sierra de Paganzo y Del Vilgo. Ambos sistemas poseen similar estructura, caracterizándose por bloques de basamento precámbrico-paleozoico, levantados durante el Cenozoico superior y basculados por fallas lítricas inversas (González Bonorino, 1950). En la Figura 3 se observa el mapa geomorfológico de la carta Chamental 3166-1 (SEGEMAR). A continuación se desarrollan los ambientes geomorfológicos con sus respectivas unidades y subunidades.

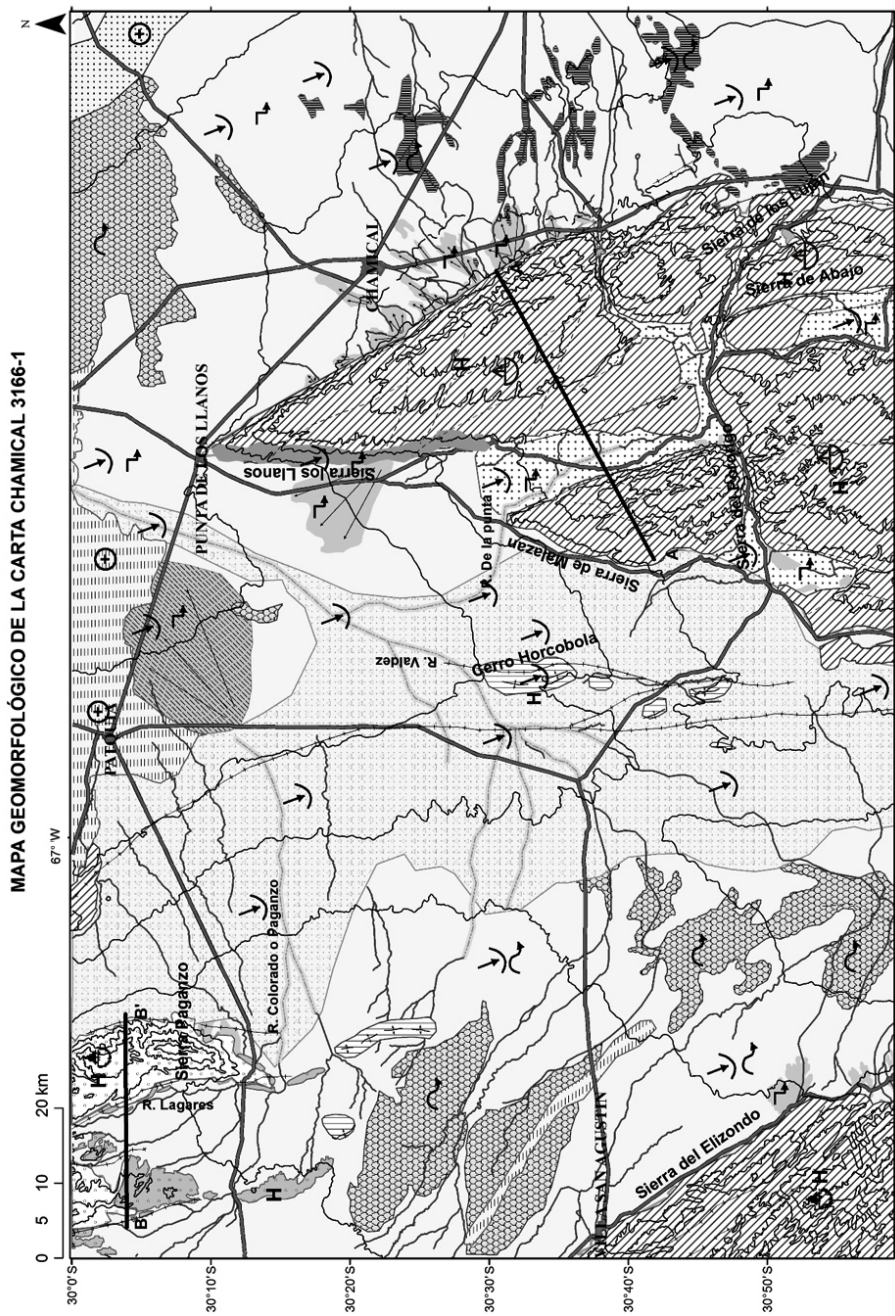
1. Montañas

1.1. Altas

1.1.1. Sierras Pampeanas

Esta unidad se encuentra integrada por un conjunto de bloques basculados paleozoicos, limitadas por un conjunto de fallas de orientación casi meridional: norte, noroeste-sur sureste. Posee una altura máxima de más de 1.500 m. En relación con el valle esta estructura posee una altura superior a 1.000 m. De acuerdo con el perfil A-A' transversal a esta unidad (Figura 4) se puede identificar una escarpa más abrupta de flanco este (Sierra de Malazán), mientras que el flanco oeste (Sierra de Los Llanos) se observa un escalonamiento de la unidad por fallamientos menores.

De forma secundaria, esta unidad presenta un importante control estructural por fracturas, de orientación norte noroeste-sur sureste y oeste noroeste-este sureste. La existencia de estas estructuras provoca que la red de drenaje se encuentre totalmente controlada, dando lugar a un patrón de tipo paralelo a subparalelo. De acuerdo con Perucca y Bastias (2006) las sierras Pampeanas Noroccidentales presentan sismicidad superficial con evidencia de reactivaciones de fallas preexistentes controladas por las principales megafacturas. La misma afecta a depresiones intermontanas rellenas por depósitos continentales (carbonífero- holoceno) como consecuencia de reactivación de fallas preterciarias. Junto a estas evidencias neotectónicas se encuentran también registros de eventos históricos, relevados a través de la utilización de instrumental específico (Perucca y Bastias, 2006).



LEYENDA

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- 1. Montañas
 - 1.1 Altas
 - 1.1.1 Sas. Pampeanas
 - 1.1.2 Sas. Famatina
 - 1.2 Medias
 - 1.2.1 Sas. Medias Famatinas Mesozoico
 - 1.2.2 Cuestas
- 2. Zona pedemontana
 - 2.1 Piedemonte flujo canalizado
 - 2.2 Abanicos Coluviales
- 3. Planicies y Depresiones
 - 3.1 Valle de La Rioja
 - 3.1.1 Llanura fluvial
 - 3.1.1.a Planicie de red de drenaje no encauzada
 - 3.1.1.b Planicie de red de drenaje encauzada
 - 3.2 Valles intermontanos
 - 3.3 Llanura fluvio eólico
 - 3.3.1 Bañados
 - 3.3.2 Salinas
 - 3.3.3 Río colector conoide
 - 3.3.4 Relieve residuales cenozoicos
 - 3.3.5 Planicie Fluvio Aluvial
 - 3.3.6 Depósitos eólicos holocenos/pleistocenos

ESTRUCTURA

- Lineamiento
- Falla Normal
- Pliegue

CONSTRUCCIONES

- Ruta
- Ejido Urbano
- Embalses

HIDROGRAFÍA

- Red de drenaje

PROCESOS

- Fluviales
- Remoción en masa

Eólicos

- Acumulación fluvial

Intrusivos

Estructurales



Figura 3. Mapa geomorfológico correspondiente a la carta Chemical 3166-1 (SEGEMAR)



Figura 4. Perfil A-A' transversal a la unidad Sierras Pampeanas. Su localización dentro del área de estudio se indica en la Figura 3. Fuente: Elaboración propia, 2014 sobre la base de la información altimétrica de Google Earth.

1.1.1.2 Sierra Famatina

Unidad caracterizada por bloques basculados por grandes fallas que afectan secuencias de edades paleozoicas a mesozoicas. En este sector posee una altura máxima de alrededor de los 1.500 m. Posee una escarpa oriental más pronunciada en comparación a la occidental. En la primera se desarrolla una red de drenaje de tipo dendrítico mientras que en la zona pedemontana se observa el desarrollo de un patrón de drenaje distributivo que da lugar a la generación de abanicos coluviales. Actualmente se encuentran disectados por los cursos principales que integran la red de drenaje del río Casas Viejas cuyo nivel de base lo constituye la zona de bañado (Figura 3). Sobre el flanco occidental de la Sierra de Paganzo la red de drenaje ha dado lugar al desarrollo de facetas trapezoidales, con desarrollo de abanicos coluviales en la zona pedemontana. En este caso la dinámica hídrica del río Lagares,

colector principal de los cursos que drenan el frente de la escarpa, también ha disectado dichas formaciones coluvionales.

En la unidad de Sierra de Vilgo al igual que en la Sierra de Paganzo, se ha dado el desarrollo de facetas trapezoidales. Su existencia evidencia una reactivación de las estructuras junto con el establecimiento de una red de drenaje, en este caso de tipo dendrítico. Mientras que en el valle intermontano de la Sierra Paganzo y de Vilgo (Figura 5) se desarrolla una red de drenaje paralela, cuyo colector principal es el río Lagares. Asimismo, es importante mencionar que Casa y otros (2010) en las Sierras Pampeanas Occidentales (Sierras de Velasco y Ambato) han identificado importantes deformaciones superficiales con evidencias de actividad recurrente, por lo que sugieren su consideración como potenciales fuentes sísmicas.



Figura 5. Perfil transversal a la unidad Sierras Famatina. Su localización dentro del área de estudio se indica en la Figura 3. Fuente: Elaboración propia, 2014 sobre la base de la información altimétrica de Google Earth.

1.2. Medias

1.2.1. Sierra Famatina Mesozoica

Esta unidad se caracteriza por la existencia de sedimentos mesozoicos que corresponden al Sistema de Famatina. A diferencia de la unidad anteriormente descrita se encuentra fuertemente erosionada, encontrándose alturas inferiores a los 500 m en relación con el valle. Presenta una red de drenaje de tipo dendrítico, altamente evolucionada. En algunos sectores, extremo sur de la Sierra de Vilgo se observa la presencia de crestas con una escarpa más pronunciada hacia el occidente y más suave al este. En esta última se desarrolla una red de drenaje de tipo dendrítico.

1.2.2. Cuestas

Constituido por pequeños resaltos topográficos, inferiores a los 50 m. Se trata de pequeñas cuestas desarrolladas en los afloramientos de la Formación los Llanos (Mioceno- Plioceno) que en forma local aparece al sur del cerro La Yesera como anticlinales de amplia longitud de onda. Esta unidad se desarrolla un patrón de drenaje de tipo subparalelos cuyos colectores son paralelos al frente de las cuestas y los principales, transversales a las mismas. Esta unidad y fundamentalmente en la zona de los colectores principales, presenta alta densidad de vegetación.

2. Zona Pedemontana

2.1. Piedemonte flujos canalizados

Esta unidad se localiza principalmente al pie de la Sierra los Llanos, drena unidades paleozoicas y cenozoicas (Formación Los Llanos) compuestas por areniscas, silcretos, pelitas, conglomerados, algunas tufitas y niveles de yeso. El drenaje es subparalelo, escurre hacia el norte para desembocar en la zona de bañados y el colector principal drena de forma paralela a la elongación de la sierra Los Llanos. Posee una amplitud de 3 km del frente con pendientes del 2-3 %. En general esta unidad presenta importante cobertura vegetal lo que le confiere cierta estabilidad. Por otro lado no se observan rasgos de procesos activos.

2.2. Abanicos coluviales

Siguiendo el criterio de Bilkra y Nemeč (1998) se distinguen los abanicos coluviales de los aluviales y de los taludes. Los abanicos coluviales se forman en la salida de pequeñas cárcavas o canales de reducida longitud, mientras que los abanicos aluviales derivan de cursos fluviales que drenan áreas positivas mucho más extensas. El perfil longitudinal de los abanicos coluviales posee pendientes que varían entre 35° a 45° en el ápice y entre 15° a 20° en el pie, mucho mayores a las asociadas a abanicos aluviales. Esta unidad está conformada por abanicos coluviales dominados por fluidos, tienen sus nacientes en la desembocadura de pequeñas quebradas. Sobre los conos se desarrolla una red de drenaje con patrón distributivo, poseen aproximadamente una extensión de 8 km desde la zona del ápice hasta su extremo más distal con una pendiente aproximada del 2- 5 %. Dentro de esta unidad se distinguen los abanicos coluviales ubicados en el flanco este de la Sierra Los Llanos de edad Pleistoceno de acuerdo a la carta geológica, de aquellos ubicados en el flanco oeste que corresponderían con un proceso actual. También se reconocen procesos gravitatorios activos al este de la Sierra de Elizondo. Es por ello que debe considerarse especialmente el posible desarrollado de abanicos cercanos a la localidad de Punta de Los Llanos y Chucuma ya que podrían representar un riesgo para las mismas.

3. Planicies y Depresiones

3.1. Gran Valle de La Rioja

3.1.1. Llanura Fluvial

3.1.1.a Planicie de red de drenaje no encauzada

La unidad se caracteriza por un valle en el que se desarrolla una red de drenaje conformada por cursos efímeros, no encauzados, organizados bajo un patrón dendrítico y que se activan en eventos de tormenta. A ellos, se asocia mayor densidad de vegetación. Por otro lado, en el frente occidental de la Sierra de Malanzán, próximo a la llanura fluvial, se observa un mayor aporte sedimentario por parte de los cursos que se reactivan durante los eventos de tormenta y arrasan con la vegetación de la zona. Los escurrimientos desarrollados en la zona se encuentran

condicionados por la presencia de las cuevas en la zona central de la hoja, que actúan como pequeñas divisorias de aguas y fundamentalmente por las estructuras mayores con sus acumulaciones pedemontanas: abanicos coluviales y piedemonte de flujo canalizado. En esta unidad se desarrollan torrentes que aumentan su caudal de manera repentina debido a las crecidas, mientras que durante gran parte del año mantienen su cauce seco. Esta unidad posee numerosas evidencias de procesos fluviales activos por lo que debieran ser considerados para un análisis más detallado ya que podrían verse potencialmente afectada la localidad Carrizal y obras de infraestructura como la ruta provincial 29.

3.1.1.b Planicie de red de drenaje encauzada

En la planicie se presentan cursos con canales efímeros. Por otra parte, la fluctuación del caudal y la adaptación de los ríos a un transporte espasmódico de sedimentos dan lugar a la formación de barrancas con barras en el interior. Al noroeste del mapa geomorfológico se observa el río Colorado que se continúa con el nombre de Paganzo cuyas nacientes se dan en la Sierra de Vilgo y Paganzo que drena en sentido aproximadamente este-oeste hacia la zona de los Llanos (400 m aproximadamente). Aquí hay una disminución de la pendiente posiblemente debido a la presencia de una falla en sentido norte-sur que provoca la pérdida de capacidad de transporte por lo que pasa a conformar una subunidad (Río Colector Conoide) dentro de la Llanura fluvio-eólica (Unidad 3.3). Hacia el sur se identifica el río Valdez que se origina en las Sierras Pampeanas (Co. Horcobola) y también drena en sentido norte. A los cauces mencionados, se suma el río de la Punta que nace en el valle intermontano del Sistema Malanzán de las Sierras Pampeanas. La falla que se extiende en el sector provoca un cambio de rumbo entre los afluentes superiores y el curso principal. De esta manera, todos los cursos mencionados drenan hacia el norte para encontrar su nivel de base en el área de bañados.

3.2. Valles Intermontanos

Son resultado del proceso de fallamiento regional, de rumbo meridiano, que generó cordones elongados en sentido norte-sur que separan pequeñas cuencas intramontanas. Allí dominan procesos fluviales y gravitatorios. Estos últimos pueden estar asociados, en algunos casos, a la ocurrencia de eventos sísmicos tal como lo sugieren diversos autores (Casa y otros, 2010; Perucca y Bastias, 2006; Peruca y otros, 2005 y Massabí y otros, 1998). De acuerdo con la carta geológica de la zona se reconocen depósitos aluviales y coluviales cuya edad data desde el Pleistoceno a la actualidad. Dentro de esta unidad se reconocen algunas zonas potencialmente críticas desde el punto de vista del análisis de riesgos geomorfológicos, como es el caso de las localidades de Malanzán y el Portezuelo, ubicadas en áreas con procesos gravitatorios y fluviales activos.

3.3. Llanura Fluvio-Eólica

3.3.1. Bañados

Se denominan “Desagües de los Bañados” y se identifican en el extremo norte del mapa, conforman un extenso manto resultado de la depositación distal de una importante faja de conoides que descienden desde la Sierra de Los Colorados y del aporte de los ríos que drenan la planicie fluvial. Esta unidad requiere una evaluación más intensiva desde el punto de vista de riesgos naturales, considerando que se trata de un área que recibe los aportes de números cursos fluviales y cantidad de material suministrado por los conos coluviales-aluviales que en eventos de tormenta pueden resultar riesgoso para la localidad de Patquía y obras de infraestructura vial.

3.3.2. Salinas

Se ubica en el extremo noreste de la Figura 3 y se corresponde con el área de la “Salina Antigua”. Allí se encuentran las principales exposiciones de depósitos holocenos compuestos por evaporitas (principalmente halita y yeso), evaporitas fangosas, limolitas y arcilitas cementadas por sales y en menor proporción pelitas arenosas (Limarino y otros, 1999).

3.3.3. Río Colector Conoide

El mismo se identificó como resultado de la depositación de sedimentos por el río Paganzo. El término se ajusta a lo que Suriano y Limarino (2009) denominan como depósitos resultantes del drenaje longitudinal de cursos fluviales a través de los valles intramontanos y que al alcanzar el valle del río forman prominentes conoides, en algunos casos asociados lateralmente a depósitos lagunares de endicamiento. El ambiente de conoide ha recibido el nombre de cono aluvial o cono de deyección (García Ruíz y otros, 2004; López y otros, 2003) y en algunos casos fueron también descriptos como abanicos aluviales. La pendiente es menor a la de los taludes y abanicos coluviales. En el caso de esta unidad su origen está relacionado con la pérdida relativamente rápida de pendiente y su llegada a la zona de bañados. Al igual que la unidad “bañados” debe considerarse especialmente en un análisis posterior de riesgos naturales.

3.3.4. Cerros Testigos

Asociada a la Formación de Los Llanos, de edad Mioceno Superior - Plioceno (areniscas, silcretos, pelitas, conglomerados, algunas tufitas y niveles de yeso) (Limarino y otros, 1999) que en este sector se encuentran en disposición horizontal y sobre la que se ha desarrollado procesos de erosión diferencial. A diferencia del sector occidental de la hoja en donde aparecen conformando anticlinales que dan origen a cuestras.

3.3.5. Planicie Fluvio- Eólica

Corresponden a bajadas aluviales actuales y subactuales junto a sedimentos arenosos y pelíticos (en algunos casos gravosas) depositados por los cursos fluviales

efímeros que surcan al área. La interacción entre los procesos fluviales efímeros y los eólicos, predominantes gran parte del año debido a la aridez característica de la región, dan lugar a geofomas complejas, fundamentalmente en zonas interfluviales. Estas, junto con la vegetación, originan las denominadas sombras de arena que pueden evolucionar progresivamente a *zibars* si los eventos fluviales efímeros no logran borrarlos.

3.3.6. Depósitos eólicos holocenos/pleistocenos

Se identifican en amplios sectores del mapa geomorfológico. Se trata de depósitos de arenas mantiformes, de topografía suavemente ondulada, en la que se desarrollan principalmente mesoformas eólicas estacionarias ancladas por la vegetación (mayormente *gozes* o *zibars* y sombras de arenas). En los sectores en los que ha alcanzado un desarrollo importante de la cubierta arenosa se generan pequeños barjanes y dunas transversales barjanoideas de orientación este-oeste.

Conclusiones

A partir de la elaboración del mapa geomorfológico de la zona de Chamental se puede determinar que las características geomorfológicas del área muestran un componente tectónico importante dentro del proceso morfogenético endógeno que dio lugar a la generación de sistemas serranos y valles. Principalmente en las unidades geomorfológicas Sierras Pampeanas y Famatina se encuentra representado en su morfología actual el resultado de la imposición de distintos eventos tectónicos (fases de deformación 1. Precámbrico-Cámbrico, 2. Ordovícico-Silúrico y 3. Terciario). En la región las deformaciones neotectónicas y los eventos sísmicos históricos dan muestra acerca de su continuidad como procesos morfogenéticos activos. En este contexto se considera importante continuar con los estudios que caractericen el peligro sísmico en la zona, como así también los eventos concatenados a los mismos.

Dentro de los procesos morfogenéticos actuales además del anteriormente mencionado se distinguieron aquellos regulados por el clima -fluviales y eólicos- y la gravedad. De acuerdo con las características climáticas de la zona son frecuentes las precipitaciones de intensidad que activan los torrentes que dan lugar a procesos erosivos (erosión laminar y en cárcavas) y agradacionales (depósitos pedemontanos, depósitos de llanura fluvial, río colector conoide, bañados, etc.). Por otra parte, los lechos de estos cursos de agua presentan gran disponibilidad de material – aportado por los procesos fluviales, gravitatorios y eólicos- que en los períodos de avenidas se incorporan como material en suspensión dando lugar a flujos hiperconcentrados. Asimismo, es importante destacar que la localidad de Chamental se encuentra emplazada en la zona aledaña al flanco oriental de la Sierra Los Llanos donde la dinámica de los abanicos que allí se ubican puede constituirse como un riesgo tanto para la urbanización como también para las rutas.

La elaboración y resultados del análisis del mapa geomorfológico ponen en evidencia su pertinencia como punto de partida para el reconocimiento de los

procesos cuya dinámica presenta un riesgo en el área. A partir del mapa geomorfológico se identificaron sectores con procesos morfogenéticos activos (fluvial, gravitatorio, sísmico) que podrían constituir una amenaza para distintas localidades de la región. Por consiguiente, se considera necesario realizar estudios a una escala de mayor detalle y con mediciones en campo de los distintos agentes y procesos que se desarrollan en el área para poder caracterizar de manera apropiada el riesgo de distintos procesos naturales existentes en la región.

Bibliografía

- ABRAHAM, E. (2000). Geomorfología de la provincia de Mendoza. En Abraham, E. y Rodríguez Martínez, F. (Eds.) *Publicación en Argentina de los resultados del Programa de Cooperación para la Investigación. Junta de Gobierno de Andalucía, España y Universidades y Centros de Investigación de la Región Andina Argentina*. Mendoza, Fundación CRICYT / CONICET. Recuperado de <http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap04.htm>
- ANDRADE, M. (2005). Inundaciones en la provincia de Buenos Aires. Factores naturales y antrópicos desde una teoría social del riesgo. La cuenca Parano-Platense. Período 1980-2000. En *Simposio Problemáticas Ambientales. Séptimo Encuentro Internacional Humboldt*. Villa de Merlo, Argentina, 8 pp.
- BERTRAND, G. (1978). Le paysage, entre la nature et la société. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49-2, 239-258.
- BILKRA L.H. y NEMEC, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: depositional process, facies and paleoclimatic record. *Sedimentology*, 45, 909-959.
- Colegio de Ingenieros del Perú (1998). *Informe del fenómeno El Niño 1997-1998*. Lima, Consejo Nacional, 110 pp.
- CASA A., YAMIN M., CEGARRA M., COPPOLECCHIA M. y COSTA C. (2010). Deformación cuaternaria asociada al frente de levantamiento oriental de Las Sierras de Velasco y Ambato, Sierras Pampeanas Occidentales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67 (4), 425 – 438.
- DEMEK, J. (1976). Geomorphological Mapping 1972-1976. Proceedings of the 11th Meeting IGU Commission of Geomorphological Survey and Mapping 23rd International Geographical Congress, Kiev. *Studia Geographica*, 55 pp.
- ERHART, E. (1967). *La génesis des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique*. Paris, Editorial Masson.
- GARCÍA RUÍZ, J.M., WHITE, S., MARTÍ-BONO, C., VALERO, B., ERREA, M.P. y GÓMEZ VILLAR, A. (2004). La avenida del barranco de Arás y los riesgos hidrogeológicos en el pirineo central español. En: Peña, J.L.; Longarres, L.A. & Sánchez, M. (Eds.) (pp. 131-140). *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico.

- FERNÁNDEZ CASO, M.; BERTONCELLO, R.; BLANCO, J.; CICCOLELA, P. y NATENZON, C. (2007). *Geografías y territorios en transformación. Nuevos temas para pensar la enseñanza*. INDE – NovEduc Coeditores. Buenos Aires, Argentina, 112 pp.
- GONZÁLEZ, S.; BARRENECHEA, J.; GENTILE, E y NATENZON, C. (1998). Riesgos en Buenos Aires. Caracterización preliminar. PIRNA-Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente, Instituto de Geografía, FFyL., UBA. En Seminario de Investigación Urbana El Nuevo Milenio y lo Urbano. Buenos Aires, 52 pp.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. (1950). Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 5 (3), 81-110.
- GUSTAVSSON, M. (2005). *Development of a detailed geomorphological mapping system and GIS geodatabase in Sweden*. Tesis doctoral. Recuperada de <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:169150/FULLTEXT01.pdf>
- HERRERO MATÍAS, M. (1988). Método de trabajo para la formación y diseño de mapas geomorfológicos. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 8, 26-40.
- LIMARINO O.; POMA, S. y MIRÓ, R. (1999). *Hoja Geológica Chamental 3166 – I. Provincias de La Rioja, San Luis y San Juan*. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Programa Nacional de Cartas Geológicas 1:250.000 Convenio SEGEMAR.
- LÓPEZ, J.L., PEREZ, D. y GARCÍA, R. (2003). Hydrologic and geomorphologic evaluation of the 1999 debrisflow event in Venezuela. En: Rickenmann, D & Chen, C. (Eds.) (pp. 989-1000). *Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment: Proceedings of the Third International Conference*. Millpress Science Publishers.
- NATENZON, C. (1995). Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. Buenos Aires. FLACSO. *Serie Documentos e Informes de Investigación*, 197, 22 pp.
- MASSABIÉ, A., LIMARINO, C. y PAGE, S. (1998). Estructura y actividad geotectónica en los Llanos de La Rioja, Sierras Pampeanas Noroccidentales, Argentina. *10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica.*, 2, 11-16.
- PEÑA MONNÉ, J.L. (1997). *Cartografía geomorfológica básica y aplicada*. Logroño, Geoforma Ediciones. 227 pp.
- PEÑA MONNÉ, J.L., PELLICER CORELLANO, F., ASUNCIÓN, J.A., CHUECA Cía., J., ECHEVERRÍA ARRENDÓ, M.T., LOZANO TENA, M.V. y SÁNCHEZ FABRE, M. (2002). *Mapa Geomorfológico de Aragón. Zaragoza*. Consejo de protección de la Naturaleza, 54 pp.
- PERUCCA, L., y NAVARRO, C. (2005). El Terremoto de Jagüé, Departamento Vinchina, Provincia de La Rioja. En Cabaleri N., Cingolani , C.A., Linares, E., López de Luchi, M.G., Ostera , H.A . y Panarello, H.O. (Eds.) *Actas del XV Congreso Geológico Argentino CD-ROM, Artículo 337*.
- PERUCCA L. y BASTIAS H. (2006). Regiones Sismotectónicas en el centro-oeste argentino. Provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza. *Serie Correlación Geológica*, 21, 209-222. Recuperado de <http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg-21-2-05.pdf>

- ROSA, H. (2000). El Clima en La Rioja. En Abraham, E. y Rodríguez Martínez, F. (Eds.), *Publicación en Argentina de los resultados del Programa de Cooperación para la Investigación. Junta de Gobierno de Andalucía, España y Universidades y Centros de Investigación de la Región Andina Argentina*. Mendoza, Fundación CRICYT / CONICET. <http://www.cricyt.n°edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap16.htm#inhalt>
- SCHUSTER R.L., (1996). The 25 most catastrophic landslides of the 20th century. *Proceedings of the 8th International Conference and Field Trip on landslides*. Granada España, 53-62.
- SERRAT, D. (1976). *Leyenda para el Mapa Geomorfológico de Francia a 1:50.000*. Traducción y adaptación de la obra de Tricart, 1971. Barcelona, Instituto Jaime Almera de Investigaciones Geológicas, CSIC.
- Servicio Meteorológico Nacional (2001). Estadísticas Climatológicas. *Serie de datos 1961-2000*.
- SUÁREZ J. (2009). *Deslizamientos. Análisis geotécnico Vol. 1*. U. Santander, Unión Industrial de Santander, 588 pp.
- SURIANO, J. y LIMARINO C. (2009): “Sedimentación pedemontana en las nacientes del río Pampa de Guailán, Precordillera de San Juan”. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65 (3), 516 – 532.
- TRICART, J. (1965) *Principes et méihodes de la Géomorphologie*. París, Editorial Masson, 496 pp.