

# ANÁLISIS DEL PELIGRO HISTÓRICO DE INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE CHOS MALAL, PROVINCIA DE NEUQUÉN: CAUSAS Y LINEAMIENTOS TERRITORIALES

Aixa I. RODRÍGUEZ<sup>1,2</sup> y Graciela M. SUVIRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONICET: CIGEOBIO. Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Instituto de Geología: Gabinete de Geología Ambiental.

<sup>2</sup> CONICET y Universidad Nacional de San Juan. Instituto Geofísico y Sismológico Volponi. San Juan. Email: aixabosco@hotmail.com

## RESUMEN

La ciudad de Chos Malal está ubicada al norte de la provincia de Neuquén (Argentina). Fundada en 1885, fue la primera capital de la provincia. Se encuentra rodeada por los ríos Neuquén y Curí Leuvú. Desde sus orígenes la ciudad ha sido afectada por inundaciones y en los últimos años se han contabilizado numerosas pérdidas materiales y humanas. Las inundaciones se producen en diferentes estaciones, provocando efectos no deseados que afectan la calidad de vida de los habitantes. El análisis geomorfológico proveniente de la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y de trabajos de campo, el análisis hidrometeorológico y la compilación de registros históricos de las inundaciones y zonas afectadas, permitieron obtener como resultado principal una carta de peligrosidad por inundación. Se concluyen como causas de las inundaciones a las características hidrometeorológicas de las cuencas y a las características de unidades geomorfológicas. Se proveen algunos lineamientos principales para su utilización en estrategias de ordenamiento territorial.

**Palabras clave:** *Peligrosidad, Geomorfología, Inundaciones, Gestión territorial*

## ABSTRACT

*Analysis of flood hazard records of Chos Malal area, Neuquén province: causes and territory management guidelines*

Chos Malal city is located in the north of Neuquén province (Argentina). It was founded in 1885, as the first capital of Neuquén province. The city is surrounded by Neuquén and Curi Leuvú rivers and it has been affected by floods since its origins. In recent years material and human losses have increased. In the study area, floods occur in different seasons, causing frequent disasters that diminish the quality of life for residents. The geomorphologic analysis obtained from satellite images, aerial photographs interpretation and field work, the hydrometeorological analysis, historical and social records, they allowed to obtain a hazard map. It was concluded as causes of flooding are the hydrometeorological characteristics of the basin and the geomorphologic characteristics. In addition, some guidelines regarding land use planning are provided in this work.

**Keywords:** *Hazards, Floods, Geomorphology, Land use management*

## INTRODUCCIÓN

Numerosas regiones de la Argentina han sido afectadas por distintos tipos de desastres a lo largo de la historia, siendo los más predominantes, por su daño y frecuencia, aquellos vinculados a causas de origen hidrometeorológico como son las inundaciones (Celis *et al.* 2008). Los peligros por inundaciones están asociados a un aumento en la frecuencia de eventos climáticos. Los modelos de desarrollo que no contemplan la dinámica del medio natural derivan en un crecimiento no planificado de los asentamientos humanos, ocupación de áreas de elevado riesgo y ausencia de controles en el uso del suelo.

La peligrosidad es un fenómeno natural

cuya dinámica puede desbordar los umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización pudiendo ocasionar daños a personas y a sus bienes (Ayala Carcedo *et al.* 1988, Mardones y Vidal 2001). Según Islam *et al.* (2013) el peligro es un evento físico potencialmente dañino, fenómeno o actividad humana, que podría causar la pérdida de vidas o heridos, daños a propiedades, interrupción social y económica o degradación del medio ambiente. En el presente estudio se efectúa un análisis geomorfológico del área de la ciudad de Chos Malal, provincia del Neuquén, orientado a la evaluación de la peligrosidad por inundación. En la región las inundaciones se producen en las diferentes estaciones del año, provocando gran

cantidad de problemáticas que disminuyen la calidad de vida de los habitantes, tales como la afectación grave de viviendas y producción agrícola ganadera, contaminación provocada por pozos sépticos domiciliarios inundados, anegamientos, enfermedades, ausencia de agua potable y de alimentos durante varios días, hasta el caso extremo de pérdidas humanas. Se aportan nuevos datos provenientes de la interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales y trabajos de campo; así como de la interpretación resultante de la compilación y procesamiento de los registros históricos de los caudales de los ríos Curí Leuvú y Neuquén, de datos de precipitaciones, registros de inundaciones y de daños. Como resultado principal del trabajo



**Figura 1:** Mapa de ubicación del área de estudio: Imagen de la ciudad y localización de los ríos Neuquén y Curi Leuvú.

se genera una carta con distintos grados de peligro a las inundaciones en las márgenes de los ríos Neuquén y Curi Leuvú, con la finalidad de proveer un documento geo-científico y principales lineamientos para su utilización en planes de ordenamiento territorial.

## MARCO GEOLÓGICO, LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y CONTEXTO SOCIO-CULTURAL

La ciudad de Chos Malal está ubicada en el departamento del mismo nombre, al norte de la provincia de Neuquén (Argentina), a los 37° 23' S y 70° 16' O, a 807 m.s.n.m. (Fig. 1) se localiza dentro de la región denominada Engolfamiento Neuquino (Braccini 1970) comprendiendo la región Extra-andina del Neuquén, en el ámbito de la faja plegada y corrida de Chos Malal, al norte del río Neuquén.

Las unidades geológicas dominantes están representadas por la Formación Mulichinco (Weaver 1931), distribuida en los núcleos de los anticlinales (Cervera *et al.* 2009) e integrada por pelitas y pelitas calcáreas, la Formación Agrío con su Miembro Avilé compuesto por areniscas fluviales grises amarillentas y el Miembro Agua de Mula (Leanza *et al.* 2001) con 600 m de pelitas oscuras. El Grupo Bajada del Agrío (Mendez *et al.* 1995) en las estructuras sinclinales, comienza con la Formación Huitrín de areniscas eólicas, fluviales y depósitos evaporíticos, sobre los que

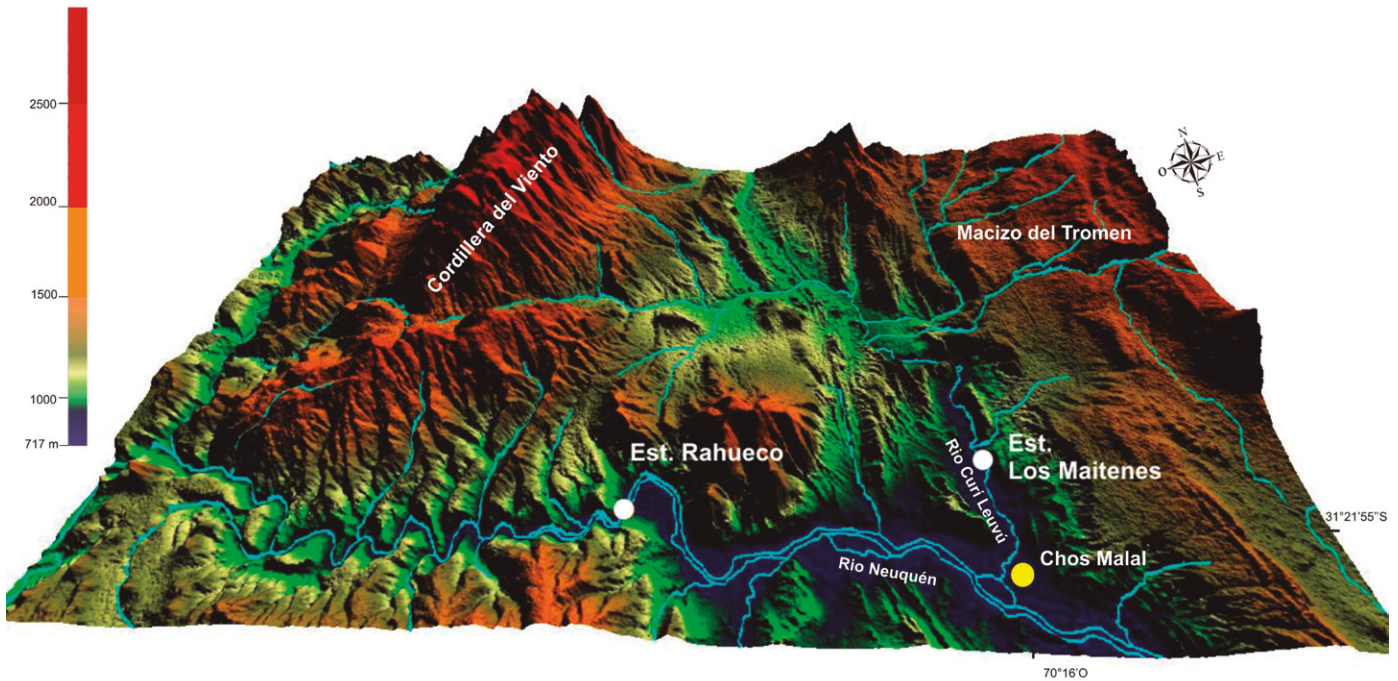
yacen calizas dolomíticas y arcilitas yesíferas. En contacto abrupto afloran sedimentitas fluviales del Miembro Rincón de la Formación Rayoso (Herrero Ducloux 1946). Sobreyacen a éste último sedimentitas neógenas de la Formación Chos Malal (Cervera *et al.* 2009) cubiertas por sedimentitas epi-piroclásticas de la Formación Rincón Bayo (Leanza *et al.* 2001). Siguen los depósitos de la Formación Pampa Encima del Plioceno-Pleistoceno basaltos pleistocenos, depósitos de terrazas del río Neuquén y depósitos coluvioaluviales recientes (Cervera *et al.* 2009).

En la elaboración del relieve de la provincia intervinieron variados procesos exógenos y endógenos a lo largo del tiempo. Los procesos fluviales dominan en los valles y en los relieves estructurales plegados en las áreas montañosas de la cordillera neuquina. También son muy frecuentes los relieves volcánicos y los erosivos invertidos en estructuras plegadas. (González Díaz *et al.* 2011).

El régimen de precipitaciones es mediterráneo, con mayores precipitaciones en invierno que en verano. La precipitación media anual es superior a 200 mm (Secretaría de Minería de la Nación 2011). Las lluvias tienen lugar principalmente en otoño (meses de abril, mayo y junio) y en invierno (julio, agosto y septiembre). En primavera y verano son bastante inferiores provocadas sólo por ocasionales frentes polares. La intensidad de vientos pueden superar los 5 m/s (Roca y Mendía 2008). Los vientos son moderados a in-

tensos con dirección del NO-N y O. Los vientos muy intensos son de alta frecuencia, dominantes en un 60% del tiempo. La temperatura media anual es entre 10° C y 15° C. Entre diciembre y enero, las medias alcanzan los 20° C y en junio-agosto, con temperatura media de 6° C. La máxima y mínima absoluta es entre 40° C y -13,9° (Secretaría de Minería de la Nación 2011). Antes de la fundación de Chos Malal, el área de confluencia del río Curi Leuvú con el Neuquén era una planicie poblada de toldos de Pehuenches y áreas bien delineadas de trigo según fuentes militares. El Fuerte IV División, en Chos Malal, fue el primer asentamiento defensivo en el noroeste neuquino, sitio estratégico que luego fue elegido como primera capital estable del nuevo territorio nacional de Neuquén, en 1887, por el Coronel Olascoaga, instalándose en ese territorio para reorientar la dinámica a favor de Argentina (Manara 2013).

La ciudad cuenta con 13.123 habitantes y 4.600 hogares, con crecimiento demográfico de 15% (Censos 2001-2010). Tiene un hospital de mediana complejidad, categoría IV. La zona conserva características de ruralidad. Se cuenta con servicios de luz, agua y gas. El agua se extrae del río Curi Leuvú y luego de un proceso de potabilización se distribuye para consumo humano. El caudal de este río recibe crecidas de lluvias y aluviones, provocando gran turbidez e impidiendo una correcta potabilización. Esta situación varía a lo largo del año afectando prin-



**Figura 2:** Modelo digital de elevación del territorio que comprenden las cuencas de los ríos Neuquén y Curí Leuvú. La ciudad de Chos Malal se erige en el sector de confluencia de ambos ríos. Éstos drenan una amplia superficie imbrífera, alimentada en sus nacientes y a lo largo del recorrido por precipitaciones. Se ubican las estaciones de monitoreo Rahueco y Los Maitenes.

principalmente la calidad del agua para consumo. Existe una cobertura parcial del servicio de red cloacal y una planta de tratamiento para los efluentes cloacales.

Por otra parte, hasta el año 1998, la extracción de áridos (arenas, gravas y canto rodado) de la planicie de inundación de los ríos, era una actividad menor, pero en el lapso 1999-2001 aumentó pasando de 30 tn a 3840 tn. En el 2003 hubo una caída de la actividad y se recupera en el año 2005 con 4996 tn, acciones que continuaron en aumento hasta el año 2011 sin normativas, según indica la Dirección Provincial de Estadísticas y Censos del Neuquén (2010).

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CUENCAS

### Río Curí Leuvú

El caudal medio anual del río Curí Leuvú (periodo 1989-2004) es de  $17,38 \text{ m}^3/\text{s}$  (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación 2014). Del flanco oriental de la Cordillera del Viento corren, formando una red de drenaje casi paralela (Fig. 2), arroyos que llevan sus aguas al Curí Leuvú, colector que confluye en río Neuquén

a la altura de Chos Malal. El caudal de los arroyos proviene de vegas y deshielos de campos de nieve. Este río además recibe las aguas de arroyos que provienen de las laderas de volcanes, que al llegar a la zona de anticlinales y sinclinales, son controlados hacia el sur, paralelamente a los ejes de las estructuras plegadas, debido a la presencia de capas resistentes, el yeso de la Formación Huitrín o bien a coladas basálticas. A causa de la inversión del relieve los ríos corren por las charnelas de los anticlinales (Colombino y Luengo 2011).

### Río Neuquén

El río Neuquén en proximidades a la localidad de Chos Malal alcanza un caudal medio anual de  $247 \text{ m}^3/\text{seg}$  (Valicenti AIC 2001). Este río (del araucano Ñedquen, rápido, correntoso, audaz), nace en los flancos orientales de la Cordillera de los Andes entre los paralelos  $36^\circ - 39^\circ \text{ S}$ , y drena una cuenca de  $39.242 \text{ km}^2$ . Su cuenca activa es de aproximadamente  $19000 \text{ km}^2$  y alrededor de  $20000 \text{ km}^2$  son subcuencas proveedoras de caudales no permanentes o áreas sin aporte. Su curso mide aproximadamente  $510 \text{ km}$  de largo con una pendiente media de  $4,22 \text{ m}/\text{km}$ . Su régimen

es torrencial con crecidas violentas, de rasgo pluvio-nival, se caracteriza por poseer doble onda de crecida anual: en época invernal, principalmente en el período mayo - agosto, época en que se produce el 70 al 80 % del total de precipitaciones en la cuenca. Por su distribución areal, una parte importante de estas precipitaciones, bajo forma de nieve, se acumula en la parte alta de la cuenca. La porción que precipita bajo forma de lluvia de la onda invernal se caracteriza por poseer un pico de gran magnitud con relación al volumen escurrido. La segunda onda de crecida, habitual hacia fines de la primavera (noviembre - diciembre), se origina principalmente por la fusión de la nieve. Se caracteriza por resultar más moderada que la invernal. En promedio, el aporte medio entre octubre y marzo es 54 % del derrame medio anual. Los estiajes son habituales hacia fines del verano y comienzo del otoño (Valicenti AIC 2001).

## METODOLOGÍA

Los resultados obtenidos se lograron luego de aplicar la metodología expresada en la figura 3.



Figura 3: Metodología de trabajo.

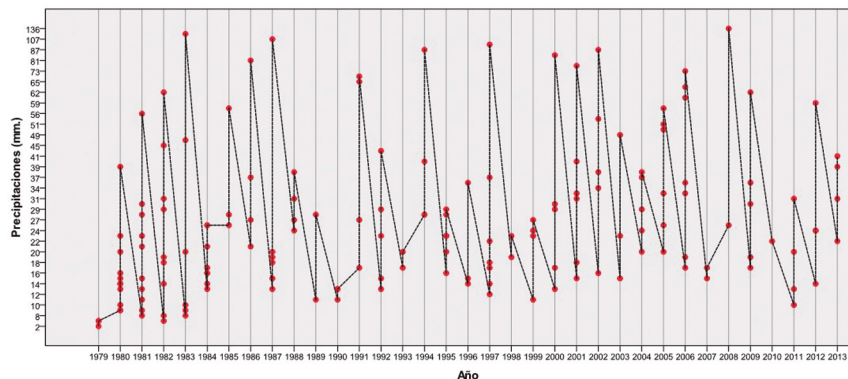


Figura 4: Registro de valor máximo de precipitaciones anuales (en mm), para la ciudad de Chos Malal (periodo 1979 - 2014). Los círculos indican el valor de cada precipitación máxima en ese año.

*Detalle de las actividades mencionadas:* la búsqueda de datos sobre las inundaciones sufridas en la región y los desastres por ellas provocados como pérdidas de vida, infraestructuras y otros, corresponden a los años 1894 y 1923 y entre 2000 y 2014. Para ello se analizaron los periódicos de los diarios provinciales Neuquén (1894-1923), diarios Río Negro (2000-2014) y los archivos del territorio del Neuquén, Chos Malal, Quintas y Chacras (años 1920-1921) aportados por la historiadora Cecilia Arias (2010). Con la sistematización de estos datos se construyeron los Cuadros 1 y 2, conteniendo las fechas de las inundaciones, las comunicaciones o relatos históricos y de los pobladores, las causas, los daños socioeconómicos y las pérdidas de vida registradas. De la base de datos hidrológica integrada del Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH) de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina, se extrajeron los registros de precipitaciones (1978-2014, Estación Chos Malal), las alturas de los ríos Curí Leuvú (años 1973-2013, Estación Los Maitenes) y Neuquén (años 1955-2014, Estación Rahueco) y los cau-

dales máximos extraordinarios de los ríos Curí Leuvú (años 1988-2004) y Neuquén (años 1983-2007). Estos fueron ordenados en una base de datos SPSS.17 para su tratamiento estadístico, proporcionando las figuras 4, 5, 6 y 7. Los resultados expresados en las figuras citadas permiten visualizar la compleja dinámica de ambos ríos así como la alta frecuencia de precipitaciones en el mismo mes y año. Las lluvias se producen en más de cinco eventos pluviales intensos y discontinuos durante el mismo mes (años 1981, 1982, 1983, 2006, y 2007). El análisis geomorfológico semidetallado se realizó utilizando fotografías aéreas pancromáticas, escala 1:50.000 del año 1973. Las unidades geomorfológicas fueron clasificadas en unidades morfogenéticas y morfodinámicas, categorizadas en el cuadro 3 y en las figuras 8 y 9. Se siguió como criterio general la clasificación de Gonzales Díaz (2011), pero se realizó luego una categorización teniendo en cuenta su relación fluvial o no fluvial, considerando que se trata de la principal unidad geomorfológica analizada. Los apoyos de campo fueron dirigidos hacia las distintas unidades geo-

morfológicas, especialmente en cercanías a las fuentes de peligro. Sobre la base de antecedentes geológicos de Zollner y Amos (1973), Groeber (1946), Cervera y Leanza (2009), carta geológica 3769 III de Chos Malal (SIG 250 del IGN) escala 1:350.000, Rodríguez *et al.* (2014), González Díaz y Di Tommaso (2011), se procedió al encuadre geológico regional. Las imágenes satelitales utilizadas correspondieron a Landsat 5 de CONAE 2006. Finalmente, se confeccionó una carta síntesis de peligrosidad por inundación para la ciudad de Chos Malal (Fig. 10). Se complementa con un modelo digital de terreno del Japan Space Systems (2011).

## RESULTADOS

### Registros históricos de desastres por inundaciones

Los distintos desastres ocurridos en la ciudad de Chos Malal y alrededores han quedado registrados a lo largo de la historia y en el recuerdo de los habitantes. Los cuadros 1 (1894-1923) y 2 (2000-2014) muestran la sucesión de inundaciones de los ríos Curí Leuvú y Neuquén desde fines del siglo pasado al presente. La alta frecuencia con que se producen las inundaciones amplifica los daños en las estructuras y en la población, situación que no permite la recuperación del sistema físico-social ante la proximidad de otro evento. Se registran multi-episodios de inundaciones en un mismo mes, particularmente en los correspondientes a las estaciones de otoño e invierno (Cuadros 1 y 2).

### Registros y análisis de precipitaciones

Los registros de las precipitaciones anuales en el lapso 1978 y 2014, estación Chos Malal, fueron analizados estadísticamente, obteniendo la figura 4, en la cual se aprecia la distribución anual de las precipitaciones de la región entre estos años. En el año 2008, se produjeron dos precipitaciones, una de ellas alcanzó el máximo valor en 36 años de 136,5 mm. Mientras que la mínima precipitación, para el intervalo de tiempo de estudio, se registró en 1979, con menos de 10 mm. Siendo la precipitación media anual para la re-

**CUADRO 1:** Registros de inundaciones en la ciudad de Chos Malal, de los ríos Curi Leuvú y Neuquén, (1894-1923).

Fecha	Título	Factor condicionante	Impactos	Sectores afectados
19 de Octubre de 1894	Creciente de los ríos. "... las fuertes lluvias de la semana anterior (...) han hecho salir de su curso normal a los ríos. El Neuquén ya no da vado. Aunque comienza a bajar, como es la época de las crecientes, pasarán algunos días para que vuelva a tener vado el correntoso Neuquén"...	Lluvias	Creciente e Inundación	
1894	..."uno más que se ahoga. Se está haciendo necesario consagremos una sección especial para los que, arrebatados por las terribles corrientes del Neuquén, pasan al infinito siempre por la misma causa: la falta de puentes"... .." aunque tenemos la famosa balsa metálica, dos veces inaugurada (...) está visto que las balsas para el Neuquén, son un juguete de las aguas, que traduciendo el aborigene nombre que llevan significa, correntoso.(...) ¿cuándo tendremos puentes que eviten tantas desgracias y nos saquen de las frecuentes incomunicaciones que sufrimos con el resto del territorio?"...		Inundación 1 víctima fatal	
9 de Febrero de 1895	"(...) el río es el terror de los habitantes, y no hay duda que a él debemos en gran parte que nuestros vecinos nos visiten tan a lo lejos.	Creciente	Inundación	
10 de Agosto de 1895	Vendavales y Diluvios. ..."el Neuquén a triplicado su caudal alcanzando un ancho de unos 600 metros y el curí Leuvú que en estado normal abarca de 60 a 70 metros, hoy es de 120-130. Ha llegado hasta rozar la quinta de Olascoaga al pie del cerrito, desmoronando parte de la pared"...	Vientos y lluvias intensos	Inundación Afectó quintas	Zona de chacras Zona de El Torreón
20 de Agosto de 1895	..."Incomunicados, nieves, crecientes y ahogados".	lluvias intensas	6 víctimas por la creciente, destrucción de la Balsa sobre el río Neuquén Inundaciones	
15 de Diciembre de 1895	Lancha para el Neuquén. ..." el Señor Clodomiro Pino se ha presentado a la gobernación , ofreciendo construir una lancha piso plano para el vado del río Neuquén, frente a esta capital.			
1 de Marzo de 1896	Inundación..." Nos escribe un vecino y dice que en los últimos días se han producido lluvias torrenciales que han ocasionado una inundación, causando perjuicios.	Lluvias torrenciales		Quintas y chacras afectadas
Jueves 9 de Julio de 1896	El sacerdote Francisco Agosta, otra víctima del Neuquén.		1 víctima	
Domingo 16 de Agosto de 1896	"El impetuoso Neuquén ha estado por agregar una víctima más a las muchas que sepulta en su lecho"...		1 víctima del Río Neuquén	
Domingo 11 de Octubre de 1896	..."La capital estaba separada de una gran parte del territorio por el obstáculo temible del torrentoso Neuquén. Gran noticia es entonces para toda esa población y para nosotros, la feliz colocación de la balsa"...			
1899	31 de diciembre	Aluviones	Impidió inaugurar la primer línea de ferrocarril a Neuquén	
1914		Nevadas deshielos Lluvias torrenciales Aluviòn	Inundación Colapso de la laguna Carri Lauquen	
28 de Enero de 1921	..."Parte del territorio de las quintas 1,3 y 4 ensanche de la 1 ha sido arrastrado por el río Curí-Leuvú, internándose en ellas"... dueño: Antonio Etchegoy. La quinta 3 desapareció totalmente por el avance del río Curí-Leuvú. Solo queda un pequeño triángulo sin mejora.	Lluvias y deshielos	Erosión Inundación	
1921	La quinta era de Don Evaristo Hidalgo y sufría inundaciones, está frente a la calle general Villegas. También sobre esta calle tienen quintas Gumersindo Álvarez y Andrés Etcheverry.			
Mayo de 1923	..." Chacra Nº 23 expediente 686. De Gumersindo Álvarez. Vive Juan Alarcón. Parte de esta superficie de esta chacra está ocupada actualmente por el lecho del río Curí-Leuvú".			

gión algo superior a los 200 mm. En los años 1983 y 1987, el número de lluvias fue cuatro a cinco veces mayor que este valor. La comparación de estos registros con los

históricos de desastres por inundaciones, permite postular la existencia de relaciones directas entre ellos.

**Registro de caudales y alturas**

El caudal medio anual del río Curí Leuvú (período 1989-2004) es de 17,38 m³/s (Subsecretaría de Recursos Hídricos de

**CUADRO 2:** Registro de Inundaciones, factores condicionantes, impactos y sectores afectados período (2000-2014).

Fecha	Título	Factor condicionante	Impactos	Sectores afectados
Sábado 3/06/2000	Temporal devastó Chos Malal y alarmó a todo el valle. Hay 150 familias evacuadas en todo el norte neuquino.	Temporal. Alerta meteorológica. Ráfagas de más de 150km/h	Corte de servicios. Rotura de la línea de alta tensión, caída de árboles, voladura de techos de 50 viviendas, vuelco de vehículos, roturas de parabrisas, paredones caídos.	Barrios en zonas de mayor altura: Plan Rivas, Parque La Hoya, Cordillera del Viento, Uriburu, Alta Barda. Se declaró estado de emergencia
Miércoles 14/06/2000	La lluvia ya desborda las defensas en Chos Malal. Varias Localidades quedaron incomunicadas (80mm).	Vientos, nevadas Lluvias	Anegamiento e Inundación. Aluviones (cerros de Chos Malal).60 evacuados, sin agua potable por la turbidez del agua que abastece a la planta potabilizadora, cloacas colapsadas, Suspensión de clases, rotura del terraplén del puente del Río Curi Leuvú, agua y barro en las viviendas, calles anegadas.	Barrios Mudón, las Flores. Calles: Julio Sosa, Lamadrid Avenida Centenario
Domingo 25/12/2000	Lluvias y efluentes castigan a Las Flores.	Lluvias	Inundación. Derrame de líquidos cloacales, anegamiento de calles e impacto sobre ellas con pozos, barro y zanjones. Rotura del terraplén del segundo puente del río Curi Leuvú.	Barrio Las Flores Calle Tisera (entre Av. Las Flores y La Plata)
Martes 29/05/2001	Evacuados y aislados por el temporal en el norte neuquino. 50 mm en pocas horas.	Lluvias	Anegamientos Inundaciones por el río Neuquén y Curi Leuvú. Aluviones. Evacuados, rutas intransitables, corte de rutas 43 y 21. Terraplenes de puentes del Curi Leuvú socavados. Aislamiento del norte neuquino, pérdida de una máquina retroexcavadora del río Neuquén (de la extracción de áridos).	Departamento Minas Norte neuquino, Chos Malal, El Huecú Anegamiento de calle Urquiza y General Justo
Jueves 7/06/2001	Evalúan daños por las crecientes en el norte neuquino. 100 mm en pocas horas.		Inundaciones. Embarque del canal Norte abastecedor de agua, terraplenes, alcantarillas y viviendas afectadas.	Canal Norte
Jueves 28/02/2002	Trastornos por viento y lluvia en Chos Malal, las chacras en producción sufrieron grandes daños, ya que los trabajos que se habían efectuado resultaron arrastrados por las aguas, a raíz de la falta de obras de defensa que desde hace años vienen siendo reclamadas por quienes viven en ese sector. 40 mm a pocas horas.	Lluvia Torrencial, vientos intensos	Anegamientos y aluviones. 15 familias afectadas, terraplén del segundo puente del río Curi Leuvú socavado. Rutas afectadas por barro y calles por lodo y escombros.	Barrio Uriburu Calles: Justo con intersección Lavalle, Roca y Belgrano y Urquiza
Domingo 24/03/2002	Acusan desvío del cauce del río Curi Leuvú.	Acción antrópica	Pileta de natación de 700m, construida en el río Curi Leuvú. Desvía el cauce a la margen derecha, movimientos de suelo.	
Jueves 6/06/2002	El norte Neuquino suma problemas por el temporal.	Lluvias y nieve	Cortes de luz, evacuados.	
Jueves 2/05/2002	Los ríos erosionan tierras productivas.		Inundación, erosión: margen derecha del Curi Leuvú, margen izquierda del río Neuquén. Erosión aguas arriba del segundo puente del río Curi Leuvú.	Sector chacras
Domingo 25/08/2002	Evacuados y anegamientos por Lluvias en Chos Malal. 70 mm en 24 hs.	Lluvias intensas	Inundaciones y anegamientos. Terraplenes del río Curi Leuvú socavados, calles anegadas, evacuados en la zona de chacras.	Chacras márgenes ríos Neuquén y Curi Leuvú
Miércoles 26/08/2002	Desborde de ríos afectó chacras en el norte neuquino. El temporal afectó las cloacas de Chos Malal. 90mm en menos de 36 hs.	Temporal de lluvia	Inundaciones, contaminación por líquidos cloacales. Pequeños productores afectados, frutihortícolas, corte de suministro de agua, problemas en las piletas de oxidación, generando derrames cloacales. Rutas afectadas N°54 y N°39 (barro y baches).	Zona de extracción de áridos, Chacras de Chos Malal
Domingo 29/06/2003	Producción en riesgo por el río crecido en Chos Malal (a principios del año se desvió el río: 300 metros del canal).		Inundación: el río Curi Leuvú desmoronó un tramo del canal de riego los Maitenes, provee de agua al 50% de los productores de Chos Malal.	Canal Los Maitenes zona de Chacras
Martes 28/06/2005	El temporal dejó sin luz ni agua al norte neuquino.	Vientos intensos (ráfagas de 140 km/hora)	Corte de energía, sin actividad escolar, árboles caídos.	
Jueves 30/06/2005	Caos en rutas y servicios por el temporal en el norte neuquino (50 y 70 cm de nieve).	Nevadas y lluvias	Rutas intransitables: N°40 y 43, zona norte Incomunicada, Interrupción de los servicios básicos y de actividad escolar, caída de árboles, techos desplomados.	Norte neuquino
Domingo 3/07/2005	Las Lluvias las que complican al norte neuquino.	Nevadas	Inundación: evacuados. Calles anegadas por el derretimiento de la nieve, derrumbe de edificios añejos y árboles, cortes de luz. La crecida del río Curi Leuvú arrasó con los postes de alumbrado, calles intransitables por barro, veredas afectadas, pérdidas de techos, vidrios y mamposterías en viviendas precarias. Puentes afectados.	Tricao Malal, Taquimilán Chos Malal: Calles Justo y General Paz

**CUADRO 2:** Continuación

Fecha	Título	Factor condicionante	Impactos	Sectores afectados
Lunes 4/07/2005	Preocupan las consecuencias del temporal.	Temporal, Nieve y lluvia	Contaminación ambiental: derrumbes de instalaciones, saturación de pozos absorbentes, cortes en suministro de energía. Sin servicio de recolección de residuos, calles de tierras afectadas, suspensión de clases.	
Jueves 8/06/2006	La lluvia aisló a Huingancó y cortó rutas en el norte neuquino. 40 mm en unas horas.	Temporal de lluvia y nieve	Aluvión, inundación. Cedió una defensa aluvional, viviendas, rutas afectadas, familias evacuadas. Suspensión de clases.	Barrio Uriburu. Calles Justo, General Paz y 25 de Mayo
Martes 20/06/2006	Chos Malal: tras las lluvias reparan el canal norte.	Lluvias	Inundaciones. Aluviones hacia el río Curi-Leuvú. Canal norte afectado por sedimentos aluvionales: 5 metros de lodo (abastecedor de agua a la planta potabilizadora). Corte del servicio.	
Sábado 15/07/2006	Apruan restitución de la comunicación con la zona norte. Colocación de un Puente Bailey.	Lluvias torrenciales	Inundación. La crecida histórica del Neuquén se produjo el 10 y 11 de julio. Daños en el puente del río Neuquén, daños graves en el segundo puente del río Curi Leuvú (fuera de servicio), rutas cortadas. Evacuados y pérdidas totales, casas inundadas, pozos ciegos colapsados.	Aislamiento de todo el norte de Neuquén
Jueves 27/07/2006	Terminan de emplazar el puente Bailey sobre el río Curi Leuvú.		Inundación	
Lunes 28/08/2006	Productores de Chos Malal aún esperan ayuda.		Inundación, crecida de los ríos Curi Leuvú y Neuquén Productores frutihortícolas afectados.	Afectadas gravemente zona de chacras
Martes 20/05/2008	Alerta Máxima Millonarias pérdidas por la crecida en el norte neuquino	Lluvias intensas	Inundación 5 días de aislamiento de la región por el cierre de rutas de acceso: escasez de combustible, gas envasado y víveres. Corte de servicios de luz y agua. Daños en rutas y puentes, derrumbe de una columna de la línea de 13,2KV entre ambos puentes del río Curi Leuvú.	Toda la zona norte neuquino Chacras de la margen derecha del río Curi Leuvú y chacras en las costas del Neuquén
Lunes 25/08/2008	Hay localidades en el norte neuquino sin electricidad ni agua potable.			
Viernes 23/05/2008	(130 mm en dos días) (En el 2007 llovieron 170 mm en todo el año).			
Jueves 22/05/2008	Diez mil personas aisladas en el norte neuquino (En tres días 120 mm.) Se declaró emergencia climática. Vientos con ráfagas de 120 a 150 kilómetros por hora.	Lluvias intensas, y fuertes vientos	Inundación, Aluviones Una persona desaparecida. Corte de ruta 43, puentes en riesgo, suspensión de las clases, evacuados. Corte del suministro de agua por turbidez. Voladura de techos, caída de árboles, ramas y postes de tendido eléctrico, vuelco de un camión y un utilitario.	Aumento del caudal del río Neuquén, afectado la zona norte de Neuquén y centro
Lunes 02/06/2008	Todo el norte reclama un nuevo puente sobre el río Curi Leuvú. Productores reclaman reparación de canales (Lluvias de mayo alcanzaron 160mm.). Invertirán en obras de defensa de los ríos Neuquén Y Curi Leuvú. Piden defensas ribereñas en el norte neuquino (tras la crecida ocurrida en el mes de mayo).	lluvias torrenciales	Inundación, erosión de tierras productivas Daños en canales de riego: Los Maitenes y Norte. Desaparecen 300 m. del canal Los Maitenes, otra parte fue colmatada por sedimentos. El mismo riega aprox. 200 ha. Y el canal Norte abastece de agua potable a la planta potabilizadora. Pérdida de producción. Zona de emergencia económica, sanitaria y social en el norte neuquino.	
Domingo 08/06/2008				
Martes 26/08/2008				
Miércoles 18/06/2008				
Domingo 14/02/2010	Defensas en los ríos Curi Leuvú y Neuquén.		Obras de defensa.	
Domingo 16/05/2010	Realizan obras de dragado en el río Curi Leuvú.		Obras para encauzar el curso de agua.	
Domingo 20/05/2012			Inundaciones. Crecida del río Curi Leuvú Corte del suministro de agua potable.	

Se observa en el Cuadro 2 que los sectores afectados continúan siendo los mismos que los indicados en el Cuadro 1, pero las obras allí instaladas poseen mayor valor y uso, tales como los puentes de acceso, rutas pavimentadas, postes de tendidos eléctricos y planta potabilizadora de agua. Razón por la cual los impactos de las inundaciones se potencian.

la Nación 2014).

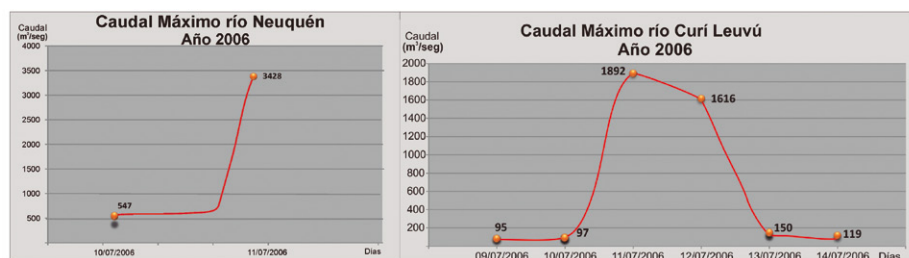
El río Neuquén recibe al río Curi Leuvú por la margen izquierda, en proximidades de la localidad de Chos Malal, y a partir de allí su caudal alcanza 247 m<sup>3</sup>/seg (Valicenti AIC 2001).

Tal como se observa en el cuadro 2 en el año 2006, la región fue afectada por severas inundaciones, en el periodo comprendido entre el 8 de junio y el 28 de agosto.

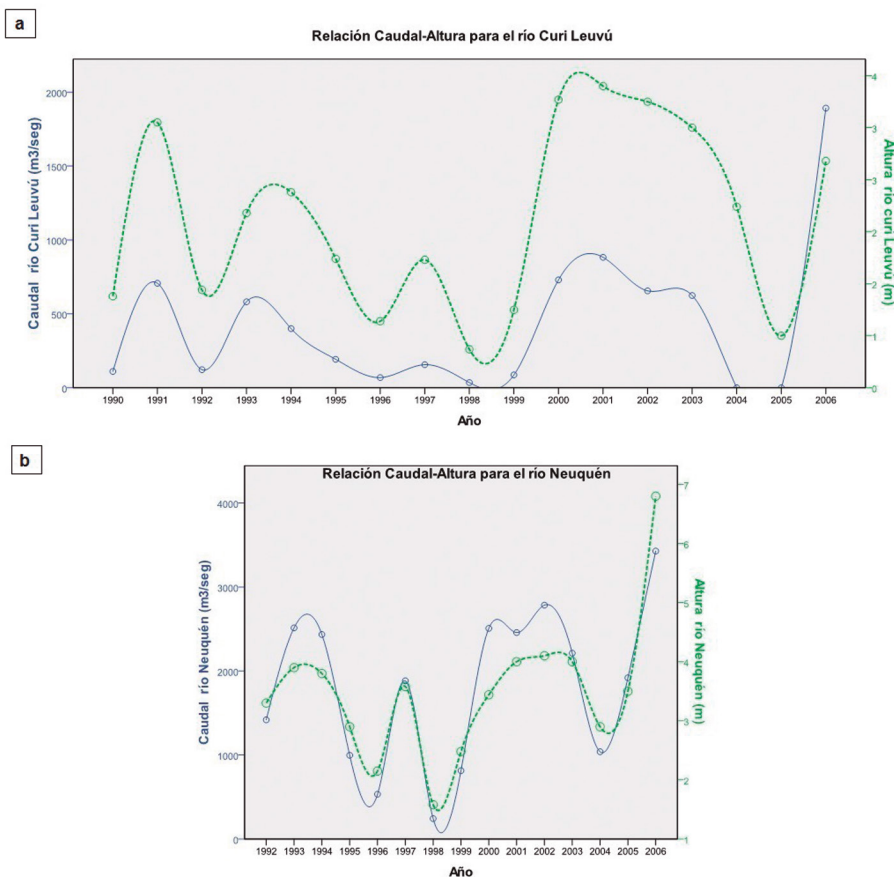
Debido a ello se procedió a realizar el hidrograma de caudales máximos para ambos ríos entre el 9 - 11 de julio 2006 (Fig. 5). En esas fechas las precipitaciones llegaron a los 183 mm; el río Neuquén alcanzó un caudal máximo de 3428 m<sup>3</sup>/seg, y el río Curi Leuvú 1892 m<sup>3</sup>/seg. Las pérdidas fueron millonarias, quedando aislado todo el norte neuquino, con puentes destruidos, casas aisladas sin servicios de

luz y agua, rutas cortadas y pozos sépticos domiciliarios colapsados entre otros.

El procesamiento de las bases de datos de caudales máximos, alturas de los dos ríos (estación Rahueco y Los Maitenes), los datos de precipitaciones (estación Chos Malal) permiten identificar períodos donde confluyen máximas precipitaciones, caudales mayores a la media anual y alturas máximas, en correspondencia con las



**Figura 5:** Caudales máximos de los ríos Neuquén y Curí Leuvú en el mes de julio de 2006, donde se produjo una creciente extraordinaria que afectó fuertemente la región. Nótese la variación del caudal de forma repentina seis veces mayor para el río Neuquén, y casi 20 veces mayor para el Curí Leuvú.



**Figura 6:** a) Relación caudal (línea continua) altura del río Curí Leuvú (línea de puntos), solo para valores coincidentes. Los datos corresponden al valor máximo del caudal y de la altura de cada año. Se observa relación directa entre estas variables. b) Relación caudal (línea continua) versus altura del río Neuquén (línea de puntos), sólo para valores coincidentes. Los datos corresponden al valor máximo del caudal y de la altura de cada año. Se observa relación directa entre variables.

fechas de las inundaciones y desastres. En años muy húmedos, las inundaciones fueron entre moderadas a severas, caso de los años 1975, 1991, 1993, 1994, 1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2006 y 2008; mientras que en años secos (1984, 1989, 1996, 1998 y 2004) las alturas de los ríos fueron bajas. Para el año 1991, las lluvias superaron los 137 mm en dos días, en comparación de una precipitación media anual de 200

mm/año. Debido a ello en un corto período, los caudales de los ríos alcanzaron máximas, tales como 707,03 m<sup>3</sup>/seg para el río Curí Leuvú (+ 3 m de altura en la estación Los Maitenes) y 3.469 m<sup>3</sup>/seg para el Neuquén (Figs. 6 y 7)

#### **Análisis geomorfológico**

*Unidades morfogénicas y morfodinámicas:* En el área de la ciudad de Chos Malal y al-

rededores se identificaron y clasificaron distintas unidades geomorfológicas (Cuadro 3 y Fig. 9). Los relieves fueron identificados y reagrupados en dos grandes categorías, teniendo en cuenta sus características morfogénicas y morfodinámicas, tales como: fluvial-funcional (F) y no fluvial-no funcional (NF). Dentro de las primeras (F) se consideran todas las unidades de origen fluvial asociadas a las cuencas del río Curí Leuvú y del río Neuquén. Entre las segundas (NF) se ubican las unidades no fluviales correspondientes a los relieves montañosos, de planicies estructurales con erosión diferencial y de relieves plegados e invertidos.

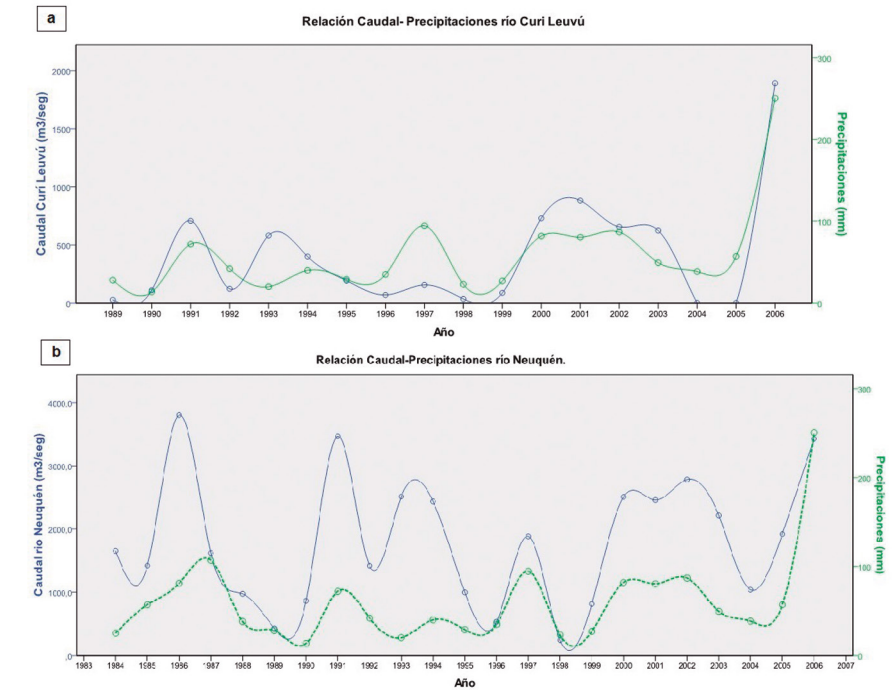
Las unidades morfogénicas y morfodinámicas F corresponden a todos aquellos relieves erosivos y de acumulación generado por acciones de los ríos y con dinámica actual y/o con posibilidad de reactivación de su funcionalidad dinámica. *F1 y F2:* Grandes paisajes de las cuencas de los ríos Curí Leuvú y Neuquén. Están integrados por unidades de relieves menores denominados en paisajes y elementos del paisaje. Siendo este último la unidad espacial de menor nivel para el presente estudio de peligrosidad.

*F1.1 y F2.1:* Paisajes correspondientes a las planicies de inundación de los ríos Curí Leuvú y Neuquén respectivamente, integrados por elementos de relieves como son los cauces actuales y los distintos niveles de bancos y barras fluviales (unidades F1.1.2, F2.1.2, F1.1.1 y F2.1.1). Ambos ríos depositan volúmenes importantes de rodados y arenas como carga de lecho dentro de las planicies de inundación surcadas por canales actuales y de límites inestables. Los bancos depositados por el río Neuquén son de ancho mayor que los del Curí Leuvú, con un hábito anastomoso que facilita la movilización de grandes volúmenes de cargas de fondo. Están integrados por depósitos de rodados a arena y limo provenientes de la erosión y transporte de materiales cordilleranos glaciogénicos y de conglomerados de secuencias mesozoicas. Los bancos F112 y F212 formados por los dos distintos ríos y en proximidades a la ciudad de Chos Malal, presentan 2 niveles: uno superior



y otro inferior (Fig. 8), diferentes en alturas, edad, posición. Los niveles de bancos más recientes y de mayor funcionalidad dinámica son los inferiores mientras que los niveles superiores son un poco más estables, subrecientes, y con mayor colonización vegetal. Sobre el nivel superior de los bancos del río Curi Leuvú (Fig. 8) margen derecha, se ubican chacras agrícolas, postes de tendido eléctrico, alambrados y viviendas entre otros. Chos Malal se conecta con el noroeste de la provincia a través de la ruta provincial N° 43, ubicada en el nivel superior de bancos. Para acceder a la ciudad se cruzan dos puentes ubicados sobre el río Curi Leuvú, que en ese tramo se divide en dos brazos durante la mayor parte del año. Los estribos de estos puentes se asientan en el nivel inferior de los bancos insertos en la planicie de inundación. Estos niveles se encuentran sometidos a fenómenos erosivos importantes en el sector norte. Se observan orillas excavadas debido a la acción hidráulica del agua que afecta chacras sobre la margen izquierda, estos materiales se suman a las grandes cantidades de sedimentos y bloques acarreados por el río, en épocas de crecientes, o según Bertani *et al.* (2007) por la erosión hídrica en sectores expuestos a la degradación de la tierra por sobrepastoreo ganadero. Además se agregan materiales provenientes de numerosos deslizamientos, flujos y desprendimientos.

Sobre algunos bancos inferiores del río Neuquén se depositan residuos y existe extracción de áridos. La actividad extractiva impacta negativamente en los riesgos de inundaciones, ante el descenso del cauce y consecuente aumento del poder erosivo del río sobre las márgenes y sobre las obras. Los depósitos de la extracción abandonados sobre la planicie son barreras para el libre escurrimiento del río. Sobre uno de los bancos superiores se desarrolla un terraplén continuo que forma la costanera de Chos Malal. Otros elementos de relieves son las terrazas de erosión y los niveles de acumulación que en general marginan las planicies de inundación de los ríos, unidades F1.2, F2.2 y F2.3. En el río Curi Leuvú, al norte, antes de



**Figura 7:** a) Relación entre caudal del río Curi Leuvú (azul) versus precipitaciones (verde), para años con información. Se trata de los valores máximos de precipitación y caudal de cada año. A la vez se estableció correspondencia con el máximo de precipitación del mes y del caudal. b) Relación entre caudal (línea continua) versus precipitaciones (línea de puntos) para el río Neuquén, para años con información. Se trata de los valores máximos de precipitación y caudal de cada año. Si bien la relación entre variables es directa, a igual precipitación, el caudal varía de manera diferente, tal es caso 1986 y 1997.

llegar a la ciudad se encuentra la terraza F1.2 compuesta por pelitas de la Formación Agrío, pero al llegar a la ciudad en el sector del torreón, la terraza está constituida por areniscas amarillentas entrecruzadas. (Fig. 8) Sobre esta se ubican la antigua usina eléctrica, el museo municipal y el fuerte histórico IV División. Para el río Neuquén F2.2 (Fig. 8) es una terraza de acumulación abandonada, es discontinua y se observa desde la Avenida Primeros Constituyentes y más allá de la calle La Plata, extendiéndose por la zona de chacras y quintas en dirección este hacia el puente del río Neuquén. F2.3 constituye una terraza antigua originada por procesos tectónicos durante el III movimiento en el Cuaternario que elaboró los cauces y erosión actual (Zollner y Amos 1973). Es discontinua y se extiende desde el casco urbano hasta el puente el río Neuquén donde está formada por alternancia de arcilitas grises y areniscas en delgados bancos, de la Formación Agrío. Se ubican sobre ella la policía caminera y matadero municipal (Fig. 8).

*Las unidades morfogenéticas y morfodinámicas (NF):* son los relieves correspondientes a grandes o extensos paisajes no formados por acciones primarias fluviales y que dinámicamente no son funcionales, en relación al tipo de peligro que se analiza. Estos relieves son genéticamente denudacionales, con controles litológicos, estructurales y acciones fluviales secundarias que facilitan la inversión de relieves plegados.

*NF1:* corresponde a los relictos de planicies estructurales por denudación: con fuerte control litológico y erosión diferencial en sucesiones mesozoicas, caso de la mesa o mesilla cerro Colorado ubicado justo frente a la ciudad, en la margen derecha del río Neuquén, está compuesto por una alternancia de areniscas castaño rojizas y fangolitas rojas con fuerte expresión morfológica (Cervera *et al.* 2009).

*NF2:* Relieves plegados invertidos: anticlinales y sinclinales de formaciones mesozoicas. Grandes ejemplos de sinclinales colgados y anticlinales desfondados o desventrados y crestas. Tal es el caso de

**CUADRO 3:** Diferenciación categórica de niveles de relieves y litología/edad: Unidades morfogénicas y morfodinámicas, grandes paisajes, paisajes, elementos del paisaje, con sus características litológicas y edades.

UMGD	Gran paisaje	Paisaje	Elementos del paisaje	Litología Edad		
F	F1: Cuenca del río Curi Leuvú	F11: Planicie de inundación del Río Curi Leuvú	F111: Cauce actual entrelazado	No suelos- agua (Actual)		
			F112: Bancos y barras de crecida	S: Nivel Superior I: Nivel Inferior	Bloques, gravas, arenas, limos (Actual) Arenas y bloques (Actual)	
	F2: Cuenca del río Neuquén	F21: Planicie de Inundación del Río Neuquén	F211: Cauces anastomosados, entrelazados Actuales	F212: Bancos y barras de crecida	S: Nivel Superior	Gravas, bloques arenas y pequeñas dunas (Actual)
					I: Nivel Inferior	Arenas, limos, gravas y bloques.(Actual)
			F22: Terraza antigua abandonada		Gravas y arena. Suelos , Vegetación (Holoceno- Actual)	
			F23: Terraza antigua de erosión en roca		Arcilitas grises y areniscas (Pleistoceno Superior)	
NF	NF1: Relictos de Planicies estructurales con erosión diferencial			Areniscas rojas con rodados (Cretácico)		
	NF2: Relieves invertidos en sedimentitas plegadas			Pelitas y pelitas calcáreas Areniscas fluviales gris amarillentas Arcillas, areniscas y yeso.(Mesozoico-Cretácico)		
	NF3: Laderas Montañasas			Laderas del Cerro de la Cruz, de la Tortuga, Cerro de la Virgen. Areniscas eólicas y fluviales, depósitos evaporíticos, sobre los que yacen calizas dolomíticas y arcilitas yesíferas		
	NF4: Relictos de planicies estructurales sedimentarias con cubiertas fanglomerádicas			Depósitos aglomerádicos glaciafluviales (Pleistoceno) Altiplanicie del Tilhúe		

la zona actual de basurales a cielo abierto que se ubica en un valle anticlinal invertido.

**NF3:** Laderas montañosas: se destacan las laderas del cerro de la Cruz compuesto por Areniscas eólicas y fluviales, depósitos evaporíticos, calizas, alrededor del cual se generó la nueva urbanización. Sobre este se ubican los tanques de almacenamiento de agua para los nuevos barrios. Por su parte los cerros de la Virgen y de la Tortuga constituyen miradores turísticos a los que se accede a través de caminos trazados a lo largo de sus laderas.

**NF4:** son relictos de planicies estructurales sedimentarias: fuerte control litológico por cubiertas conglomerádicas cementadas: con rodados pleistocenos cementados por carbonato de calcio, caso Pampa de Tilhúe.

### Carta de peligrosidad por inundación de la ciudad de Chos Malal

Para la zonificación del peligro en la región se generó una matriz de evaluación,

según el modelo de Mardones *et al.* (2001). Se trata de una matriz sencilla con los peligros expresados en grados por agregación de factores. Los cortes de clases se realizaron teniendo en cuenta la unidad geomorfológica mapeada (unidades funcionales F activas e inactivas, según altura, tipo de material constituyente) y los registros de zonas inundadas indicados en los Cuadros 1 y 2.

La evaluación de los factores indicados en el cuadro 4 permitió delimitar en una carta zonas a distintos niveles de peligrosidad, a fin de que sirva como instrumento preventivo en la planificación futura del territorio y uso del suelo (Fig. 10).

### CONCLUSIONES

Del análisis efectuado a la problemática ambiental de peligrosidad por inundación en el área de Chos Malal se desprende la concurrencia de tres causas principales: las características hidrometeorológicas de las dos cuencas involu-

cradas, las características de las unidades morfogénicas y las características morfodinámicas, las cuales señalan distintas capacidades o potencialidades del soporte natural ante este peligro.

El régimen pluvio-nival de las dos amplias cuencas de los ríos involucrados, habría favorecido que en el año 2006, la ciudad de Chos Malal fuese afectada por un gran desastre por inundación quedando aislada toda la zona. Las variaciones en el caudal de ambos ríos tal como ya se demostrara, se efectuó de forma repentina, el río Neuquén aumentó seis veces su caudal ordinario y casi 20 veces el Curí Leuvú. Esta modalidad repentina de crecientes violenta y extraordinaria, hace necesaria la implementación de sistemas de alerta temprana a la población. Del mismo modo, la inundación ocurrida en el 2008, con pérdidas de algunas vidas, ocurrido particularmente en los meses de mayo, junio y agosto estuvo vinculada a dos precipitaciones pluviales, una de ellas alcanzó el máximo valor en 36 años de 136,5 mm.



**Figura 8:** Unidades del río Curí Leuvú: a) Planicie de inundación, nivel de inferior F112 (i); b) Planicie de inundación, Nivel Superior F112(s); c) F12 Terraza antigua de erosión en roca. Unidades del río Neuquén: d) Planicie de inundación, nivel inferior F212 (i); e) Planicie de inundación, nivel superior F212 (s); f) Terraza rocosa F23; g) Antiguo nivel de acumulación F22.

Además, la alta frecuencia o número de precipitaciones por mes, coadyuva a aumentar la vulnerabilidad sanitaria de la población e inversamente disminuyendo

la capacidad de respuesta social por falta de recuperación del soporte geomorfológico ante anegamientos, inundación y encharcamiento del suelo.

El procesamiento e interpretación integral de las bases de datos de caudales máximos, alturas de los dos ríos (estación Rahueco y Los Maitenes), los datos

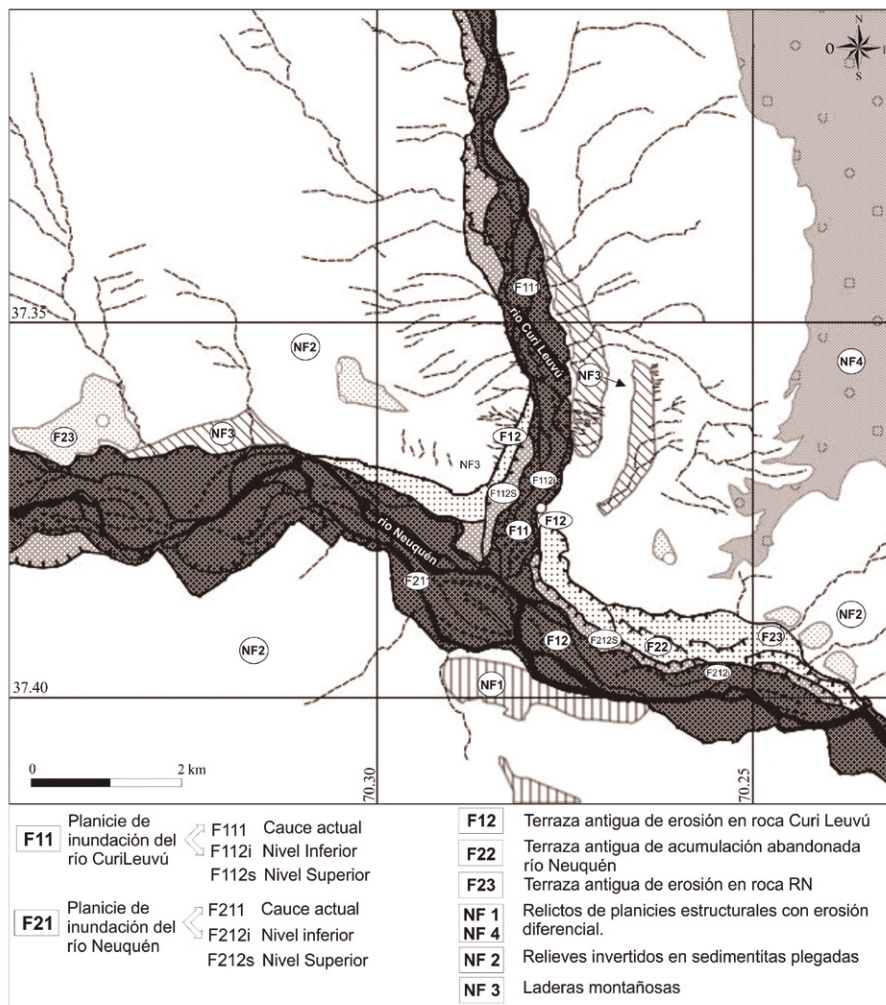


Figura 9: Unidades morfogénicas y morfodinámicas jerarquizadas en grandes paisajes, paisajes y elementos del paisaje.

CUADRO 4: Matriz de evaluación zonas con peligro de inundación. Cuadro tomado y adaptado de Mardones *et al.* (2001). Grados de peligrosidad de acuerdo a los factores expresados: 1- Bajo, 2- Medio y 3 Alto.

Evaluación Factores	1- Bajo	2- Medio	3-Alto
Litología	Rocas: arcilitas y areniscas, pelitas calcáreas, depósitos aglomerádicos glaciales	Arenas gruesas Limos, sedimentos en suelos desarrollados	Limos arcillas Arenas, bloques y gravas
Topográfica	> a 15 m	Entre 7 y 15 m.	< 4 m y nivel del río
Geomorfología	Unidades No fluviales Terrazas antiguas de erosión en roca elevadas por acción tectónica	Antigua terraza inactiva y Niveles superiores	Planicie de inundación: cauce, bancos de crecida, niveles inferiores
Cobertura vegetal	Baja a Nula. Sin desarrollo de suelos, superficies impermeables, con especies arbustivas entre las grietas de rocas	Buena. Suelos agrícolas	Baja. Especies arbustivas solo en épocas de estiaje Árboles producto de la mano del hombre

de precipitaciones (estación Chos Malal) y registros de inundaciones, permitieron

a los autores, identificar periodos donde confluyen máximas precipitaciones, cau-

dales mayores a la media anual y alturas máximas, en correspondencia con las fechas de inundaciones del registro histórico. Se destaca la importancia de realizar trabajos de recopilación histórica, con ayuda de encuestas y entrevistas a los pobladores de las localidades afectadas. Se determinaron entonces, las causas principales que generaron las inundaciones, así por ejemplo en el año 1991, fecha en que las lluvias superaron los 137 mm en dos días, siendo la precipitación media anual de 200 mm. Los caudales de los ríos, alcanzaron máximas, tales como 707,03 m<sup>3</sup>/seg para el río Curi Leuvú (más de 3 m de altura en la Estación Los Maitenes) y 3.469 m<sup>3</sup>/seg para el Neuquén. Esta imprevisibilidad temporaria en la dinámica e intensidad hídrica y pluvial de la región, habría facilitado y facilita hasta el presente, los daños y pérdidas socioeconómicas de la zona. La implementación de estrategias para el ordenamiento territorial es de suma necesidad introduciendo sistemas de alerta temprana hacia la población.

Diferentes conclusiones han sido agrupadas, por los autores, desde dos puntos de vista, uno de las características naturales de tipo geomorfológicas y morfodinámicas del área de estudio, otro en cuanto a las acciones antrópicas no reguladas ni normadas. En primer lugar y en cuanto al territorio en función de las características del relieve y del drenaje, se demarcaron a) tres niveles de unidades y un subnivel en la margen izquierda del río Neuquén donde se ubica la ciudad. En el sector del puente del río Neuquén, el río se apoya sobre la terraza rocosa y en su margen derecha lo hace directamente sobre la Formación Candeleros en el cerro Colorado; b) Para el río Curi Leuvú, se delimitaron dos niveles de bancos dentro de la planicie de inundación; c) En el sector norte del río Curi Leuvú, existe un proceso erosivo importante que destruye campos y elimina tierras productivas, transportando grandes volúmenes de sedimentos y finalmente d) La margen derecha del río Curi Leuvú están desprovistas de defensas naturales. En cuanto a las acciones antrópicas no reguladas ni normadas se enfatiza que: a) La extracción de áridos directa-

mente del río ha aumentado considerablemente pasando de 12 tn en 1989 a 4494 tn en el año 2009. Es decir que en un período aproximado de 20 años la actividad extractiva de áridos para la construcción aumento considerablemente, sin controles ni normas regulatorias. Estas acciones modifican el flujo y sedimentación natural del río, aumentando el peligro de inundación en los niveles de bancos más bajos. Además, acelerando procesos de erosión, cambios en la dirección y pendiente de los causes facilitando crecientes difíciles de controlar; b) Gran parte de la ciudad ocupa y ha sido construida sobre unidades geomorfológicas modernas depositadas por el río, cuyos peligros por inundaciones son altos y los anegamientos invaden calles de ripio, ubicadas en topografías bajas y sin desagües; c) Los puentes sobre el Curí- Leuvú se asientan sobre un terraplén ubicado en un banco en la misma planicie de inundación, justo en la zona donde el río Curi Leuvú se separa en dos brazos. Según registros históricos de daños, las estructuras del puente, no soportarán caudales de máxima crecida; d) Algunas zonas de chacras son utilizadas como depósitos de basura a cielo abierto, produciendo contaminación en caso de inundaciones o anegamientos; e) La planta potabilizadora de agua se abastece del río Curi Leuvú, el cual transporta grandes cantidades de sedimentos y bloques durante las épocas de crecientes; f) obras realizadas con fines sanitarios como pozos ciegos o letrinas, tienen alta exposición a inundaciones y contaminación ambiental y déficit en la salud de los pobladores.

Finalmente y en un intento de contribución hacia los futuros planes de desarrollo estratégico territorial y ordenación ambiental de tierras se sugieren lineamientos tales como: a) reglamentar la extracción de áridos en el cauce y llanura de inundación; controlar el cumplimiento de determinadas condiciones para su extracción, como son la presentación de un estudio de impacto ambiental, el respeto y conocimiento de la hidrodinámica estacional y periódica; b) delimitar la línea de ribera que separe los terrenos de dominio pú-

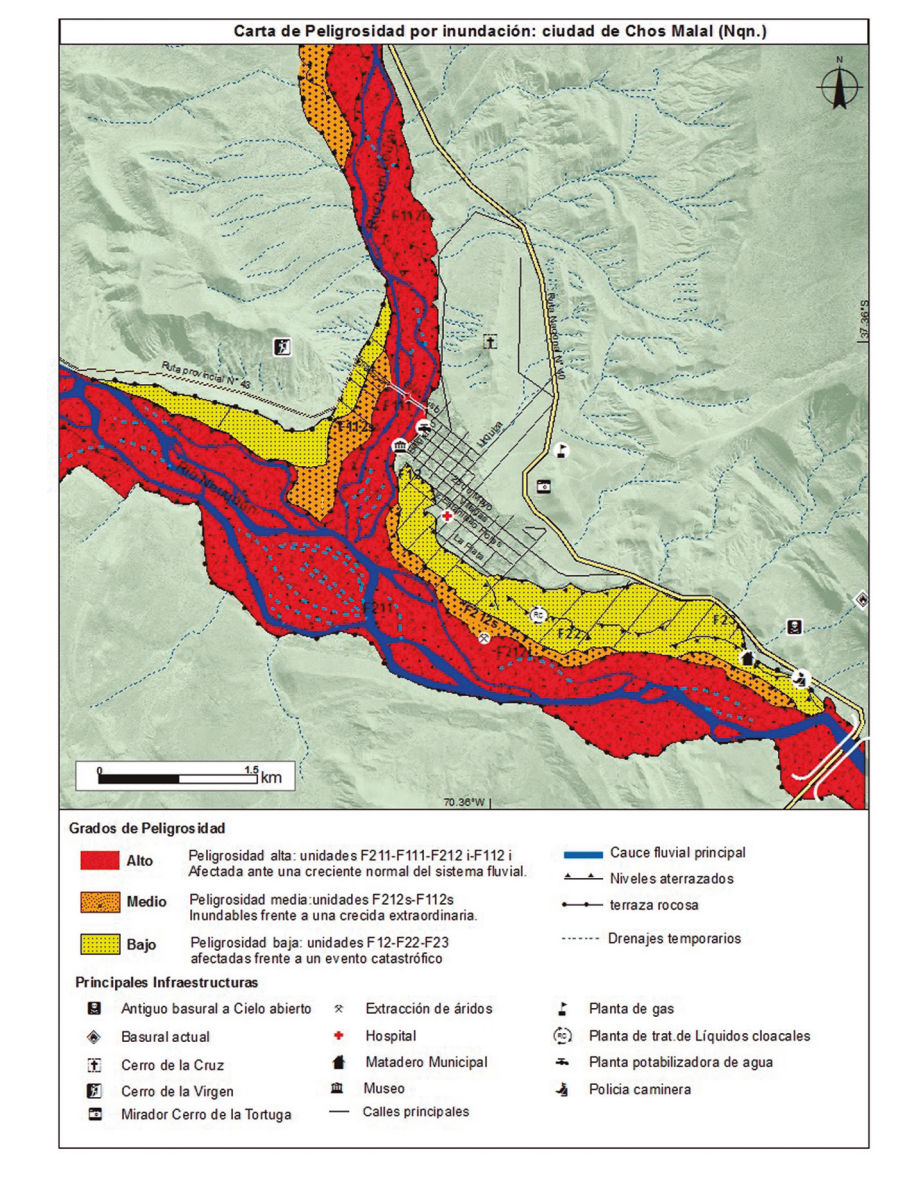


Figura 10: Carta de peligrosidad por inundación de la ciudad de Chos Malal (provincia de Neuquén).

blico de los privados, señalando el alcance máximo de una creciente excepcional. Se recomienda utilizar la zona de dominio público con fines recreativos de fines de semana; c) siendo las crecientes de los ríos de tipo torrencial, el sector más importante a tener en una pretendida ordenación territorial corresponde a la confluencia de los ríos Neuquén y Curí Leuvú, donde la obra de defensa debería tener en cuenta los valores de caudales máximos d) rever la ubicación y fundación del puente sobre el río Curí Leuvú, en relación a la dinámica hidrológica histórica de ambos ríos; e) la expansión de la frontera urbana ha llevado a la construcción de barrios en uni-

dades como laderas montañosas sin la implementación de obras ante la amenaza de aluviones, desprendimiento de rocas u otros efectos inducidos por las altas precipitaciones.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Japan Space Systems 2014. Aster Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). En línea: <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html>

Ayala, F.J., Durán, J.J. y Peinado, T. 1988. Riesgos geológicos. Serie Geología Ambiental, Instituto Geológico y Minero de España, 333 p., Madrid.

- Bertani, L., Salcedo A. y Solorza N. 2007. Neuquén desde el satélite. Párrafos Geográficos, Volumen 6, N° 2. Universidad Nacional del Comahue: 110-120, Neuquén.
- Braccacini, I.O. 1970. Rasgos tectónicos de las acumulaciones mesozoicas en las provincias de Mendoza y Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 275-282.
- Celis, A. 2008. Documento país en avance: Riesgos de desastres en Argentina. Centro Estudios Sociales y Ambientales, 168 p., Buenos Aires.
- Cervera, M. y Leanza H. 2009. Hallazgo de sedimentitas sinorogénicas neógenas en los alrededores de Chos Malal, Cuenca Neuquina, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 11: 15-22.
- Colombino, J. y Luengo M. 2011. Regiones Hidrogeológicas. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. Asociación Geológica Argentina, 833-840, Neuquén.
- Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) 2006. Catálogo ARG Server, imágenes Landsat 5 y 7. En línea: [www.conae.gov.ar/dispa/2000/ARG\\_index.html](http://www.conae.gov.ar/dispa/2000/ARG_index.html)
- Dirección Provincial de Estadísticas y Censos Neuquén. 2010. Municipio y Comisiones de Fomento. En línea: <http://www.estadistica-neuquen.gov.ar>
- González Díaz, E. y Di Tommaso I. 2011. Geomorfología. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. Asociación Geológica Argentina, 438-421, Neuquén.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1 Hoja, Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 1: 177-208.
- Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento de la geología del Neuquén Extrandino. *Boletín de Informaciones Petroleras* 13: 245-261.
- Islam, M. S., Swapan, M. S. H. y Haque, S. M. 2013. Disaster risk index: How far should it take account of local attributes? *International Journal of Disaster Risk Reduction* 3: 76-87.
- Leanza, H.A., Hugo C.A. y Repol. D. 2001. Hoja Geológica 3969-I, Zapala, provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín* 275: 1-128, Buenos Aires.
- Manara, C. 2013. La disputa por un territorio indígena. Argentina y Chile tras Varvarco (Siglo XIX). *Revista TEFROS* 11: 7-37.
- Mardones, M. y Vidal, C. 2001. La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *EURE* 27(81): 97-122, Santiago
- Méndez, V., Zanettini J.C.M. y Zappettini E.O. 1995. Geología y metalogénesis del Orogéno Andino Central, Republica Argentina. Secretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Secretaría de Minería, *Anales* 23:1-190, Buenos Aires.
- Municipalidad de Chos Malal. 2010. Análisis de la situación Local de la salud. Documento de Análisis municipal (inédito), 28 p., Chos Malal, Neuquén.
- Ramos, V., Folguera, A. y García, E. 2011. Las provincias geológicas del Neuquén. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. Asociación Geológica Argentina, 317-327, Neuquén.
- Roca, J. C. y Mendía J.M. 2008. Potenciales efectos sociales de las grandes obras hidroeléctricas sobre el ámbito regional y poblaciones circundantes: caso Chihuido I. 5° Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos, Actas, 33 p., San Miguel de Tucumán.
- Rodríguez, A., Quintana Salvat, F., Ceballos, G. y Suvires, G. 2014. Peligrosidad y riesgo a la inundación: margen izquierda de los ríos Neuquén y Curí-Leuvú, Chos Malal, Prov. Del Neuquén. 19° Congreso Geológico Argentino, Actas S18-18:1274-1275, Córdoba.
- Secretaría de Minería de la Nación, 2011. Provincia del Neuquén, clima y meteorología. En Línea <http://www.mineria.gov.ar/estudios/irn/neuquen/n-2.asp#m6>
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2014. Base de Datos Hidrológica Integrada. En Línea: [http://www.hidricosargentina.gov.ar/acceso\\_bd.php](http://www.hidricosargentina.gov.ar/acceso_bd.php)
- Valicenti J., 2001. Cuenca del Río Neuquén. Análisis del fenómeno Precipitación-Escorrentía. *Boletín de la Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro*, 28 p., Río Negro.
- Weaver C. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of west central Argentina. *Memoir University of Washington* 1: 1-469, Seattle.
- Zollner, W. y Amos, A.J. 1973. Descripción geológica de la Hoja 32b, Chos Malal, Provincia del Neuquén. Carta Geológico-Económica de la Republica Argentina, Servicio Geológico Nacional, *Boletín* 143: 1-91, Buenos Aires.

Recibido: 28 de julio, 2015

Aceptado: 5 de febrero, 2016