



Geoamenazas por inundaciones de las geoformas fluviales de áreas urbanas y rurales de los principales ríos del centro y este de la provincia de Catamarca

Geological hazards on account of floods arising in urban and rural surroundings of the main rivers of eastern and central Catamarca

Eremchuk, Jorge Enrique

Recibido: 15 de agosto de 2018 • Aceptado: 20 de mayo de 2019

Resumen

Con el propósito de identificar el tipo de geoforma o terrenos en áreas urbanas y rurales que son afectadas en forma recurrente por inundaciones fluviales, se revisó la documentación histórica y se analizó las últimas amenazas hídricas ocurridas entre los años 2014 y 2017 en el área de estudio, correspondiente a las vertientes de los macizos serranos de las sierras de Ambato y Ancasti.

El procedimiento metodológico consistió en estudios fotogeológicos de carácter multitemporal de fotos aéreas e imágenes satelitales, referente a la evaluación de la dinámica espacio-temporal del comportamiento de las diferentes unidades geomorfológicas en la dinámica fluvial del sistema hidrológico del área serrana, tramos intramontanos y pedemontanos con descargas de sus colectores principales al Salar de Pipanaco, Valle Central y Llanura Tucumana,

El análisis de las inundaciones de los últimos cincuenta años en el área de estudio, que se ubica en la dorsal climática de las sierras de Ambato y en donde vive cerca del 70% de la población de Catamarca, permitió establecer una relación entre los diferentes tipos de crecientes y las geoformas fluviales de dicho territorio.

Los resultados determinaron que los asentamientos urbanos y rurales se encuentran sobre geoformas fluviales amenazadas por inundaciones repentinas las cuales se reconocen como; i) lechos de inundación, ii) terrazas inferiores, iii) explayamientos distales y laterales y iv) paleocauces o canales de crecidas, que son vulnerables a las crecientes extraordinarias y máximas ordinarias, con repetición de más un evento en los últimos cincuenta años

Palabras clave: Crecientes repentinas. Geomorfología. Geoamenazas.

Abstract

Geological hazards on account of floods arising in urban and rural surroundings of the main rivers of eastern and central Catamarca

Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca. Dpto. de Geología.

✉ eremchukjorge@gmail.com

Historical records have been studied to identify the affected landforms as a result of floods. Moreover, hydrological hazards occurred in 2014 and 2017 of the rivers placed in the Ambato and Ancasti mountain ranges, have also been studied.

The research comprised photo geological and aerial photographs, satellite images, temporary space dynamics of the hydrological cycle of the mountain ranges. Areas between mountains and their bases, where the main rivers belonging to the Salar de Pipanaco, The Central Valley and The Tucuman Plain systems, have also been analyzed.

The research works on floods, that took place in the last fifty years in the Ambato mountain ranges, where 70% of the population of Catamarca live, permitted to establish a relationship between different types of floods and the landforms resulting from them.

Evidence determined that rural and urban settlements are located on landforms threatened by sudden floods that are recognized like: flood beds; inside terraces; distal and lateral widening; flood channels vulnerable to unusual floods and maximum levels repeated by more than one event in the last fifty years.

Keywords: *sudden floods - geomorphology - geological hazards.*

INTRODUCCIÓN

Las copiosas lluvias ocurridas entre los años 2014 al 2017 en la provincia de Catamarca, especialmente en los departamentos Santa Rosa, Ambato, Paclín y aquellos del Valle Central (Esquiú, Valle Viejo y Capital), han ocasionado una serie de pérdidas materiales y de 14 vidas humanas producto de las inundaciones relacionadas a crecientes repentinas de los principales ríos (Paclín, Santa Cruz, Ambato, Siján, San Francisco, Ovanta, El Abra y Río del Valle), cursos de aguas de régimen temporario (excepto el Río del Valle) que atraviesan los núcleos urbanos, infraestructura vial y los sistemas productivos de los departamentos mencionados.

Dichos cursos, drenan sobre la dorsal orográfica del Ambato- Manchao que separa la influencia climática del océano Atlántico con la del Pacífico. Al Este de dicha dorsal se registra un aumento de la temperatura de +0,5°C en los últimos cincuenta años (Camilloni et al. 2016). Esta variación de la temperatura está acompañada por un aumento del régimen de precipitación, que oscila entre 120 a 180 mm anuales en la misma región, en donde la actual inestabilidad climática se estima en unos 12 años (+/- 2 años) en Eremchuk et al. (2016) y Letussi (2018). A estas condiciones naturales, se le debe sumar un importante cambio de uso del suelo, especialmente la expansión de las tramas urbanas, las cuales tienden a ocupar terrenos ribereños susceptibles a la inundación fluvial.

Los registros más antiguos sobre inundaciones, son los descriptos por Schikendantz (1877) y Lafone Quevedo (1880) en Caro (2006) sobre las poblaciones de la ciudad de Andalgalá y la localidad de Choya. Por otro lado, el sismo de 1890 que destruye parte de la localidad de Pomán, estuvo acompañado en forma simultánea por un aluvión del río Pomán.

En el siglo XX, inundaciones a nivel de desastre, fueron las que afectaron a la población de Andalgalá en los años 1913 y 1915, aluviones en Chumbicha, 1964 y 1987 y Punta Balasto en 1972 (fuera del área de estudio), todos ellos con un número apreciable de pérdidas de vidas humanas. El último desastre natural, en el presente siglo, ocurrió en enero del 2014 cuando una creciente de río Ambato, dio paso a un aluvión que se desmadra sobre la villa veraniega El Rodeo, generando una importante pérdida de bienes materiales y de 12 vidas humanas. En forma simultánea, un aluvión del río Siján, cuenca allende del Ambato, afectó a la localidad homónima en menor medida.

Un análisis realizado por Cano (1988), expresa en forma aproximada, que las recurrencias de las inundaciones en la provincia son: una vez cada 3 a 10 años en los ríos del Oeste, una vez cada 10 a 30 años en los ríos de las vertientes del Ancasti y del Ambato y una vez cada 30 años o más en el colector río del Valle en los departamentos de Valle Viejo y Capital

La información histórica consultada refleja que el 80 % de los daños importantes por inundaciones se ubican geográficamente sobre asentamientos poblaciones del pie de sierra del Ambato y sobre el borde noreste del macizo de Ancasti, que forman parte de la dorsal orográfica que limita las influencias climáticas del Atlántico y del Pacífico (Figura 1).

La revisión de dichos documentos, y el análisis temporal de fotos aéreas e imágenes satelitales tuvo el propósito de identificar cuáles fueron las geofomas o los terrenos afectados por los diferentes fenómenos naturales, el estudio indica que las inundaciones del pasado no alcanzan a sobrepasar las terrazas superiores de los distintos cursos de agua. En los abanicos aluviales, los problemas son recurrentes sobre lóbulos activos y semiactivos, fenómenos que se mantienen hasta la actualidad. La excepción son los bajos o planicies distales, de los cursos de aguas del departamento Santa Rosa, unidades geomórficas que se comportaban como áreas inactivas o estables en los últimos 100 años y se han reactivado por las crecientes de los últimos cuatro años.

METODOLOGÍA

Se considera que los estudios clásicos de riesgo hídrico (método hidrológico) realizados por el Instituto Nacional del Agua (INA) en la provincia de Catamarca, especialmente en El Rodeo (Maza et al. 2012) y en el río Santa Cruz (Burgos et al. 2015), en coincidencia con el análisis realizado por el Colegio de Geólogos de Catamarca (2014), son válidos, pero tienen alta incertidumbre. La falta de datos hidrológicos y de registros pluviométricos de las cuencas son las causas principales de la fiabilidad de dichos estudios.

Para la ejecución del presente trabajo se aplicaron procedimientos metodológicos alternativos cuali-cuantitativos, basados en la movilidad fluvial temporal y el análisis de indicadores geomorfológicos (Ollero Ojeda 2014) a partir de estudios fotogeológicos de documentos generados por los sistemas de teledetección (fotos aéreas e imágenes satelitales multitemporales).

Los estudios llevados a cabo estuvieron basados en los aspectos geomorfológicos de los cursos de agua, especialmente la dinámica fluvial de los últimos 50 años, como componente dominante y tomando como complementarios y variables secundarias a los geológicos, hidrológicos naturales o artificiales, vegetación y actividades antrópicas.

La ocurrencia de inundaciones mayores a los 50 años corresponde a aseveraciones relacionadas con el estado de la cubierta vegetal en la década de los años 60, analizada en las fotografías antiguas (año 1968) y en la posición morfoestratigráfica de terrenos con restos arqueológico de los últimos 500 años (*Eremchuk et al. 2016*).

Esta metodología, si bien no aporta datos de caudal, ofrece un rango de confianza que permite aplicar el principio precautorio de la ley General de Ambiente (N° 25.675), con la finalidad de obligar a la planificación o llevar seguridad a la población ante las crecidas repentinas de los ríos de la provincia.

El análisis fotogeológico posibilita evaluar la dinámica espacio-temporal de la movilidad de un curso de agua, permitiendo definir las geoamenazas por inundación, en función de la extensión de los flujos de agua sobre los terrenos fluviales y los adyacentes a los cauces de los ríos, por la probabilidad de ocurrencia de crecidas importantes de dicho curso.

En lo referente a la probabilidad, en este trabajo solo se señala la cantidad de años de repetición de los eventos inundables que se evidencian en las fotos aéreas e imágenes satelitales de los últimos 50 años, con control de los registros históricos informados por los lugareños.

Para el cálculo de la recurrencia de las inundaciones, sería necesario incorporar registros históricos, influencia de cambios artificiales y otros datos de la cuenca hidrológica para determinar intervalos de confianza y aplicar algunas de las metodologías conocidas referente al tema.

Los documentos usados, para el análisis territorial, fueron fotos aéreas verticales del año 1968 provistas por la cátedra de Teledetección Geológica de la Universidad Nacional de Catamarca y por la Dirección de Catastro de la provincia de Catamarca, en cuanto a las imágenes satelitales multitemporales (1984 a 2017) se utilizaron aquellas a las que se acceden a través de las plataformas de internet como, Landsat LookViewer, Sentinel2Look Viewer, del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), del Google Earth Pro e imágenes Rapid Eye provista por el Colegio de Geólogos de Catamarca (CGC).

RESULTADOS

El área de estudio corresponde al macizo serrano de Ambato, el sector septentrional de Ancasti y sur de las sierras de Aconquija (Figura 1), que conforman la dorsal orográfica regional, por encima de los 3000 m s.n.m, que limita la influencia climática del atlántico con la del pacífico.

Dicha zona, contiene asentamientos poblacionales que se ubican en la periferia y adentro de las sierras compuestos por 14 municipios, con sus localidades cabeceras y 63 comunas y/o delegaciones comunales, lo que hace un total de 77 núcleos urbanos. En ellos está comprendido el área del Gran Catamarca, de mayor densidad poblacional de la provincia y las tierras agrícolas (sojera) del departamento Santa Rosa.

El área de trabajo, alcanza una superficie mayor a los 15.000 km² y posee unos 246.910 habitantes, en donde la mayor concentración poblacional se ubica en las zonas de pie

de sierra y/o las depresiones intraserranas. La cantidad de habitantes en el área de estudio significa un 67% de la población de Catamarca.

En hidrología, no hay una acepción unificada sobre los términos de crecidas o inundaciones ordinarias y extraordinarias, casi siempre cuando se está en presencia de altos niveles de afectación de bienes materiales o de vida, se les atribuye a fenómenos extraordinarios.

En este trabajo, se ha considerado y evaluado las zonas con amenazas fluviales a partir de la interpretación del significado de río, definido en el Código Civil y Comercial (Ley N° 26994), en su Artículo 235 inc. C, “*Se entiende por río, el agua, las playas y el lecho por donde corre, delimitado por la línea de ribera que fija el promedio de las máximas crecidas ordinarias*”

Este concepto, basado en el modelo hidrológico, puede ser relacionado en forma aproximada, con la geomorfología fluvial de un curso de agua, en donde el río, es el espacio físico natural (lecho) de escurrimiento de los caudales anuales (ordinarios) ya sean permanentes, intermitentes o efímeros y su ancho máximo está dado por la línea de resaca, determinada por las marcas de crecidas que alcanzan a igualar el calado del umbral físico del cauce o lecho, interpretando que esta línea es generada por las máximas crecidas ordinarias.

Este criterio que excede el Art. 235 inc. C se considera hidrológicamente razonable, hasta que la delimitación pueda realizarse con el modelo hidrológico, fue aceptado por la Dirección de Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca para el informe técnico del departamento Santa Rosa (*Eremchuk et al. 2016*).

Definido desde el punto de vista hidrogeomorfológico un “río”, como el espacio físico por el cual fluyen las corrientes de aguas “ordinarias”, permite interpretar que todos aquellos flujos de aguas que superen el umbral físico natural del lecho del mismo, corresponden a los caudales “extraordinarios”.

Las diferentes unidades geomórficas de un curso de agua, se muestra en el esquema de la Figura 2, donde *Bertrand et al. (2012)* han sintetizado el sistema fluvial. En el ambiente serrano de zona de estudio, las “planicies de inundación” se desarrollan fuera de la zona pedemontana y solo está presente en el departamento Santa Rosa.

Los trabajos realizados, fueron analizados según las vertientes hidrológicas del macizo serrano del Ambato-Ancasti y permitieron identificar una serie de geoformas fluviales, en tramos con asentamientos urbanos y rurales, las cuales se encuentran amenazadas o fueron perjudicadas por distintos tipos inundaciones de los cursos de agua del área de estudio.

Vertiente occidental de la sierra de Ambato

Corresponde a las laderas obsecuentes del macizo del Ambato, en donde yacen las principales fallas inversas que levantan y basculan hacia el Este dicho macizo. Sobre estas vertientes, se desarrolla un conjunto de cuencas torrenciales, subparalelas, de altas pendientes, responsables de la agradación del piedemonte y cuyos flujos drenan hacia el Salar de Pipanaco.

Las geoformas presentes son una serie de conos aluviales, dispuestos en diferentes niveles, el superior y el intermedio se encuentran desvinculados del sistema de drenaje, el nivel inferior es el activo, vinculado directamente a la red de drenaje.

La actividad antrópica, tanto urbana como rural, se desarrolla en las geoformas de la zona pedemontana, las cuales

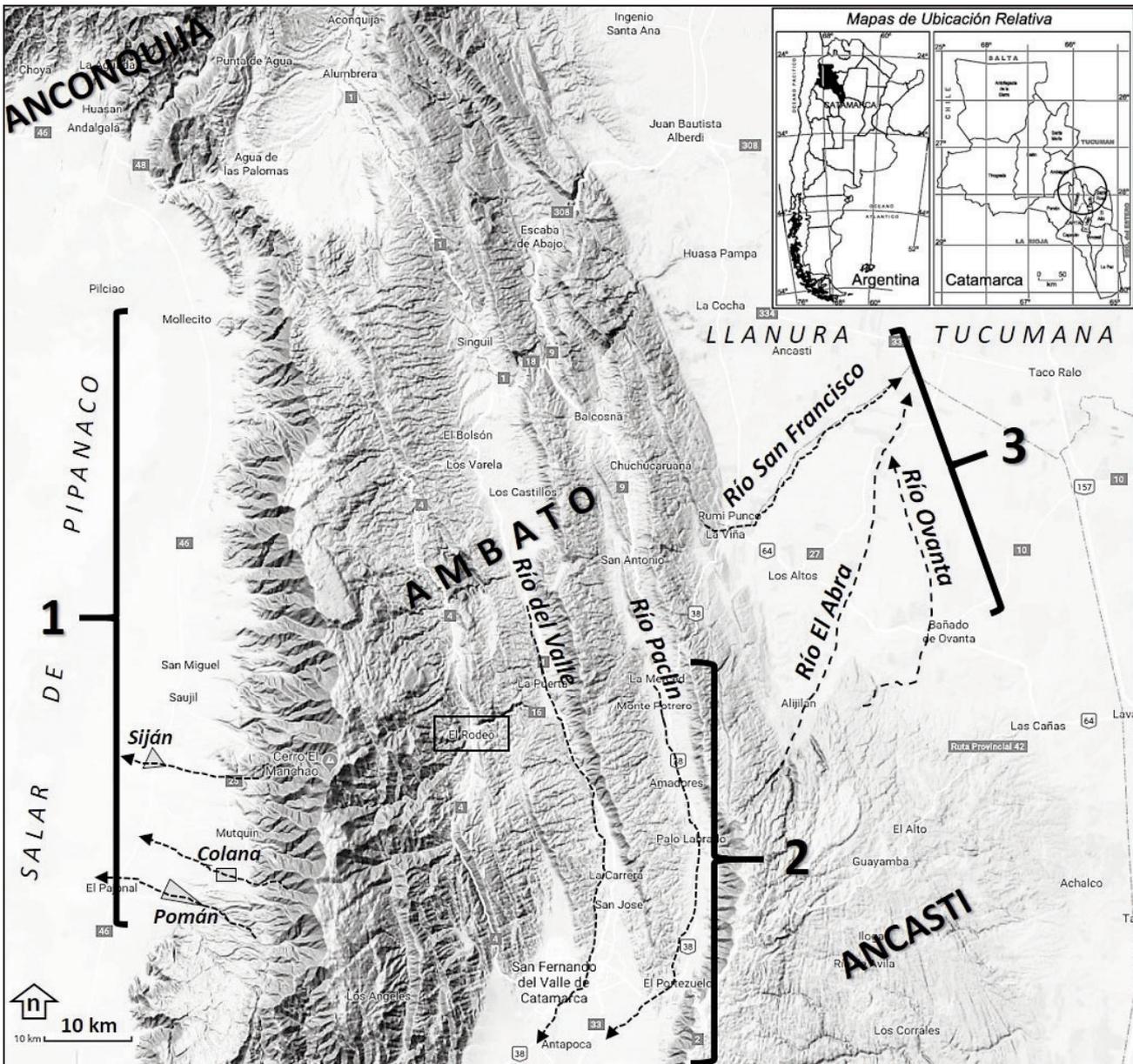


Figura 1. Área de estudio. 1. Vertiente occidental 2. Vertiente oriental del Ambato y 3. Vertiente oriental de las sierras de Ambato y Ancasti.

se encuentran bajo amenazas fluviales de los principales cursos de agua del sistema torrencial. A continuación, se describen aquellas de mayor relevancia.

SIJÁN

Este núcleo urbano, se extiende en el nivel inferior del piedemonte occidental del Ambato, sobre la zona apical de un abanico aluvial activo (Figura 1). La noche del 23 de enero de 2014 el sector sur de la trama urbana-rural fue abruptamente cubierta por un aluvión que desbordó en el ápice hidrológico de la geoforma, extendiéndose la pluma inundable hasta la ruta provincial n° 46 (Barbeito et al. 2016 y Cisternas et al. 2017). Los daños de mayor relevancia fueron cinco viviendas y el establecimiento escolar, tres parcelas frutícolas en el sector apical, más la pérdida de una vida humana.

Este fenómeno, se caracterizó por la avulsión en el sector del ápice hidrológico del cono aluvial activo, de la unidad mor-

foestratigráfica del nivel inferior del piedemonte occidental del Ambato que Lafleur (1981) definió como Formación Colpes.

Este proceso hidrogeomorfológico, es la cuarta vez que ocurre, dos de ellos en los últimos cincuenta años (los anteriores fueron 1939, 1958, 1972). Los fotogramas aéreos de vuelos del año 1968, en comparación con escenas satelitales más nuevas, muestran que el colector principal del río Siján fue desviado hacia el sur, sobre un canal de alivio secundario, a partir de la construcción de defensas en el sector superior de la geoforma, dichas defensas fueron insuficiente para la creciente del mes de enero de 2014.

POMÁN

La trama urbana de Pomán (Figura 1) se desarrolla sobre el sector medio del cono aluvial inactivo, es decir que yace sobre el nivel morfoestratigráfico medio del piedemonte occidental del Ambato, denominado Formación Pomán por Lafleur (1981).

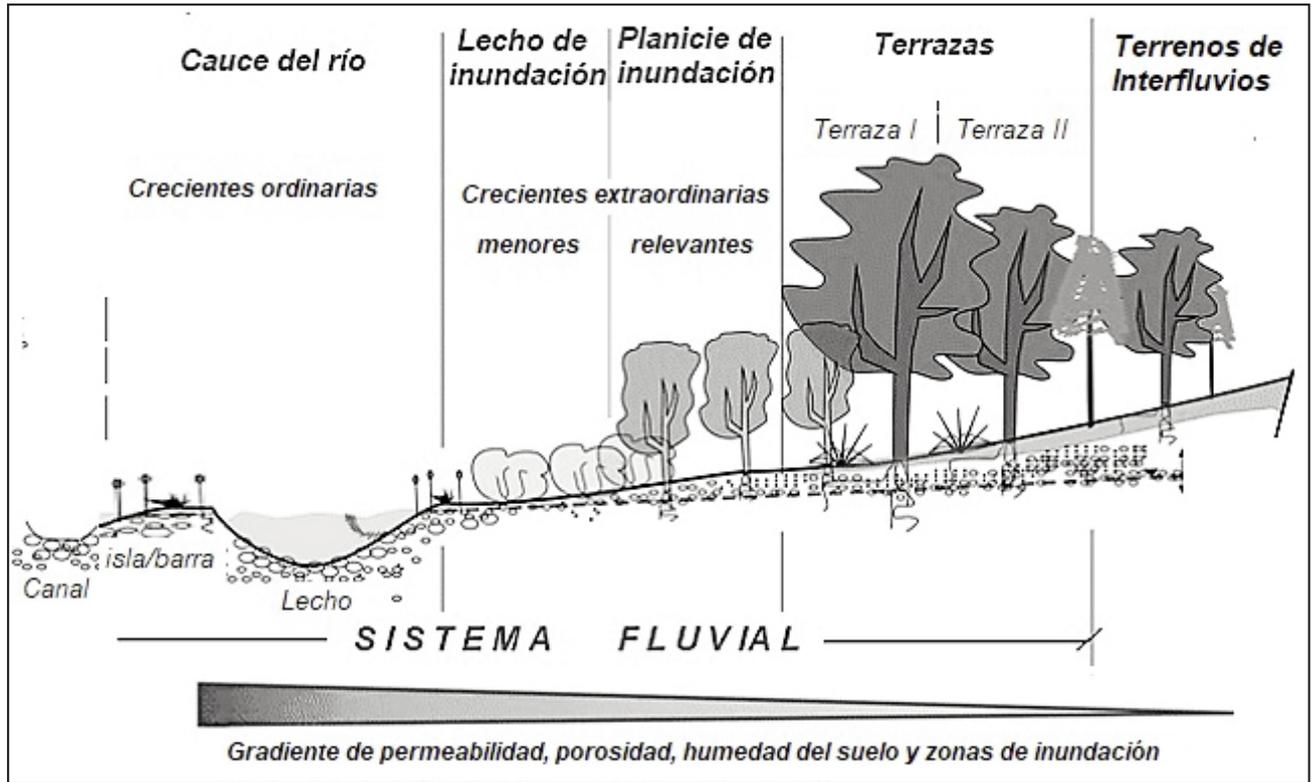


Figura 2. Sistema fluvial en donde se muestra las principales geoformas (modificado de Bertrand et al. 2012).

La extensión urbana-rural hacia el Oeste, avanzó sobre el borde del cono aluvial activo y los caudales importantes de las lluvias de los meses de enero a abril de 2014, reactivaron antiguos canales de descarga de la geoforma afectando las viviendas que se ubican sobre el borde austral de la misma (Cativa 2018).

La relación entre el uso del suelo y la dinámica fluvial de la geoforma, en el análisis multitemporal de las fotografías aéreas (año 1968) y las imágenes satelitales (años 2001, 2013 y 2016), evidencia que dichos canales se reactivaron al menos una vez en los últimos cincuenta años.

COLANA

En los colectores principales de los ríos que bajan de las cuencas torrenciales del borde occidental del Ambato y que atraviesan todo el nivel medio del piedemonte, hasta descargar sus caudales en las geoformas del nivel inferior (conos aluviales activos), su lecho mayor o de inundación se reactivaron al menos dos veces en cincuenta años, datos obtenidos del análisis de los sistemas de teledetección (fotos aéreas antiguas e imágenes satelitales). Las crecientes inundan dicha geoforma y alcanzan a socavar los bordes del talud de sus riberas, amenazando las actividades antrópicas que se instalan cerca de dicho umbral.

En el río Colana, en el tramo del Matadero Municipal y aguas abajo del mismo, hace cincuenta años el lecho mayor se encontraba activo, según fotos aéreas (año 1968), las imágenes satelitales desde el 2004 hasta el 2010 lo muestran estabilizado. Su reactivación se debe a los flujos de la creciente del mes de marzo de 2011 la cual inundó el lecho mayor y erosionó lateralmente el talud de los terrenos ribereños. Cativa (2018) verificó el estado de las instalaciones del Matadero e identificó otros tramos de los ríos Colana donde la erosión lateral de sus

riberas amenaza sectores de la trama urbana de dicha localidad (Figura 1).

Procesos similares, de reactivación del lecho mayor de inundación, han ocurrido en la mayoría de cursos de agua del piedemonte del Ambato, tales como los ríos Mutquín en el año 2003 (Segura 2016), Siján: 1939, 1958, 1972 en Barbeito et al (2016), Šaujil en 1990 y 2014, Colpes, San José de Flores y Mollecito en 1999, afectando a las localidades homónimas (Figura 1) todos ellas mencionados en Cativa (2018)

El modelo de piedemonte de la vertiente occidental de la sierra de Ambato, tiene un desarrollo variable de norte a sur, siendo el sector septentrional el más avanzado. La imagen de la Figura 3, representa un ejemplo de la zona de estudio donde se muestra los tres niveles de unidades morfoestratigráficas, el nivel superior corresponde a relictos de "paleoconos", sobre elevados por la reactivación del fallamiento principal del macizo de Ambato (Eremchuk 1984). El nivel medio corresponde a conos aluviales inactivos, cuyo ápice se introduce en el sistema serrano generando un patrón semejante a conos aluviales telescópicos y el nivel inferior, formado por conos aluviales activos yace en forma imbricada con el nivel anterior.

Las geoamenazas en este sistema pedemontano, se restringen a cambios de la dinámica fluvial, generados por las crecientes repentinas con recurrencias de una a dos veces cada cincuenta años y que inundan o afectan a las diferentes geoformas.

En los conos aluviales inactivos, es decir en las unidades morfoestratigráficas del nivel medio del piedemonte, las amenazas se circunscriben a los tramos de los ríos que se ubica entre los ápices topográfico e hidrológico (Figura 3) y se deben a crecientes que sobrepasan el calado del cauce de los ríos y superan las barras

fluviales del lecho mayor, produciendo en la mayoría de los casos, inundación de la geoforma y socavación o erosión lateral de las márgenes de los terrenos ribereños del curso de agua.

En los conos aluviales activos, que forman las unidades morfoestratigráficas del nivel inferior de piedemonte, las amenazas fluviales se generan por desborde o avulsión en la zona apical de las geoformas, sector de cambio de pendiente y descarga de los flujos torrenciales (ápice hidrológico, Figura 3). Dichos flujos pueden derramarse sobre la geoforma (caso de Siján) o reactivar canales antiguos de descarga (caso Pomán).

Vertiente oriental de la sierra de Ambato

Esta vertiente incumbe a las laderas consecuentes del macizo de Ambato, con gran desarrollo del sistema de drenaje, sus cuencas hidrológicas han generado una serie de colectores principales, como los ríos Ambato, El Tala - Ongolí, Río del Valle y Paclín o Santa Cruz, los cuales descargan sus aguas al valle central de Catamarca. En los últimos cuatro años las crecientes de dichos ríos, inundaron geoformas fluviales donde existe actividad antrópica del tipo urbana y rural, especialmente en las localidades El Rodeo, El Portezuelo, Santa Cruz y asentamientos ribereños de la ciudad de Catamarca. (Figura 1)

EL RODEO

La noche del 23 de enero de 2014 (al igual que en Siján) una creciente extraordinaria del río Ambato afectó varias geoformas fluviales y terrenos laterales del cono aluvial del Rodeo, sobre la margen derecha del río Ambato, por donde se extiende la trama urbana de la villa El Rodeo (Eremchuk 2014, Barbeito et al. 2016). El análisis de dicha inundación se realizó por tramos.

Tramo Casa del Cura: Corresponde al sector más alejado de la villa El Rodeo, ubicado aguas arriba de dicha localidad.

El calado de la creciente superó las defensas del canal de crecida, fluyó por éste y se explayó por la terraza inferior de la margen derecha del río Ambato (Figura 4). La evidencia de la repetición de dicho evento, sobre esta geoforma, es dos veces en los últimos cincuenta años. Se registró una anterior, en el periodo estival del año 1999 (Barbeito et al. 2000), detectada en la escena satelital del año 2003 (Eremchuk 2014)

Tramo del Camping: Se ubica dentro del lecho mayor o de inundación del río Ambato, las fotos aéreas antiguas (año 1968), evidencian que en los últimos cincuenta años soportó cuatro inundaciones (Barbeito et al. 2000, Eremchuk 2014 y versión oral de Adán Villafañe), cuyos caudales superaron el umbral físico natural del cauce y fluyeron sobre la geoforma fluvial del lecho mayor. La creciente de enero de 2014, desbordó aguas arriba del Camping y además hubo una avulsión, tipo aluvión, sobre el meandro del ápice del cono aluvial, cuyos flujos se explayaron por dicha zona, alcanzando el establecimiento del Camping (Figura 4).

Tramo El Mástil: En este tramo, el río cruza la villa El Rodeo, la creciente desbordó en dos sectores, uno a la altura de la calle Belgrano (aguas abajo del puente de la Comisaría), correspondiente a terrenos de la margen derecha del lóbulo inactivo del cono aluvial del Rodeo, los flujos se encauzaron por dicha calle hasta alcanzar la zona del Mástil. No se encontraron registros históricos, ni tampoco evidencias en el análisis multitemporal de escenas satelitales y de fotos aéreas antiguas, la recurrencia del evento, para esta geoforma, fue estimada una vez en los últimos cincuenta años (Figura 4). El otro sector se localiza unos 70 m antes del puente del Mástil (calle 25 de Mayo o Las Hortensias), la característica de la avulsión fue de un aluvión, sobre una faja de terrenos semiactivos y sobre parte del lóbulo inactivo del cono aluvial.

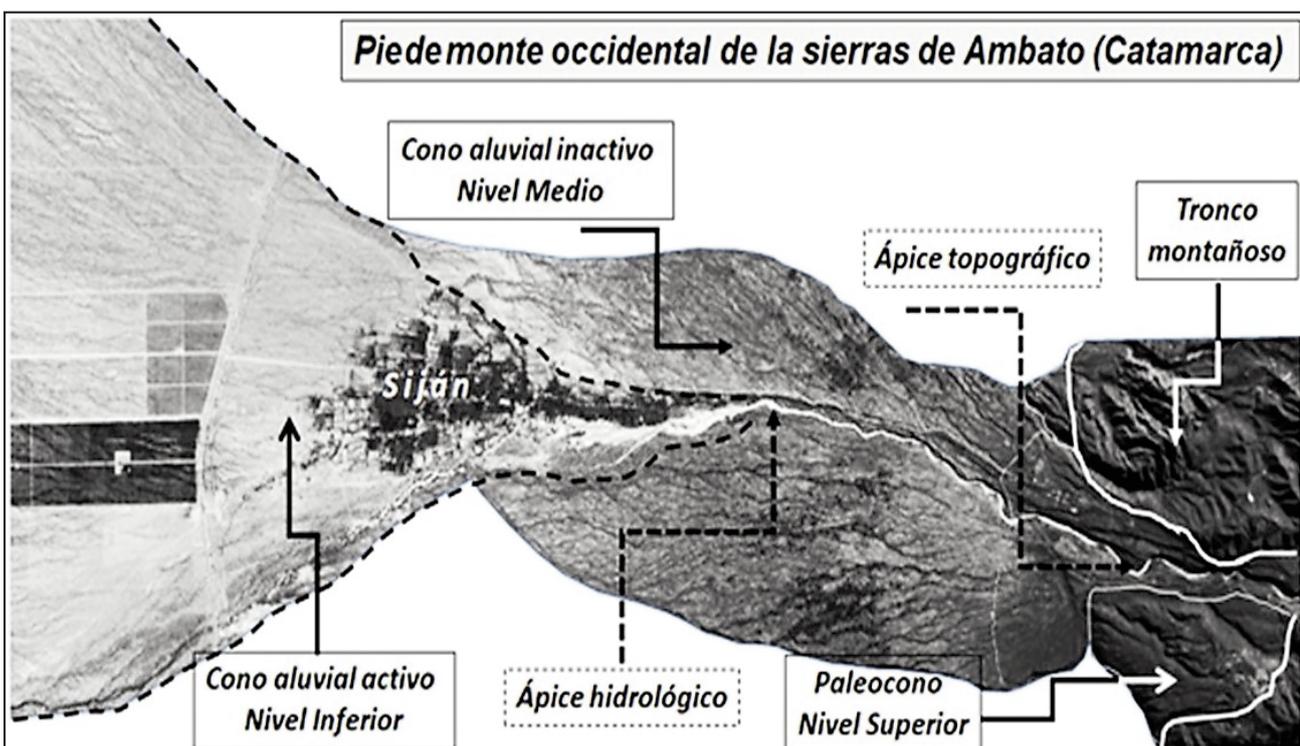


Figura 3. Modelo geomorfológico del piedemonte del borde oeste de las sierras de Ambato.

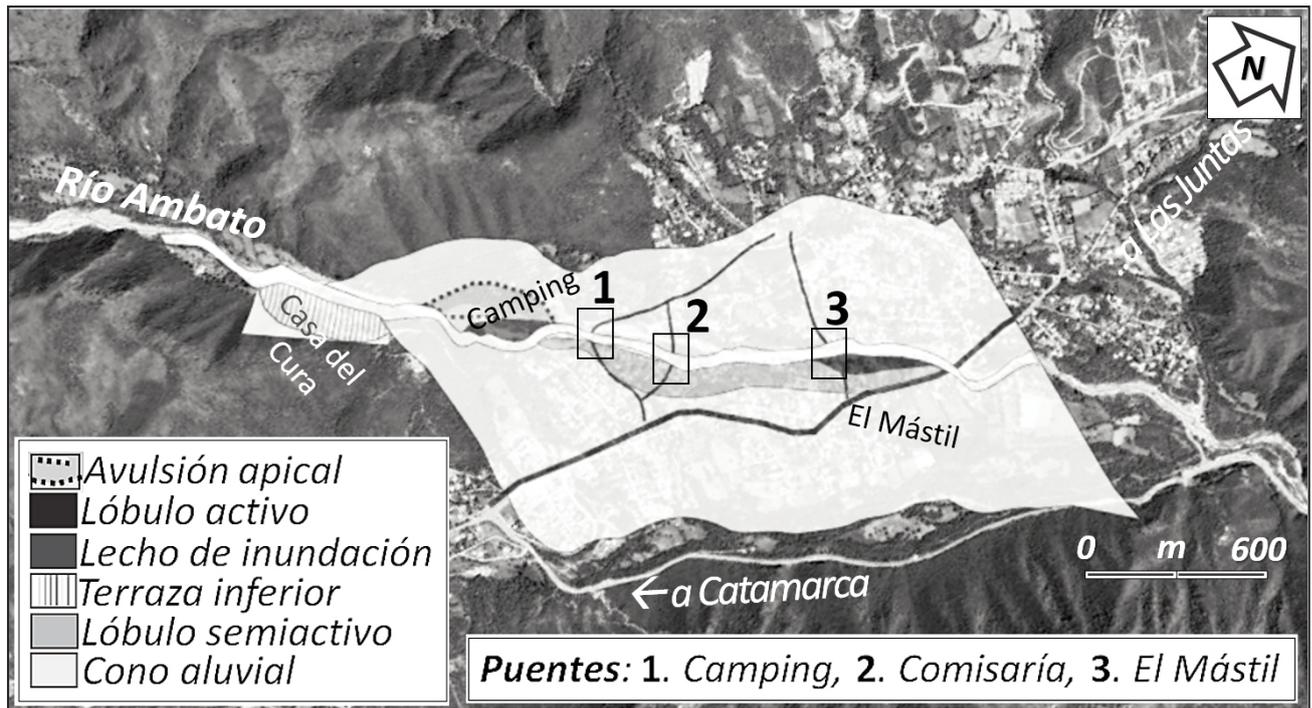


Figura 4. Zonificación geomorfológica del cono aluvial de la villa El Rodeo.

Se estima que el desplome del puente del Camping, calle Las Acacias, ocurrió unos veinte minutos posteriores a la avulsión del sector del Mástil, y las marcas de socavación vertical entre el Camping y el puente de la calle Las Dalias, hacen suponer, que en dicho tramo se encuentra el área fuente del aluvión que causó el desastre en viviendas y la pérdida de 13 vidas humanas. Las particularidades de este evento, fueron descritas por, un informe elaborado por el *Colegio de Geólogos de Catamarca (CGC - 2014)* y por *Imbar et al. (2016)*.

Tramo Hostería Villaña: Ubicada sobre la margen derecha, fue el punto final de los desbordamientos del cauce de los tramos anteriores, que se ubican aguas arriba de la Hostería (Figura 4). Sin embargo, la crecida que pasó por el puente de la calle Las Hortensias, al salir de este, erosionó la margen izquierda y el flujo generó una especie de meandro y redireccionó el aluvión hacia los fondos de la Hostería, que forman parte de la ribera del río. Eventos de menor magnitud sobre este tramo registran una repetición de cuatro veces en los últimos cincuenta años, *CGC (2014)*.

Valle de Catamarca

Las inundaciones de las geoformas en valle central, de los últimos cuatro años, se han centrado en localidades y parajes de Huaycama, Antapoca, El Portezuelo y Bajo Hondo.

Huaycama: La cuenca del río Paclín posee una forma alargada, en dirección aproximada norte-sur y su nacimiento en Loma Atravesada limita con la cuenca del río Balcozna. Desde este sector, el colector principal, recorre más de 70 km y desemboca en el valle central de Catamarca en forma de un gran abanico aluvial (Figura 5), como río Santa Cruz, pasando a ser tributario del Río del Valle. La descarga de los caudales de dicha cuenca, sobre el abanico aluvial, históricamente ha inundado el lóbulo activo de la geoforma generando amenazas fluviales sobre los parajes de Huaycama y Antapoca y muy especialmente el trazado

de la ruta provincial nº 33, que es la vía de comunicación con la provincia de Córdoba y el aeropuerto de Catamarca.

La crecida del año 1992, en donde la ciudad de Catamarca estuvo aislada más de 5 días del aeropuerto provincial, llevó al gobierno provincial a reorientar el curso de agua. El mismo fue desviado, desde el sector apical de la geoforma (punto 1 de la Figura 5) y canalizado por un paleocauce hasta la unión con el Río del Valle.

Los lóbulos inactivos, presentan una estabilidad por más de 100 años, estimación realizada por el análisis de la construcción de la traza del ferrocarril, durante los años 1919 a 1924 (*Eremchuk et al. 2017*), dicho trazado se realizó por el lóbulo del sector norte de la geoforma (Figura 5).

La última crecida del río, en marzo de 2017, desbordó las defensas del canal en el sector apical y aguas debajo de dicho sector, explayándose por el antiguo lóbulo activo del abanico aluvial, afectando sectores agrícolas, la ruta nº 33 y el asentamiento urbano-rural Antapoca, (puntos 1 y 2 de la Figura 5). Dada la magnitud de la crecida, la misma ocupó el lecho mayor del paleocauce y erosionó los estribos del puente sobre la ruta 33, aislando nuevamente a la ciudad de Catamarca del aeropuerto provincial. (punto 3 de la Figura 5)

El Portezuelo: Esta localidad está emplazada a 18 km al Este de la ciudad de Catamarca, sobre las márgenes del tramo inferior del río Paclín, pocos kilómetros antes de salir del ambiente serrano y explayarse en un gran abanico aluvial en el valle central de Catamarca. El asentamiento tiene características urbano-rurales y su población no supera los 600 habitantes permanentes (Figura 5). El análisis morfodinámico en los sistemas de Teledetección (fotografías aéreas del año 1968 e imágenes satelitales de los periodos 1984, 1992, 1997, 2000 y 2014 (*Eremchuk et al. 2017*) evidencia la siguiente dinámica fluvial del río Paclín en el tramo del Portezuelo:

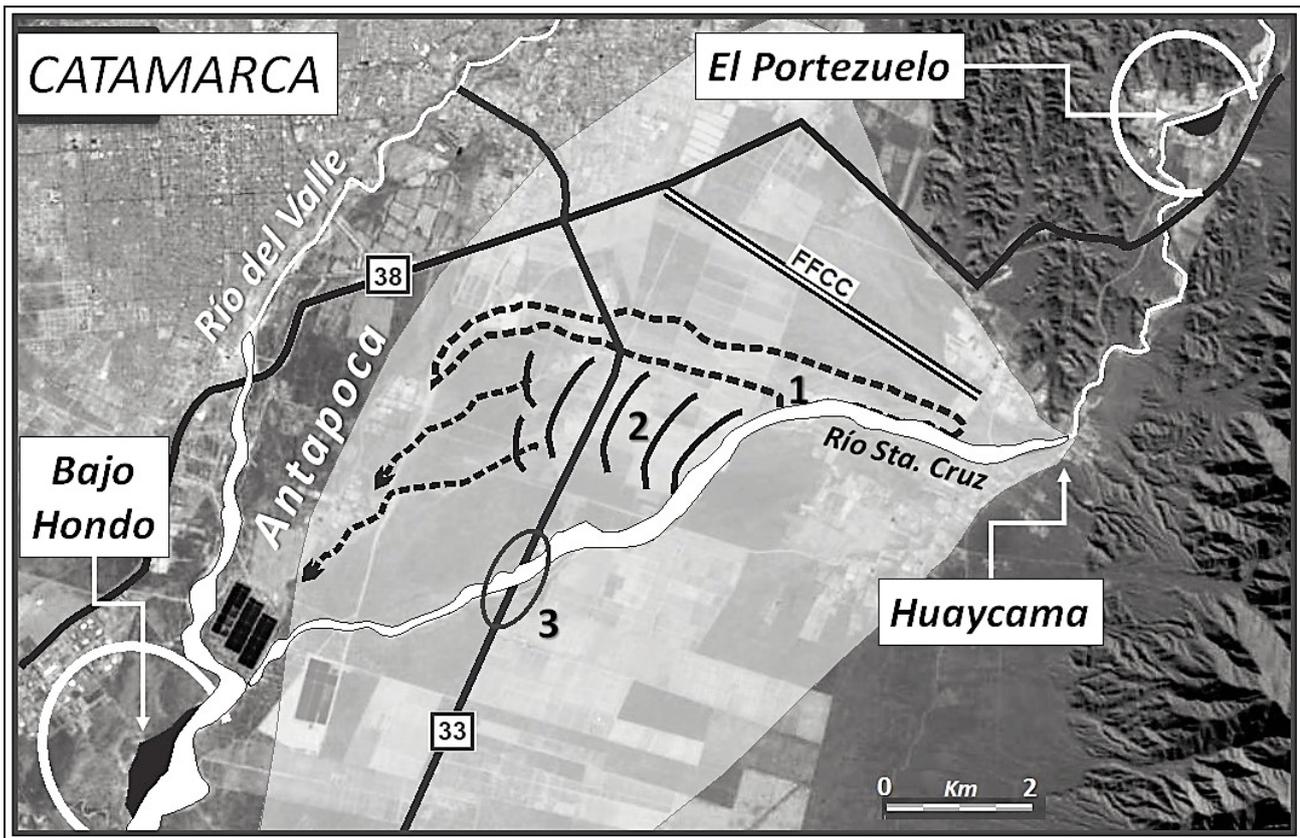


Figura 5. Abanico aluvial del río Santa Cruz, 1. Avulsión en el sector apical, 2. Desborde y de derrames laminares, 3. Puente de la ruta provincial nº 33.

Las crecientes importantes con ocurrencias, al menos, una vez cada 10 años, ocupan el espacio físico natural correspondiente al lecho mayor del río. Caudales repentinos de carácter extraordinarios registran inundaciones que se desplazan y superan la terraza inferior del río. Las evidencias de crecidas del avance del curso de agua sobre estos terrenos se registran en la imagen LANDSAT de febrero del año 1984 y flujos semejantes ocuparon espacios similares que se reconocen en las imágenes LANDSAT de marzo de 1992. Así mismo en las fotografías aéreas del año 1968, se observa la presencia de una antigua defensa, sobre la margen derecha, para evitar desborde del curso de agua sobre la terraza inferior.

Las crecientes del 29 y 30 de marzo 2017 cubrieron la totalidad de la terraza inferior, de ambos márgenes, y erosionaron lateralmente en forma considerable un sector del talud de la terraza superior sobre la margen izquierda del río Paclín. Los daños ocurridos de mayor envergadura corresponden a seis viviendas, cuatro de las cuales fueron afectadas por la erosión o socavación lateral de la margen izquierda de la terraza superior.

Las características de inundaciones como la del año 2017, sobre la geoforma de la terraza inferior de ambos márgenes, alcanza una repetición del evento dos veces en cincuenta años. Sin embargo, la margen derecha presentaría una frecuencia mayor, dada las evidencias de presencia de defensas en las escenas satelitales y las fotos aéreas analizadas (Eremchuk et al 2017).

Bajo Hondo: Corresponde a un asentamiento poblacional espontáneo, consolidado por el municipio de la ciudad de Catamarca con la creación de la Escuela nº 4 en el año 2011, se

ubica al sur del departamento Capital sobre la terraza de la margen derecha del río del Valle (Figura 5). Está constituido por unas 30 familias que viven con escasa infraestructura urbana.

Las lluvias ocurridas en las cuencas altas del río Paclín y del Valle, generaron crecientes el 29 y 30 de marzo de 2017. La suma de estas escorrentías extraordinarias que se juntan a 2000 m aguas arriba del asentamiento urbano, superaron los límites naturales del lecho mayor e inundaron la terraza inferior de la margen del río del Valle, anegando el sitio de Bajo Hondo.

La movilidad fluvial de los cauces de los ríos Santa Cruz y del Valle, observadas en las diferentes escenas multitemporal de los sistemas de teledetección (fotografías aéreas del año 1968 e imágenes satelitales de los años 1984 y 2017), muestran una dinámica del cauce sobre la margen izquierda del curso de agua y ausencia de avulsión del río sobre la terraza donde se ubica Bajo Hondo, (Ojeda et al. 2017), lo que indicaría que esta geoforma fue inundada una vez en los últimos cincuenta años.

Por otro lado, se debe señalar que los informes técnicos sobre riesgo de inundación del Consejo Federal de Inversión (Gioria 2006) y del Instituto Nacional del Agua (Burgos et al. 2015) muestran que la terraza inferior, donde se ubica el asentamiento, se encuentra entre las líneas de recurrencias de crecientes extraordinarias entre 100 y 500 años.

La ocurrencia de inundación de la terraza inferior, de una vez en cincuenta años, es coincidente con observaciones similares realizadas por Eremchuk et al. (2012) para la misma geoforma, aguas arriba, en el barrio Valle Hermoso y sobre la margen derecha del curso de agua del Río del Valle.

Vertiente oriental de las sierras de Ambato y Ancasti

Las estribaciones surorientales de las sierras de Ambato, compuesta por las cumbres, Potrerillo y Guayamba se integran al sector septentrional de la sierra de Ancasti (cumbres de Alijilán y Las Tunas). Los drenajes de estos cordones conforman la cuenca de hidrológica del río San Francisco, que vuelca sus aguas a la llanura tucumana.

RÍO SAN FRANCISCO

El colector principal de la cuenca es el río San Francisco, el cual, en su recorrido al salir a la zona de piedemonte se dirige con dirección nordeste hasta unirse con el río El Abra en el paraje Los Molles, en este trayecto delimita las provincias de Tucumán y Catamarca (Figura 1).

Las escorrentías del curso de agua, hasta las crecientes del año 2014, alcanzaban el paraje Santa Teresa, (coordenadas: 27°54'53.81"LS y 65°29'13.99" LO) a partir de allí, los caudales se insumían en una extensa planicie de inundación. Los posibles excedentes del drenaje superficial, fluían en derrames laminares, en esporádicas concentraciones sobre paleocauces intermitentes de la margen derecha de la planicie, cuyos flujos tendían a unirse al río El Abra.

Los documentos de los sistemas de teledetección, muestran que desde antes del año 1968 hasta el 2014, la planicie distal del río San Francisco se mantuvo inactiva. El estado de la vegetación natural de la unidad y la presencia de asentamientos rurales de subsistencia familiar, indicarían una estabilidad, muy próxima, a los 100 años (Figura 6, A).

Las crecientes de los años 2015 y 2016 sobrepasaron el paraje de Santa Teresa, explayándose e inundando la planicie distal y concentrando los caudales importantes a través de los paleocauces sobre la margen derecha de la planicie. Los flujos alcanzaron los parajes de Casa Santa, Cuchinoque y Puesto los Pérez, retomando en este lugar un "paleocauce" que termina uniéndose al río El Abra (Figura 6. B y C).

Las causas de la reactivación de esta unidad, se deberían a varios factores concurrentes: el aumento del régimen de precipitaciones en la zona, un salto climático en la cuenca alta, la modificación del uso del suelo natural a rural o urbano y la consolidación de los asentamientos rurales en la zona de la planicie distal. Estas son las diferentes variables que han favorecido a la escorrentía del río San Francisco a activar nuevamente la planicie distal; cuál de ellas es la más importante es aún incierto definirlo (Eremchuk et al. 2016).

BADÉN A LOS ORTICES

El paraje de referencia, es una zona de intensa actividad agrícola (sojera) y se encuentra fuera de la zona pedemontana y entre los interfluvios de los ríos El Abra y Ovanta. Se ha elegido este tramo para mostrar las inundaciones de geoformas generada por el río El Abra, ejemplo que puede ser extrapolados al recorrido de los otros cursos de aguas como el San Francisco y Ovanta.

El Badén se encuentra sobre el río El Abra y es paso del camino vecinal que conduce al paraje Los Ortices; luego de recorrer unos 1500 m hacia el norte de la localidad de Monte Redondo, sobre mano derecha se encuentra la entrada.

En este tramo, el río El Abra, inunda y erosiona diferentes geoformas fluviales, especialmente la terraza inferior, con la creciente del 2015 es la primera vez en cincuenta años que los caudales del río se explayan por dicha superficie. En la Figura 7 es posible observar la fuerte dinámica sobre el lecho de inundación, cortando meandros y erosionando los taludes de la terraza superior y los bordes de los terrenos ribereños de la planicie aluvial.

RÍO OVANTA

El campo de Barrera, que es una franja transversal con un 80% de vegetación natural de monte chaqueño (coordenadas de ubicación: 28° 0'2.46" LS y 65°20'28.98" LO), forma parte del paraje de Los Ortices. En las crecientes entre los años 2014 y 2017 ha funcionado como un sector de amortiguamiento de la escorrentía del río Ovanta.

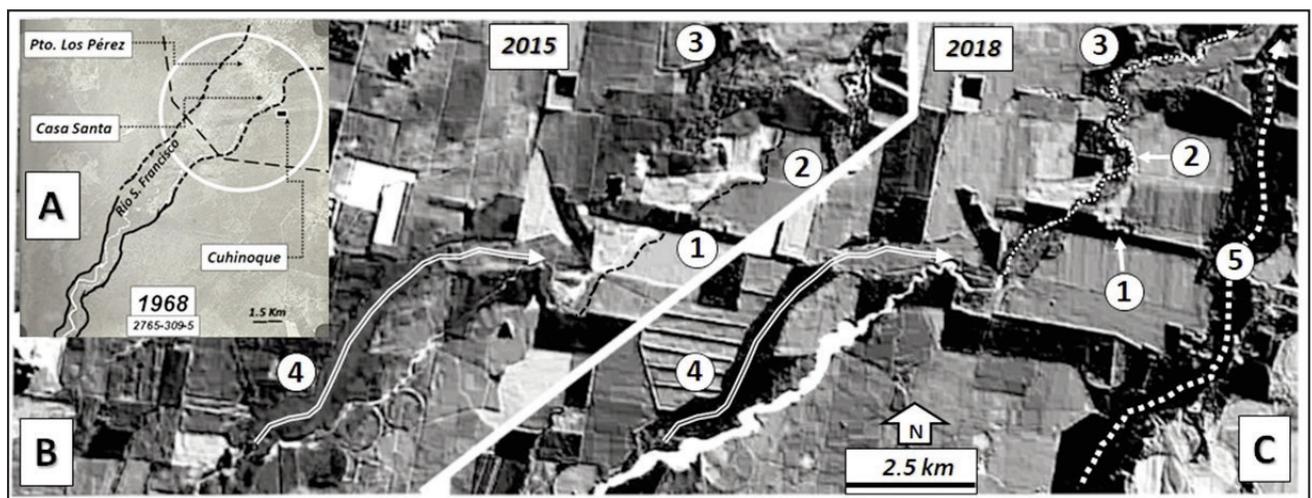


Figura 6. A. Diferentes escenas de imágenes que muestran la evolución del río San Francisco en su tramo de la cuenca media. A. Foto aérea 1968. B. Imagen post evento 2015. C. Escena satelital actual del curso de agua. 1. Cuchinoque. 2. Casa Santa. 3. Puesto Los Pérez. 4. Paleocauce del río San Francisco y 5. Río El Abra.

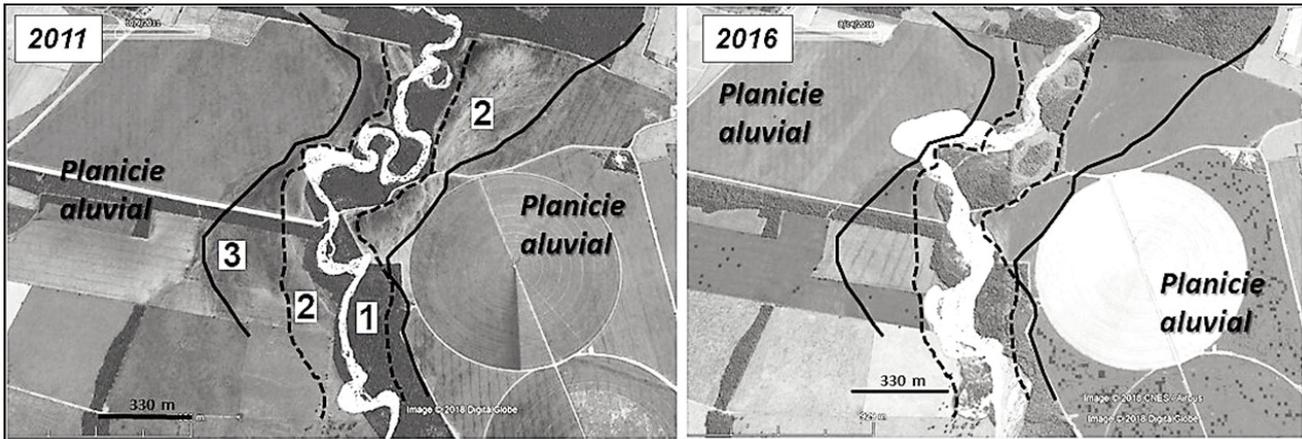


Figura 7. Río El Abra, badén sur a Los Ortices. Las escenas satelitales entre los años 2011 y 2016, muestra la dinámica fluvial de la creciente de abril del año 2015, las cuales inundan y erosiona las geofomas del “lecho de inundación” (1) y las “terrazas inferior y superior” (2 y 3) de ambas márgenes.

El análisis fluvial de este curso de agua, a partir de la observación multitemporal de los documentos de los sistemas de teledetección, muestran una evolución desde su antigua área de insumisión, unos 1600 m aguas abajo del puente de Bañado de Ovanta, sobre ruta provincial nº 64 (año 1968, tramo A de la Figura 8), hasta el año 2003 el sector donde se insumía, en el paraje de la finca Delotte (tramo B de la Figura 8). A partir de la creciente del año 2015 los flujos se explayaron en dirección noroeste generando un nuevo curso de agua, hasta el paraje La Zanja (tramos C y D de la Figura 8).

Los caudales de la creciente del 2015 y las de los años siguientes, alcanzan el campo de Barrera, sin deforestar, en forma de explayamientos, dejan parte del material detrítico fino y al salir de dichos terrenos, se reencauzan por una antigua vaguada con descarga al río El Abra, en el paraje La Zanja.

El fuerte impacto sobre la actividad agrícola, obligó la canalización del tramo C (Figura 8) y a la realización de bermas artificiales (geotextil) para el desagüe de los flujos sobre el río El Abra en el tramo D (Figura 8).

Este evento no tiene antecedentes, las distintas crecientes generaron un derrame axial en forma de explayamiento, hacia

el paraje La Zanja, avanzando sobre campos cultivados, hasta alcanzar el drenaje de una vaguada que descarga en el río El Abra.

Si se tiene en cuenta que la máxima pendiente de los escurrimientos superficiales de la zona, debería haber tomado los declives del terreno (línea 2, Figura 8), es posible que se esté en presencia de un trasvasamiento de cuenca. *Eremchuk et al. (2016)* estima que el manejo del curso de agua por los agricultores y los importantes volúmenes de caudales del río, han contribuido a generar estos derrames axiales.

BAÑADO DE OVANTA

La localidad de Bañado de Ovanta, ciudad cabecera del departamento Santa Rosa, con una población estable de 40156 habitantes, se localiza sobre la ruta nacional nº 64, es la ciudad cabecera y se encuentra en la región Noreste de la provincia de Catamarca. La trama urbana se desarrolla al Este del río Ovanta y sobre un relieve deprimido, en donde el principal problema de inundación, es el anegamiento de barrios de la ciudad debido a los excedentes hídricos de los suelos agrícolas ubicados al sureste de la ciudad.

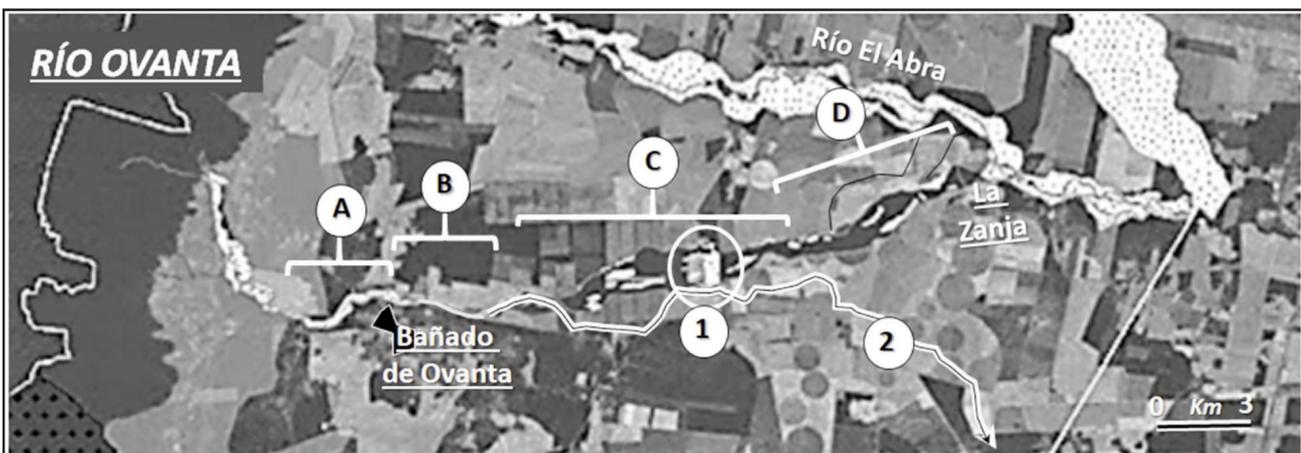


Figura 8. Zonificación del río Ovanta. Tramos activos del curso de agua: A. Hasta el año 2005. B. Hasta el año 2009. C y D. Explayamientos 2015 al 2017. 1. Campo de Barrera. 2. Línea de máxima pendiente regional de flujos pluviales o de excedentes hídricos.

La zona deprimida de la localidad no posee antecedentes de inundaciones fluviales. En los últimos cincuenta años, no se han encontrado evidencias de campo, ni fotogeológicas, anteriores a este tiempo, en donde se demuestre que las crecidas extraordinarias del río Ovanta superaron la margen derecha de la "terrazza inferior" sobre los terrenos ribereños, excepto la creciente del año 2015 que por degradación del talud en el badén del paraje de Ovanta (Coordenadas: 28°07'51.85" LS y 65°19'19.42" LO), se genera una avulsión y los flujos fueron conducidos por el camino vecinal hacia la población de Bañado de Ovanta.

A este fenómeno, se le sumaron el taponamiento del puente de la ruta nº 64 y la escorrentía de los excedentes hídricos de los suelos agrícolas, que contribuyeron a un anegamiento importante de la localidad, que en algunos barrios superó el 1.30 m de altura (Eremchuk et al. 2016).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los procedimientos aplicados, análisis geomorfológico y el uso multitemporal de los sistemas de teledetección, forman parte del método hidrológico, para conocer la magnitud de los caudales, zonas inundables y la recurrencia de las crecientes.

En el presente trabajo, esta metodología se la empleó en forma independiente, teniendo en cuenta que los resultados de los procedimientos clásicos, los cuales no alcanzan a satisfacer las necesidades preventivas para el uso del suelo urbano o rural. La carencia de datos de precipitaciones y de caudales en las cuencas hídricas, inducen a resultados pocos confiables, así lo expresan los autores de los informes técnicos del Instituto Nacional del Agua.

Los estudios fotogeológicos, de carácter multitemporal de fotos aéreas e imágenes satelitales, relacionados a la evaluación de la dinámica espacio-temporal, en función de las evidencias gráficas que alcanzan la extensión de los flujos de agua durante las inundaciones, permitieron definir el comportamiento de las unidades geomorfológicas en la dinámica fluvial del sistema hidrológico de las sierras de Ambato, demostrando que parte de los asentamientos urbanos y rurales se encuentran sobre geoformas fluviales amenazadas por inundaciones repentinas, con repetición de uno o más eventos en los últimos cincuenta años.

Por otro lado, la síntesis de los registros históricos demuestra que las inundaciones no sobrepasan el calado potencial de las terrazas superiores o de las márgenes del talud de los conos aluviales inactivos del nivel medio del piedemonte y en los conos o abanicos aluviales activos las zonas de inundación son recurrentes en los sectores del ápice hidrológico de las geoformas y sobre los lóbulos activos y semiactivos.

La excepción de estas consideraciones son las geoformas de la llanura del departamento Santa Rosa, en donde las inundaciones de los últimos cuatro años, reactivaron planicies distales o generaron explayamientos sobre unidades geomórficas inactivas durante periodos mayores a los cincuenta años.

Se puede concluir, que algunas de las máximas crecientes ordinarias superan el umbral físico natural del cauce o lecho menor y tienden a ocupar el lecho mayor o de inundación de los ríos y los lóbulos semiactivos de los conos aluviales. Las características de estos terrenos, formados por barras fluviales, es la baja altura de su talud ($\sim \leq 1$ m) que limita con el cauce y poseen una escasa colonización vegetal, lo cual demuestra su grado de actividad hidrológica temporal.

Las crecientes extraordinarias con repetición de hasta dos veces en los últimos cincuenta años inundan geoformas correspondientes a la terraza inferior y pueden generar avulsión en tramos de meandros o en la zona apical de los conos aluviales, por otro lado, suelen reactivar paleocauces de terrenos ribereños y lóbulos semiactivos de los conos aluviales.

Las crecientes extraordinarias, acontecidas en estos años en el departamento Santa Rosa, que se estiman en una recurrencia probable igual o mayor a los 100 años, han reactivado las geoformas estables de la cuenca media y baja del río San Francisco, identificadas como planicies distales y explayamientos axiales. Aún no se conocen las causas de esta reactivación, si se debe al aumento del régimen de precipitaciones a partir de los años 70 (Comba 2017 y Lestusi 2018) o por la intensidad de las mismas asociado al uso de suelo agrícola de la zona.

Estas consideraciones implican que para el uso antrópico (urbano o rural) de diferentes espacios fluviales, es imprescindible la planificación de los asentamientos y la implementación de obras civiles de protección en forma previa al aprovechamiento de dichos terrenos, especialmente aquellas geoformas con evidencias de ocurrencias de inundación, al menos, una vez en los últimos cincuenta años.

Las restricciones al uso de estos espacios ribereños con evidencias témpora-espacial de las inundaciones, sería posible a partir de la aplicación del principio precautorio de la Ley General del Ambiente (Art. 4. Ley Nº 25.675), medida necesaria para evitar las pérdidas materiales y de vidas humanas, ante la falta de prevención y planificación de los organismos públicos.

Finalmente, a pesar que las condiciones climáticas hacia el oeste de la dorsal climática que forman las sierras de Aconquija-Ambato-Ancasti son de mayor aridez, se aconseja extrapolar estos resultados en forma preventiva a todos los núcleos o asentamientos urbanos y rurales que se ubican en el ámbito de las Sierra Pampeanas y borde oriental del Sistema de Famatina de la provincia de Catamarca, hasta tanto se cuente con estudios hidrológicos adecuados para la planificación del uso del suelo.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto "Cartografía geoambiental de áreas urbanas de la provincia de Catamarca", del Dpto. de Geología, financiado por la Universidad Nacional de Catamarca. Al mismo tiempo se agradece al Dr. Ricardo Mon y a Miriam Cisternas por la lectura crítica del trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BARBEITO O., RUIBAL C., LOBOS M. 2000.
Informe de la situación de amenaza de El Rodeo.
Informe inédito solicitado por la municipalidad del Rodeo.
- BARBEITO O., AMBROSINO S., RYDZEWSKIA A. 2016.
Peligrosidad en conos aluviales, caso Siján, provincia de Catamarca.
Libro de Actas de las XI Jornadas Nacionales de Geografía Física. ISBN 978 987-661-216-6.

- BERTRAND G., GOLDSCHIEDER N., GOBAT J.M., HUNKELER D. 2012
Review: From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems.
in Hydrogeology Journal 20 (1) · February 2011 DOI: 10.1007/s10040-011-0791-5
- BURGOS V. H., LÓPEZ P., MAZA J. SALCEDO A., BONILLA J., CARTAGENA A. 2015.
Delimitación de áreas de riesgo hídrico ocasionadas por crecidas de los ríos El Tala y Paclín - Catamarca.
Informe Técnico n° 164 CRA. Instituto Nacional del Agua (INA).
- CAMILLONI I. Y BARROS V. 2016.
La Argentina y el cambio climático, de la física a la política.
Libro, páginas: 286 - Editorial: EUDEBA Colección Ciencia Activa, ISBN 9789502326559
- CANO GUILLERMO 1988.
Estudio sobre línea de ribera. Informe final, 390 pág.
Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires.
- CARO R. E. 2006.
Escritos económicos.
Cátedra de Doctrinas sociales y Económicas UNCA ISBN 950-746-104-3, 306 Pág. Segunda Edición.
- CATIVA S. 2018.
Geología e identificación de geoamenazas hídricas entre las localidades de Villa de Pomán y Rincón, Dpto. Pomán, provincia Catamarca
Seminario (inédito) Facultad de Tecnología y Cs. Apl. UNCA
- CISTERNAS M., VERGARA T., NIETO R., EREMCHUK J., MUSURUANA A., ACHA E. 2017.
La dinámica del río Siján, vinculada al aluvión de 23/enero/2014 Dpto. Pomán. Catamarca.
XX Congreso Geológico Argentino. Riesgo geológico y geología ambiental y urbana Sesión Técnica 15. 18-21.
- COLEGIO DE GEÓLOGOS DE CATAMARCA. 2014.
Causas del desastre. (Síntesis) El Rodeo, Ambato, provincia de Catamarca.
Informe inédito 20pp.
- COMBA ANÍBAL 2017.
Anexo 1, Registros de Lluvias. Problemática del área sur de Tucumán, este de Catamarca y Río Hondo.
Documento síntesis. Dirección de Recursos Hídricos, Provincia de Tucumán.
- EREMCHUK J. 2014.
Evidencias Geológicas y Geoamenazas Hídricas en la villa El rodeo, Dpto. Ambato, Catamarca.
Producción Científica de la Facultad de Tecnología III-ISBN: 978-987-661-186-2 pág 73-82
- EREMCHUK J. CISTERNAS M. Y COSTELLO M. 2016.
Determinación de Áreas Inundables de las Localidades Ubicadas en la Cuencas de los Ríos El Abra, San Francisco, Ovanta y Las Cañas del Este Catamarqueño, Provincia de Catamarca.
Informe técnico II-V-320pag. Colegio de Geólogos de Catamarca para la Subsecretaría de Recursos Hídricos Catamarca.
- EREMCHUK J., SUIRO A., AREVALO V., Y PARACHE L. 2017
Geoamenazas hídricas de la localidad El Portezuelo (Catamarca - Argentina)
Revista de Tecnología y Ciencias Aplicadas - ISSN 2525-2097 - Vol. 2 - N° 1, 12-16.
- EREMCHUK J., Y MUSURUANA A. 2012.
El uso de imágenes multitemporales en la dinámica fluvial del Río del Valle. Catamarca - Argentina.
Producción Científica de la Facultad de Tecnología III-ISBN: 978-987-661-116-9 pág. 245-249
- EREMCHUK, J.E. 1984.
Fracturas del borde occidental de las sierras de Ambato-Manchao, provincia de Catamarca.
9º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 362-367, S.C. Bariloche.
- GIORIA R. 2006.
Estudio de la línea de ribera y conexas en el río del Valle, provincia de Catamarca.
Consejo Federal de Inversiones (CFI) Informe final 107 Pág. Bs. As.
- INBAR M. COSTELLO J., EREMCHUK J. 2016.
Megaboulder transport in flash floods- case studies in the Jordan river (Israel) and Ambato river (Catamarca, Argentina).
VII Congreso Latinoamericano de Sedimentología y XV Reunión Argentina de Sedimentología. Libro de Resúmenes Pág. 98. ISBN 978-987-42-2083-7 Asociación Argentina de Sedimentología.
- LAFLEUR A. E. 1981.
Geología de las unidades sedimentarias en el Este del Salar de Pipanaco, provincia de Catamarca.
Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídrica (INCYTH) Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Buenos Aires.
- LETUSSI MATÍAS 2018.
Método de tratamiento de modelos de elevación para el análisis de escorrentía superficial en planicies agrícolas - Monte Redondo, Departamento Santa Rosa, provincia de Catamarca.
Indito: Seminario, pág. 132. Departamento de Geología, Universidad Nacional de Catamarca.

- LEY 26994. 2014
Código Civil y Comercial de la Nación.
Honorable Congreso de La Nación Argentina. Boletín Oficial del 08-10-14. Número 32985. Pág. 1.
- MAZA J. A. LOPEZ P. BURGOS V., 2012.
Delimitación de áreas de riesgo hídrico en El Rodeo, Dpto. Ambato - Catamarca.
Informe final IT n° 145-CRA, 117 pág. Convenio INA-Gobierno de Catamarca.
- OJEDA J. SUEIRO A. PARACHE L. Y REARTE R. 2017
Causas de la inundación en el asentamiento urbano de Bajo Hondo (Catamarca - Argentina)
Revista de Tecnología y Ciencias Aplicadas - ISSN 2525-2097 - Vol. 2 - N° 1, 06-11.
- OLLERO OJEDA A., 2014.
Guía Metodológica Sobre Buenas Prácticas en Gestión de Inundaciones.
Proyecto Sud'eau2 del Programa de Cooperación Territorial del Espacio Sudoeste Europeo. 137 Pág. ISBN 978-84-606-8807-5.
- SEGURA L. 2016.
Aluviones en cuencas hidrográficas del Tramo austral / occidental de las sierras de Ambato. Provincia de Catamarca, Argentina.
Libro de Actas de las XI Jornadas Nacionales de Geografía Física. ISBN 978 987-661-216-6.