

GEOMORFOLOGIA EN LA DETECCIÓN, EVALUACION Y MITIGACION DE LA PELIGROSIDAD EN CONOS ALUVIALES. CASO EL RODEO. PROVINCIA DE CATAMARCA

Osvaldo Barbeito, Silvio Ambrosino y Ana, L. Rydzewski

Instituto Nacional de Agua. Centro de Investigación de la región semiárida, (INA- CIRSA), CONICET
Facultad de Filosofía y Humanidades (FFYH UNC), Departamento de Geografía (UNC). Casa Verde, Ciudad Universitaria
E-mail: chicheski@gmail.com.

RESUMEN

La localidad de Rodeo se ubica en el piedemonte de la vertiente oriental tendida de la sierra de Ambato – Manchao, sobre un cono aluvial activo.

El 23/01/2014 ocurrió una creciente repentina de carácter aluvional, que causó 14 víctimas fatales y daños en infraestructura, tomando desprevenidos tanto a los pobladores como a los organismos encargados de la Defensa Civil.

En base a ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar y zonificar la peligrosidad ante crecientes repentinas/aluviones en la localidad, a partir del criterio geomorfológico e histórico, aplicando técnicas de teledetección y fotointerpretación.

Se determinó y analizó: Las condiciones geomorfológicas de la localidad y su entorno, tendencia del sistema a la generación de crecientes repentinas, procesos morfodinámicos y su relación con la carga detrítica de la red de drenaje. Con los resultados obtenidos se confeccionó cartografía temática de zonificación de amenaza categorizada en alta, media y baja según los siguientes criterios: geoformas fluviales vinculadas al frente de montaña, geoformas locales o paleo canales sin conexión hidrológica actual con el frente de montaña y sectores afectados por escorrentías locales de aporte pluvial, respectivamente.

Los resultados obtenidos constituyen una base de información primordial para implementar acciones de mitigación, control, prevención y planificación territorial.

ABSTRACT

Rodeo is small town located at the piedmont of the eastern hillside of the Sierra de Ambato-Manchao, on an active alluvial fan.

On 23rd of January 2014 a flash-flood occurred in this area and took local residents and organisms in charge of the Civil Defense unprepared for this event causing 14 fatal victims and all sort of infrastructure damages.

The objective of this work was to evaluate and mark areas of risk/ threat zones to flash-floods in the region applying geomorphological and historical criteria and using techniques of remote sensing and photointerpretation.

Several characteristics were determined and analyzed: The geomorphological conditions of the area and its surroundings, the tendency of the system to generate flash-floods, the morphodynamic processes and the relationship with the detrital load of the drainage system. With this results, thematic maps of threat zoning were categorized into high, medium and low threat according to the following criteria: river geoforms linked to the mountain front, local geoforms or paleo channels without current hydrological connection with the mountain front and sectors affected by local rainfall runoff, respectively.

The results constitute an important database necessary to implement actions of mitigation, control, prevention and territorial planning.

INTRODUCCIÓN

En la región montañosa de la Provincia de Catamarca las inundaciones repentinas constituyen la amenaza natural más significativa, condicionada por la baja permeabilidad del material

geológico de las cuencas de recepción, la fuerte energía del relieve, el escaso grado de protección hidrológica de la vegetación natural y por las condiciones climáticas, que establecen la concentración de las precipitaciones en periodo estival, que por efecto ortográfico, con frecuencia son localizadas e intensas

El 23/01/2014 ocurrió una creciente repentina de carácter aluvional en la localidad de Rodeo, que causo 14 víctimas fatales y daños importantes en infraestructura, tomando desprevenidos tanto a los pobladores como a los organismos encargados de la Defensa Civil ya que las precipitaciones ocurrieron solo en la cuenca alta.

No obstante, los patrones geomorfológicos identificables en imágenes satelitales y fotografías aéreas de fechas antecedentes, indicaban la actividad total o parcial del ámbito fluvial y su torrencialidad en el pasado reciente, hecho a la vez corroborado con datos históricos de crecidas excepcionales ocurridas en los años: 07/02/1947, 29/11/1965, 28/02/1970, 12/02/1975, 27/01/1990, 02/04/1992 y 08/03/1999.

En base a ello se desprende la necesidad de contar con información de base que permita adoptar medidas de mitigación y prevención. En tal sentido, el concepto de Amenaza o peligrosidad, refiere a la probabilidad de ocurrencia para un área determinada, de un fenómeno con consecuencias potencialmente destructoras. Concibiendo al riesgo como una condición latente, que capta la posibilidad de pérdidas hacia el futuro, a partir de la interacción amenaza - vulnerabilidad. Bajo esta perspectiva, un evento físico no puede causar un daño social si no hay elementos de la sociedad expuestos a sus efectos. De la misma manera hablar de la existencia de vulnerabilidad, es posible solamente en referencia a la presencia de una amenaza particular. (Lavell, A. 2001).

La zonificación de amenazas por crecientes repentinas se encuadra dentro de las estrategias de mitigación de los desastres naturales, orientada a obtener información de la naturaleza y dinámica del territorio considerando los aspectos geográficos físicos, geológicos, geomorfológicos generadores de amenaza para bienes y personas en situación actual y potencial. Permitiendo predecirlos y prevenirlos.

OBJETIVOS

Evaluar y zonificar la peligrosidad ante crecientes repentinas/aluviones de la localidad de Rodeo, para posibilitar la adopción de medidas de control, mitigación y prevención.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó el criterio geológico, geomorfológico e histórico mediante la aplicación de las técnicas de la fotointerpretación y teledetección, utilizando fotogramas a escala aproximada 1:8.000 del año 1968 e imágenes satelitales Landsat 8 y Quid Bird.

En base a ellas, se identificaron y analizaron unidades del terreno con énfasis en el aspecto hidrodinámico, considerando las formas fluviales y los distintos elementos que las componen. Los resultados obtenidos en las tareas de gabinete fueron verificados, en control de campo. A partir de entrevistas abiertas a pobladores locales se relevó información sobre crecientes históricas, según mecanismos, alcance, recurrencia de los eventos y procesos. Con los parámetros obtenidos se realizó cartografía temática (Esc 1:10.000).

RESULTADOS

Sistema hidrográfico

El río Ambato a nivel regional se incluye en el sistema hidrográfico endorreico del Río del Valle con nivel de base temporal en el embalse Las Pirquitas, a partir de allí, luego de un recorrido de 60 km. se expulsa e insume en Valle Central.

El área de recepción se desarrolla en la vertiente Oriental de la Sa. de Ambato y en menor medida en la Sa. Los Colorados. Está constituida por tres tributarios principales los ríos; Ambato, Los Nogales y Seco, que confluyen en el área urbana de la localidad del Rodeo a una

altitud de 1.448 m.s.n.m. Luego de un recorrido de 11 km el colector principal atraviesa la Sierra Los Colorados y se integra al río Del Valle.

La subcuenca del Río Ambato es la que presenta mayor potencial hidrológico, sus tributarios principales son los arroyos El Alto, Hondo, Rastrojitos, Marduqueo y los Paredones que desarrollan a altitudes comprendidas entre 4160 y 4550 m.s.n.m., abarcando una superficie total hasta su confluencia con el R. Los Nogales de 141.60 km².

Por su parte el R. Los Nogales nace a 3.688 m.s.n.m. abarcando una superficie 85,14 km² y el R. Seco a 2751 m.s.n.m., abarcando una superficie de 46.42 km².

La red de drenaje en su conjunto presenta un diseño dendrítico angular fuertemente controlado por el trazo de fallas y/o fracturas, destacándose el control que ejerce la falla asociada al levantamiento de la Sa. El Colorado (fig. 1).

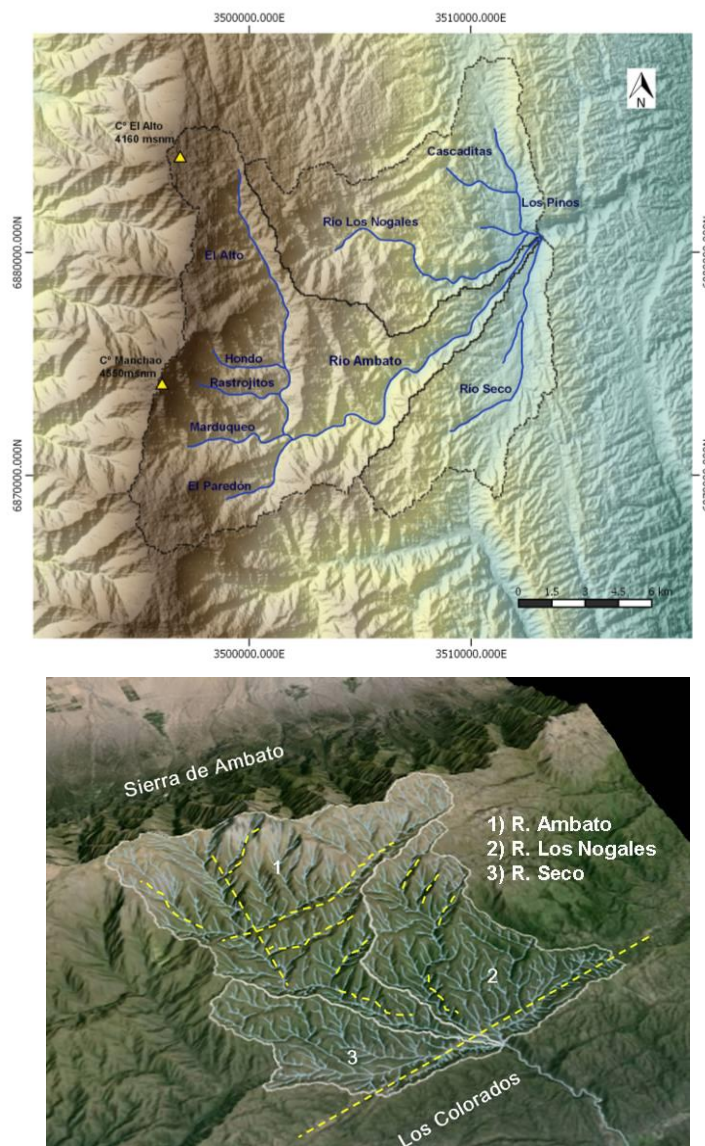


Figura 1.- Cuencas y tributarios principales que conforman el sistema hidrográfico.

Tendencia del sistema hidrográfico a la generación de crecientes repentinas

La tendencia del sistema a la generación de crecientes repentinas, está condicionada por la conjunción de factores de carácter permanente, entre los que se destacan la naturaleza geológica, el relieve, la vegetación natural. El factores transitorio y desencadenante es el clima de acuerdo a las características de las precipitaciones (tipo, intensidad distribución,

etc.). En base a ello en los apartados subsiguientes se caracterizan los condicionantes mencionados

Naturaleza geológica: el material geológico se compone en su mayor parte por un basamento cristalino antiguo en el que alternan rocas metamórficas e ígneas. Entre las primeras dominan migmatitas, filitas y esquistos y en la segunda, el granito es la roca exclusiva.

La masividad de las rocas cristalinas solo se ve interrumpida por diaclasado y fracturación, lo que define una baja permeabilidad secundaria.

Sobre el material rocoso por meteorización evolucionaron suelos someros de características diferenciales según el tipo litológico. En las rocas metamórficas, los suelos son pedregosos, de texturas medias, bajo contenido orgánico y alternante con porcentajes de roca desnuda menor al 20%, a diferencia de los desarrollados a partir de rocas graníticas que tienen texturas más gruesas y el porcentaje de roca desnuda supera holgadamente el 50%.

Completan el marco geológico rellenos coluvio-aluviales, aluviales y fluviotorrenciales (conos) y depósitos loésicos que se presentan como relictos de una antigua cubierta, sobre los que evolucionaron suelos profundos de texturas que varían de franco a franco arenosas y de texturas medias.

Relieve: El relieve se ajusta al estilo tectónico de las Sierras Pampeanas caracterizado por lineamientos de bloques de orientación meridional, elevados por fallamiento regional en forma fuerte hacia el oeste y basculados en forma más tendida, en dirección este.

Dos lineamientos orográficos definen el valle estructural en el que se emplaza la población: al oeste la Sierra de Ambato y al este, la Sierra del Colorado.

En la vertiente oriental de la Sierra de Ambato donde se organiza la mayor parte del sistema hidrográfico, las pendientes medias por (%) en la mayor extensión varían entre relieves muy escarpado (+ 75), escarpado (50-75), muy fuerte (35-50) y fuerte (20-35), (fig.2).

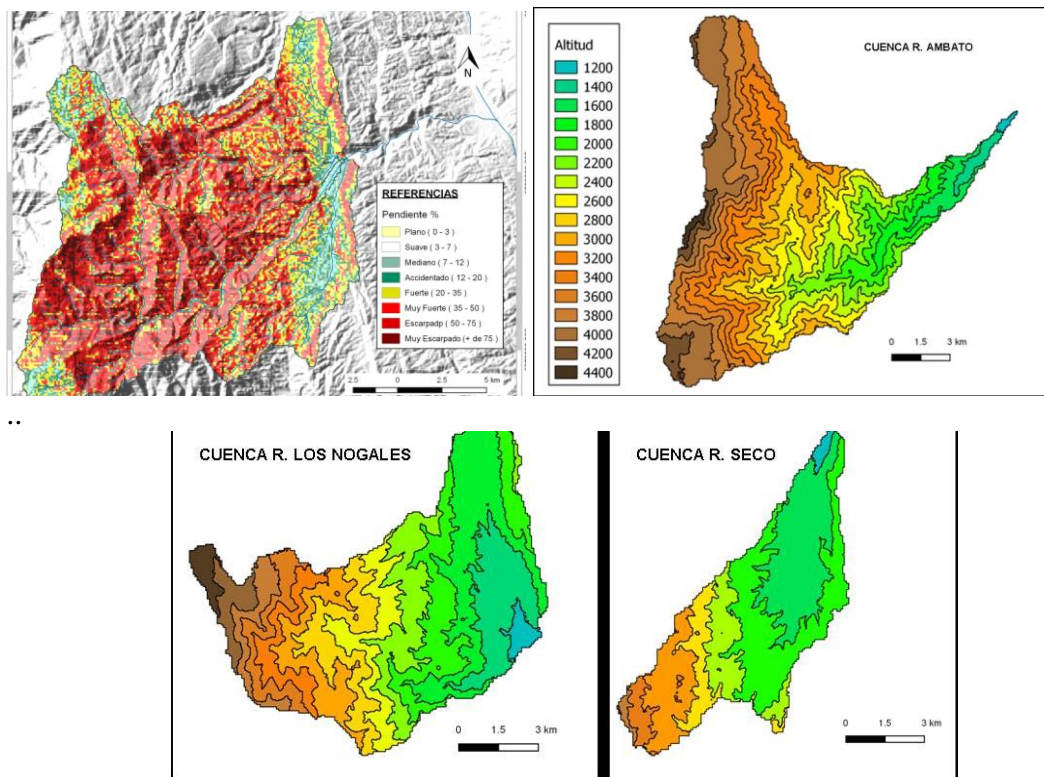


Figura 2.- Clasificación del relieve según pendientes (%). Mapas de frecuencia altitudinal de las subcuentas tributarias.

Sumado a esto la altitud tiene incidencia en la rigurosidad de las condiciones climáticas que favorecen la fragmentación y disgregación de las rocas por efecto del

congelamiento (crioclastía) y la acción de los procesos de remoción en masa (caídas, deslizamientos y flujos), a la vez que condiciona la distribución e intensidad de las precipitaciones por el efecto orográfico.

Del cálculo y análisis de los mapas de frecuencia de altitudes se desprende que en el caso de del río Ambato, el 50% del área total de la cuenca se desarrolla en altitudes superiores a los 2800 m.s.n.m. En cuanto al el intervalo de frecuencias que presenta mayor desarrollo areal corresponde a las alturas que van de 4000 a 4200 m.s.n.m.

En el caso de la cuenca de los ríos Nogales y Seco, tienen mayor desarrollo areal en altitudes inferiores a los 2000 m.s.n.m. En ambas el intervalo de frecuencias que presenta mayor desarrollo corresponde a las alturas que van de 1600 a 1800m., cuyos valores relativos respecto del área total de la cuencas son del 17,41% para los Nogales y 31,05% para el Seco. Conjuntamente con la energía del relieve las formas planimétricas de las cuencas guardan estrecha relación con la tendencia a la generación de las crecientes repentinas. Seguidamente se expresan los más significativos en la Tabla 1.

Tabla 1.- Parámetros Morfométricos

Cuenca	Área Km ²	Pendiente Media %	Densidad de drenaje	Coefficiente de torrencialidad	Coef. Compacidad Kc
Los Nogales	85,14	34,66	2,28	2,85	1,84
Ambato	141, 60	51,05	2,3	3,04	2,19
Arroyo Seco	46,42	31,26	2,29	3,08	2

El análisis de las formas planas y verticales en relación a la densidad de drenaje, Coeficiente de Torrencialidad e Índice de Compacidad, indica valores similares con una tendencia importante a generar crecidas repentinas en todos los casos, pero al analizar las áreas y las pendientes medias y su distribución areal en cada caso en particular, sumado a la distribución de las altitudes, se destaca claramente la mayor torrencialidad y tendencia a la generación de crecidas repentinas en el caso de la cuenca del río Ambato, seguida de la cuenca del río Los Nogales y en último término, la cuenca del río Seco.

Clima: El clima es de tipo continental con características de semiáridéz, la temperatura media es de 18° C, con inviernos secos y veranos cálidos, con precipitaciones escasas de intensidad, distribución espacial y duración dependientes del factor orográfico.

En la vertiente oriental del Ambato se comporta como un microclima más húmedo con un monto de precipitaciones del orden de los 700 mm anuales. Esto en respuesta a una mayor acción condensadora de las masas húmedas provenientes del Atlántico por efecto de la altura de la sierra.

En promedio para todas las localidades del departamento Ambato, el semestre húmedo abarca de Octubre a Marzo, y concentra el 87.42 %, de las precipitaciones. El semestre seco se extiende de Abril a Septiembre, y concentra solo el 12,58 % de las precipitaciones en promedio de las localidades. Palmieri, C. et al (2005).

El verano 1,4 veces más lluvioso que el resto del año, lo que marca la concentración netamente estival-otoñal de las precipitaciones.

Los procesos de origen convectivo y orográfico condicionados por la altitud del cordón, se caracterizan por la generación de lluvias localizadas, intensas y de corta duración.

Las tormentas de este origen se caracterizan por un enjambre de nubes convectivas o células, que tienen su propio ciclo según etapas: una etapa de desarrollo, una etapa de madurez y una etapa de disipación, abarcando el conjunto una duración aproximada de una

hora.

La mayor actividad tiene lugar durante las dos primeras etapas, que tienen una duración de unos 30 a 40 minutos. Después de este período activo la precipitación puede persistir, pero amainada en intensidad.

A medida que las corrientes descendentes de las células maduras se disipan, puede tener lugar la regeneración de una nueva célula activa, aunque la tormenta se encuentre en estado avanzado de extinción (M. Nicolini, CyM, 2009).

En el caso de la tormenta del 23/01/2014, si bien no se tiene registro de las precipitaciones en la cuenca alta del cordón Ambato-Manchao, dada la magnitud de las crecidas de los ríos Ambato (vertiente oriental) y Siján (vertiente occidental), sumado a la ausencia de crecientes en las cuencas vecinas, permiten inferir la ocurrencia de un fenómeno localizado con las características mencionadas, es decir de tipo convectivo con control orográfico que afecto con exclusividad las nacientes del río Ambato.



Figura 3.- Nacientes del Río Ambato .

Vegetación: La vegetación natural cumple un papel preponderante en el control de las crecidas actuando como interceptora de las precipitaciones a nivel superficial, y facilitando la infiltración y el sostén del suelo a nivel subterráneo, en una medida que es dependiente de su fisonomía y la densidad de cubierta.

Desde el punto de vista fitogeográfico para el sistema hidrológico en el que se incluye la población de El Rodeo, la cubierta de vegetación se encuadra dentro de la Provincia Chaqueña/Distrito Chaco Serrano, en partes interdigitado con elementos pertenecientes a la Provincia de Las Yungas/Distrito del Bosque Montano en las máximas alturas, se encuentran elementos de la Provincia Alto Andina

En función de las condiciones climáticas, altitud y orientación de las laderas, la vegetación se presenta en Pisos los cuales tienen una estructura y composición particular.

El Piso bosque serrano tiene desarrollo, desde los 1.250 m.s.n.m. en el valle en forma de relictos por efecto de la alteración, trepando por quebradas, hasta más 2.000 m.s.n.m., con mayor densidad en las laderas expuestas al sur (efecto umbría).

Por sobre los 1500-1600 hasta los 1800-2000 m.s.n.m., el bosque es reemplazado por un mosaico de arbustal-pastizal y por encima de los 2.000 m.s.n.m. se desarrolla el Piso de los Pastizales de Altura que en los máximos niveles se empobrece alternando con roca desnuda (Pcia. Alto Andina).

En el caso de los Pisos del arbustal-pastizal y los Pastizales de altura, la vegetación supeditada a la presencia de suelos, presenta una densidad que tiene relación directa con la litología. En las rocas metamórficas la cubierta de suelo es continua alternando con porcentajes de roca desnuda inferiores al 20%, a diferencia de las rocas ígneas tipo granito, donde la cubierta es discontinua alternando con porcentajes de roca desnuda superiores al 50%.

Esta particularidad influye en la relación infiltración-escorrentía, aumentando considerable la escorrentía en las áreas graníticas, situación que se da en la alta cuenca de recepción de los ríos Ambato (C° El Manchao).

Procesos morfodinámicos y su relación con la carga detrítica de la red de drenaje.

En la cuenca la neta predominancia de rocas cristalinas de carácter metamórfico e ígneo y los suelos superficiales y discontinuos derivados de su meteorización, condicionan la acción de procesos particulares.

En las laderas el escurrimiento elemental generado por los aportes pluviales, adopta la modalidad de mantiforme, en regueros o concentrado, causando erosión hídrica *laminar*, en *surcos* o *cárcavamiento* respectivamente. Estos procesos condicionados por la energía del relieve, la susceptibilidad de los suelos a la erosión y la vegetación de escaso grado de protección (cubierta herbácea discontinua de la alta cuenca), sumado a las condiciones climáticas, que involucran la ocurrencia de lluvias intensas, dentro del marco de la erosión geológica normal, son intensos y generalizados.

A lo largo de todo el recorrido del río Ambato la erosión de márgenes se evidencia, afectando taludes de derrubio o a los niveles de terraza, con mayor tendencia en las parte externas de las curvas que describe el curso (fig. 4).



Figura4.- Erosión de márgenes sobre nivel inferior de terraza. Río Ambato. Sobrevuelo del 01/02/2014.

La fuerte fragmentación de la roca por efecto del diaclasado y fracturación y la acción de la crioclastia o gelifración favorecida por las condiciones climáticas de alta montaña, sumado a la fuerte energía del relieve, determinan la prevalencia de las *caídas libres* instantáneas de cantos y bloques de diversos tamaños, que pasan a formar parte de la carga detrítica de la red de drenaje (desprendimientos y rodamientos).

Completando el marco de los procesos de remoción en masa son frecuentes en forma de deslizamientos de detritos, corrimientos y reptación en manto



Figura 5.- Izquierda deslizamientos. Derecha: a- reptación en manto b, corrimiento.

La reptación en manto y los corrimientos, si bien no significan un importante aporte directo de detritos a la red de drenaje, por el corto trayecto que se movilizan; predisponen a los materiales del terreno a la posterior acción de la erosión hídrica, y/o removilización en lluvias intensas, manifiesto en la carga detrítica que presentan los cursos fluviales.

Condiciones geomorfológicas de la localidad y su entorno

La posición en la que se emplaza la localidad del Rodeo, se corresponde con una depresión estructural asociada al fallamiento regional N - S implicado en el levantamiento de la sierra de Ambato al oeste y la sierra de El Colorado al este, que se ajusta al estilo tectónico de las Sierras Pampeanas.

La depresión del valle se encuentra rellena por depósitos pedemontanos antiguos y recientes de carácter fluviotorrencial, distribuidos en distintos niveles (antiguas bajadas aluviales), los que en partes soportan una cubierta reliéctica de carácter loésico. Completan el marco geológico sedimentos aluviales aterrazados ligados al aporte longitudinal de los principales cursos de aguas.

La geoforma dominante del valle se corresponde con el cono aluvial activo asociado al R. Ambato, sobre el que se emplaza gran parte de la población.

La formación de los abanicos responde a la fuerte acumulación detrítica que se produce cuando un cauce a la salida de la montaña por brusco cambio de pendiente, pierde capacidad de carga y competencia, mecanismo que no tiene una evolución progresiva en el tiempo, sino que se adapta bruscamente a cambios repentinos, luego de períodos de larga estabilidad.

El abanico abarca un área de 1,92. km² con un eje longitudinal de 3,29 km. y una pendiente de 4.71 %, con perfil longitudinal cóncavo y transversal convexo.

El material geológico se compone de la alternancia de depósitos gruesos poco clasificados de canales activos y depósitos más finos de gravas, arenas, limos ligados a los desbordes de estos. El conjunto presenta granulometría granodecreciente, desde el ápice del abanico al pie de la montaña en dirección a las partes media y distal.

A nivel de unidades hidrogeomorfológicas con implicancia en la dinámica y alcance de las inundaciones repentinas y procesos asociados se distinguen: el canal de incisión activo y terrazas de desbordes laterales de este y el lóbulo deposicional activo.

El canal de incisión corre por la parte media del abanico con rumbo SO-NE, con trazo de baja sinuosidad por una distancia de 2 km., con una inclinación promedio de 4,7 %. y perfil transversal en forma de trapezoidal de un ancho del orden de los 30 mts. y un encajamiento que disminuye progresivamente en el sentido del flujo.

La carga de fondo en respuesta a la alta competencia del flujo se compone de bloques de gran tamaño que varían de 5 m³ a más de 30 m³ (a de fig.6). La unidad incluye un canal de estiaje reducido en el periodo invernal y de actividad total en el estival ante crecidas ordinarias de recurrencia anual.

Por sectores por efecto de avulsión se ha generado un plano aterrazado que actúa como un nivel de desborde lateral en forma de explayamientos de alta capacidad de carga y competencia.

El nivel tiene desarrollo a ambas márgenes con mayor significación a margen izquierda en la zona del camping Municipal, donde la amplitud supera los 150 m. (b de fig.6) y a margen derecha la zona de la Hostería Villafañe en la margen derecha, donde se extiende hasta 90 mts. (c de fig.6).



Figura 6.-a: Carga de fondo b: nivel de terraza margen izq. Camping municipal .c Nivel de terraza margen derecha hostería Villafañe.

En la parte distal del abanico por intersección de la pendiente longitudinal del canal y del abanico, tiene lugar un lóbulo deposicional transitorio por paulatina pérdida de encajamiento del curso.

El carácter transicional está dado por cuanto no constituye un lóbulo final de canal de abanico típico, favorecida su formación por el retardo que ocasiona el estrechamiento de la quebrada de la Sierra El Colorado, por la que el río Ambato ingresa en dirección a la confluencia con el río Del Valle.

Este ambiente conjuntamente con los niveles de desborde lateral, representan los sitios que involucran el mayor grado de peligrosidad. El avance frontal de las ondas de crecida y la fuerte competencia del flujo implican un fuerte poder destructivo

Completan las geofomas un antiguo canal de incisión activo (fig.7) en la actualidad y canales no-funcionales, pero con fuerte potencial de activación ante crecientes extremas.

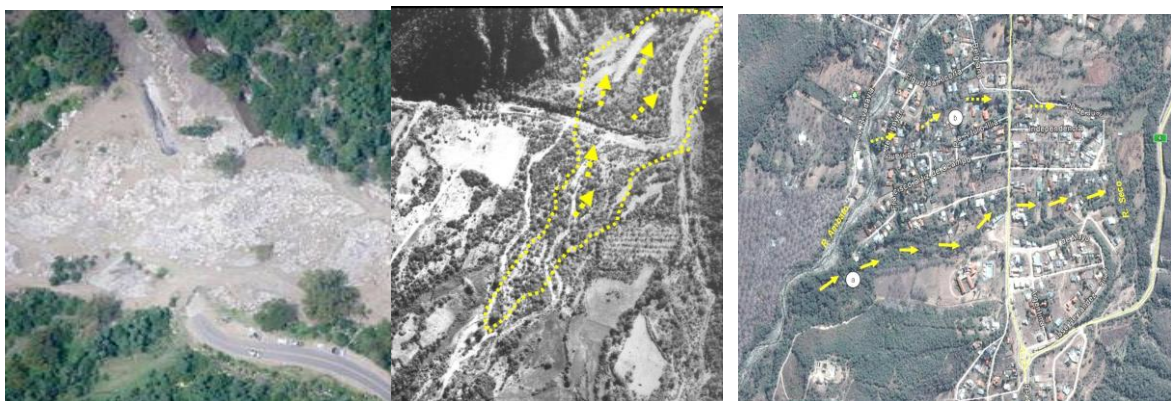


Figura 7.- Izq., central: Lóbulo deposicional activo del R. Ambato . Der. Canal de incisión antiguo activo en crecidas extremas.

A la salida de la depresión estructural el R. Ambato antes de atravesar la Sa. de Los Colorados, en el mismo sitio recibe por margen derecha al R. Seco y por izquierda al R. Los Nogales.

El río Seco ingresa al valle del Rodeo con dirección S-N fuertemente controlado por la falla asociada al levantamiento de la Sa. Los Colorados con la misma dirección y con fuerte disminución de la pendiente longitudinal, lo que ha favorecido la acumulación aluvial y la amplitud del valle aterrazado en tres niveles: superior antiguo, medio e inferior reciente.

Las crecidas tienen un carácter menos torrencial y un desarrollo lateral más significativo, adoptando la hidrodinámica las típicas características típicas de los cauces fluviales. El nivel inferior se activa en forma total en crecidas extremas y el medio en forma parcial.

Por su parte el R. Los Nogales corre por la depresión definida al norte, por el borde izquierdo del abanico del río Ambato y al sur, por los niveles pedemontanos asociados a la sierra homónima.

A diferencia del río Ambato el encajamiento del cauce por efecto del control que ejerce dicha depresión y un menor aporte detrítico derivado de la cuenca de recepción, a limitado lateralmente la formación de un típico abanico (fig.8).

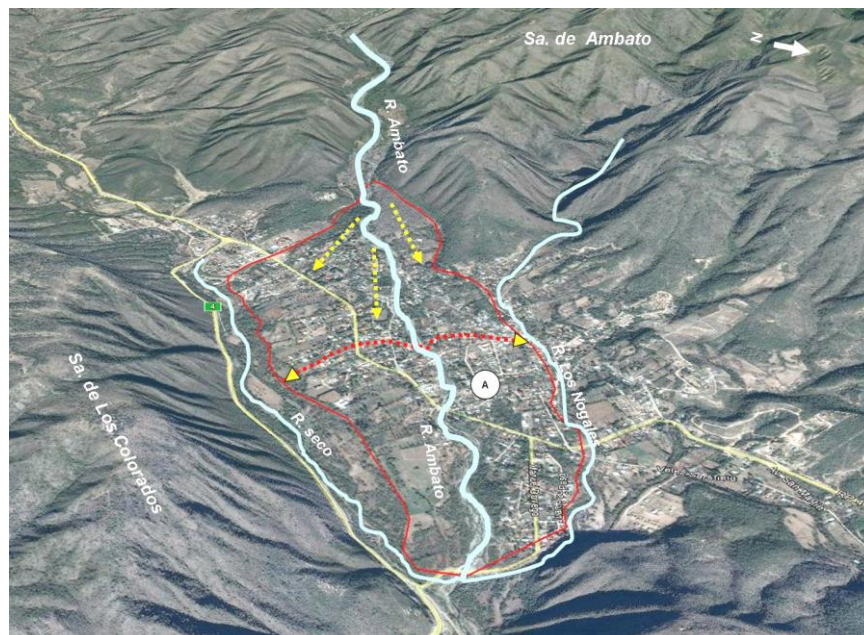


Figura 8- Izq. Valle estructural en donde se emplaza la población de El Rodeo. (A) abanico R. Ambato.

Esto define un comportamiento hidrodinámico diferencial sin posibles cambios en las direcciones de flujo por efecto de avulsión en la mayor parte de su recorrido en la zona urbana, a excepción de su tramo final, donde tiene lugar un lóbulo deposicional que se integra al generado por el río Ambato.

Por efecto del levantamiento de la sierra y/o cambios climáticos, la faja fluvial presenta tres niveles principales de terrazas: un nivel superior antiguo, un nivel medio y un nivel inferior reciente.

Zonificación de la amenaza y su relación con las condiciones geomorfológicas

La zonificación de la amenaza realizada se basa en las condiciones geomorfológicas, no considerando la recurrencia de los eventos, ni la vulnerabilidad de los elementos expuestos (fig.11)

Zona de muy alta amenaza (sujeta a evacuación rápida ante situación de alerta).

Sectores bajo amenaza extrema, en donde las inundaciones repentinas involucran desbordes laterales de caudales significativos con alta capacidad de carga y competencia y fuerte poder destructivo de las ondas de crecida. La acción del proceso de avulsión favorece los desbordes laterales (levantamiento del cauce por acumulación aluvional). Actividad parcial en crecidas ordinarias y total ante crecidas extremas con generalizados e intensos procesos de erosión de márgenes).



Figura 9- Izquierda canal de incisión activo. Centro: Camping Municipal. Derecha Nivel aterrazado de desborde lateral

Unidades geomorfológicas incluidas: canal de incisión activo, niveles aterrazados de desborde lateral, lóbulo deposicional activo y antiguo canal de incisión (fig.9).

Usos y restricciones generales zonas PROHIBIDAS para todo tipo de ocupación y actividad permanente y necesariamente sujetas a ALERTA TEMPRANA.

Zona de alta amenaza (sujeta a evacuación rápida ante situación de alerta).

Sectores en donde los desbordes tienen menor capacidad de carga, competencia y poder destructivo, en comparación con la zona antecedente, aunque sin dejar de tener significación. Actividad parcial en crecidas ordinarias y total en extremas con intensos procesos de erosión de márgenes generalizados.

Se incluyen sectores que en la actualidad no tienen conexión hidrológica con el canal de incisión activo, pero que por efecto de avulsión en crecida presentan fuerte potencial de activación.



Figura 10- Izq, nivel de terraza inferior margen derecha R. Los Nogales. Der. Nivel de terraza inferior margen izquierda R. Seco (depresión sin agua se corresponde con el lecho ordinario seco)

Unidades geomorfológicas incluidas: Niveles de terrazas inferiores (fig.10)

Usos y restricciones generales: idem. zona antecedente. Debiera considerarse PROHIBIDA todo tipo de ocupación y actividad permanente. Su uso queda reservado solo como zona de reserva verde y actividades recreativas diurnas sin infraestructura permanente asociada (juegos, asadores, mesas etc.)

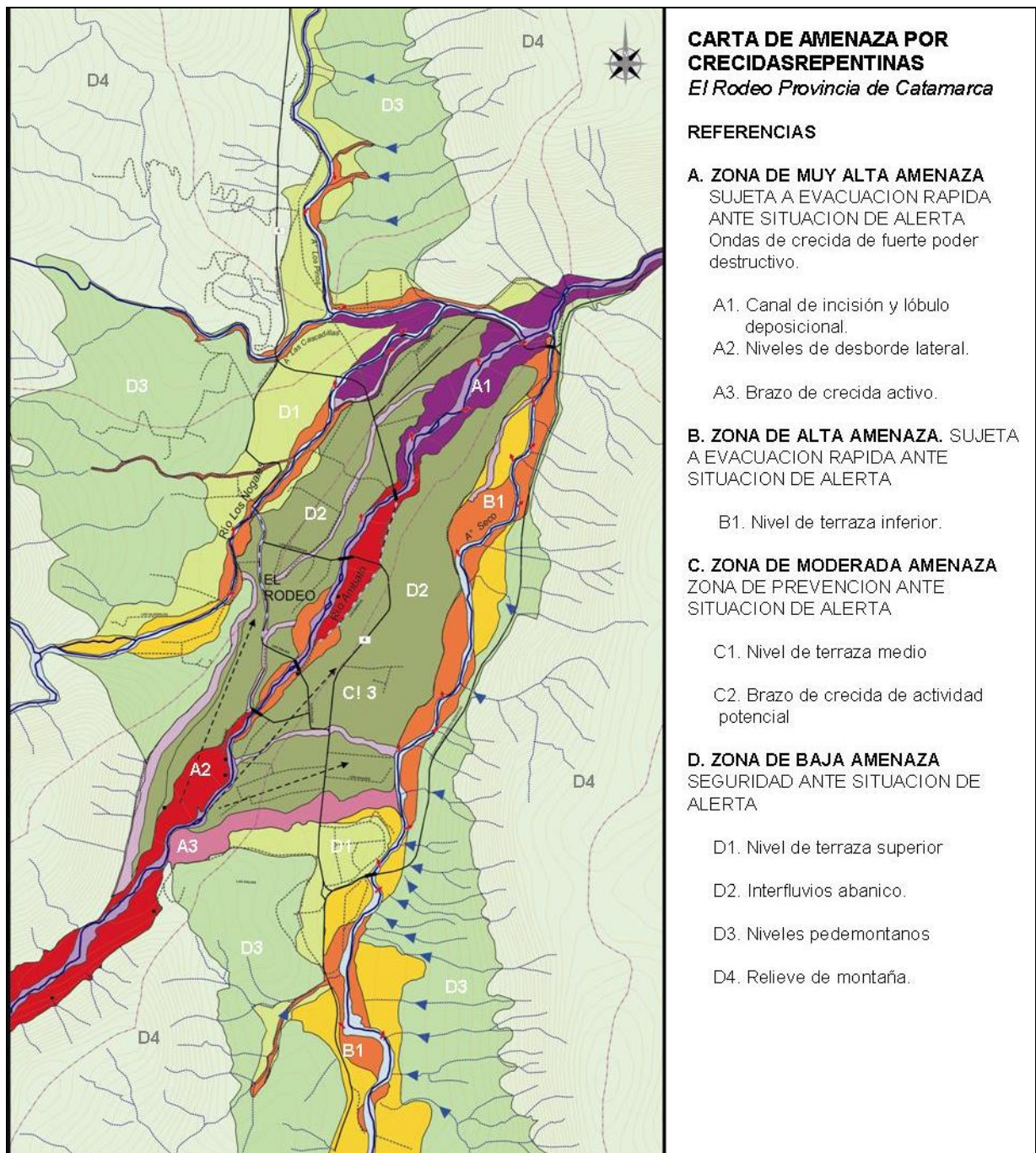


Figura 11- Carta de Amenaza por crecidas repentinas. Localidad de Rodeo

Zona de moderada amenaza (zona de prevención).

Se incluyen en esta zona al conjunto de formas que si bien son de origen fluvial, no implican situaciones severas de inundaciones y erosión de márgenes.

Su actividad no está ligada a crecidas ordinarias y en forma parcial ante la ocurrencia de crecidas extremas, con desbordes de bajo poder destructivo y erosión de márgenes localizada.

Usos y restricciones generales. Evitar: a) implantación de infraestructura urbana de alta densidad, b) construcción de límites prediales masivos de mampostería (tapiales) que obstaculicen el flujo, siendo conveniente alambrado de cuatro hilos y forestación baja y aislada), c) urbanización en proximidad de las márgenes expuestas a erosión fluvial y proveer en los sectores afectados acciones de control, mediante la aplicación de medidas estructurales adecuadas (defensa por engavionado, obras de conducción, forestación con especies adecuadas, etc.) y d) emplazamientos de centros estratégicos (hospitales, escuelas, etc.).

Zona de baja amenaza (áreas de mayor seguridad para establecimiento temporal bajo situación de alerta).

Se incluyen los sectores no amenazados por desbordes de los ríos principales y solo por escorrentías de carácter local y temporal por aportes pluviales y procesos de remoción en masa puntuales.

Unidades geomorfológicas incluidas: Relieve de Montaña, niveles pedemontanos, interfluvios. En los depósitos pedemontano, Niveles altos del abanico del río Ambato (interfluvios)

Usos y restricciones generales: sin restricciones de consideración con implementación de obras de desagüe adecuadas en las zonas urbanas y periurbanas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las cuencas de los ríos Ambato, Los Nogales y Seco presentan por condicionamiento natural, alta tendencia a la generación de crecidas repentinas severas, prevaleciendo netamente la primera.

Los factores condicionantes y desencadenantes del proceso (geología, geomorfología, vegetación y clima), han actuado en el pasado, lo hacen en el presente y sin lugar a dudas, lo harán en el futuro.

En el caso del río Ambato el levantamiento del cauce por efecto de la avulsión, significa probables cambios en la dirección del flujo, motivo por el cual la zona próxima al ápice del abanico, necesariamente debe controlarse periódicamente el avance del proceso tras la ocurrencia de crecidas. A la vez que el cauce debe ser despejado para facilitar la evacuación de los caudales de crecida.

Sería recomendable realizar vados puentes en reemplazo de los puentes que fueron afectados por la creciente de enero de 2014, ya que estos son más factibles de despejar en corto tiempo y además no favorecen los procesos de avulsión por efecto de retención.

Es primordial el establecimiento de un sistema de alerta temprana que permita la evacuación a las zonas de mayor seguridad indicadas, a la vez que sería conveniente establecer una relación entre los niveles de alerta que brinde el sistema y las zonas bajo amenaza.

Es importante tener en cuenta que en el evento del año 2014, la creciente repentina provino de la subcuenca del río Ambato, no siendo significativos los aportes de los ríos los Nogales y Seco. No obstante es importante considerar que ambos tributarios presentan características geomorfológicas que indican su torrencialidad y que en caso de activación afectaría sectores urbanizados que ocupan las fajas fluviales.

ANTECEDENTES CONSULTADOS

ATLAS DE CATAMARCA. <http://www.atlas.catamarca.gob.ar>

BARBEITO, O, C. RUIBAL Y M. LOBOS 2000. Informe de la situación de amenaza de El Rodeo. Informe inédito solicitado por la municipalidad del Rodeo.

BARBEITO, O., S. AMBROSINO y P. CONTRERAS 2010. Evaluación hidrogeomorfológica de la amenaza por crecientes repentinas. Unquillo. Provincia de Córdoba. CIRSA – INA.

CABRERA, ANGEL L., 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Fasc. 1. Tomo II. Enc. Arg. de Agr. y Jard. Ed. ACME. Buenos Aires.

CABRERA, ANGEL L 1994. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Regiones Fitogeográficas. Tomo II. Primera Reimpresión. Editorial ACME. Buenos Aires.

GARZON HEYDT, M. G., J. ORTEGA BECERRIL Y J. GARROTE REVILLA 2009. Las avenidas torrenciales en cauces efímeros: ramblas y abanicos aluviales.

GONZÁLEZ BONORINO, F. 1978. Descripción Geológica de la Hoja 14f. San Fernando del Valle de Catamarca (Provincias de Catamarca y Tucumán). Carta Geológico-Económica del a República Argentina. Escala 1:200.000. En Boletín N° 160. Ministerio de Economía. Secretaría de Estado y Minería. Servicio Geológico Nacional. Buenos Aires.

LIWIN, C., J. MAZA y J. SARA VIA 1992. Aluviones en El Rodeo. Catamarca. Consideraciones sobre un sistema de alerta, acciones estructurales y mapeo de vulnerabilidad hídrica. Consejo Federal de Inversiones (CFI).

MORLANS, M.C. 1995. Regiones Naturales de Catamarca. Provincias Geológicas y Provincias Fitogeográficas. Revista de Ciencia y Técnica 2 (2): 1-42.

MASA, J., P. LOPEZ y V. BURGOS 2014. Delimitación de áreas de riesgo hídrico El Rodeo Catamarca. Centro Regional Andino. Instituto Nacional del Agua.

MOLINA A. R. 2015. Aluvión. La furia del Ambato. Ediciones Color S.A. Catamarca. Argentina.

NICOLINI. M, CyM 2009. Tormentas, su clasificación, severidad, tormentas de masa de aire.