

Evaluación hidrogeomorfológica de la amenaza por crecientes repentinas. Ciudad de Unquillo

2010

Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899



+info
www.argentina.gob.ar/ina

Autores:
Barbeito Osvaldo, Ambrosino
Silvio y Contreras Pedro



EVALUACION HIDROGEOMORFOLOGICA DE LA AMENAZA POR CRECIENTES REPENTINAS

CIUDAD DE UNQUILLO



INA

Geólogo Osvaldo Barbeito

Geólogo Silvio Ambrosino

Ingeniero Pedro Contreras

COLABORACIÓN EXTERNA

Dr. Francisco Quintana Salvat UNC

Dra. Silvana Herrero (Municipalidad de Río Ceballos)

Año 2010

1.- INTRODUCCION

En la región serrana de Córdoba las crecientes repentinas constituyen la amenaza natural mas significativa condicionadas 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 las condiciones climáticas que significan la concentración de las precipitaciones en un periodo del año, con frecuencia localizadas e intensas, por efecto orográfico.

En los últimos años crecientes extremas afectaron a las poblaciones de SAN CARLOS MINAS (1992), VILLA DE SOTO (1992), CRUZ DE CAÑA (1992), VILLA GENERAL BELGRANO (1992), MINA CLAVERO (1993), NONO (1993), SALSACATE (1997), y mas recientemente, las localidades de LA CALERA (2000), y VILLA ALLENDE (2000).

La magnitud y dinámica que alcanzaron tales crecientes en la mayoría de los casos fue TOTALMENTE INESPERADA, tomando desprevenidos a los pobladores en general y a los organismos encargados de la Defensa Civil, debido a la insuficiente información que hubiera permitido predecir y prevenir tales eventos.

No obstante análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas de fecha antecedente, mediante patrones, trazas y elementos GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS lo suficientemente claros, indicaban la actividad total o parcial de los lechos de inundación ordinarios e históricos o episódicos de los ríos en el pasado reciente, en los que se incluían los sectores mas dañados, hecho además, corroborado plenamente con INFORMACIÓN HISTÓRICA.

La Ciudad de Unquillo localizada a las márgenes de los Aº Cabana, Aº La Ensenada y Río Ceballos, dadas las particularidades de las subcuencas de aporte que significan alta tendencia a la generación de crecientes repentinas severas, y la localización inadecuada de algunos sectores urbanos, no está exenta de esta situación.

De esto se desprende la necesidad de contar con información de partida para hacer frente a probables situaciones conflictivas de los sectores ya

establecidos y lo que es mas importante, de los futuros emprendimientos que se establezcan.

En tal sentido es importante considerar que una AMENAZA NATURAL se refiere a la probabilidad de ocurrencia dentro de un período de tiempo específico y para un área determinada, de un fenómeno con consecuencias potencialmente destructoras.

Para su mitigación existen acciones que en orden cronológico corresponden a: medidas previas, durante y posteriores al evento. Las primeras tratan la EVALUACIÓN DE LA AMENAZA de acuerdo a la detección y análisis de la dinámica y extensión del proceso y son sin lugar a dudas las mas efectivas en término de costos y utilidad, así como también, las mas compatibles de aplicar en país en desarrollo como el nuestro. Esta etapa comprende la preparación para eventos naturales en base a la predicción, preparación para emergencias (incluyendo monitoreo, alerta y evacuación) y la etapa de concientización de la población (educación y capacitación), que posibilita entre otras cosas, la autoevacuación ante la ocurrencia de eventos extremos.

Las inundaciones entre las amenazas naturales se encuadran entre los procesos naturales mas factibles de prevenir frente a la disponibilidad de nuevas tecnologías, entre las que la percepción remota mediante la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, juega un rol fundamental.

Es por ello que ante el pedido expreso del Municipio el presente estudio de base geológica y geomorfológica, está orientado a complementar la etapa de evaluación de la amenaza por crecientes repentinas, mediante la elaboración de cartografía específica indicativa de la dinámica y alcance de las inundaciones ordinarias y en particular históricas y de los procesos fluviales asociados en forma actual y potencial (erosión de márgenes, en profundidad, estrangulamientos, desbordes, etc.)

2.- OBJETIVO

Evaluar la amenaza por crecientes repentinas mediante la aplicación del criterio geológico y geomorfológico, estableciendo la dinámica y alcance de la crecidas repentinas ordinarias y máximas históricas, con el objeto de establecer las bases para la implementación de las acciones de prevención, mitigación y planificación.

3.- METODOLOGIA

Para el logro de los objetivos planteados se emplea el criterio geológico y geomorfológico, mediante la aplicación de las técnicas de la fotointerpretación y teledetección, utilizando fotogramas a escala aproximada 1:20.000 del año 1970, 1:50.000 del año 1987 e imágenes Google Earth Quid bird.

Mediante los fotoanálisis se diferencian unidades de terreno según dos categorías: las áreas no inundables por acción de los cursos fluviales y solo por escorrentías temporales secundarias y las áreas si inundables por la acción de los cursos fluviales, considerando los lechos ordinarios de los colectores principales de la red de drenaje y los niveles de terraza evolucionados por deposición y encajamiento y los procesos fluviales asociados.

A partir de la información obtenida en gabinete, se realiza un exhaustivo control de campo para establecer mediante las condiciones hidrogeomorfológicas y la recopilación y análisis de la información histórica de pobladores, el alcance y dinámica de las crecientes repentinas, poniendo especial énfasis en las de carácter histórico o episódico.

Como criterio para la zonificación se consideran las áreas inundables en forma total ante la ocurrencia de crecientes repentinas ordinarias normales y máximas, con probable recurrencia de 25 años y las áreas inundables en forma parcial según los sectores, ante la ocurrencia de crecidas extremas de mas alta recurrencia.

En la zonificación realizada se incluye en base a estudios hidrológicos antecedentes, la probable correlación en los umbrales de interés legal (Rodríguez R.M y G. Caamaño Nelly. 2004). FALTA FECHA CRECIDA

4.- SISTEMA HIDROGRAFICO

Desde el punto de vista hidrográfico regional, la localidad de Unquillo y su zona de influencia, se incluyen en la subcuenca del arroyo Saldan, tributario del río Suquía con desagüe en la laguna de Mar Chiquita, que actúa como nivel de base del sistema (fig. 1).

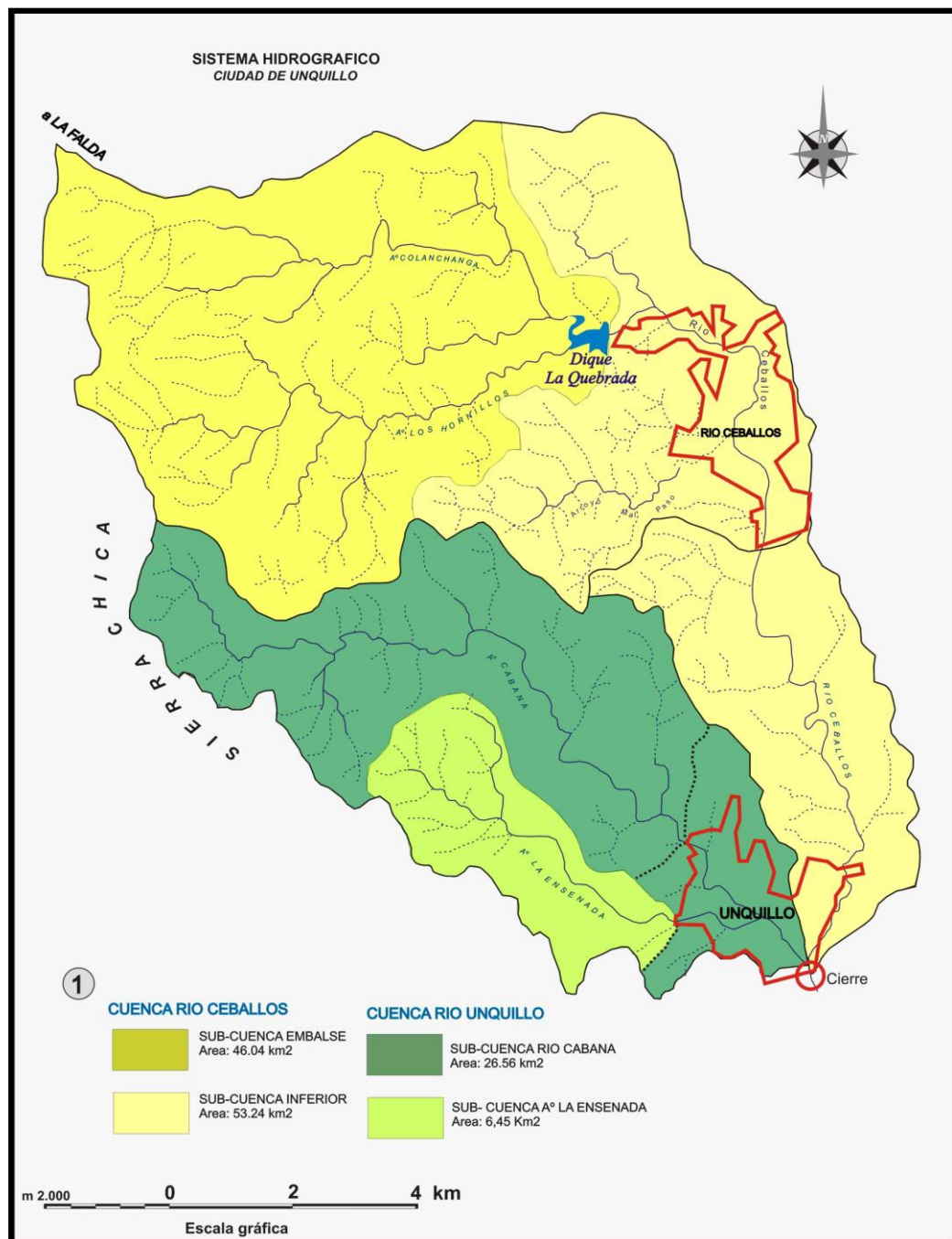


Fig. 1. Sistema hidrográfico en el que se incluye la Ciudad de Unquillo

Los colectores principales de dos subcuencas confluyen en el ejido urbano: La subcuenca del río Ceballos y la subcuenca del río Unquillo.

La subcuenca del río Ceballos la conforman las subcuencas de los arroyos Colanchanga al norte y Los Hornillos, al sur, ambos con sentido de escurrimiento oeste-este y desagüe independiente en el embalse La Quebrada.

Ambos arroyos nacen en el filo de la Sierra Chica, el primero a una altitud de 1319 m.s.n.m. y luego de un recorrido de 10 km., desemboca en el embalse a una altitud de 800 m.s.n.m. y el segundo, a 1283 m.s.n.m., luego de un recorrido de 8.9 km.

A la salida del embalse el colector común de ambas subcuencas, ya como río Ceballos, luego de un recorrido de 2.8 km., sufre un brusco cambio en el sentido del escurrimiento, de O-E, a N-S, por control por fallamiento en un recorrido de 17 km., hasta la confluencia con el río Unquillo a una altitud de 576 m.s.n.m. Hasta dicha confluencia el sistema tiene una superficie de desarrollo de 99.61 km².

Por su parte a la subcuenca del río Unquillo, la conforman las subcuencas de los arroyos Cabana y La Ensenada. La primera con nacientes a 1216 m.s.n.m. con un área de desarrollo de 26,56 km² y la segunda, a 1.148 m.s.n.m., con un área de 6,45 km².

El arroyo Cabana luego de un recorrido de 17 km. y el arroyo La Ensenada, de 8 km., confluyen a 598 m.s.n.m., en área urbana dando lugar al río Unquillo que en un recorrido de 1,8 km., confluye con el río Ceballos a 576 m.s.n.m., dando lugar al río Saldán colector principal del sistema.

En río Saldán que por el mismo condicionamiento estructural al que se ajusta el río Ceballos, sigue con sentido de escurrimiento N-S, hasta confluir con el río Suquía luego de un recorrido de 16 km., a una altitud de 448 m.s.n.m.

5.- TENDENCIA DEL SISTEMA HIDROGRAFICO A LA GENERACION DE CRECIENTES REPENTINAS

La tendencia a la generación de crecientes repentinas del sistema, está condicionada por la conjunción de factores de carácter permanente, entre los que se destacan la naturaleza geológica, la geomorfología y la vegetación natural y factores transitorios, en donde el clima, es el factor desencadenante de primer orden de acuerdo a las características de las precipitaciones (tipo, intensidad distribución, etc.)

5.1.- Naturaleza geológica:

En la vertiente oriental de la Sa. Chica en donde tienen desarrollo las cuencas hidrográficas de recepción que conforman el sistema, el material geológico se compone en mas del 80% de la superficie, por un complejo metamórfico, en el que la roca dominante es un gneis masivo a esquistoso con intercalaciones en forma paralela y concordante a la foliación de calizas cristalinas, anfibolita, e intrusiones ígneas en forma de filones de regulares dimensiones.

En este complejo a partir de la meteorización de la roca de base, se generaron cubiertas residuales someras, a partir de las que evolucionaron suelos de texturas medias a gruesas muy superficiales (- 50 cm.) que alternan con porcentajes de roca desnuda del orden del 30%. (entisoles).

Completan el marco geológico rocas sedimentarias de edad cretácica (conglomerados), escasamente distribuidas a la margen izquierda del río Ceballos y los rellenos coluvio-aluviales y aluviales que rellenan los valles.

La masividad de la roca metamórfica netamente dominante, solo se ve interrumpida por diaclasado y fracturación en grado moderado, lo que define baja permeabilidad secundaria por fracturación. Esta condición conjuntamente con los suelos someros derivados de su meteorización de rápida saturación y la energía del relieve de montaña, definen escurrimiento excesivo y rápido ante la ocurrencia de las precipitaciones.

5.2.- Geomorfología.

Relieve:

La energía del relieve, las formas planimétricas y verticales de las cuencas hídricas y los procesos morfodinámicos, tienen fuerte relación con la tendencia a la generación de las crecientes repentinas.

El Paisaje se caracteriza por la predominancia de relieve de montaña con inclusión de los valles por los que corren los principales colectores de la red de drenaje.

El relieve de Montaña en respuesta a la tectónica, se presenta accidentado con valores de pendientes medias que fluctúan entre 20% y 35% en los interfluvios y fuerte, en abruptos de falla y en quebradas, con pendientes medias superiores al 35% (Fig. 2).

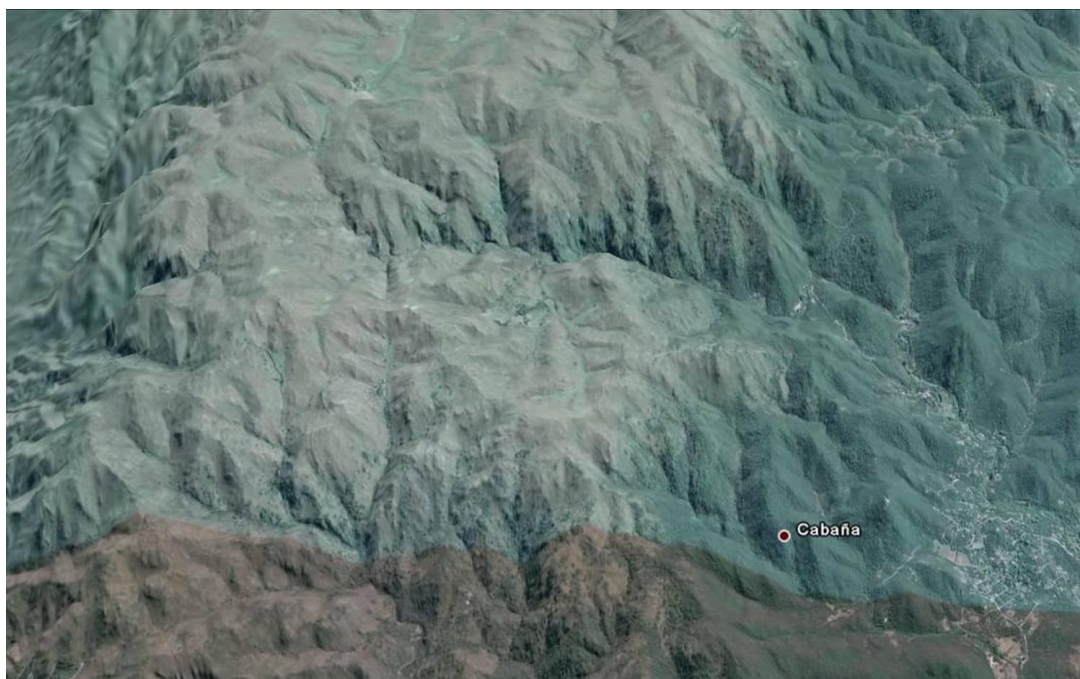


Fig. 2. Relieve accidentado en interfluvios y fuerte en quebradas de disección fluvial.

Los valles son de carácter estructural por fuerte control por fallas, evolucionados por acción de la disección fluvial en buena parte favorecida por la debilidad de la roca ocasionada por el fallamiento.

En la cuenca del río Unquillo, en particular en la subcuenca del A° Cabana, predominan los valles en “V” encajados y controlados en gran parte por el trazo de fallas (fig. 3), a diferencia de la cuenca del río Ceballos, en donde el valle

aunque también controlado regionalmente por fallamiento, la menor pendiente longitudinal a dado lugar a un predominio de la deposición y ampliación de valle por la acción erosiva lateral del curso de diseño meandriforme y disminución del encajamiento (fig. 4).

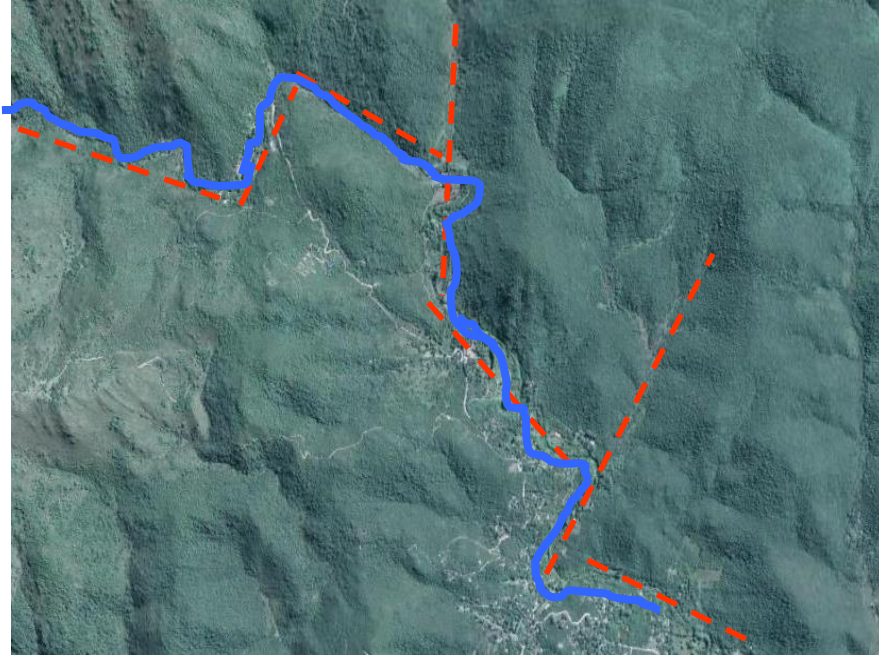


Fig. 3. Subcuenca A° Cabana. Valles en “V” encajados y controlados por fallas.

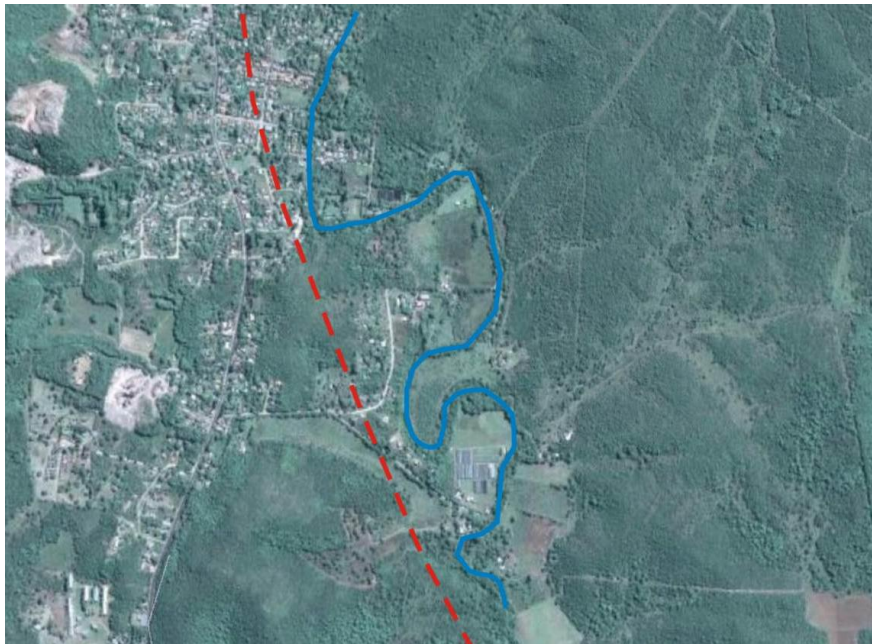


Fig. 4. Sub cuenca Río Ceballos. Control regional por fallamiento y diseño meandriforme con ampliación de valle.

Esta particularidades de los valles por los que corren los colectores principales de la red de drenaje, tienen como se trata mas adelante, fuerte participación en la dinámica y alcance de las inundaciones repentinas y en los procesos fluviales asociados.

Parámetros geomorfológicos:

De los parámetros morfométricos que tratan las formas planas y verticales de las subcuencas con mayor incidencia en las crecidas repentinas, se destacan las *áreas* de desarrollo, el *Factor Forma*, la *densidad del drenaje*, y la *pendiente longitudinal media* de los cursos colectores principales.

El área de la cuenca tiene directa relación con los caudales de escurrimiento, a la vez el aumento de su extensión actúa como factor de compensación, por lo que es de esperar en cuencas menores una generación instantánea y de respuesta inmediata, frente la ocurrencia de lluvias intensas.

El factor forma (Índice de Gavelius) expresa la relación del perímetro de la cuenca con el de un círculo de la misma superficie, dando valores mayores o cercanos a la unidad. Cuando mas se aproxima a la unidad la cuenca tiene mayor tendencia a la generación de crecientes repentinas de picos u ondas de crecida de magnitud, dado que el conjunto de colectores de la red de drenaje, emplean mas o menos el mismo tiempo de llegada al colector principal.

La densidad de drenaje cuantifica el grado de desarrollo de la red hidrográfica y está en relación directa a la naturaleza geológica, la permeabilidad y con los caudales de aporte. Se define por la relación de la extensión total de los cursos de la red de drenaje de la cuenca y el área de la misma. A mayor densidad de drenaje mayor respuesta al influjo de la precipitación.

La pendiente longitudinal tiene relación con la capacidad de carga sedimentaria (cantidad), competencia (tamaño) del flujo y tiempo de respuesta.

Parámetros	Cuenca Río CEBALLOS Aguas Abajo embalse	Cuenca UNQUILLO	
		Arroyo <i>Cabana</i>	Arroyo <i>Las Ensenadas</i>
Área (km ²)	53,57	25,56	6,45
Factor Forma Kc.	2,1	1,79	1,87
Densidad drenaje (km/km ²)	1,9	2,3	2,1
Pendiente media curso principal (%)	2,1	3,2	8,3
Longitud curso principal (km)	21,80	19,80	8,51

De los valores obtenidos expresados en el cuadro 1, se evidencia que de las dos cuencas principales, la del río Unquillo, presenta el mayor grado de tendencia a la generación de crecientes repentinas manifiesto en los parámetros de las dos sub-cuencas principales de las cuales el A° La Ensenada, presenta una pendiente longitudinal más acusada, lo que define mayor competencia y capacidad de carga del flujo y menor tiempo de respuesta.

De la sub-cuenca del río Ceballos, se considera la sub-cuenca inferior con omisión de la superior, por el efecto de regulación que ejerce el embalse de La Quebrada. En este caso el análisis de los parámetros considerados indica en conjunto una tendencia menor, aunque sin dejar de ser significativa.

De darse en este caso la ocurrencia de lluvias intensas en este sector inferior de la cuenca, tendrán lugar caudales importantes, que frente a la coincidencia con la máxima evacuación por parte del embalse, habría un incremento en el grado de la amenaza.

Procesos dinámicos:

Desde el punto morfodinámico por la alta predominancia de basamento cristalino metamórfico plutónico, el sistema hidrográfico, en su conjunto presenta un cierto grado de estabilidad, en relación a otros paisajes montañosos en donde la naturaleza geológica es más endeble.

Los procesos de remoción en masa en forma de caídas deslizamientos y flujos, no implican un grado significativo de inestabilidad. Estos se circunscriben

a caídas y deslizamientos de roca puntuales asociados a las fuertes pendientes en quebradas o abruptos de falla y a flujos lentos en forma de reptación en mantos de la cubierta de suelos residuales en laderas, procesos que en su conjunto, no significan un importante aporte de detritos a la red de drenaje.

La acción del escurrimiento superficial en forma de erosión hídrica laminar y difusa, constituye el proceso más relevante favorecido por la energía del relieve, el carácter suelto de los suelos residuales y la alteración de la vegetación natural.

El progresivo lavado de las partículas finas significa aumento de la pedregosidad y de la esorrentía y una disminución en la infiltración, lo que a la vez da lugar a un incremento del proceso erosivo, como también de los caudales de aporte al sistema de drenaje, aumentando el grado de amenaza por inundaciones repentinas.

5.3.- 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.

La vegetación de la cuenca se encuadra dentro del dominio y Provincia Chaqueña y Bosque Serrano a nivel de distrito. Las formaciones vegetales presentan las características del matorral y arbolado semidesértico xerófilo que cohabita con pastizales distribuidas según tres pisos, cuya existencia, amplitud y elevación, están condicionados por la altitud, latitud y exposición y orientación geográfica (Luti.R. 1979): el Piso del Monte Serrano con desarrollo desde los 1.300 m.s.n.m hasta los 1.450 m.s.n.m.; el Piso del Arbustal o Romerillal, entre 1.300-1.400 m.s.n.m.; y el piso de los Pastizales y Bosquecillos de Altura, a partir de los 1300 m.s.n.m., hasta las máximas alturas.

La distribución de los elementos componentes de los tres pisos en el área de recepción de la cuenca, está supeditada a la presencia de los suelos discontinuos y alternantes con elevados porcentajes de roca desnuda, lo que

define un bajo grado de protección hidrológica, a lo que se le suma la alteración principalmente por efecto de incendios.

5.4.- *Clima*

De los factores climáticos las precipitaciones, representan el parámetro de mayor peso en el flujo superficial y en la generación de crecientes repentinas.

El clima en la cuenca es de tipo estacional con inviernos fríos y relativamente secos y veranos lluviosos, con concentración de las lluvias en el periodo noviembre-marzo, asociadas a procesos de carácter frontal, convectivo y orográfico. En la baja cuenca los promedios anuales fluctúan entre 500 mm y 700 mm y en la alta, entre 700 mm. y 1100 mm.

Los procesos de origen convectivo y orográfico condicionados por la altitud, son los que tienen la mayor participación en la generación de las crecientes repentinas severas.

Estos se caracterizan por la generación de lluvias localizadas, pero de elevados milimetrajes en corto tiempo.

Las tormentas de este origen se caracterizan por un enjambre de nubes convectivas o células, que tienen su propio ciclo según 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.

Las crecientes repentinas extremas que tuvieron lugar en las Sierras de Córdoba, entre las que se destacan San Carlos Minas (1992), Va. de Soto (1992), Cruz de Caña (1992), Villa General Belgrano (1992), Mina Clavero y Nono (1993), y Cañada de Molina (2000), se generaron por eventos hidrometeorológicos de estas características.

En todos los casos cuencas vecinas recibieron precipitaciones, pero estas no alcanzaron los mismos valores de magnitud e intensidad, lo que demuestra el carácter local de este tipo de tormentas.

6.- CONDICIONES GEOMORFOLOGICAS DE LA POBLACIÓN Y SU ENTORNO

La población de Unquillo se localiza en la baja pendiente oriental del macizo de la Sierra Chica, en una depresión de origen estructural en donde confluyen tres valles fluviales principales evolucionados por encajamiento, favorecido por el trazo de fallas y/o fracturas que debilitaron el macizo rocoso.

En el sector urbano y periurbano el valle del A° Cabana confluye con el valle del A° Las Ensenada, dando lugar al valle por el que corre el A° Unquillo, que luego de atravesar el centro de la población, confluye con el valle del río Ceballos dando lugar al valle por el que corre el Río Saldán que actúa como colector principal, hasta integrarse al valle del río Suquía.

Los valles están rellenos por sedimentos fluvio-eólicos antiguos (pleistoceno) y fluviales recientes (holoceno).

Los sedimentos fluvio-eólicos antiguos ocupan la posición mas elevada con suave pendiente en dirección a los cauces. Estos derivan del aporte longitudinal y lateral histórico de la red de drenaje, compuestos por sedimentos aluvionales finos de baja energía fluvial (limos de inundación), intercalados con materiales mas gruesos y depósitos de origen eólico.

A diferencia los sedimentos fluviales recientes derivados del aporte longitudinal actual y sub-actual de los cursos, ocupan la parte mas deprimida y activa de los valles, compuestos por aluviones de alta energía fluvial (bloques, cantos, gravas, arenas y limos (fig.5).

Estos por encajamiento derivado de cambios climáticos y/o procesos de neotectónica, presentan dos niveles principales de terrazas fluviales: un nivel superior antiguo y un nivel inferior reciente, que en forma conjunta conforman los planos aluviales actuales del sistema (fig. 6).

El nivel superior presenta relieve plano suavemente inclinado hacia los cursos y en el sentido de la corriente, con borde externo suave con respecto al plano aluvial antiguo (relleno coluvio-aluvial), y con resalto topográfico claro,

cuando limita con el relieve de lomas o montaña del basamento cristalino y borde interno levemente abarrancado o suave con respecto al nivel de terraza inferior, en gran parte modificado por urbanización.

Por su parte el nivel inferior mas restringido lateralmente, presenta borde externo suave con respecto al nivel superior, también fuertemente alterado por urbanización y borde interno abarrancado, con respecto a los lechos ordinarios con desniveles no superiores a los 2 mts.



Fig. 5. Depósito aluviales de alta energía fluvial. Nivel de terraza inferior. A° La Ensenada.

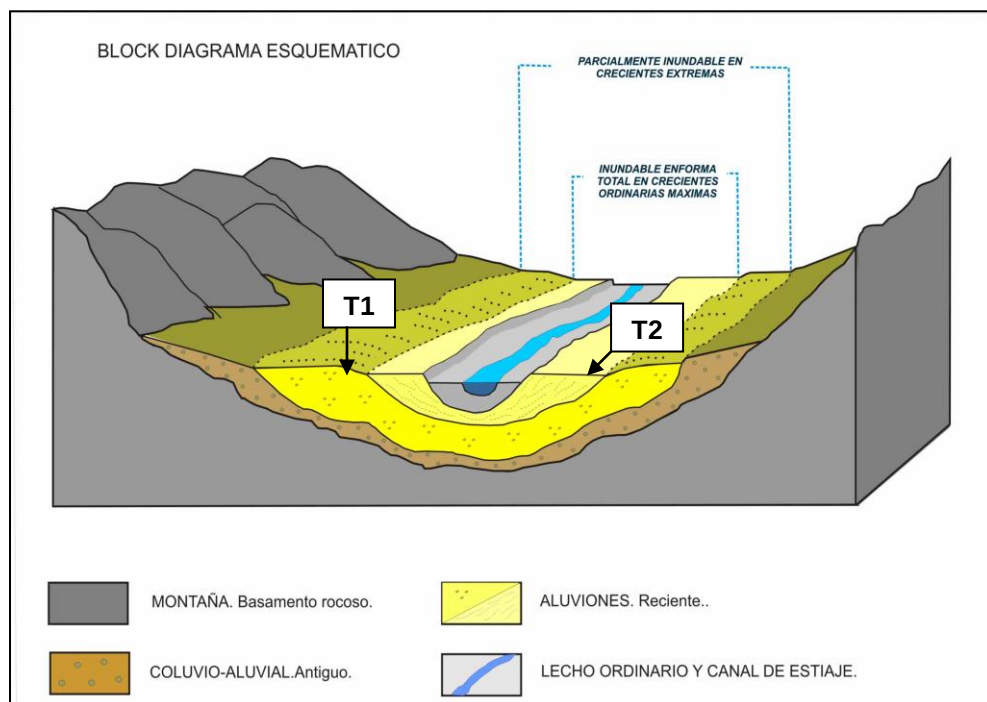


Fig. 6. Esquema indicativo e los niveles aterrizados del valle fluvial.

7.- UNIDADES HIDROGEOMORFOLOGICAS CONDICIONANTES DE LA DINAMICA Y ALCANCE DE LAS CRECIENTES REPENTINAS

Los lechos ordinarios, también llamados *lechos aparentes* o *lechos menores*, representan la unidad de mayor actividad hídrica del ambiente fluvial, definidos por orillas claras desde el punto de vista geomorfológico, con inclusión o ausencia de un canal de estiaje en los meses secos (fig. 6).

En la zona estudiada presentan forma de canales trapezoidales con fondo alternante entre el basamento rocoso aflorante y carga de fondo gruesa, compuesta por bloques, cantos, gravas y arenas.

En el caso de los arroyos La Ensenada y Cabanas y el Río Unquillo, generado por la confluencia de ambos, los lechos ordinarios tienen una profundidad menor a los 2 mts. y un ancho no superior a los 10 mts. y manifiestan un fuerte control por fallamiento y/o fracturación, en frecuentes tramos rectos en una dirección predominante NO-SE y otra, menos frecuente NE-SO, lo que por intersección genera un diseño rectangular. En el tramo del ejido urbano el A° Cabanas, presenta una pendiente de 2.78%, el A° La Ensenada de 2.76% y en el río Unquillo, disminuye a 1.12%.

Los valores de las pendientes longitudinales de los lechos ordinarios de los arroyos Cabanas y Las Ensenadas, determinan un predominio del transporte sobre la deposición, adoptando el flujo alta capacidad de carga y competencia, hecho evidente en el escaso relleno aluvional de los lechos, como en el gran tamaño de los detritos de fondo y los frecuentes afloramientos del sustrato cristalino en el fondo y márgenes (fig. 7).

La erosión de márgenes en este caso está en gran parte restringida por el predominio de trazos rectos por control estructural y márgenes estables (basamento cristalino), condición que se mantiene en el caso del río Unquillo, aunque en una magnitud menor por disminución de la pendiente.

Por su parte el lecho ordinario del río Ceballos hasta la confluencia con el río Unquillo presenta condiciones diferentes.

Regionalmente el valle estructural se ajusta a un control regional N-S, pero en respuesta a la disminución de la pendiente longitudinal a 0.92%, hay un aumento en la deposición aluvional, con cierto equilibrio entre el transporte

y la deposición, hecho manifiesto en la ausencia de afloramientos del sustrato cristalino en el fondo y márgenes (fig. 8).

El lecho ordinario adopta una amplitud mayor (10 mts. a 15 mts.) y adopta diseño de escurrimiento meandriforme de sinuosidad media, diseño responsable de la ampliación del valle por erosión de márgenes.

El río Saldán como colector principal del sistema, si bien tiene una pendiente longitudinal similar a la del río Ceballos (0.9%), adopta desde la confluencia con el río Unquillo, fuerte control estructural por fallamiento evidente en la rectitud que adopta el lecho ordinario, en primera instancia con rumbo NO-SE, para luego adoptar el rumbo NE-SO, situación que se repite alternadamente, hasta el límite del sector estudiado.

Estas particularidades descriptas tienen directa relación con la dinámica y alcance que adoptan las crecientes repentinas.

En el caso de los arroyos Cabanas y Las Ensenadas y el río Unquillo, el fuerte control que presentan por fallamiento y/o fracturación, determina cauces estables, sin cambios de flujos por desbordes laterales, tanto en situación de crecientes ordinarias, como extremas. Las ondas de crecida se rigen por el trazo de los cauces y superada la capacidad de conducción de estos, se extienden lateralmente en forma de anegamientos, condición que se mantiene en el río Saldán, por la misma causa.

Distinta es la situación del río Ceballos, en donde el diseño meandriforme involucra sobrepaso de curvas y desbordes laterales, lo que significa el avance frontal de las ondas de crecida con alto poder destructivo, en particular ante la ocurrencia de crecidas extremas.

En respuesta a un encajamiento reciente y activo por procesos de neotectónica, los cauces no presentan planicies aluviales bien desarrolladas. Superada la capacidad de conducción de los lechos ordinarios actúan como tales los niveles inferior y superior de terraza.



Fig. 7. A| Cabana. Predominio del arrastre sobre deposición. Alta competencia manifiesta en el tamaño de los bloques



Fig. 8. Río Ceballos. Equilibrio entre arrastre y deposición. Mayor relleno aluvial y menor competencia (tamaño de bloques).

8.- ZONIFICACION DE LA AMENAZA POR CRECIENTES REPENTINAS

La dinámica y alcance de las crecientes repentinas y los procesos fluviales asociados, están directamente relacionados a las condiciones hidrogeomorfológicas del ámbito fluvial.

En consideración a esto y teniendo en cuenta el análisis de los datos fotogeológicos y fotogeomorfológicos a nivel de detalle en las áreas urbanas y periurbanas, conjuntamente con la recopilación, selección y análisis de los datos históricos brindados por pobladores, se realiza la zonificación del grado de amenaza.

En la zonas consideradas en función a la peligrosidad se consideran las restricciones uso de uso generales y en base a estudios hidrológicos antecedentes, la probable correlación en los umbrales de interés legal (Rodríguez R.M y G. Caamaño Nelly. 2004).

8.1.- ZONAS SIN AMENAZA. Inundables por escorrentías locales temporales.

Se incluyen en esta categoría el escurrimiento elemental mantiforme y difuso en los interfluvios y concentrado o pseudoconcentrado en valles secundarios por los que corren los colectores de menor orden del sistema de drenaje (fig. 9).

Usos y restricciones:

Para los planes de uso si bien no existen restricciones severas, es importante considerar obras de desagüe adecuadas en el caso de interfluvios y poner especial atención en la definición de los ejes de avenamiento de los valles secundarios, mediante estudios de mayor detalle. En lluvias intensas debido al fuerte deterioro que ha sufrido la vegetación natural en ocasiones para el uso agrícola, se generan caudales importantes y aceleración de los procesos erosivos.

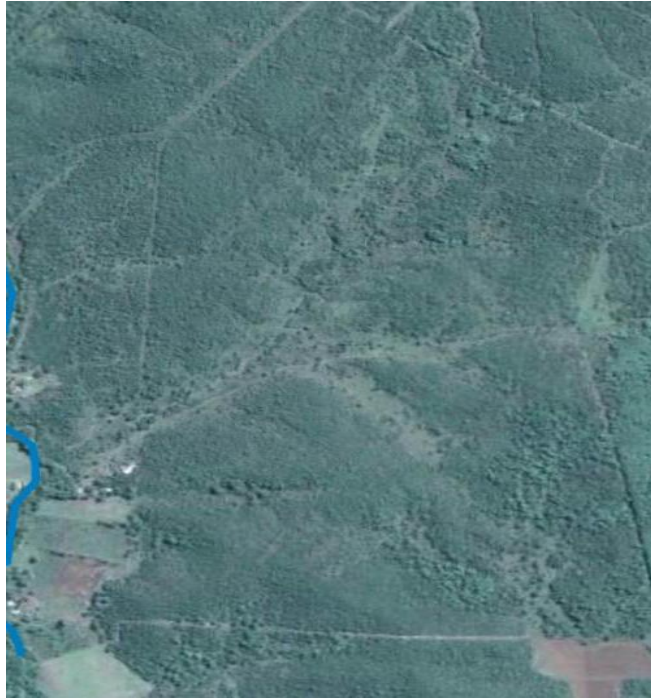


Fig.. 10. Valle secundario con escorrentía temporal concentrada o pseudoconcentrada.

8.2.- ZONAS CON AMENAZA. Inundables por la acción de los cursos fluviales principales.

Se incluyen las áreas directamente vinculadas con los cauces fluviales y que involucran la máxima peligrosidad ante la ocurrencia de crecientes repentinas.

En respuesta a la magnitud y recurrencia de las crecidas se distinguen dos subzonas:

A) Zonas inundables ante la ocurrencia de crecientes repentinas ordinarias normales y máximas

Desde el punto de vista hidromorfológico, esta zona se corresponde con el lecho ordinario y el nivel de terraza inferior en

formación. Constituye la unidad hidrogeomorfológica con mayor actividad del ámbito fluvial .

La actividad de la unidad puede considerarse ligada a eventos con recurrencia, de 5 a 25 años (Fig. 6, 11 y 12).



Fig. 11. A° La Ensenada. Nivel de terraza inferior (T2) inundable ante la ocurrencia de crecientes ordinarias.



Fig. 12. A° Cabana. Nivel de terraza inferior (T2) inundable ante la ocurrencia de crecientes ordinarias.



Fig. 13. . A° Cabana. Nivel de terraza inferior (T2) inundable ante la ocurrencia de crecientes ordinarias. Amenaza severa en crecidas ordinarias.

Usos y restricciones:

En consideración de que esta unidad hidrogeomorfológica constituye el ámbito fluvial mas activo y que involucra el mayor grado de peligrosidad, debiera considerarse PROHIBIDA, utilizable como zona de reserva y recreación con fuertes restricciones tales como:

- *Establecimiento de la línea de ribera para el deslinde entre el uso público y privado.*
- *El establecimiento de un camino perimetral, con diseño y trazo, sin influencia en la dinámica fluvial, de acceso libre y para uso de los Organismos de Seguridad (prevención, evacuación, salvataje, etc.).*
- *Prohibición de planes que involucren la permanencia continua de personas (urbanización) o pernotar (campamentismo).*

- *Prohibición de planes de forestación con especies foráneas de gran porte que obstaculicen el flujo y generen efecto retención y elevación del pelo de agua, siendo aconsejable la recuperación y mantención de la vegetación nativa.*
- *Evaluar las condiciones de las actuales pasarelas que generan el mismo efecto de retención que la vegetación y adecuar puentes y vados a los caudales de aporte. La construcción de vados-puentes es una alternativa válida, siempre que en lugares estratégicos, se cuente con puentes apropiados.*
- *Prohibición de movimientos de tierras que signifiquen cambios sustanciales en la morfología del terreno (nivelación, escalonamiento, taponamiento y relleno).*
- *En el caso del río Ceballos, debe considerarse la amenaza potencial ligada a la tendencia evolutiva de la erosión de márgenes condicionada por el diseño meandriforme que presenta el cauce. El proceso tiende a la ampliación del valle por erosión de márgenes en la parte externa de las curvas y progresión de estas en el sentido del flujo.*
- *Dado que esta unidad en muchos sectores está ocupada por infraestructura urbana y en algunos casos en situaciones muy comprometidas, es necesario implementar planes apropiados de divulgación a nivel general, que posibiliten la autoevacuación ante la ocurrencia de crecidas de magnitud.*
- *Esta zona debe necesariamente estar cubierta con alerta temprana. La importancia turística de la población y la coincidencia del periodo de crecidas con la máxima*

conurrencia de personas en la época estival, lo justifican plenamente.

B) Áreas inundables en forma parcial en crecidas repentinas históricas extremas (episódicas)

Esta zona constituye el lecho de inundación episódico del valle fluvial, cuya actividad está ligada a la ocurrencia de crecientes extremas o históricas de alta recurrencia y se relaciona desde el punto de vista geomorfológico, con el nivel de terraza superior mas antiguo.

El grado de actividad parcial es dependiente de las condiciones de encajamiento del valle fluvial.

Dado la alta recurrencia con que se producen los eventos, esta zona no debe considerarse dentro del dominio público, pero si como ZONA DE ADVERTENCIA O SEGURIDAD.

La actividad de este ámbito fluvial probablemente se relacione con eventos de recurrencia superiores a los 100 años (extremas).

Usos y restricciones:

Las restricciones aunque menos severas, deben ajustarse a las condiciones locales regidas por las particularidades geomorfológicas.

- *Evaluar la implementación de medidas estructurales y/o evitar, en sitios que impliquen desbordes frontales de flujo con fuerte poder destructivo, como sobrepaso o estrangulamientos de meandros (río Ceballos) o desbordes en las partes internas de las curvas que describen los cursos por control estructural (fallamiento y/o fracturación. Río Cabanas).*

- *En estos sectores evitar la implantación de infraestructura urbana de alta densidad, siendo conveniente el loteo según parcelas de mayor tamaño y la construcción de viviendas en las zonas menos comprometidas, dentro de ellas (posición topográfica y geomorfológica adecuada).*
- *Evitar la construcción de límites prediales masivos de mampostería (tapiales) que obstaculicen el flujo, siendo conveniente alambrado de cuatro hilos y forestación baja y aislada.*
- *Evitar el emplazamientos de centros estratégicos (policía, hospitales, escuelas, etc.).*
- *En el caso del Río Ceballos deben preverse en los sectores afectados por erosión de márgenes, acciones de control mediante la aplicación de medidas estructurales adecuadas (defensa por engavionado, obras de conducción, forestación con especies adecuadas, etc.).*

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema hidrográfico en el que se comprende la Ciudad de Unquillo y sus alrededores, tiene por **CONDICIONAMIENTO NATURAL ALTA TENDENCIA** a la generación de crecidas repentinas.
- Tal tendencia se rige por factores condicionantes, entre los que se destacan la **GEOLOGÍA**, la **GEOMORFOLOGIA** y la **VEGETACIÓN** y como factor desencadenante, las **LLUVIAS** constituyen el disparador por excelencia.
- La **GEOLOGIA** por la neta predominancia de rocas cristalinas poco permeables y suelos someros y discontinuos de rápida saturación en el área de recepción de la cuenca hidrográfica (alta cuenca).
- El **RELIEVE** por las fuertes pendientes naturales del paisaje de montaña, lo que sumado a la baja permeabilidad determina escurrimiento excesivo y rápido.
- La **VEGETACIÓN** por un bajo grado de protección hidrológica en la alta cuenca de recepción (pastizales), a lo que se le suma en la baja cuenca, la alteración por el efecto antrópico., lo que significa disminución en la infiltración y aumento en la esorrentía, lo que trae aparejado un incremento de los caudales de inundación y los procesos de erosión.
- La **LLUVIAS** por el efecto orográfico condicionan precipitaciones localizadas e intensas.
- Desde el punto de vista morfodinámico el sistema hidrográfico en su conjunto, presenta un cierto grado de **ESTABILIDAD**, con ausencia de procesos de remoción en masa que involucren un aumento de la peligrosidad de las crecientes (flujos densos).

- El análisis de las formas planas y verticales de las distintas subcuencas del sistema , indican que la cuenca del Río UNQUILLO, es la que presenta el mayor grado de tendencia a la generación de crecientes repentinas, destacándose por la respuesta mas rápida, la subcuenca del A° CABANAS debido a la mayor pendiente longitudinal.
- La cuenca inferior del Río CEBALLOS aunque de menor tendencia, ante la ocurrencia de lluvias intensas dará lugar a caudales importantes. Esta situación en coincidencia, con la evacuación de los máximos caudales por parte del embalse, daría lugar a un incremento del grado de amenaza.
- La dinámica y alcance de las crecientes se relaciona a las condiciones hidrogeomorfológicas. El nivel inferior de terraza de más reciente formación, es INUNDABLE EN FORMA PARCIAL, ante la ocurrencia de crecidas ordinarias y en FORMA TOTAL, en crecidas ordinarias máximas, con probable recurrencia de 25 años.
- Por su parte el nivel superior mas antiguo es inundable en FORMA PARCIAL ante la ocurrencia de eventos extremos o históricos.
- El grado de encajamiento predominante y la frecuencia de tramos rectos, en los colectores principales de la red de drenaje de la cuenca del RÍO UNQUILLO, restringe los DESBORDES LATERALES de los picos de crecida y la EROSIÓN DE MÁRGENES, en partes a la vez, por la resistencia del material rocoso de las márgenes (basamento cristalino).
- A diferencia en el caso de la cuenca del RÍO CEBALLOS, el menor grado de encajamiento, diseño meandriforme del colector principal y márgenes de material sedimentario friable (sedimentos aluviales), determinan procesos de erosión lateral más significativos y desbordes laterales ante la ocurrencia de crecidas ordinarias máximas y extremas.

- Las confluencias de los ríos en la zona urbana, condicionan una HIDRODINÁMICA dependiente del orden de llegada de las ondas de crecida por el efecto de retención temporal que ejercen.
- Buena parte del centro histórico de la Ciudad, como sectores suburbanos, ocupan el nivel inferior de terraza inundable en forma total en crecidas ordinarias máximas, lo que significa un RIESGO DE CONSIDERACIÓN, que se torna SEVERO, ante la ocurrencia de crecidas históricas.
- COMPLICAN LA SITUACIÓN puentes y pasarelas sin la luz necesaria para la evacuación de caudales importantes, a lo que se le suma la vegetación alóctona implantada que retarda el flujo y favorece en crecidas el efecto embalse y probable ruptura, por acumulación de resequía.
- La información obtenida mediante la ejecución del presente estudio, cubre plenamente la etapa de EVALUACION DE LA AMENAZA y complementada con un sistema de ALERTA TEMPRANA, brinda la información de base para las acciones de ALERTA Y PREVENCIÓN.
- Para la implementación de las restricciones finales de USO DEL TERRITORIO, es necesario establecer la línea de rivera mediante la aplicación de los estudios específicos.

10.- ANTECEDENTES CONSULTADOS

1. BARBEITO, O., BELTRAMONE, C. Y AMBROSINO, S. 2000. "La geomorfología en la predicción de inundaciones extremas frente al cambio climático global". Actas del XVIII. Congreso Nacional del Agua. Termas de Río Hondo. Santiago del Estero. Pag. 353.
2. BARBEITO, O. Y AMBROSINO, S. 2001. "The approach geologic-geomofologico in the detection and mitigation of events hydrological ends.sierra of the provincia de Cordoba". Boletín Paranaense de Geociencias Nº 49. Editorial da USPR. Pag 9 a 19.
3. AGENCIA CORDOBA D.A.T Y T.S.E.M. DIRECCIÓN DE AMBIENTE. Los Suelos. Provincia de Córdoba. 2003.
4. CAPITANELLI, R. 1979. "GEOGRAFÍA FÍSICA DE CÓRDOBA". Cap. III, Clima. Edit. Boldt. Rep. Argentina. Págs. 47-138.
5. GORDILLO, C.E y LENCINAS, A.N. 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. II Simposio de Geología. Rep. Arg. Vol. Y. Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba.
6. "INUNDACIONES EN ARGENTINA". World Meteoroligical Organization. Global Water Partnership. Programa asociado de gestión de crecidas America del Sur. Capitulo 8: Inundaciones repentinas en las Sierras de Córdoba (BARBEITO,O y S. AMBROSINO), Pgs. 205 a 215. Capitulo 9. Inundaciones severas por crecidas extremas.(BARBEITO, O Y S. AMBROSINO). ISBN. N 987-9406-82-6. Febrero 2004.
7. LUTI, R., 1979. "GEOGRAFÍA FÍSICA DE CÓRDOBA". Cap. VI, Vegetación. Edit. Boldt. Rep. Argentina. Págs. 297-368.
8. LOS SUELOS. 2003. Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba DACyTSEM. Dirección de Ambiente – INTA Manfredi. 2003.

9. QUINTANA SALVAT. F y BARBEITO, O. 1.999. "Geomorfología y riesgo geológico del ejido urbano de la Ciudad de Córdoba.
10. SEGEMAR. 1999. CARTA GEOLÓGICA CORDOBA. Escala 1:250.000. Programa Nacional de Cartas Geológicas. SEGEMAR. Instituto de Geología y recursos Minerales. 1999.

ANEXOS

LISTADO DE FOTOGRAFIAS INCLUIDAS EN LA CARTA
HIDROGEOMORFOLOGICA DE AMENAZA POR CRECIENTES
REPENTINAS



FOTO 1. Desde Av. San Martín. Estación de Servicio y viviendas sobre nivel de terraza inferior inundable ante la ocurrencia de crecientes ordinarias máximas. A° La Ensenadas.



FOTO 2. Puente Av. San Martín. Viviendas a ambas márgenes ocupando el nivel de

terrazza inferior inundables en crecientes ordinarias máximas. La avenida actúa como brazo de Crecida por desborde. A° Cabana.



Foto3. Puente Calla Santa Fe. Lecho ordinario y viviendas sobre nivel de terraza inferior inundable en crecientes ordinarias máximas. A° Unquillo.



FOTO 4. Puente y nivel de terraza inferior inundable en crecientes ordinarias máximas. Alto Riesgo en crecientes extremas. A° La Ensenada.



FOTO 5. Puente Av. San Martín. Lecho ordinario y viviendas a la margen derecha sobre terraza inferior inundable ante la ocurrencia de crecientes ordinarias máximas. La avenida actúa como brazo de crecida por desborde. Alto riesgo en crecientes extremas.



FOTO 6. Vivienda destruida sobre terraza inferior inundable ante la ocurrencia de crecientes ordinarias máximas. Confluencia de los arroyos Unquillo y Río Ceballos, Alto riesgo en crecientes extremas.



FOTO 7. Pasarela. Calle Colón. Vivienda sobre nivel de terraza inferior inundable en crecientes ordinarias máximas Alto riego en crecientes extremas. Río Ceballos.



FOTO 8. Idem foto 7. Resaca en pasarela que por efecto embalse complica la situación de amenaza.



FOTO 9. Vivienda sobre terraza inferior inundable ante la ocurrencia de crecientes ordinarias máximas. Río Unquillo. Alto riesgo en crecientes extremas.



FOTO 10. Cauce abandonado por estrangulamiento de meandro (causa desconocida) inmediatamente al oeste de Av. San Martín. Alta posibilidad de activación en crecientes extremas. Río Unquillo.



FOTO 11. Idem foto 10. Nuevo trazo de cauce por estrangulamiento. Vivienda a margen derecha con alto riesgo en crecientes ordinarias máximas y severo en crecientes extremas.



FOTO 12. Vivienda en terraza inferior inundable en crecientes ordinarias máximas. Riesgo máximo en crecientes extremas. Río Ceballos.



FOTO 13. Vado destruido creciente diciembre 2009. Vivienda en terraza inferior inundable en crecientes ordinarias máximas. Riesgo severo en crecientes extremas. Río Ceballos.



FOTO 14. Vivienda precaria sobre borde del lecho ordinario con bloques rodados que indican la capacidad de carga y competencia del curso. Severo riesgo ante crecientes ordinarias máximas y extremas. A° Cabana.



FOTO 15. Vivienda sobre borde del lecho ordinario. Puente sobre Av. Belgrano. Máximo riesgo en crecientes ordinarias máximas y extremas a lo que se le suma el efecto retardo y desvió del puente. A° Cabana.



FOTO 16. Terraza inferior inundable en crecientes ordinarias máximas. Camping UEPC. A° Cabana.

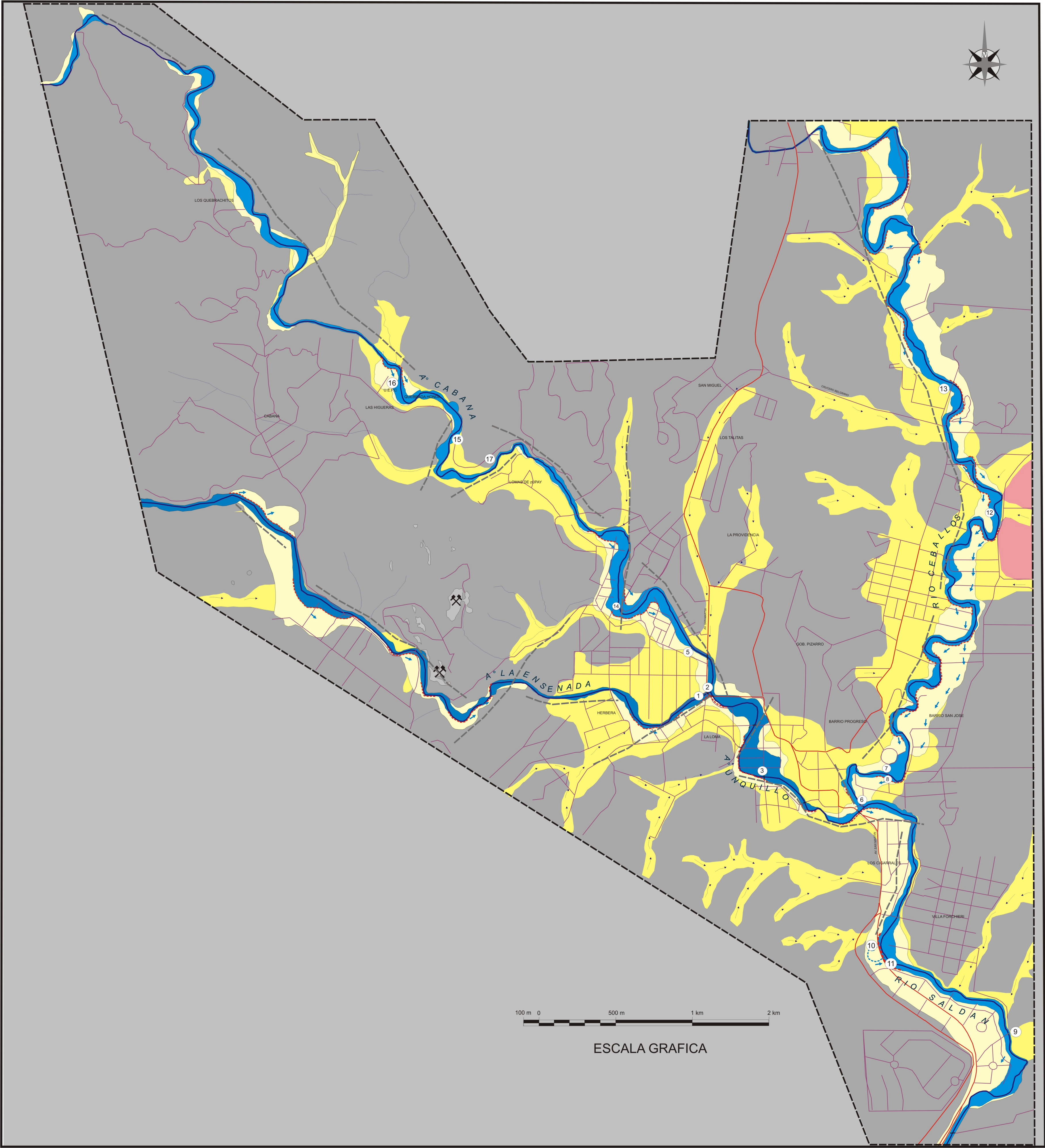


FOTO 17. Complejo en Quebrada Honda. Viviendas ocupando la terraza inferior inmediatamente a la margen del lecho ordinario. Balneario destruido por efecto de crecientes.

CARTA HIDROGEOMORFOLOGICA DE AMENAZA POR
CRECIENTES REPENTINAS

CARTA HIDROGEOMORFOLOGICA
DE AMENAZA POR CRECIENTES REPENTINAS

CIUDAD DE UNQUILLO



REFERENCIAS

AREAS SIN AMENAZA. Inundables por escorrentías locales temporales. (red de drenaje secundaria y escorrentía elemental)

- RELIEVE DE MONTAÑA Y COLINAS (Basamento cristalino (precámbrico)).
- RELIEVE DE LOMAS. Rocas sedimentarias Clásticas. Conglomerados (cretácico)
- RELIEVE DE VALLES SECUNDARIOS Y PLANO ALUVIAL ANTIGUO. Relleno coluvio-aluvial (pleistoceno - holoceno)
- Escorrentimiento temporal difuso en eje de valles Secundarios.

AREAS CON AMENAZA Inundables por la acción de los cursos fluviales principales

A) INUNDABLE ANTE LA OCURENCIA DE CRECIENTES REPENTINAS ORDINARIAS NORMALES Y MAXIMAS

- LECHO ORDINARIO Y CANAL DE ESTIAJE.
- AREA INUNDABLE EN FORMA PARCIAL ANTE LA OCURENCIA DE CRECIENTES REPENTINAS ORDINARIAS NORMALES Y EN FORMA TOTAL, EN ORDINARIAS MAXIMAS. NIVEL DE TERRAZA INFERIOR.
- ÁREAS AFECTADAS POR EROSIÓN DE MARGENES

B) INUNDABLE ANTE LA OCURENCIA DE CRECIENTES HISTORICAS EXTREMAS (EPISODICAS)

- AREA INUNDABLE EN FORMA PARCIAL ANTE LA OCURENCIA DE CRECIENTES REPENTINAS EXTREMAS. NIVEL DE TERRAZA SUPERIOR
- DIRECCION DE DESBORDE DE LAS ONDAS DE CRECIDA CON FUERTE PODER DESTRUCTIVO.

GENERALES

- RUTAS Y CAMINOS PRINCIPALES.
- CAMINOS SECUNDARIOS.
- PUENTE
- VADO
- CANTERA
- FOTOS
- ÁREA DE TRABAJO