

INUNDACIONES REPENTINAS

SIERRAS DE CORDOBA

* O.BARBEITO. INA-CRSA-UNC.

- En la región serrana de Córdoba las CRECIENTES REPENTINAS constituyen la AMENAZA NATURAL POR EXCELENCIA.
- Estas están CONDICIONADAS POR EL MEDIO FÍSICO DE LA REGIÓN en respuesta a la baja permeabilidad del material geológico, la fuertes pendientes naturales, la cubierta de vegetación insuficiente por condición natural y/o efectos de incendios y las condiciones climáticas que significan la concentración de las precipitaciones en un periodo del año, con frecuencia de carácter convectivo severo y efecto orográfico.
- En base a su magnitud y periodo de recurrencia, las crecientes repentinas pueden ser de carácter ORDINARIO y EXTREMO. Las primeras ocurren anualmente con una dinámica y alcance conocidos en base a la periodicidad de su ocurrencia, ocupando en forma parcial o total el lecho de INUNDACIÓN PERIÓDICO. Por el contrario las segundas, de largos periodos de recurrencia (50, 100, 200 años), adoptan dinámicas y alcances no previstos, debido a la falta de información y ocupan en forma total o parcial, el lecho de inundación EPISÓDICO o HISTÓRICO. Tales lechos se definen claramente por sus características GEOLÓGICAS y GEOMORFOLÓGICAS, por tipo de materiales presentes en primer término y a las formas derivadas de la tendencia de la acción fluvial, en segundo término.
- En los últimos años en las Sierras de Córdoba 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), Las Peñas (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 antecedentes mediante patrones, trazas y elementos GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS lo suficientemente claros, indicaban la actividad total o parcial de los lechos de inundación periódicos y episódicos de los

ríos en el pasado reciente, en los que se incluían los sectores mas dañados, hecho además, corroborado por INFORMACIÓN HISTÓRICA.

- Los análisis realizados en todos los casos, permiten aseverar que los eventos ocurridos, mas que CATASTROFES imprevisibles, forman parte de la DINÁMICA NATURAL desde una visión GEOLÓGICA y GEOMORFOLÓGICA.
- Factores de orden antrópico suelen incrementar la tendencia natural del proceso, mediante la alteración de la cubierta de vegetación natural por incendios incontrolados, actividades agrícolas sin las correspondientes prácticas de conservación, etc. a la vez que incrementan las situaciones de riesgo, por urbanizaciones rápidas y desordenadas (no reguladas).
- La ocurrencia de precipitaciones intensas en relación al efecto el “ EL NIÑO” y/o CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL, involucra una cierta probabilidad de crecidas extremas que afecten a otras poblaciones, por lo que se hace necesario encarar a CORTO PLAZO acciones que posibiliten prevenir sus efectos y evitar daños mayores.

ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

- 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.
- La MITIGACIÓN de amenazas naturales comprende medidas 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.
- La CARTOGRAFIA DE RIESGOS NATURALES, entre los que se incluyen las inundaciones, constituye la base de partida primordial de la ETAPA DE

EVALUACIÓN, basada en el conocimiento y valoración de la naturaleza, formas y procesos dinámicos que actúan en el terreno.

- Para su elaboración la aplicación del criterio GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO y el empleo de las técnicas de la TELEDETECCIÓN y la FOTOINTERPRETACIÓN, juegan un papel preponderante.
- La cartografía de AMENAZA POR INUNDACIONES en particular de CARÁCTER EXTREMO lograda de esta manera, brinda información referente a la dinámica y alcance de las inundaciones, incluyendo situaciones potenciales de amenaza que pudieran derivar de la tendencia evolutiva fluvial (erosión de márgenes, desbordes laterales, activación de paleocauces, estrangulamientos de meandros, etc.) o de la incorrecta intervención humana.
- En una PRIMERA ETAPA la CARTOGRAFÍA DE RIESGO cubre enteramente la etapa de prevención de las AMENAZAS POR INUNDACIONES REPENTINAS, por cuanto brindan las bases para las acciones de la DEFENSA CIVIL, ubicación, reubicación de centros estratégicos, hospitales, bomberos, policía, etc., diagramación de planes de evacuación, salvataje, etc. y en una SEGUNDA ETAPA, complementada con estudios HIDROLÓGICOS ESPECIFICOS, posibilita discernir sobre las RESTRICCIONES FINALES DEL USO DEL TERRITORIO.
- Por el criterio utilizado en la obtención de la CARTOGRAFIA DE RIESGO, la información que contiene a mas de cubrir lo concerniente a la amenaza específica, brinda las bases para los planes de ORDENACIÓN EN GENERAL.

ACTIVIDADES DEL CIRSA EN REALACION A LAS CRECIENTES REPENTINAS

- El **CIRSA** entre sus actividades incluye luego de lo ocurrido en San Carlos Minas, investigaciones orientadas a la mitigación de las amenazas por inundaciones repentinas.
- Dentro del marco de las estrategias de mitigación, el CIRSA lleva adelante una **ESTRATEGIA DE PREDICCIÓN**, a los efectos de contar con las bases para los planes de prevención.
- Esta consta de dos etapas complementarias estrechamente vinculadas entre sí. Por un lado la **EVALUACIÓN DE LA AMENAZA** mediante la aplicación de estudios geológicos y geomorfológicos que posibilitan

elaborar cartografía de riesgo y por otro, la implementación de una **ALERTA TEMPRANA**, mediante la instalación y manejo de instrumental de avanzada en las nacientes de los ríos, que posibilitan a tiempo real conocer la distribución e intensidad de las precipitación y la magnitud de los picos de crecida que se generan.

- De esta manera se cuenta con información integral referida a la ocurrencia de lluvias intensas en la cuenca de recepción y la probable dinámica que adoptarán las inundaciones aguas abajo en las áreas pobladas, de acuerdo a la zonificación realizada en el mapeo de riesgo. Esto constituye una herramienta de alta utilidad, en particular ante la ocurrencia de crecientes extremas.

PRINCIPALES PUBLICACIONES EN RELACION AL TEMA

• En Revistas Especializadas con Referato

1. BARBEITO, O., AMBROSINO, S., ZAMANILLO, E. y LOPEZ, F.. 1992. "Aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos, en la catástrofe de San Carlos Minas. Pvcia. de Córdoba. Argentina. Pub: Revista de Fotointerpretación. Año 0, N 1, Vol1, 92-1. 6 pgs. 1 carta.
2. BARBEITO, O y AMBROSINO. S. 1993. "Utilidad de los estudios Fotogeológicos y fotogeomorfológicos para la Detección y Prevención de las Inundaciones. Pub: Revista de Fotointerpretación. Año 1. N 2. Vol.II. 7 pgs. 1 carta.
3. BARBEITO, O y AMBROSINO, S. 1993. "Carta de Riesgo de Inundación de la Ciudad de Santa Rosa de Calamuchita. Provincia de Córdoba. Argentina". Pub: Revista de Fotointerpretación. Año 1 N1. Vol II. 8 Pgs. 1 Carta.
4. QUINTANA SALVAT. F y BARBEITO, O. 1.999. "Geomorfología y riesgo geológico del ejido urbano de Córdoba". Revista de Fotointerpretación. Año 7 N 1-2. Vol VIII. 99-1.2.
5. BARBEITO, O. 1999. " Diagnóstico geológico ambiental del riesgo de inundación". Revista INA. Instituto Nacional del Agua y el Ambiente. Pag 27 a 32. Año II. Agosto – Septiembre de 1999.
6. BARBEITO, O. Y AMBROSINO, S. 2001. "The approach geologic-geomofológico in the detection and mitigation of events hydrological ends.sierra of the provincia de Cordoba". Boletín Paranaense de Geociencias N° 49. Editorial da USPR. Pag 9 a 19.

- **Publicación de libros.**

1. Carta de Peligrosidad (amenaza) de inundación, erosión y anegamiento para las acciones de prevención. Ciudad de Córdoba. Autores: QUINTANA SALVAT, F.; BARBEITO, O. Y R. MENSÓ. Convenio marco UNC y Municipalidad de Córdoba. Res. Rectoral 123/92 y ordenanza municipal N 8724/92. 2001. ISBN N 987-9129-15-6.

2. "Inundaciones en Argentina". World Meteorological Organization. Global Water Partnership. Programa asociado de gestión de crecidas America del Sur. Proyecto: Mejoramiento de las Prácticas de Gestión de Crecidas en Sudamérica. Editor Juan Carlos Bertoni. Autores: S. Ambrosino, O. Barbeito, J.C. Bertoni; A. Daniele, J.A. Maza, J.C. Paoli y J.J. Serra. Capítulo 8: Inundaciones repentinas en las Sierras de Córdoba. Autores: BARBEITO, O y S. AMBROSINO, Pgs. 205 a 215. Capítulo 9. Inundaciones severas por crecidas extremas. Autores: BARBEITO, O: S. AMBROSINO; J. BERTONI Y J. PAOLI. Pgs. 217 a 232. ISBN. N 987-9406-82-6. Febrero 2004.

Congresos

1. BARBEITO, O. y AMBROSINO, S. 1993 "Mapa de Riesgo de Inundación de la Ciudad de Santa Rosa de Calamuchita en la Provincia de Córdoba". Pub: anales de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. Región Centro. Primera Reunión Sobre Preparación y Uso de Mapas Temáticos. Pgs. 26 - 34.
2. BARBEITO, O. y AMBROSINO, S. 1993 "Incidencia del aspecto geomorfológico en las inundaciones de carácter extraordinario - San Carlos Minas. República Argentina". Actas del Primer Simposio de Recursos Hídricos do Cone Sul. Brasil. Anais 3. Pgs. 78-87.
3. BARBEITO, O. y AMBROSINO, S. 1993 "Predicción de los efectos de la creciente extraordinaria ocurrida en la Ciudad de Mina Clavero el 10 de noviembre de 1993. Actas del XV Congreso Nacional del Agua. La Plata. Argentina. pgs.491-502.
4. BARBEITO, O. y AMBROSINO, S., 1994 "Diagnóstico de la situación de amenaza y riesgo de inundación en la localidad de Villa Cura Brochero. Pcia. de Córdoba" Actas III Simposio Argentino de Teledetección. Córdoba. Pgs. 314-322. 1995.

5. BARBEITO, O., HERRERO, S. y AMBROSINO, S., 1994. "Importancia de los criterios geomorfológicos para la detección y prevención de inundaciones ordinarias y extraordinarias. Provincia de Córdoba, Argentina". Actas II Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas hidrográficas. Mérida, Venezuela. Pgs. 135 -147.
6. BARBEITO, O. y AMBROSINO, S. 1995. "Aplicación de los estudios fotogeológicos y fotogeomorfológicos para la detección y prevención de las inundaciones. Municipios de las Sierras de Córdoba." Actas de la Primera Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Noviembre 1995. Pgs. 145-153.
7. BARBEITO, O., MASSERA, L. GIAMBASTIANI, M. 1995. "Diagnóstico preliminar de la situación de riesgo de inundación de la localidad de Villa de Soto. Pcia. de Córdoba." Actas de la Primera Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Pgs. 135-144.
8. BARBEITO, O., SANTA, A., TARDITI, G. y AMBROSINO, S. 1995. "Evaluación geomorfológica e hidrológica de la crecida del A. Seco." (1995. Ciudad de La Falda. Pcia. de Córdoba). Actas de la Primera Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Universidad de Río Cuarto (UNRC). Noviembre de 1995. Pgs. 127-133.
9. QUINTANA SALVAT, F. y BARBEITO, O. 1998. "Cartografía Geocientífica para la Prevención de Amenazas Naturales. Ciudad de Córdoba." Actas del XVII Congreso Nacional del Agua y II Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur". Santa Fe. Argentina.
10. 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.
11. BELTRAMONE, C.; O. BARBEITO y S. AMBROSINO 2001. Análisis de la torrencialidad de la cuenca del río San Francisco." Actas del Seminario Internacional sobre el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. SMICH. Rosario Argentina.
12. BARBEITO, O., C. BELTRAMONE, S. AMBROSINO y F. FAYA 2002. "Evaluación De la tendencia evolutiva del río Los Tártagos y amenazas asociadas". Actas del XIX Congreso Nacional del Agua. Villa Carlos Paz. Argentina. Agosto 2002.
13. BELTRAMONE, C., O. BARBEITO Y S. AMBROSINO. 2002. "La Carta hidrogeomorfológica de la cuenca superior del río Primero". Actas del XIX Congreso Nacional del Agua. Villa Carlos Paz.
14. BARBEITO, O. y S. AMBROSINO 2002. " El criterio geológico y geomorfológico en la detección y mitigación de eventos hidrológicos extremos. Casos de las Sierras de Córdoba". Unidad de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Actas del Seminario de Flujos Densos en Areas de Montaña y Jornadas de estudio sobre riesgos hidrogeológicos en el NOA Argentino. Salta.
15. BARBEITO, O.; L. MASSERA Y S. AMBROSINO. 2002. Actas del Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. II Congreso

- de Ambiente y Calidad de Vida. "Análisis Hidrogeomorfológico de la Cuenca del Río Cranero y Derrames Asociados". Catamarca.
16. BARBEITO, O. y S. AMBROSINO. 2002. Actas del Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. II Congreso de Ambiente y Calidad de Vida. "La Geomorfología en la Mitigación de la Amenaza por Inundaciones. Caso Villa General Belgrano. Provincia de Córdoba. Argentina." Catamarca.
 17. BARBEITO, O.; S. AMBROSINO; C. BELTRAMONE y D. TORRE. 2003 "Tendencia evolutiva de cursos fluviales del Norte de Córdoba". Segundo Foro Interdisciplinario de Ciencias Vinculadas al Ambiente y Calidad de Vida. San Fernando de Catamarca. Diciembre 2003. Pg. 25.
 18. BARBEITO, O. 2004. "Evaluación geomorfológica de la amenaza por inundaciones del A. El Sauce. Provincia de Córdoba". Seminario Internacional. Alternativas Tecnológicas frente a los Desastres en el Habitat Popular Latinoamericano. Mendoza.
 19. BARBEITO, O. 2004. "Compendio de inundaciones catastróficas en las sierras de Córdoba". Anales de Jornadas de debate sobre riesgo hídrico, inundaciones y catástrofes .Instituto Argentino de Recursos Hídricos IARCH. Centro Argentino de Ingenieros. Buenos Aires.
 20. BARBEITO, O.; S. AMBROSINO; P. CONTRERAS; D. TORRE; G. TARDITTI Y R. UGARTE. 2005. "Análisis de la variación temporal de las redes de drenaje del piedemonte oriental de la Sierra Norte de Córdoba y riesgos asociados". XX Congreso Nacional del Agua. CONAGUA. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Mendoza. Argentina.
 21. BELTRAMONE, C., O. BARBEITO, S. AMBROSINO Y R. UGARTE. 2005. "Determinación del área fuente y producción de sedimento anual para la cuenca superior del Río Cuarto. Pcia. de Córdoba. XVI Congreso Geológico Argentino. La Plata. Argentina.
 22. BARBEITO, O Y S. AMBROSINO. 2005. "Evaluación de umbrales de inundaciones extremas y desastres mediante el empleo del criterio geomorfológico, las técnicas de teledetección e información histórica". Segundo Simposio Regional sobre Hidráulica de ríos. Neuquén. Argentina.
 23. BARBEITO, O, S. AMBROSINO, R. UGARTE y N. BOAGLIO. 2006. "Evaluación geomorfológica de la amenaza por crecientes repentinas en Alpa Corral, Provincia de Córdoba" III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Córdoba.
 24. UGARTE, R; O. BARBEITO y S. AMBROSINO. 2007. "Amenaza por crecientes repentinas en la Comuna de San Antonio de Arredondo. Córdoba". Actas CONAGUA 2007. Tucumán . Argentina.
 25. BARBEITO, O, S. AMBROSINO; R. UGARTE; CISNEROS, J y A. DEGOANNI 2007. "Cartografía de Riesgo Hídrico de la Provincia de Córdoba. Evaluación de Crecientes Repentinias en Zona Serrana". Actas CONAGUA 2007. Tucumán. Argentina.
 26. CISNEROS, J; A. DEGOANNI; O. BARBEITO, S. AMBROSINO Y R. UGARTE. 2007. Cartografía de Riesgo Hídrico de la Provincia de Córdoba. Actas CONAGUA 2007. Tucumán . Argentina.

27. UGARTE, R.; O. BARBEITO y A. AMBROSINO, 2007. "Amenaza por Crecientes Repentinias en la Comuna de Cuesta Blanca, Córdoba". Actas, Tercer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. 7 al 9 de Noviembre de 2007. Córdoba, Argentina.
28. BARBEITO, O 2007. "Tartagal un caso predecible" Actas, Tercer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. 7 al 9 de Noviembre de 2007. Córdoba, Argentina.
29. COLLADON, L.; G.FELICI; G. CAAMAÑO; y O. BARBEITO 2007. "Complementación de procedimientos geomorfológicos e hidrológicos para identificar umbrales de inundación". Actas, Tercer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. 7 al 9 de Noviembre de 2007. Córdoba, Argentina.
30. BARBEITO, O.; H. FRONTERA Y S. AMBROSINO. 2008. "Uso actual y nuevos procesos geomórficos en el Norte de Córdoba". Congreso de Ambiente y Calidad de Vida. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina.
31. BARBEITO, O. 2008. "Activación de procesos fluviales en el sistema hidrográfico El Morro. Provincia de San Luis". Taller sobre manejo sustentable del agua en argentina: agua superficial y subterránea. Mendoza.
32. BARBEITO, O.; H. FRONTERA Y A. AMBROSINO. 2008. "Uso actual y cambio en los procesos geomórficos del Norte de Córdoba". IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Universidad Nacional de Catamarca.
33. MENSÓ, R.; O. BARBEITO Y D. CLOSA 2008. Modalidad Taller. "Fotointerpretación y teledetección aplicada al reconocimiento del medio ambiente. IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Universidad Nacional de Catamarca.

EJEMPLO

EVALUACIÓN GEOMORFOLOGICA DE LA AMENAZA POR CRECIENTES REPENTINAS

PREDICCIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CRECIENTE HISTORICA QUE AFECTÓ A LA CIUDAD DE MINA CLAVERO EL 10 DE NOVIEMBRE DE 1993

O.BARBEITO. INA-CRSA-UNC. Coyabarbeito @ arnet. com. ar
S. AMBROSINO. INA-CRSA

1 - INTRODUCCION

El 6 de enero de 1992 una crecida repentina de CARÁCTER EXTREMO, afectó la localidad de SAN CARLOS MINAS en las Sierras de Córdoba, ocasionando importantes daños y pérdidas de vidas humanas.

La magnitud, dinámica y alcance de tal crecida, tomó TOTALMENTE DESPREVENIDOS, tanto a pobladores, como a los organismos encargados de la defensa Civil. No obstante las características GEOLÓGICAS y GEOMORFOLÓGICAS analizadas en imágenes satelitales y fotografías aéreas antecedentes, indicaban claramente la ocurrencia de eventos similares en un pasado geológico muy reciente, hecho además, corroborado por datos históricos.

Frente a la cierta probabilidad de repetición de eventos de similares características, autoridades de poblaciones serranas, entre las que se cuenta la Ciudad de Mina Clavero, plantearon la necesidad de evaluar la situación de amenaza a la que estaban expuestas, ante dicha probabilidad.

A pedido del municipio se realizó el presente trabajo seleccionado como representativo, utilizando como base primordial, el criterio GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO mediante el uso de las técnicas de la FOTOINTERPRETACIÓN Y TELEDETECCIÓN y la corroboración y ajuste de la información obtenida, sobre la base de chequeos de campo y la recopilación y análisis de datos históricos. Como resultado se obtuvo una carta de amenaza de inundaciones repentinas indicativa de la dinámica y alcance de las inundaciones, poniendo especial énfasis en las de carácter extremo.

La información cartográfica fue entregada al municipio con anterioridad a la creciente extrema que tuvo lugar el 10 de noviembre de 1993, cuya dinámica y alcance se especificaban claramente en el contenido de la misma, lo que posibilitó la mitigación por la acción de los organismos encargados de la Defensa Civil, jugando un papel relevante la concientización de la población (autoevacuación).

Esto deja en claro la alta utilidad del empleo del criterio geológico-geomorfológico para la detección y prevención de eventos hidrológicos extremos, mas teniendo en cuenta que en las áreas estudiadas, los datos hidrológicos, meteorológicos, etc. son insuficientes tanto en forma espacial, como temporal.

2 - UBICACIÓN GEOGRAFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO

Las Sierras de la Provincia de Córdoba (figura N° 1) se localizan entre los 30° y 34° de latitud sur y los 63° y 65° de longitud oeste, constituidas por tres lineamientos norte-sur de bloques elevados por efecto de fallas regionales: el cordón Oriental, el cordón Central y el cordón Occidental.

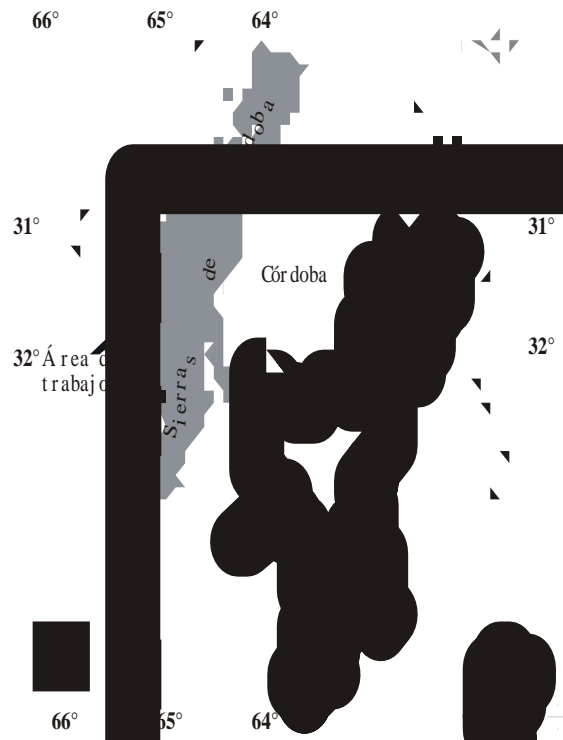


Figura N° 1

En el cordón Central con altitudes por sobre de los 2.000 m.s.n.m (Sierras de Comechingones, Cumbres de Achala y Sierras Grandes), tienen nacientes los principales sistemas hidrológicos de la Provincia, según cuencas de recepción de carácter torrencial del orden de los 300 a 500 km².

El medio receptor de estas cuencas, se caracteriza por la predominancia de relieve fuerte con accidentes frecuentemente asociados a la tectónica (escarpes, cornisas, quebradas. etc.) y la marcada predominancia de un basamento cristalino antiguo (metamórfico-plutónico) que soporta coberturas residuales someras o discontinuas que alternan con elevados porcentajes de roca desnuda.

La vegetación natural condicionada por la altitud y la exposición geográfica, es en los niveles inferiores de tipo arbóreo y arbustivo de densidad variable según la geología del sustrato geológico y en los niveles medios y superiores, de tipo arbustivo y herbáceo respectivamente, condicionada su densidad también por el aspecto geológico (Barbeito O. ; Herrero M. y Ambrosino S. 1983).

Por su parte las condiciones climáticas se ajustan a parámetros de semiaridez, con precipitaciones medias del orden de los 1000 mm. anuales y concentración de lluvias en el periodo octubre-marzo.

El uso actual dado la baja aptitud de los suelos, se limita a la actividad forestal (coníferas) y a la ganadería extensiva, en gran parte limitada por la topografía accidentada.

La energía del relieve, conjuntamente con la baja permeabilidad de los materiales geológicos de superficie y la insuficiente protección hidrológica que ofrece la vegetación por condicionamiento natural, a la vez disminuida por la alteración por efecto de incendios periódicos, sumado a la ocurrencia e tormentas convectivas severas por acción del efecto orográfico, predisponen al

ambiente a una alta tendencia a la generación de crecientes repentinas de magnitud. (Barbeito O. ; Herrero M. y Ambrosino S. 1983).

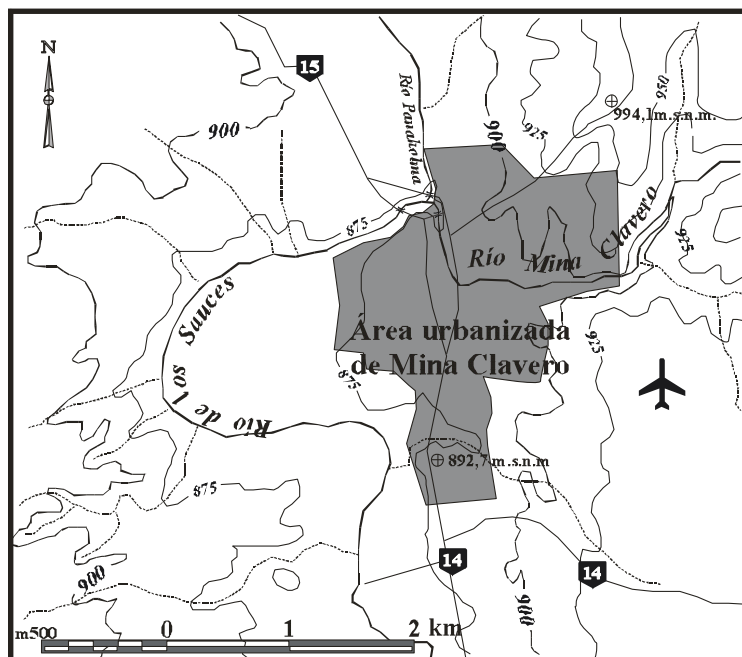


Figura N° 2

La Ciudad de Mina Clavero (figura N° 2) que constituye uno de los centros turísticos mas importantes de la Provincia, se localiza al pié de la vertiente occidental abrupta del cordón Central (Cumbres de Achala), a la márgenes del colector principal de la cuenca de recepción, inmediatamente a la salida del bloque montañoso. Las particularidades naturales ligadas a la generación de las crecientes repentinas descritas adquieren aquí, la mayor significación, hecho que se corrobora con los antecedentes históricos. (Barbeito O. y Ambrosino S. 1993).

3 – OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo dentro del marco de las estrategias para el manejo de las amenazas naturales, estuvo dirigido a detectar y evaluar las áreas bajo amenaza de crecientes repentinas, en particular de carácter extremo, a los efectos de contar con las bases para las acciones de mitigación, partiendo de la premisa que las medidas previas a la ocurrencia de los desastres, entre las que se incluyen la evaluación de la amenaza, son las más efectivas en términos de costo y tiempo de aplicación para reducir el número de fatalidades y la destrucción de propiedades (OEA - DDRMA 1991).

4 - METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y MAPEO

EL análisis, evaluación y mapeo de la amenaza, se realizó a partir del empleo del criterio geológico y geomorfológico y la utilización de las técnicas de la teledetección y fotointerpretación, con el correspondiente control de campo.

La información temática se obtuvo del análisis de imágenes satelitales (cuartos de imagen) a escala 1:250.000 en banda 7 del año 1983 y fotografías aéreas a escala aproximada 1:20.000 y 1:5.000 del año 1970 y como base topográfica, se utilizaron las Hojas Mina Clavero y Panaholma a escala 1:50.000 editadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM).

La metodología empleada consta de dos niveles interactivos: un primer nivel regional y un segundo nivel de semidetalle y detalle. En el primer nivel mediante el análisis de las imágenes satelitales, considerando la cuenca hidrográfica en su conjunto, se realizó el reconocimiento, definición, caracterización y mapeo de los aspectos con mayor participación en la tendencia a las crecidas repentinas considerando: clases litológicas dominantes de acuerdo a los parámetros ligados a la permeabilidad (génesis, estructura, grado de rocosidad, texturas, etc.); sistema de drenaje a nivel de cuenca y subcuencas; unidades geomorfológicas definidas en base a su inclinación y distribución de las pendientes naturales; vegetación natural, según fisonomía y densidad de cobertura; y uso actual., incluyendo el cálculo y análisis de las formas planas y verticales de la cuenca (áreas, perímetros, formas, pendiente medias, etc.).

Los datos temáticos fueron volcados a mapas a escala 1:100.000.

Por su parte en el segundo nivel considerando la población y su entorno próximo, se efectuó un análisis de fotointerpretación estereoscópico a nivel de semidetalle y detalle, centrado en el reconocimiento, definición y caracterización de las formaciones geológicas, los ambientes y unidades hidrogeomorfológicas, con especial énfasis en las trazas y elementos indicativos de la dinámica de las inundaciones y las situaciones de inestabilidad actuales y potenciales, ligadas a la tendencia evolutiva de la erosión de márgenes (estrangulamientos de meandros, desbordes en paleocauces, etc.).

La información obtenida en gabinete fue chequeada en campaña, mediante un exhaustivo control in-situ y ajustada en base a la obtención y análisis de información histórica.

5 – RESULTADOS

Características de la cuenca hídrica y tendencia a la generación de crecientes repentinas.

La Ciudad de Mina Clavero se comprende en la cuenca del río de Los Sauces de carácter endorreico y régimen de escurrimiento pluvial permanente, hasta el embalse de La Viña, a partir de donde luego de un breve recorrido se insume en los materiales permeables (fluviotorrenciales) que rellenan los bolsones occidentales de la Provincia de Córdoba (Olsacher J. 1972).

Las subcuencas de los ríos Mina Clavero y Panaholma que la componen, conforman el área de recepción del sistema. La primera se conforma por los ríos Del Sauce, Las Manzanas y Hondo, abarcando el conjunto una superficie de 175 km² hasta el centro de la ciudad homónima. El cauce principal desde las nacientes (2.262 m.s.n.m), hasta el centro de la población (880 m.s.n.m), tiene una longitud

de 17 Km., lo que resuelve una pendiente media de 5,41%. Por su parte la segunda, la conforman los ríos Los Hornillos, Laguna Verde y San Lorenzo, abarcando el conjunto una superficie de 425 km². El cauce principal (Laguna Verde) tiene nacientes a una altitud de 2.270 m.s.n.m. y un recorrido de 57 km hasta la confluencia con el río Mina Clavero (pendiente media 2.36 %) (Barbeito O. y Ambrosino S. 1993).

De la confluencia de ambas subcuencas, se genera el río de los Sauces que surca la depresión del valle de San Alberto, flanqueada al este por los bloques de las Cumbres de Achala y al oeste por los de las Sierra de Pocho (ver carta N° 1)

El paisaje geomorfológico donde tienen desarrollo las áreas de recepción, corresponde a la vertiente occidental de las Cumbres de Achala (Cordón Central, ver mapa N° 1), genéticamente relacionado a rechazos o abruptos de falla compuestos, según bloques descendientes en gradería por efecto de un sistema principal de fallas morfogénicas N-S, particularidad que resuelve un relieve energético manifiesto en frecuentes cornisas, quebradas profundas y laderas de fuerte inclinación.

El material geológico está representado por una intrusión ígnea regional (batolito de Achala), en el que predomina netamente la roca granítica con intrusiones de carácter pegmatítico y aplítico (Olsacher J. 1972), (Gordillo, C. E. y Lencinas, A. N. 1979), sobre la que evolucionaron coberturas residuales muy someras y discontinuas que alternan con porcentajes de roca desnuda superiores al 50%, (Barbeito O. ; Herrero M. y Ambrosino S. 1981)

Los procesos evolutivos del paisaje dada las condiciones litológicas y climáticas, se limitan a la disgregación granular (arenización), a la fragmentación en bloques y a procesos de gravedad, según caídas libres rápidas circunscriptas a quebradas o afloramientos de diques y filones, siendo la crioclastía y la fuerte amplitud térmica diaria debido a la altitud, los agentes responsables.

La vegetación se representa por pastizales de altura muy discontinuos en los niveles superiores y por un mosaico de arbustal abierto con sustrato de pastizales discontinuos y monte abierto de bajo grado de cobertura, en los medios, en ambos casos, supeditada a la presencia de coberturas residuales alternantes con altos porcentajes de roca desnuda. Vegetación arbórea densa (monte serrano) se limitada solo a quebradas con condiciones de microclima.

La energía del relieve y el tipo litológico dominante (granito), resuelven la neta predominancia de unidades definidas por la mínima permeabilidad y máxima inclinación de los terrenos.

las clases geomorfológicas Ar y As (ver cuadro 2), mas extendida la primera definida

Esto conjuntamente con las formas planas y verticales del sistema de drenaje (ver cuadro 1), el bajo grado de protección hidrológica que brinda la vegetación natural, a lo que se le suma la ocurrencia de tormentas convectivas por el efecto orográfico, determina una alta tendencia a la generación de crecientes repentinas.

Formas planas y verticales.

CUENCA	A. Km² (área de la cuenca)	P. Km (perímetro de la cuenca)	L. Km (long.del curso principal)	P M % (pendiente media)	D.D km/km² (densidad de drenaje)	KC (coeficiente de compactada)	FF (factor de forma)
R. MINA CLAVERO	175	70	24	5.41	3.94	1.49	0.29
R. PANAHOLMA	425	109	57	2.36	3.11	1.50	0.13

CUADRO 1

Condiciones geológicas y geomorfológicas de la Ciudad y su entorno y su relación con el grado de amenaza.

La ciudad de Mina Clavero y su entorno en la baja pendiente de la escarpa tectónica de los bloques que integran las Cumbres de Achala, se localiza en el entorno próximo de la confluencia de los ríos Mina Clavero y Panaholma, a partir de donde se genera el río de Los Sauces que corre por la depresión estructural del Valle de San Alberto.

En dicho ambiente las condiciones geológicas y geomorfológicas juegan un rol fundamental en la dinámica y alcance que adoptan las inundaciones asociadas a las crecientes repentinas.

El río Mina Clavero a la salida del bloque central de las Cumbres de Achala, luego de un corto recorrido (3.5 km.), atraviesa la zona urbana controlado por efecto de una falla longitudinal en primera instancia OE y luego N-S, sobre cuyo trazo confluye frontalmente con el río Panaholma (Ver Mapa 1). En este tramo la energía de relieve resuelve fuerte competencia y capacidad de carga de la corriente, lo que se evidencia con el escaso material aluvional en el curso y frecuente afloramiento del basamento cristalino en el fondo del lecho (granito). supeditada a la presencia de coberturas residuales alternantes con altos porcentajes de roca desnuda

En estas condiciones el curso por encajamiento, no ha generado un típico lecho de inundación, actuando como tal sobre la margen derecha, un nivel de terraza de erosión labrada en el basamento con una débil cobertura de material aluvional actual.

En este tramo fluvial la dinámica de las crecidas está regida por el control y encajamiento que producen las fallas, lo que limita el desarrollo lateral de las ondas de crecida, pero incrementa notablemente el vertical, que adquiere en el sector avance frontal y fuerte poder destructivo.

En lo que respecta al río Panaholma, este a la salida del bloque de la sierra, recorre 19 km. en ambiente de valle hasta el área urbana asentada en la confluencia con el río Mina Clavero, hecho que involucra una pérdida en la competencia y capacidad de carga con aumento en la deposición aluvional. El curso con bajo grado de encajamiento, corre flanqueado por niveles de terraza a ambos márgenes.

Tales condiciones a diferencia del río Mina Clavero posibilitan desbordes laterales ante la ocurrencia de inundaciones de magnitud, en partes regidos por el

trazo de brazos de crecidas, con mayor significación hacia la margen derecha, antes de la confluencia con este.

Aguas abajo de la confluencia en el ámbito del valle, ya en el río de los Sauces, la situación geomorfológica e hidrológica es diferente. El curso por disminución de la energía de relieve pierde competencia y capacidad de carga y aumentan los procesos de aluvionamiento, adoptando el flujo diseño meandriforme hasta la desembocadura en el Embalse La Viña, diseño que rige la progresiva ampliación del valle por erosión lateral de márgenes, incluyendo por encajamiento niveles de terraza.

Aquí a diferencia de los tramos antecedentes, la dinámica y alcance de las crecientes repentinas están fuertemente condicionados por el diseño meandriforme, en particular en crecientes extremas, con sobrepaso de curvas meándricas, desbordes laterales en la partes internas e intensa erosión de márgenes asociada, en las externas.

En el tramo urbano del río De Los Sauces las condiciones geológicas tienen fundamental participación en la tendencia evolutiva del amplio meandro que describe. Al comienzo de este en la zona de la confluencia de los ríos Mina Clavero y Panaholma, el curso corre encajado sobre rocas graníticas del basamento cristalino, lo que imposibilita la tendencia de la erosión de márgenes, situación que cambia aguas abajo, en donde el río pierde este control, corriendo enteramente sobre material aluvional de fondo y márgenes (ver mapa).

Zonificación y elaboración de la carta de amenaza por inundaciones.

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 datos históricos y brindados por antiguos pobladores, posibilitó zonificar las áreas bajo amenaza, en base a la dinámica de las inundaciones y a su recurrencia, de acuerdo a la siguiente clasificación (ONU. 1976 modificada):

Zonas sin amenaza de inundación: comprenden aquellos terrenos que no están afectados por acción del río y solo lo están, por cuencas laterales poco significativas, que no entrañan riesgo para bienes y personas.

Usos y restricciones: no existen restricciones y solo para los planes de uso deben considerarse características geotécnicas, relieve, escurrimiento pluvial, etc.

Zonas con amenaza de inundación: comprenden los terrenos que en mayor o menor medida están afectados por acción del río y que en base a la posición geomorfológica que ocupen y la actividad fluvial se distinguen:

1 – **Zonas de Alta amenaza.** Desde el punto de vista geológico y geomorfológico y la recurrencia con que se producen las crecientes, se distinguen dos subzonas:

Sub-Zona (a) - Comprende el ámbito del Lecho Ordinario (zona prohibida) claramente evidenciado tanto del punto de vista geológico (arenas, gravas, rodados, etc.), como geomorfológico (riberas claras), en donde las crecientes repentinas tienen recurrencia anual. *Usos y restricciones: solo aptas para balnearios, solarium y recreación.*

Sub-Zona (b): Comprende los terrenos incluidos dentro del ámbito del lecho de inundación periódico que se activa con recurrencias entre 5 y 10 años cuando los caudales superan la capacidad de transporte del lecho ordinario. *Usos y restricciones: en base a la marcada actividad hídrica del ambiente, no es*

recomendable la residencia permanente de personas ni la instalación de obras de infraestructura en general, sin la debida planificación (puentes, líneas eléctricas, tuberías de gas, etc.) y solo son recomendables para recreación, campos de deporte, etc.

En el ámbito del lecho de inundación episódico cuya actividad está ligada a la ocurrencia de crecientes de alta recurrencia y carácter extraordinario, el aspecto hidrodinámico regido por las condiciones geomorfológicas, permite diferenciar dos zonas en base al poder destructivo de las aguas de crecida y la amenaza que implican.

2 - Zona restringida. La dinámica fluvial se caracteriza por el avance frontal de la crecida con fuerte poder destructivo. La omisión de esta situación por parte del hombre debido a la alta recurrencia con que estos sectores se activan, potencian la amenaza y el riesgo.

3 - Zona de baja amenaza. Se incluyen los sectores en donde la dinámica fluvial se caracteriza por la expansión lateral de las aguas de crecida (curvas internas) con predominancia de situaciones de anegamiento con bajo poder destructivo de las crecientes. *Usos y restricciones: Es en estas zonas del ámbito fluvial en donde las medidas previas al evento, entre las que se destaca la evaluación de la amenaza, adquieren mayor significación. La zonificación y concientización de la población, juegan un papel fundamental en la mitigación, al posibilitar la autoevacuación.*

Dinámica de la inundación de noviembre de 1993 y su correspondencia con la carta de amenaza preliminar. (Barbeito O. y Ambrosino S. 1993).

En la noche del 10 de Noviembre y la madrugada del 11 de 1993, una tormenta de carácter convectivo afectó con mayor magnitud e intensidad la vertiente occidental de las Cumbres de Achala, en la zona que tienen sus nacientes los ríos Nono y Mina Clavero. El milimetraje ponderado en la alta cuenca, en base a registros de las zonas aledañas, fue de 165 milímetros en tres horas, lo que certifica la ocurrencia de un fenómeno de magnitud, alcanzando el pico de la creciente un caudal estimado de 2.200 m³/seg. (DIPAS).

De una evaluación realizada en campaña con posterioridad al evento, quedó en evidencia la activación total del lecho de inundación periódico y del lecho de inundación episódico del río Mina Clavero, hasta la confluencia con el río Panaholma, y totalmente el lecho periódico y parcialmente el episódico, aguas abajo de dicha confluencia en el río de Los Sauces, unidades estas definidas y mapeadas claramente como zonas de amenaza en el estudio preliminar.

Aguas abajo de dicha confluencia estas unidades si bien se activaron, no alcanzaron los límites definidos, lo cual con seguridad está indicando que en el río Panaholma el fenómeno meteorológico, no alcanzó la misma magnitud que en la cuenca del río Mina Clavero.

Es importante destacar en base al análisis de las características de la cuenca, que el estado de alteración de la misma, tuvo escasa participación en la magnitud que alcanzó la creciente, dado que mas del 90 % de su superficie, corresponde a terrenos de muy baja aptitud (clase VIII), hecho que restringe su uso a áreas de conservación de flora y fauna o recreación. Esto, a la vez se refuerza mediante las evidencias fotogeológicas y fotogeomorfológicas, que

indican claramente la dinámica fluvial del pasado geológico reciente, cuando la cuenca se encontraba en estado natural.

6 - ALCANCE Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Es importante señalar que la definición de áreas inundación en base a el empleo de las técnicas de la teledetección y fotointerpretación, no pueden relacionarse por sí misma directamente con las probabilidades de repetición, lo cual debe evaluarse mediante estudios hidrológicos específicos. No obstante en zonas en donde no es suficiente la información de base en ese sentido, como así también, de índole meteorológica, las áreas de inundación delineadas mediante la aplicación de estas técnicas y mediante el empleo del criterio geologico-geomorfológico, conjuntamente con datos históricos sobre inundaciones, permiten relacionar las posibilidades de ocurrencia de un evento, en corto plazo , bajo costo y suficiente precisión.

El uso de fotogramas aéreos y la visión estereoscópica, posibilitan definir con claridad los distintos componentes de los ámbitos fluviales, como así también, la dinámica de las aguas en períodos de crecientes mediante el análisis de patrones y trazas característicos, tanto de carácter periódico, como episódico. A la vez permite evaluar la tendencia evolutiva fluvial y las situaciones potenciales de amenazas asociadas (estrangulamientos, cambios de curso, etc.)

La aplicación de esta técnica en una primera etapa complementada con acciones de alerta temprana, cubre enteramente las acciones de prevención. Suministra información que involucra la seguridad de propiedades, vidas de vecinos y turistas y brinda la base de partida para la acción de los organismos encargados de la Defensa Civil.

Su empleo significa corto tiempo de ejecución, bajo costo y suficiente precisión y a mas de cubrir la etapa de evaluación de la amenaza, constituye una base de información de alta utilidad para los planes de ordenación de cuencas hídricas, por cuanto brinda conocimiento integral referente a la naturaleza del terreno y los procesos dinámicos que en el actúan

Los datos meteorológicos, hidrológicos y geomorfológicos, certifican el carácter extraordinario del evento atmosférico del 10/11 de Noviembre de 1993 que dio lugar a la creciente histórica que afectó a la población de Mina Clavero, cuya dinámica y alcance quedó claramente manifiesta en la cartografía preliminar de amenaza oportunamente entregada a las autoridades, lo que demuestra la alta utilidad de la metodología empleada para su obtención.

7 - CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

- El sistema hidrológico del río de los Sauces en su conjunto, presenta alta tendencia a la generación de crecientes repentinas severas por condicionamiento natural, en respuesta a la fuerte energía del relieve condicionada por el aspecto tectónico, la baja permeabilidad del sustrato rocoso de carácter cristalino, las formas planas y verticales del sistema de drenaje, el bajo grado de regulación que ofrece la vegetación natural por

condición natural y/o alteración, a lo que se le suma la ocurrencia de tormentas convectivas severas favorecidas por el efecto orográfico.

- La conjunción de tales aspectos determina el mayor grado de amenaza en el caso de la subcuenca del río Mina Clavero, en donde a las márgenes del colector principal de la alta cuenca de recepción, inmediatamente a la salida del cuerpo de la sierra e ingreso al valle, se localiza la Ciudad homónima.
- Dicha población enfrenta un riesgo de consideración frente a la ocurrencia de crecientes repentinas, en particular de carácter extremo, que deviene enteramente de una inadecuada planificación sin la consideración de las unidades y elementos hidrogeomorfológicos que conforman el ámbito fluvial y rigen la dinámica y alcance de las crecidas..
- El tramo urbano del río Mina Clavero y el entorno próximo de su confluencia con el río Panaholma, involucran el máximo grado de amenaza, debido al corto tiempo de retorno por su distancia a la salida del sistema de recepción (3.5 km.) y a la dinámica fluvial que implica significativo desarrollo vertical y fuerte poder destructivo por avance frontal de las ondas de crecida, a diferencia del tramo urbano del río Panaholma, con tiempo de retorno mas largo, por su mayor distancia al sistema de recepción (19 km.) y menor desarrollo vertical de las ondas de crecida por pérdida de encajamiento.
- En el tramo urbano sobre el río De Los Sauces, la amplitud del valle fluvial disminuye en alguna medida el grado de amenaza por inundación, pero adquiere relevancia la amenaza por erosión de márgenes asociada a la tendencia evolutiva fluvial asociada al diseño meandriforme.
- La información lograda debe divulgarse mediante planes específicos y generales dirigidos a los organismos públicos y privados, en particular a los encargados de la Defensa Civil (ubicación y reubicación de centros estratégicos, planes de evacuación, asistencia, etc.) y a la población en general. Esto ultimo mediante acciones de concientización que posibiliten la autoevacuación.
- En una segunda etapa la información lograda debe ser complementada con estudios hidrológicos específicos dirigidos a establecer la recurrencia de los fenómenos, lo que posibilitará establecer las pautas para el deslinde entre el uso público y privado y establecer las restricciones de uso definitivas del territorio.

8 - BIBLIOGRAFÍA

AYALA C, G. 1988. "Introducción a los Riesgos Geológicos. In: Riesgos Geológicos. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, P 3-19.

0

BARBEITO, O - AMBROSINO, S. 1993. "Geomorphological Study of San Carlos Minas Catastrophe. Cordoba Province. Argentine". Anales del Primer Simposio de Recursos Hídricos do Cone Sul. Gramados. Brasil.

COQUE. R. 1983. Geomorfología. Editorial Omega.

Desastres, Planificación y Desarrollo. Manejo de amenazas naturales para reducir los daños. OEA/DDRMA. 1991. p.80.

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

HERMELIN, M. , MEJÍA, O. , & VELÁSQUEZ. 1990. Some reflexions about the San Carlos catastrophe, S. Agid report N 16. Environmental Geology and applied geomorphology in Colombia. p. 115-128.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. ONU. 1976. Prevención y Mitigación de los Desastres Naturales. Compendio de los Conocimientos Actuales. Volumen II.

OLSACHER, J.; 1972. Descripción de la Hoja 21h, Cerro Champaquí 1:200.000. Servicio Nacional Geológico Minero. Boletín 133.

SAYAGO, J. M.; 1978. (a) Geomorfología del valle de San Alberto. Pcia. de Córdoba, VII Congreso Geológico Argentino; Neuquén. Actas II, pag. 80-107. (b) 1980. Geomorfología aplicada a hidrología y suelos en el valle de San Alberto. Pcia. de Córdoba. Acta geológica Lilloana; Tomo XV:2.