

**PUBLICACION ESPECIAL**

DE LA

**ASOCIACION ARGENTINA  
DE GEOLOGIA APLICADA  
A LA INGENIERIA**

NUMERO 1

**IAEG  
AIGI**

Córdoba, 1993

# PRIMERA REUNION SOBRE PREPARACION Y USO DE MAPAS TEMATICOS

ORGANIZADA POR

ASOCIACION ARGENTINA DE GEOLOGIA APLICADA  
A LA INGENIERIA - REGION CENTRO

## AUTORIDADES

*Presidente:* Geólogo NORBERTO JORGE BEJERMAN

*Miembros:* Geóloga MARCELA A. CIOCCALE  
Geólogo JUAN CARLOS MALECKI  
Ingeniero ALBERTO E. RUSCULLEDA  
Geólogo JORGE A. SANABRIA

## ADHESIONES

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - U.N.C.  
Consejo Profesional de la Geología de la Provincia de Córdoba

## AUSPICIANTE

Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas  
de la Provincia de Córdoba (CONICOR)

## COMITÉ EDITOR

Geólogo NORBERTO JORGE BEJERMAN  
Geólogo JUAN CARLOS MALECKI  
Ingeniero ALBERTO E. RUSCULLEDA  
Geólogo JORGE A. SANABRIA

20 y 21 de Mayo de 1993  
Córdoba - República Argentina

1993

ISSN 0326-1921

**ASOCIACION ARGENTINA  
DE GEOLOGIA APLICADA  
A LA INGENIERIA**

**PUBLICACION ESPECIAL**

**NUMERO 1**

**CORDOBA**

**1993**

## *PREFACIO*

La creciente difusión de los mapas temáticos en nuestro medio motivó que en la Región Centro de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería (ASAGAI) se planteara la conveniencia de convocar a todos aquellos profesionales y técnicos que preparan y utilizan mapas temáticos a un encuentro, de carácter nacional, sobre esta actividad.

Así surgió el llamado a la Primera Reunión sobre Preparación y Uso de Mapas Temáticos, para la que se fijaron estos objetivos:

1. Promover la discusión metodológica sobre esta disciplina.
2. Propiciar un marco amplio de encuentro para quienes preparan y usan mapas temáticos, por encima de una especialidad dada.
3. Generar la necesidad de elaborar bases comunes para la preparación de mapas temáticos.
4. Enriquecer los contenidos de la Subcomisión N° 1 de ASAGAI, vinculada al tema "Mapas geológico-ingenieriles"

Fue grata, para nosotros, la respuesta que tuvo la invitación. Profesionales y técnicos de distintas especialidades y lugares se dieron cita en esta ciudad para compartir nuestras inquietudes. Hubo agrimensores, arquitectos, biólogos, cartógrafos, geógrafos, geólogos, ingenieros agrónomos, ingenieros civiles, técnicos aerofotogrametristas y profesores de geografía.

Los trabajos presentados apuntaron mayoritariamente, aunque desde distintas perspectivas, a los temas ambientales. También hubo aportes de carácter geotécnico, geomorfológico y metodológico aplicado.

La calidad de los trabajos presentados es un significativo aporte a la disciplina de los mapas temáticos, extrañándonos la falta de proyectos que, basándose en proyecciones estadísticas, permitan elaborar mapas de riesgo y prevención de daños.

Al finalizar el evento se aprobó la moción que San Juan sea la sede de la Segunda Reunión sobre Preparación y Uso de Mapas Temáticos, a realizarse en 1995. Nuestro deseo es que se amplíen los objetivos iniciales y que la discusión metodológica, los mapas de prevención y la integración interdisciplinaria, entre otros aspectos, experimenten un avance respecto de lo alcanzado en Córdoba.

*COMITE ORGANIZADOR*

CARTA DE RIESGO DE INUNDACION DE LA CIUDAD DE SANTA  
ROSA DE CALAMUCHITA.

PROVINCIA DE CORDOBA - REPUBLICA ARGENTINA.

por: Osvaldo BARBEITO y Silvio AMBROSINO.(1)

RESUMEN

Se ha realizado en base a estudios fotogeológicos y fotogeomorfológicos, una evaluación del riesgo de inundación de la Ciudad de Santa Rosa de Calamuchita en la Provincia de Córdoba.

Estos posibilitaron reconocer y definir las distintas unidades y elementos que conforman el ambiente fluvial y evaluar el grado de actividad hídrica que presentan.

Como resultado se ha obtenido una carta de riesgo indicativa de las zonas inundables en forma actual y potencial, tanto ante eventos de carácter ordinario como extraordinario.

La cartografía obtenida es de alta utilidad para generar a corto plazo, bajo costo y precisión, una escala de prioridades para la prevención del riesgo de inundación facilitando en gran medida las tareas de los organismos encargados de la defensa civil. Constituye la base de partida para estudios más específicos orientados a conocer y ordenar adecuadamente la región.

(1) INCYTH-CIHRSA-CONICET.

En la generación de las crecientes y el riesgo que estas producen, participan tres aspectos naturales íntimamente relacionados: el CLIMA por las condiciones meteorológicas determinantes de la cantidad e intensidad de las precipitaciones que ocurren; la HIDROLOGIA por los caudales que se originan y su distribución en el espacio y el tiempo; y la GEOLOGIA y la GEOMORFOLOGIA, por las características de las cuencas de aporte con participación en el grado de torrencialidad (permeabilidad, relieve, vegetación natural, etc) y fundamentalmente, por las condiciones morfológicas que definen las formas del terreno por las que se conducen las aguas de crecida.

Por último el FACTOR ANTROPICO como un cuarto aspecto extra natural, es sin duda el que tiene mayor participación en la IMPORTANCIA y GRAVEDAD que adquieren las inundaciones, situación ésta derivada de la inadecuada ocupación que ha realizado el hombre de los valles fluviales por el desconocimiento de sus características.

De estudios realizados por el CIHRSA en la región serrana de la Provincia de Córdoba, este aspecto resalta como el que ha tenido mayor peso en los desastres ocurridos y el que está generando importantes situaciones de riesgo potencial en varias localidades, entre las que se encuentra la Ciudad de Santa Rosa de Calamuchita.

Es por ello que se planteó la necesidad de llevar a cabo el presente estudio para lograr conocer el grado de intervención de los distintos aspectos involucrados en el fenómeno y contar con una base de información A CORTO PLAZO a partir de la cual sea factible la DETECCION y PREVENION del RIESGO de INUNDACION. Esto constituirá el punto de partida para lograr el conocimiento y ordenación adecuada de los ambientes fluviales en base a las características que presentan y los riesgos que tienen.

Para tal fin los estudios geológicos y geomorfológicos juegan un papel preponderante. Tienen en cuenta basicamente todas las relaciones e interacciones existentes entre los elementos y factores componentes del paisaje, lo que posibilita el conocimiento de las características tanto ESTABLES y DINAMICAS, como así también las EVOLUTIVAS. Con su realización y mediante el empleo de las técnicas de la FOTOINTERPRETACION y la TELEDETECCION, es posible detectar rápidamente el grado de riesgo hidrológico en los ambientes fluviales, a partir de la interpretación de trazas y elementos lo suficientemente claros que evidencian tanto las situaciones de riesgos actuales como potenciales.

Si bien estos estudios para la acabada definición del riesgo de inundación y la formulación de pautas adecuadas para el uso racional del territorio, deben ser complementados con información meteorológica, hidrológica, hidráulica, agronómica, biológica, urbanística, etc., sin duda en una primera etapa brindan información de ALTA UTILIDAD para generar en CORTO PLAZO, BAJO COSTO Y ACEPTABLE PRECISIÓN, una escala de PRIORIDADES del RIESGO, facilitando en gran medida en una primera instancia la tarea de los organismos encargados de la defensa civil.

### CRITERIOS EMPLEADOS PARA LA SELECCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

- a - La cuenca hidrográfica en la que está emplazada la Ciudad de Santa Rosa de Calamuchita, es una de las que poseen mayor POTENCIAL HIDRICO dentro del ambiente serrano de la Provincia.
- b - Por la localización geográfica y las características del medio físico, puede considerarse REPRESENTATIVA del ambiente serrano de Córdoba.
- c - Los factores naturales determinantes del grado de torrencialidad del sistema (geología, relieve, vegetación, clima, etc.), determinan altas oportunidades de CRECIENTES VIOLENTAS.
- d - El área constituye uno de los centros turísticos mas importante de la región con probabilidades de ser intervenida intensamente en un futuro próximo, por lo que debe contar con plan básico de detección y prevención del riesgo hídrico.

### CARACTERISTICAS GENERALES DEL MEDIO FISICO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA.

El sistema o cuenca hidrográfica en donde se localiza la Ciudad de SANTA ROSA DE CALAMUCHITA, está integrada por tres sub-cuencas principales: la del Río Los Tabaquillos (112 km<sup>2</sup>) y Arroyo de Las Mesillas (96 km<sup>2</sup>) con nacientes en Las Cumbres de Achala a una altitud promedio de 2750 m.s.n.m de cuya confluencia se genera el río Santa Rosa y aguas abajo ya en el ambiente del valle, la sub-cuenca del arroyo El Sauce (15 km<sup>2</sup>) con nacientes en Las Sierras Chicas a una altitud de 1.200 m.s.n.m. El conjunto del sistema incluyendo las áreas de intercuenas y sub-cuencas menores tomando como cierre la zona céntrica de la Ciudad, abarca una superficie de 568 km<sup>2</sup>

Los materiales geológicos en la mayor extensión de la cuenca, corresponden a rocas del basamento cristalino antiguo (precábrico) entre las que alternan rocas ígneas y predominantemente metamórficos (granito-migamatas-gneis). Como relleno del valle se presentan materiales fanglomerádicos de pié de monte (S. Chicas) y sedimentos fluviales modernos.

Los suelos dominantes de carácter residual derivados de la directa alteración de las rocas cristalinas, son superficiales a muy superficiales, de texturas gruesas (Franco-arenosos), mediano contenido orgánico y distribuidos en forma discontinua con respecto a la roca aflorante en porcentajes que varían entre un 30 y 50%. En el ambiente del valle alternan suelos mas profundos poco evolucionados sobre los materiales de pié de monte y sedimentos fluviales.

La vegetación natural está representada por los tres pisos característicos de la vegetación de las Sierras de la Provincia de Córdoba. En los niveles más bajos está presente el bosque serrano típico: en el medio, el piso del arbustal: y en las altas cumbres, el piso de los pastizales y bosquecillos de altura. El estado actual de alteración que presenta la cobertura, es de un grado intermedio con fuerte tendencia a una ruptura del equilibrio, siendo la causa principal los incendios causados o accidentales y el pastoreo intensivo.

Desde el punto de vista geomorfológico se distinguen tres grandes ambientes vinculados al estilo tectónico de las sierras (bloques de falla): al oeste, la vertiente oriental de las Cumbres de Achala (lineamiento central bloques elevados) caracterizada en la alta montaña por un relieve enérgico (pend.medias de 35-50%) y un relieve accidentado en los niveles medios y bajos (pend.medias 12-20%); hacia el este la vertiente occidental de Las Sierras Chicas de relieve muy fuerte (35-50%)(lineamiento oriental); y comprendido entre ambos ambientes, el valle de Calamuchita (lineamiento de bloques hundidos) donde es neto el predominio de formas de relieve medio y suave.

El clima de tipo mediterráneo tiene variaciones puntuales que dependen de las características geomorfológicas. Las precipitaciones medias se comprenden entre las isoietas de los 750 mm en la baja cuenca y los 1100 mm en la alta, por encima de los 1700 mts.s.n.m., correspondiendo el promedio mas elevado a la estación estival y el período abril septiembre a la mayor frecuencia de sequías.

El predominio de rocas cristalinas con cubierta de suelos superficiales y discontinuos (baja permeabilidad), la predominancia de fuertes pendientes, el potencial hídrico de los sistemas de drenaje, la cobertura de vegetación alterada por acción del hombre a lo que se le suma desde el punto de vista climático, la ocurrencia de fenómenos convectivos por efecto orográfico (Cordón de Achala), constituye un conjunto de factores concurrentes que predisponen al sistema a altas probabilidades de avenidas o crecientes de carácter extraordinario.

#### CARACTERISTICAS HIDROGEOMORFOLOGICAS DE LA CIUDAD Y SU ENTORNO.

La zona urbana y periurbana de la Ciudad ocupa casi con exclusividad el ámbito del valle, en donde a nivel de unidades geomorfológicas se diferencian: el pié de monte derivado de Las Sierras Chicas con evolución de valles transversales de fondo plano (aporte de las cuencas laterales) y el ambiente fluvial del río Santa Rosa conformado por terrazas fluviales y el río y su lecho de inundación.

Partiendo del concepto de que la actividad hídrica de un ambiente fluvial está determinada por las características genéticas y evolutivas del conjunto de formas que lo integran, se efectuó un análisis fotogeológico de detalle de las distintas unidades y elementos que lo conforman. Para tal fin se utilizaron fotografías aéreas del año 1967 a escala aproximada 1:20.000 (único material aerofotográfico que cubre la zona) y como base topográfica la hoja Santa Rosa a escala 1:100.000 y la hoja Villa General Belgrano a escala 1:50.000, ambas del I.G.M. La información temática lograda se apoyó con controles de campo.

Definido en primera instancia el ambiente del valle, se procedió a realizar el reconocimiento de las distintas unidades y elementos geomorfológicos que lo integran.

En respuesta a pulsos climáticos generadores de distintos ciclos geomorfológicos, se diferencian tres niveles principales de terrazas: un nivel de terrazas altas, un nivel de terrazas medias y un nivel de terrazas bajas con desarrollo de un

sub-nivel bajo inundable. El nivel mas alto y antiguo se desarrolla con exclusividad sobre la margen izquierda del río y el nivel medio y el bajo, lo están sobre la margen opuesta (oeste).

El lecho ordinario por el que corre el río la mayor parte del año, se presenta limitado por orillas bien definidas y caracterizado por la presencia de arenas, gravas y cantos rodados y ausencia de vegetación. En él en forma divagante queda definido el canal de estiaje por el que funciona el río en el período invernal.

Completa el conjunto de formas de mayor actividad hídrica el LECHO DE INUNDACION o también llamado lecho mayor que ocupa el área inundable anualmente durante el período lluvioso. Se presenta claramente definido por la posición geomorfológica y el patrón fotográfico (presencia de materiales aluvionales mas finos: gravas-arenas-limos). Ocupado por cultivos y urbanizado en algunos sectores, incluye BRAZOS DE CRECIDA evolucionados en el sub-nivel de terrazas bajas inundables, que actúan como canales de alternativa del lecho ordinario durante las crecientes ordinarias (anuales).

En el tramo del río comprendido desde la curva que este sufre en su entrada al valle, hasta unos 2,5 km aguas abajo, no tiene un desarrollo significativo en razón a que el río sufre un control estructural por fallamiento. Hacia el sur donde el control es menos evidente adquiere mayor amplitud y se presenta asociado a meandros.

Estas unidades y elementos geomorfológicos descriptos, se activan durante las crecientes anuales de carácter ORDINARIO en forma total o parcial, de acuerdo a la magnitud del evento meteorológico que se produzca. Si bien generan importantes situaciones de riesgo, estas son manejadas en cierta medida por el hombre por el conocimiento que tiene de las mismas dada la periodicidad con que se producen.

Pero lo que desde el punto de vista geomorfológico adquiere el mayor peso en los procesos inundantes catastróficos y a lo que se le ha prestado especial atención en el estudio, es lo que se conoce como LECHO DE INUNDACION EPISODICO. Como su nombre lo indica, es un lecho que funciona esporadicamente cuando se producen eventos de carácter EXTRAORDINARIO ligados la mayoría de las veces, a celulas convectivas generadoras de precipitaciones muy importantes en cuanto a cantidad e intensidad.

Se presenta bien definido tanto en zonas urbanas, sub-urbanas como rurales.

De los tres niveles de terrazas fluviales el nivel bajo mas reciente y el sub-nivel bajo-inundable, están comprendidos totalmente dentro del lecho episódico. En ellos tanto del análisis fotogeomorfológico como el control de campo, se evidencian con claridad las trazas de los antiguas direcciones por las que corría el río en la etapa evolutiva anterior. Estos paleocauces constituyen los elementos hidrogeomorfológicos de mayor peso ante eventos extraordinarios, pues actúan como canales de alternativa permitiendo el ingreso frontal de las aguas de crecida. Entre ellos y el curso actual se comprenden áreas inundables por desborde lateral.

Aguas abajo de la ciudad después de la desembocadura del arroyo seco sobre la margen derecha del río, el lecho episódico incluye totalmente la zona en la cual el río describe meandros.

A diferencia del ambiente conformado por el lecho ordinario y el lecho de inundación, aquí los eventos que se producen escapan al control del hombre en base a que no se cuenta con la información suficiente para su prevención dado los largos períodos de ocurrencia con que estos se producen.

#### EVALUACION DEL GRADO DE FUNCIONALIDAD DE LAS UNIDADES Y ELEMENTOS HIDROGEOMORFOLOGICOS DEFINIDOS, ANTE EVENTOS DE CARACTER ORDINARIO Y EXTRAORDINARIO.

Para evaluar el grado de funcionalidad hídrica del conjunto del ambiente fluvial, se tomó como base de información comparativa, los estudios realizados por el CIHRSA en las cuencas hídricas de los ríos Vilchez-Noguinet, San Guillermo-Soto y A. El Sauce, este último integrante de la cuenca del Río Santa Rosa.

En las dos primeras cuencas en el verano de 1992 y en la tercera en el verano de 1993, los lechos episódicos claramente definidos geomorfológicamente, funcionaron en su mayor extensión ante la ocurrencia de precipitaciones intensas ligadas a células convectivas.

Los niveles de terrazas incluidos en ellos, como así también los brazos de crecida relacionados con antiguos cauces del río y en especial los sectores en donde los ríos describen meandros, se vieron afectados por intensa actividad hídrica. En las zonas de meandros es en donde se produjeron por efecto de estrangulamiento, las situaciones más severas que implicaron importantes pérdidas de bienes y vidas humanas (San Carlos Minas, Cruz de Caña y Villa General Belgrano)

En base a esta información disponible, los análisis de fotointerpretación, el control de campo y los datos históricos recabados de viejos pobladores de la zona, se valoró la actividad hídrica del ambiente tanto ante los eventos ordinarios y extraordinarios. Si bien de este análisis no puede definirse con precisión la recurrencia de los fenómenos, existen evidencias geológicas y geomorfológicas que permiten suponer situaciones de actividad importante del lecho episódico con un período de recurrencia no mayor a los 30 años (material aluvional en superficie sobre palocauces y características y estado de la vegetación), hecho que se corrobora con los testimonios históricos recopilados y la información lograda en las otras cuencas estudiadas.

Asociado al riesgo de inundación están los procesos de erosión de márgenes favorecidos por las características friables de los materiales geológicos presentes. Tales situaciones adquieren vital importancia, particularmente en la zona de meandros, en donde es probable la ruptura y estrangulamiento por erosión en crecientes importantes.

En lo que respecta a las sub-cuencas laterales tanto las que derivan de las Sierras Chicas (A. Quebrada Honda) como las estribaciones de las Cumbres de Achala (A. Seco), el lecho episódico y los elementos que lo componen también está definido con claridad (desborde de meandros y brazos de crecida) y aunque el potencial hídrico de estos sistemas es menor,

implican situaciones de riesgo que deben considerarse.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En base al estudio realizado se desprende que:

- a - La Ciudad de Santa Rosa de Calamuchita y su entorno, están en parte , bajo riesgo de inundación en crecientes anuales y bajo un SEVERO RIESGO DE INUNDACION, ante la ocurrencia de un fenómeno de carácter extraordinario.
- b - Los indicios fotogeológicos y geológicos observados en el Lecho episódico y los testimonios históricos, indican actividad en un grado importante con una recurrencia no mayor de 30 años.
- c - Los sectores mas comprometidos están localizados sobre la MARGEN DERECHA del río (este). Desde el ingreso del río al valle hacia aguas abajo, estos corresponden a: VILLA SANTA MONICA , VILLA SANTARELLI, VILLA INCOR Y LA RINCONADA (se incluyen las áreas utilizadas para campamentismo). En los tres primeros, son evidentes los paleocauces del río y las áreas inundables por desborde lateral de los mismos y en La Rinconada, son claros los indicios de desborde del meandro , generándose una seria situación de RIESGO POTENCIAL.
- d - La MARGEN IZQUIERDA presenta situaciones de riesgo restringidas a la presencia de terrazas fluviales del nivel bajo (Villa SANTA MONICA Y AGUAS ABAJO DE LA CIUDAD). La zona histórica y céntrica de la Ciudad está asentada en terrazas del nivel medio y alto, las que constituyen AREAS ESTABLES desde el punto de vista hidrológico.
- d - En las últimas crecientes importantes los sectores de riesgo mencionados, se activaron parcialmente ante la ocurrencia de precipitaciones de intensidad y milimetrajes por debajo del orden de los producidos en las cuencas hídricas que afectaron las localidades de San Carlos Minas, Cruz de Caña y Villa de Soto (240 mm en 6hs con máxima intensidad en 3hs ) y Villa General Belgrano (+ de 150 en 1h).
- e - Las subcuencas laterales aunque en menor grado, también presentan signos de actividad hídrica de carácter episódico , entre las que se destaca sobre la margen izquierda la del A. Quebrada Honda (desborde de mandros, brazos de crecida, etc.)
- f - El problema de la erosión de márgenes asociado al traslado de las aguas de crecida, genera importantes situaciones de riesgo potencial de inundaciones severas ( rotura y desborde de meandros).
- g - Las situaciones de riesgo detectadas derivan en todos los casos de la INADECUADA INTERVENCION que ha realizado el hombre del ambiente por desconocimiento de sus características.

En base a lo expuesto se desprende la necesidad de complementar el presente trabajo con estudios hidrológicos, hidraulicos, urbanísticos, biológicos, etc. a los fines de contar con planes básicos de ORDENACION TERRITORIAL, que

posibiliten el USO RACIONAL de la región según sus características y evitar al mínimo las situaciones de riesgos que comprometen a bienes y personas.

BIBLIOGRAFIA.

[II]

Barbeito, O; Zamanillo, E; López, F; Ambrosino, S. (1993). Aspectos Geológicos, Geomorfológicos e Hidrológicos de la Catástrofe de San Carlos Minas. Pcia. de Córdoba. Fotointerpretación N° 1, Vol 1, pags. 51-61, una figura.

[III]

Cendrero, A. (1982). Bases Físicas para la Planificación Provincial, El Modelo Cantábrico. Dto. Geología. Universidad de Santander. España.

[IIII]

Fairbridge, R. W. (Editor) (1968). "The Enciclopedy of Geomorfology. Vol III. Dowden, Hutchinson, Ross. Inc.

[IV]

Griesbach, J. (1985). Estudio de los Problemas de Erosión y Conservación de las Tieras y Aguas. Programa de desarrollo de los Recurso Hídricos. INCYTH. CRL.

