

# Predicción de los efectos de la creciente extraordinaria ocurrida en la ciudad de Mina Clavero el 10 de noviembre de 1993

1993

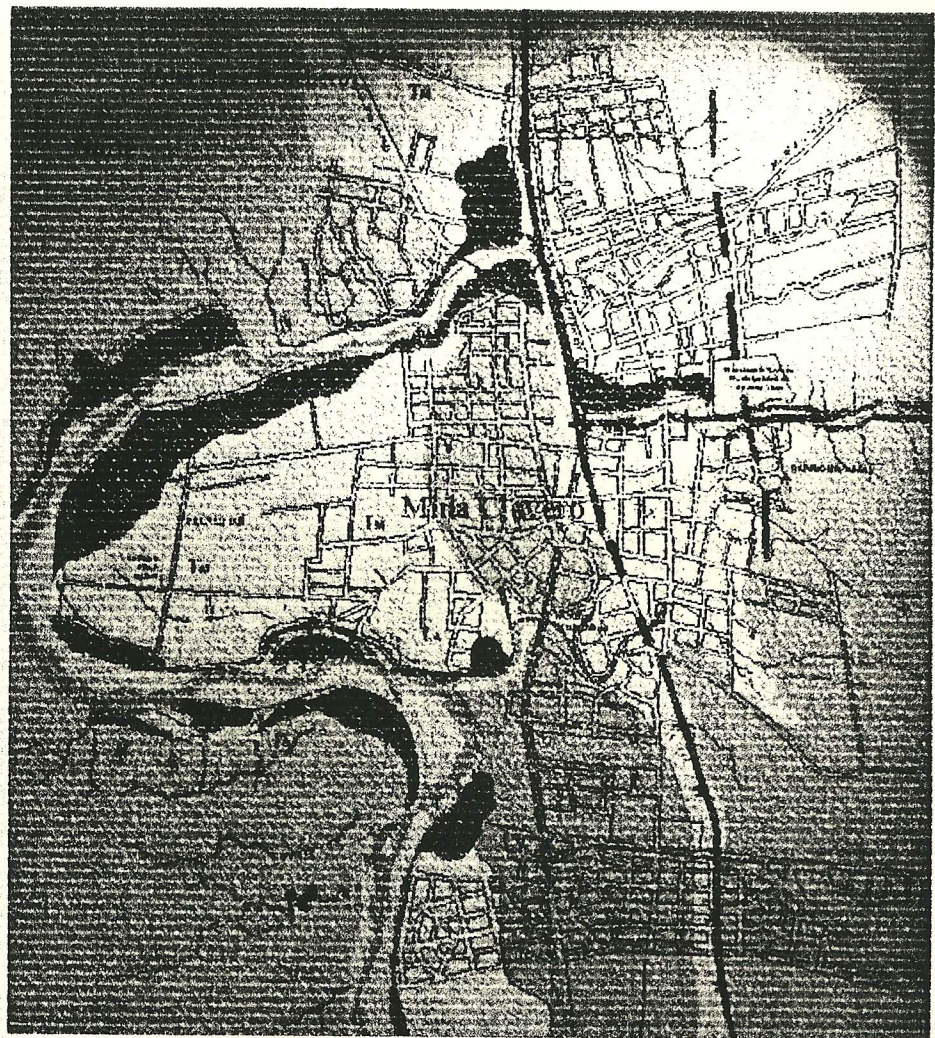
Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899



+info  
[www.argentina.gov.ar/ina](http://www.argentina.gov.ar/ina)

Autores:  
Barbeito Osvaldo y Ambrosino Silvio

UTILIDAD DE LOS ESTUDIOS  
FOTOGEOLÓGICOS Y FOTOGEOMORFOLÓGICOS  
PARA LA DETECCIÓN Y PREVENCIÓN DE INUNDACIONES



PREDICCIÓN DE LOS EFECTOS  
DE LA CRECIENTE EXTRAORDINARIA OCURRIDA  
EN LA CIUDAD DE MINA CLAVERO  
EL 10 DE NOVIEMBRE DE 1993

AUTORES  
GEÓLOGO OSVALDO BARBEITO  
TÉCNICO SILVIO AMBROSINO

**UTILIDAD DE LOS ESTUDIOS FOTOGEOLOGICOS Y FOTOGEOMORFOLOGICOS PARA LA DETECCION Y PREVENCION DE LAS INUNDACIONES.**

**PREDICCIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CRECIENTE EXTRAORDINARIA  
OCURRIDA EN LA CIUDAD DE MINA CLAVERO  
EL 10/11 DE NOVIEMBRE DE 1993**

por

**Oswaldo Barbeito  
CONICET**

**Silvio Ambrosino  
CONICET**

**INCYTH**

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS**

**CIHRSA**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRICAS DE LA REGION SEMIARIDA**

**CENTRO ASOCIADO AL CONICET**

**RESUMEN**

Dentro del marco del Convenio entre la Municipalidad de la Ciudad de Mina Clavero y el INCYTH-CIHRSA, se efectuó a fines del verano de 1993 un estudio fotogeológico y fotogeomorfológico orientado a la detección y prevención de las inundaciones, complementando el plan de alerta hidrológico que contempla la instalación de un sistema telemétrico de transmisión de datos en tiempo real.

Como objetivo primordial, se planteó la necesidad de contar a corto plazo con información de base referente a la situación de riesgo que afecta a las áreas urbana y sub-urbana de la ciudad de Mina Clavero, ante la ocurrencia de crecientes de carácter ordinario y extraordinario.

Los resultados obtenidos, materializados en una carta preliminar de riesgo de inundación a escala 1:20.000, fueron entregados al municipio a fines del mes de marzo de 1993. Posteriormente fueron corroborados con los datos obtenidos luego de la crecien- te del 10 - 11 de Noviembre de 1993, observándose una notable similitud respecto al grado y forma en que fueron afectadas las distintas áreas, afirmando las restricciones básicas de uso establecidas oportunamente.

## 1. INTRODUCCION

La cuenca del río Mina Clavero, tiene sus nacientes en la vertiente occidental de las Cumbres de Achala a una altitud promedio de 2.200 m.s.n.m. De sur a norte la componen las subcuencas de los ríos: Del Sauce, Las Manzanas y Hondo, abarcando el conjunto una superficie de 175 km<sup>2</sup> hasta el vado del centro de la ciudad.

El sistema se desarrolla con un notable control tectónico. En su descenso de este a oeste, hacia la depresión tectónica de Mina Clavero, el río homónimo sufre a la altura de la ciudad un brusco cambio por acción de la falla principal, para luego de un corto recorrido, confluir frontalmente con el río Panaholma (controlado también por dicha falla), a partir de donde se genera el río de Los Sauces. Desde las nacientes (2.262 m.s.n.m) hasta la confluencia con el río Panaholma, el curso principal tiene una longitud de 17 km. El paisaje, se caracteriza por la marcada predominancia de formas escarpadas, en donde la distribución e intensidad de las pendientes naturales, es producto de la tectónica plio-pleistocénica.

Desde el punto de vista litológico, la cuenca de aporte en su totalidad, está compuesta por las rocas graníticas del borde occidental del batolito de Achala. Los suelos residuales derivados de la meteorización de las rocas, se presentan con perfiles someros de texturas gruesas (franco-arenosas), mediano contenido orgánico, con porcentajes de roca desnuda que superan holgadamente el 50%. Por su parte la vegetación natural supeditada a la presencia de suelo, se compone de especies arbóreas del monte serrano en los niveles más bajos, arbustivas en los medios y herbáceas en los más altos.

Tales condiciones de la cuenca de aporte, teniendo en cuenta que determinan un bajo grado de permeabilidad, alta densidad de drenaje y alta velocidad de escorrentía, predisponen fuertemente al sistema a la generación de crecientes repentinas y violentas, a lo que se le suma la forma casi circular que tiene la red de drenaje (similares tiempos de concentración), y la alta probabilidad de ocurrencia de tormentas convectivas por efecto orográfico.

En lo que respecta a la ciudad y su entorno, localizada a la salida de la cuenca, se extiende en parte sobre la baja pendiente de la escarpa tectónica y, en parte, sobre el borde oriental de la depresión. En el primer caso, los materiales geológicos corresponden a las rocas graníticas del basamento. En este tramo, el río Mina Clavero discurre encajonado en una quebrada controlada estructuralmente por una falla transversal de dirección E-W. Aquí el río no ha generado lecho de inundación, sólo se encuentran terrazas de erosión labradas en el basamento, con débil cobertura de material fluvial. Esto determina una importante condición natural de estabilidad ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias, por el hecho que las aguas de crecida, si bien tienen un desarrollo vertical significativo, lo tienen limitado en forma horizontal. Esta condición, ha sido corroborada por la dinámica que adoptó la crecida del 10 - 11 de noviembre.

En el segundo caso, la geología de superficie está representada por los sedimentos de carácter fluvial que rellenan la depresión. Genéticamente están vinculados a paleocauces y terrazas fluviales dislocados y sobreelevados por efecto de la tectónica y el actual lecho de inundación del río de Los Sauces, el cual a partir de la confluencia entre el río Panaholma y el Mina Clavero, forma un amplio meandro. En este sector, a diferencia del anterior, las

condiciones geológicas y geomorfológicas determinan un grado de estabilidad hídrica menor. El río ha labrado un lecho de inundación anual y un lecho episódico bien definidos, lo que determina que en las aguas de crecida, predomine el desarrollo horizontal sobre el vertical, a lo que se le suma la inestabilidad del cauce por la acción de la erosión de márgenes que tiende al estrangulamiento del meandro.

## 2. DESARROLLO

Como material aerofotogramétrico para el análisis a nivel de semidetalle de la zona urbana y sub-urbana se utilizaron fotogramas a escala 1:20.000 y 1:5.000 del año 1970 (único material disponible) y para el reconocimiento a nivel cuenca una imagen satelital a escala 1:250.000 en banda 7 del año 1983. Como base topográfica, se utilizaron las cartas del IGM: Rafael Benegas y Mina Clavero a escala 1:50.000.

Como objetivo primordial del estudio, se planteó la necesidad de contar a corto plazo con un diagnóstico de la situación de amenaza de la ciudad y su entorno. Para tal fin, a partir *de los análisis de fotointerpretación, se efectuó un reconocimiento y posterior definición de las distintas trazas, elementos, unidades y ambientes geológicos y geomorfológicos, indicativos tanto de la dinámica de las inundaciones ordinarias como de las extraordinarias.*

A nivel de semidetalle y detalle en la zona urbana y sub-urbana de la ciudad, se definió y caracterizó el lecho ordinario, el lecho de inundación anual y el lecho de inundación episódico, prestándole particular atención a los parámetros indicativos de la dinámica de las aguas de crecida. Chequeada la información con datos históricos recabados de viejos pobladores de la zona (información de alta utilidad por su veracidad y exactitud), se procedió a definir y categorizar las áreas de riesgo actuales y a la vez potenciales de acuerdo a la tendencia evolutiva del cauce. Como producto final, se obtuvo una carta preliminar de Amenaza de Inundación a escala 1:120.000.

Con posterioridad al evento extraordinario del 10 de noviembre de 1993, se procedió a verificar la información antecedente y elaborar la carta final de Amenaza a escala catastral 1:5.000.

## 3. DINAMICA DE LA INUNDACION DE NOVIEMBRE DE 1993 Y SU CORRESPONDENCIA CON LA CARTA DE RIESGO DE INUNDACION PRELIMINAR

En la noche del 10 de Noviembre y la madrugada del 11 de Noviembre 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. El pico de la creciente ingresó con un caudal estimado de 2.200 m<sup>3</sup>/seg.

De un chequeo de campaña, quedó evidenciada la activación total del lecho de inundación anual y del lecho de inundación episódico hasta la confluencia del río Mina Clavero con el río Panaholma, unidades estas definidas y mapeadas claramente como zonas

de alto riesgo 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.

#### 4. INTERPRETACION DE LA CARTA FINAL.

En base a la marcada correspondencia entre la información contenida en la carta preliminar y la lograda con posterioridad a la ocurrencia del evento extraordinario, fue posible ajustar la categorización de las áreas de riesgo y establecer un plan básico de restricciones de uso en cada caso particular

##### 1 - Zonas no inundables por acción fluvial

Comprenden aquellos terrenos que no están afectados por acción del río y solo lo están, por el escurrimiento local de las aguas de lluvia. Por las características geológicas y geomorfológicas que presentan se identifican:

- a - Sectores montañosos del faldeo occidental de las Cumbres de Achala (basamento rocoso).
- b - Terrazas fluviales altas y medias.
- c - Bajos genéticamente vinculados a paleocauces perturbados por los procesos tectónicos.

##### Usos y restricciones:

Desde el punto de vista hidromorfológico, no existen restricciones con respecto a la amenaza de crecientes y solo para los planes de uso, deben estudiarse aspectos tales como: Dinámica del escurrimiento pluvial, relieve, suelos, aspecto paisajístico, etc.

##### 2 - Zonas inundables por acción fluvial

Se agrupan en esta categoría aquellos terrenos que en mayor o menor medida están afectados por la acción del río.

##### 2.1- Zona 1 - Lecho ordinario (zona prohibida)

El lecho ordinario incluido el canal de estiaje, claramente evidenciado desde el punto de vista geológico (presencia de arenas, gravas, rodados, etc.) y geomorfológico (riberas de límite claro), representa la zona de mayor actividad hídrica del conjunto del ambiente fluvial. En esta franja, los terrenos se inundan anualmente durante la época estival, con una frecuencia y magnitud que dependen de la ocurrencia de lluvias y la cantidad e intensidad que éstas adoptan.

##### 2.2- Zona 2 - Lecho de inundación (zona prohibida)

Constituye el ambiente del río que se activa durante las crecientes anuales, con caudales que rebasan el límite del lecho ordinario. Aquí las inundaciones son de recurrencia anual y afectan los terrenos en forma parcial o total, según la magnitud de las precipitaciones.

Conjuntamente con el lecho ordinario, configura la franja de mayor actividad hídrica del ambiente fluvial. Geomorfológicamente corresponden a terrazas bajas inundables, genéticamente vinculadas a la actual dinámica del río.

Usos y restricciones:

En base a la marcada actividad hídrica que presentan ambas zonas no es recomendable:

- \* La residencia permanente de personas.
- \* Localización de obras de infraestructura urbana.
- \* La localización de obras de infraestructura general.
- \* Localización de campings.
- \* Emplazamiento de obras viales (puentes, vados, etc.) sin los correspondientes estudios que posibiliten el libre escurrimiento de las aguas de crecida.

En cuanto a su utilización, son recomendables los planes de recreación, balnearios, campos de deportes, etc.. En general, aquellas actividades que impliquen instalaciones mínimas, siempre y cuando se cuente con planes de alerta de inundaciones

## 2.2- Zona 3 - Zona de alerta - Lecho de inundación episódico

Corresponde al ambiente del río que se activa en largos períodos de tiempo, ante la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias. Este ambiente queda definido en base a la interpretación de los elementos y trazas geológicas y geomorfológicas que indican procesos activos en un tiempo no mayor a los 100 años (hecho corroborado con los datos históricos).

En la confección de la carta, se utilizó el criterio de considerar dos situaciones en base al poder destructivo del evento:

- a - Subzona 3.1 - Areas inundables por anegamiento.
- b - Subzona 3.2 - Areas bajo amenaza de inundaciones frontales

a - Areas inundables por anegamiento

Comprenden aquellos sectores del lecho episódico, en donde la dinámica fluvial se caracteriza por el traslado y crecimiento lateral de las aguas de crecida sin poder destructivo importante. Por ejemplo, la zona céntrica al sur del vado y Villa Luján.

Usos y restricciones:

Para reglamentar el uso y las restricciones de estos territorios, deben realizarse estudios de carácter hidrológico e hidráulico de mayor detalle, que posibiliten la ejecución de obras estructurales y no-estructurales, orientadas a mitigar y prevenir el riesgo de inundación (obras de defensa, vías de escape, alerta hidrológico, etc.)

b - Areas bajo amenaza de inundaciones frontales

Corresponden a aquellos sectores del lecho episódico, en donde las aguas de crecida

avanzan frontalmente con fuerte poder destructivo. En estos sectores, es donde cobra mayor importancia la valoración del riesgo de inundación, dado que los fenómenos tienen un largo período de recurrencia y son proclives a no ser considerados, ya sea por omisión o simplemente por desconocimiento de los datos históricos.

Usos y restricciones:

De acuerdo al carácter repentino y destructivo de las crecientes, en estas zonas no son recomendables las actividades o planes como los descritos en el punto 2.1 (lecho ordinario y lecho de inundación anual) y necesariamente deben considerarse como zonas bajo advertencia. Es imprescindible contar con planes de alerta hidrológico.

## 5. ALCANCE Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Si bien la cartografía lograda debe incluir, inexorablemente, datos estratigráficos e hidrológicos para poder evaluar la recurrencia de eventos climáticos violentos (especialmente precipitaciones intensas), en una primera etapa, una ayuda importante para los planes de prevención, teniendo en cuenta que:

- \* Suministra información que involucra la seguridad de propiedades, vidas de vecinos y turistas.
- \* Define con claridad y precisión, áreas de diferente riesgo hidrológico, tanto ante la ocurrencia de crecientes ordinarias como extraordinarias.
- \* Brinda información de partida, para las restricciones básicas de uso.
- \* En primera instancia, constituye el punto de partida para la acción de los organismos encargados de la defensa civil.
- \* Su construcción insume bajos costos y cortos tiempos de ejecución, para la elaboración de un diagnóstico de riesgo a nivel de semidetalle.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1) El fotoanálisis geomorfológico ha definido con claridad las áreas de riesgo, lo cual ha posibilitado la confección de una carta preliminar.

2) Los datos meteorológicos, hidrológicos y geomorfológicos, certifican el carácter extraordinario del evento atmosférico del 10-11 de Noviembre de 1993 y corroboran con exactitud las zonas de riesgo definidas con anterioridad al mismo.

3) En su conjunto, el cono urbano de Mina Clavero, está emplazado en zonas estables ante la ocurrencia de fenómenos extraordinarios. Sólo un 5% de su extensión, se localiza sobre áreas inundables por acción del río.

4) La zona de máximo riesgo por avance frontal de las crecidas, se localiza aguas arriba de la confluencia de los ríos Mina Clavero y Panaholma, sobre la parte interna de la curva que el río describe en el centro del área urbana (margen norte) y en el sector de dicha confluencia. Los sectores restantes (margen sur), son afectados por anegamiento.

5) Aguas abajo de la confluencia, la situación de riesgo decrece por el hecho que las áreas inundables lo son por anegamiento y están muy poco pobladas.

6) Finalmente, la precisión de los datos brindados por la carta de riesgo elaborada, hace necesaria la aplicación de restricciones de uso que han sido oportunamente formuladas.

## 7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

1. BROWN FERNANDEZ, E.; VARELA BARBAGELETA, J.; 1990. Prospección de evidencias de crecidas holocénicas en la zona semiárida de Chile. 2. Hidrología superficial y subterránea. XIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Montevideo, Uruguay.

2. COSTA, John E.; 1978. Holocene stratigraphy in flood frequency analysis. Water Resources Research, Vol. 14, N°4.

3. CRAIG KOCHER, R. and BAKER, V.; 1982. Paleoflood hydrology. Science, Vol. 215, N°4531, p. 353-359.

4. GIAMBASTIANI, M.; 1993. Carta preliminar de amenaza de inundaciones repentinas del río Chico de Nono. Dto. San Alberto. Pcia. de Córdoba. Dirección de Geología. Secretaría de Minería. Ministerio de Industria y Comercio.

5. SAYAGO, J. M.; 1978. Geomorfología del valle de San Alberto. Pcia. de Córdoba, VII Congreso Geológico Argentino; Neuquén. Actas II, pag. 80-107.

6. 1980. Geomorfología aplicada a hidrología y suelos en el valle de San Alberto. Pcia. de Córdoba. Acta geológica Lilloana; Tomo XV:2.

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

8. STENDINGER, Jery; COHN, Timothy; 1986. Flood frequency analysis with historical and paleoflood information. Water Resources Research, Vol. 22, N°5, pages 785-793.

9. STENDINGER, Jery; BAKER, Víctor; 1987. Surface water hydrology: historical and paleoflood information. Reviews of Geophysics, Vol. 25, N°2, pages 119-124.

10. VARELA B., Juan; LEAL M., Jorge; 1991. Geología del Cuaternario superior en el área de confluencia de los ríos Limarí y Punitaqui (Región de Coquimbo, Chile) y su relación con la determinación de crecidas extremas Holocenas. 6to. Congreso Geológico Chileno, Servicio de Geología y Minería - Chile.

## ZONAS CON RIESGO DE INUNDACION FLUVIAL

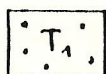
ZONAS  
PROHIBIDAS

### ZONA 1



Lecho ordinario. Areas inundables en forma TOTAL ante la ocurrencia de las crecientes anuales.

### ZONA 2



Lecho de inundación. Areas inundables en forma PARCIAL o TOTAL ante la ocurrencia de las crecientes anuales.

ZONAS  
DE  
ALERTA

### ZONA 3

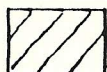
LECHO EPISODICO - Areas inundables en forma PARCIAL o TOTAL ante la ocurrencia crecientes extraordinarias.

#### SUB-ZONA 3.1



Areas con riesgo de inundación por AVANCE FRONTAL de las crecientes (fuerte poder destructivo)

#### SUB-ZONA 3.2



Areas con riesgo de inundación por AVANCE y CRECIMIENTO LATERAL de la creciente (anegamiento)

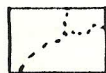
ESTUDIO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO  
**CARTA DE RIESGO DE INUNDACIONES**  
 MINA CLAVERO - PROVINCIA DE CORDOBA

**REFERENCIAS**

**GENERALES**



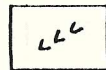
Ruta pavimentada



Curso de agua temporario



Curso de agua perenne

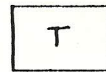


Escurrimiento pluvial no concentrado

**GEOLOGICAS GEOMORFOLOGICAS**



Fallas comprobadas con indicación de labio hundido



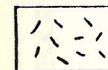
Arenas medias y gruesas  
Depósitos fluviales aterrazados



Fallas probables



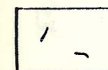
Erosión hídrica concentr.



Basamento cristalino (granito)  
Paleozoico inferior



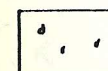
Erosión fluvial de márgen.



Basamento cristalino (granito)  
con cubierta sedimentaria poco potente.  
Paleozoico Inferior cuaternario



Borde de Terraza



Arenas medias y limos fluviales  
Holoceno

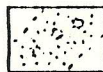
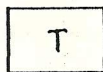
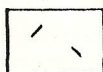
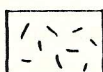


Borde de Terraza abarranc.



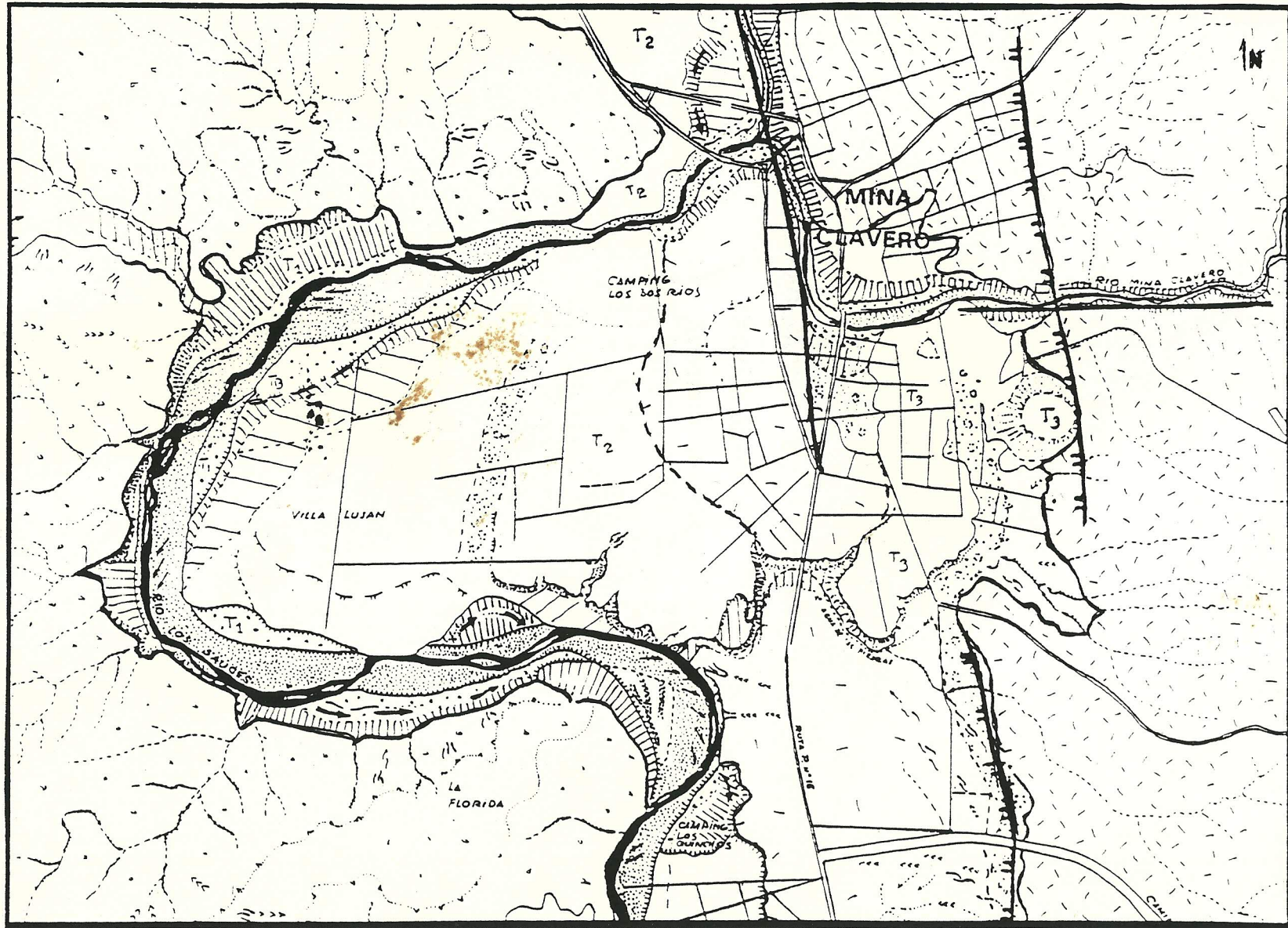
Bajos asociados a paleocauces perturbados por tectónica

**ZONAS SIN RIESGO DE INUNDACION FLUVIAL  
 (SOLO AFECTADAS POR AGUAS PLUVIALES)**



# CARTA DE RIESGO DE INUNDACIONES

MINA CLAVERO - PROVINCIA DE CORDOBA



CHRIA

COMPAGINACION, FOTOCOPIADO Y

ENCUADERNADO :

Sr. Armando IGARZABAL  
Art.Princ.(CONICET)