

Análisis fotogeomorfológico temporal del río Chocancharagua en el tramo urbano y suburbano de la ciudad de Río Cuarto

2001

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

Autores:
Barbeito Osvaldo, Massera Lilian y Ambrosino Silvio

ANÁLISIS FOTOGEOMORFOLÓGICO DEL RÍO CHOCANCHARAGUA EN LA CIUDAD DE RÍO CUARTO



PROVINCIA DE CÓRDOBA

CONTENIDOS

- 1 - OBJETIVOS.
- 2 - ÁREA DE ESTUDIO.
- 3 - MATERIALES Y MÉTODOS.
- 4 - RESULTADOS.
 - 4 - 1- CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS REGIONALES.
 - 4-1-1- GEOMORFOLOGÍA.
 - 4-1-2- GEOLOGÍA.
 - 4-1-3- ESTRUCTURAS.
 - 4 - 2- UNIDADES HIDROGEOMORFOLÓGICAS QUE COMPONEN EL ÁMBITO FLUVIAL.
 - 4-2-1- CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EN EL TRAMO URBANO Y SUBURBANO.
 - 4 - 3- EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES. ZONIFICACIÓN.
 - 4 - 4- TENDENCIA EVOLUTIVA DEL RÍO EN EL PERÍODO 1.970 - 2.000.
 - 4-4-1- EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA AMENAZA POR EROSIÓN DE MÁRGENES.
- 5 - CONCLUSIONES.
 - AGRADECIMIENTOS.
 - BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.
 - ANEXOS:
 - PLANO DE UBICACIÓN.
 - BOSQUEJO GEOLÓGICO - GEOMORFOLÓGICO. (FIGURA N° 1)
 - BOSQUEJO GEOESTRUCTURAL. (FIGURA N° 2)
 - FOTOCARTA GEOMORFOLÓGICA. (CARTA N° 1)
 - FOTOCARTA DE AMENAZA DE INUNDACIÓN. (CARTA N° 2)

ANALISIS FOTOGEOMORFOLÓGICO TEMPORAL DEL RÍO
CHOCANCHARAGUA EN EL TRAMO URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD
DE RIO CUARTO

Geólogo Osvaldo BARBEITO – Ing. Geóloga Lilian MASSERA – Geólogo Silvio AMBROSINO

1. OBJETIVO

Los estudios fotogeomorfológicos mediante la aplicación de las técnicas de la fotointerpretación y teledetección realizados, estuvieron dirigidos a evaluar fundamentalmente la tendencia evolutiva reciente del **Río Chocancharagua**, en el periodo 1970 – 2000 con el propósito primordial de obtener una base física de información para la mitigación de las amenazas asociadas y la planificación territorial.

2. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el ámbito fluvial en el que se emplaza parte de la Ciudad de Río Cuarto, entendiendo como tal, al paisaje evolucionado a partir de la acción del río Chocancharagua, mediante el aporte sedimentario longitudinal-aluvional y los procesos erosivos asociados, desde 1 km. aguas arriba del puente Islas Malvinas, hasta 1 km. aguas abajo del puente Antártida Argentina.

3. METODOLOGIA

El estudio se basó fundamentalmente en la realización de un análisis fotogeomorfológico, incluyendo una evaluación temporal, considerando un período de 30 años, condicionado por el material aerofotográfico disponible.

Las tareas realizadas corresponden a:

- ❖ Recopilación, análisis y selección, del material bibliográfico, cartográfico, aerofotográfico y satelital.
- ❖ Análisis fotogeológicos-geomorfológicos, mediante la interpretación de imágenes satelitales dirigidos a visualizar y analizar el marco regional del entorno en que se incluye el área de estudio.
- ❖ Fotoanálisis estereoscópicos a nivel de semidetalle y detalle, dirigidos al reconocimiento y caracterización de la geología y de las unidades y elementos hidrogeomorfológicos que componen el ámbito fluvial.
- ❖ Análisis fotogeomorfológico temporal dirigido al reconocimiento y evaluación de la dinámica fluvial, según la tendencia evolutiva del río y los procesos asociados, poniendo énfasis en las inundaciones de carácter ordinario y extremo y la erosión lateral o de márgenes.
- ❖ Elaboración de una **FOTOCARTA GEOMORFOLÓGICA** a escala 1:10.000, indicativa de la naturaleza del terreno, de las unidades y elementos geomorfológicos del ámbito fluvial y de la tendencia evolutiva del río en el período 1970-2000.
- ❖ Elaboración de una **FOTOCARTA DE AMENAZA POR INUNDACIONES** a escala 1:10.000, indicativa de las áreas inundables ante la ocurrencia de crecientes ordinarias, de las áreas con alta probabilidad de inundación, frente a la ocurrencia de crecientes extremas y los procesos de erosión asociados.

Como material aerofotográfico para los análisis de semidetalle y detalle, se utilizaron los siguientes fotogramas identificados en base a las escalas aproximadas y la fecha de toma: 1:20.000 del año 1970, 1:50.000 del año 1987, 1:5.000 del año 1991 y 1:5.000 del año 2.000.

Como base topográfica se empleó la carta Río Cuarto del Instituto Geográfico Militar, editada a escala 1:50.000, con equidistancia de 5 mts.

Por su parte para los análisis a nivel regional, se utilizó la imagen satelital TM en bandas 3,5 y 7 del año 1983 a escala 1:250.000.

Mediante dibujo asistido por computación empleando el programa Corel Draw, se unificaron las escalas de los distintos fotogramas empleados y de la base topográfica del IGM, lo que posibilitó obtener una fotocarta semi-apoyada a escala 1:10.000 a partir de la cual se elaboraron las respectivas Cartas Temáticas.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLOGICAS REGIONALES

4.1.1. GEOMORFOLOGÍA

La cuenca del río Chocancharagua o Cuarto tiene nacientes en la Subregión geomorfológica del cordón Central de las Sierras de Córdoba, correspondiendo a la vertiente oriental de la sierra de Comechingones, en lo que a nivel de unidades se refiere. La alta cuenca de recepción la conforman las subcuencas de los ríos Alpa Corral, Piedras Blancas, San Bartolomé, Las Cañitas y Las Tapias, abarcando el conjunto una superficie de 900 km². (FIGURA N° 1). Aquí, el paisaje montañoso, se caracteriza por la fuerte energía del relieve, en donde las pendientes naturales regidas en gran parte por la estructura geológica mediante frecuentes fallas que han generado levantamientos diferenciales y rechazos de bloques, alcanzan valores medios que superan el 30%.

A la salida del macizo de la sierra, el río ingresa a la Subregión de la Pampa Elevada comprendiéndose la Ciudad de Río Cuarto y su entorno, en lo que a nivel de paisajes corresponde a una planicie loésica, sobre la que se sobreimpone la faja aluvial del río Chocancharagua. Desde el punto de vista genético, este paisaje de planicie, presenta en su formación, un claro predominio de los procesos eólicos, lo que se evidencia en una morfología de planicie moderadamente ondulada, en donde se da la alternancia entre médanos

longitudinales de dirección predominante Nor-Noreste - Sur-Sudoeste y bajos plano-cóncavos. Las pendientes medias se comprenden entre 1% y 2%.

En cuanto al paisaje geomorfológico de la faja aluvial del río, debido a cambios climáticos y/o procesos neotectónicos, presenta, por la alternancia de ciclos de sedimentación y erosión, producto de la disección fluvial, tres niveles principales de terrazas fluviales consideradas como unidades geomorfológicas: un nivel superior antiguo (T1), un nivel medio (T2) y un nivel inferior reciente (T3). Los dos primeros (T1 y T2) conforman la planicie aluvial antigua y el último (T3), la planicie aluvial actual del río.

El nivel superior antiguo (T1) como relieve fluvial dominante, se trata de un nivel de terrazas acíclicas con un desarrollo lateral que por sectores supera los 800 mts. y constituye orilla fluvial en la margen norte del río, unos 150 mts. a la altura del puente Islas Malvinas y desde 1.650 mts. aguas abajo de dicho puente, hasta unos 60 mts. aguas abajo del puente Ferroviario, frente a crecientes de magnitud. El relieve es plano suavemente ondulado, con depresiones asociadas a paleocauces de variada magnitud. El borde externo con la planicie loésica, es gradual en respuesta a procesos de desplome asociados a la erosión fluvial y la erosión hídrica asociada a escorrentías laterales, y por sectores, debido a la acción antrópica por labores agrícolas ganaderas o emplazamientos urbanos.

Por su parte el borde interno es neto vertical a subvertical con respecto a las unidades topográficamente inferiores, con un desnivel medio de 6 a 7 metros con respecto al lecho ordinario del río, menor a 4 mts. con respecto al nivel medio de terraza y de 4,5 a 5 mts., cuando se pone en contacto con el nivel inferior de terrazas.

En cuanto al nivel medio, tiene mayor desarrollo lateral en la margen sur, en el tramo urbano entre el puente Islas Malvinas y el Puente Ferroviario. El relieve es suavemente ondulado en respuesta a la migración lateral del cauce y presenta borde externo neto con las unidades topográficas inferiores, con un desnivel medio de 3,5 mts. a 4.00 mts. con respecto al lecho ordinario; de 2.0 metros con respecto al nivel inferior de terraza; y de 3.5 a 4.0 mts. cuando conforma orilla del cauce.

Por otro lado, el nivel inferior reciente, presenta en el área urbana un desarrollo lateral fuertemente restringido en el tramo entre los puentes Islas Malvinas y Ferroviario, debido al encajamiento del río por efecto del fallamiento en profundidad y alcanza mayor significación aguas abajo del Puente Ferroviario, en donde el río pierde en gran parte el control estructural y adopta un diseño de escurrimiento meandriforme.

Este nivel incluye en toda su extensión un subnivel inferior bajo-inundable somero muy restringido lateralmente, lo que es indicio del actual encajamiento del curso por procesos de neotectónica.

4.1.2. GEOLOGÍA

En la cuenca de recepción en la montaña la naturaleza del terreno está dada por la neta predominancia de rocas cristalinas antiguas, entre las que predominan metamorfitas y granitos con coberturas residuales muy someras y discontinuas derivadas de su meteorización. Completan el marco geológico rellenos coluvio-aluviales y aluviales modernos restringidos a valles estructurales secundarios, generados a partir de la disección fluvial por parte de los colectores principales del sistema de drenaje, favorecida por líneas de debilidad asociadas a fallas y fracturas.

En la subregión de la Pampa Elevada en la zona de la ciudad y su entorno, los materiales geológicos corresponden a sedimentarios modernos, cuya génesis asociada a los distintos paisajes geomorfológicos, es diferencial.

La naturaleza de la planicie suavemente ondulada que limita por el norte y sur la faja fluvial, corresponde a materiales sedimentarios modernos (cuaternario) depositados por acción eólica netamente predominante sobre la aluvial. La secuencia sedimentaria tipo, comienza con materiales eólicos con cierto grado de diagénesis de edad presumiblemente pleistoceno medio a superior, que gradan a los niveles superiores a materiales secuencialmente mas modernos y de distinto origen. En primera instancia de origen fluvial (Pleistoceno superior), siguiendo materiales de origen eólico con un bajo grado de diagénesis (Pleistoceno superior-Holoceno) y coronando el complejo sedimentario, se presentan materiales recientes arenosos muy finos asociados a dunas (Holoceno).

En lo que respecta al paisaje de la faja fluvial, predominan netamente los materiales sedimentarios fluviales, conformando los distintos niveles de terrazas y el actual lecho y ámbito de inundación del río. En el nivel superior y más antiguo de terrazas, los materiales que corresponden a arenas muy finas a medias con matriz limo-arcillosa, presentan cierto grado de cementación calcárea, que se asocian a depósitos de baja energía ligados a la antigua planicie de inundación del río, y en cuanto al nivel medio e inferior reciente de terrazas, los materiales corresponden a sedimentos fluviales muy sueltos compuestos por arenas que varían de texturas muy finas, a gravas finas, medias y gruesas asociados a depósitos de canales y barras de alta energía.

En lo que respecta al sustrato geológico por el que corre el río en la actualidad, el material en la totalidad del tramo urbano, corresponde a los aluviones actuales (arenas y gravas) y a partir de la cantera localizada sobre la margen derecha del río, en donde se inicia el patrón de escurrimiento meandriforme, los materiales eólicos más antiguos con bajo grado de diagénesis (Pleistoceno medio a inferior), se encuentran en parte, con escasa cubierta aluvional actual y en parte, aflorando como fondo de cauce, en forma más evidente, aguas arriba del Puente Antártida Argentina.

4.1.3. ESTRUCTURA

La estructura geológica mediante la acción de fallas y fracturas, juega un rol fundamental en el diseño del drenaje y en la dinámica fluvial. En la alta cuenca la alta frecuencia de fallas y fracturas genera un marcado control evidente en los frecuentes tramos rectos de los colectores del sistema y el encajamiento que presentan en valles en "V".

A la salida de la sierra, el control menos frecuente, se evidencia en tramos rectos que adopta el colector principal del sistema. En la zona periurbana y urbana de la ciudad de Río Cuarto, desde el puente Islas Malvinas, hasta unos 600 mts. aguas abajo del Puente Ferroviario, el río con trazo recto corre encajado en una muy probable falla de orientación Nor-Noroeste, hecho manifiesto en un notable fotolineamiento visible tanto en las imágenes satelitales como en las fotografías aéreas a escala 1:20.000. Aguas abajo el análisis denota la disminución de este fuerte control y el río comienza a acusar un diseño de escurrimiento meandriforme, que si bien, en parte, también responde a probables controles estructurales en

profundidad, estos evidencian un carácter más secundario. Tal probabilidad se manifiesta en fotolineamientos de orientación Noreste-Suroeste y Nor-Noreste (Figura N° 2).

En todo su recorrido el río, controlado por la estructura en mayor o menor medida según los tramos, corre encajado en el nivel inferior de terrazas fluviales, hecho que evidencia un estadio de juventud que obedece a procesos de neotectónica (movimientos recientes).

Estos movimientos estarían afectando no sólo al trazo del río Chocancharagua, sino también a todo el entorno regional, produciendo cambios significativos en las redes de drenaje, que se evidencia en un notable encajamiento por sectores, que no tendría correspondencia con los procesos morfogenéticos formadores del paisaje.

4.2. UNIDADES HIDROGEOMORFOLÓGICAS QUE COMPONEN EL ÁMBITO FLUVIAL

La dinámica y alcance de las inundaciones y los procesos fluviales asociados, dependen de las características de las unidades que conforman el ámbito fluvial, correspondientes *al lecho ordinario* y los lechos de inundación *periódico* y *episódico*.

El *lecho ordinario*, también llamado lecho aparente o lecho menor, representa la unidad de mayor actividad hídrica del ambiente fluvial y queda definido por orillas claras desde punto de vista geomorfológico, y desde el punto de vista geológico, por la presencia de depósitos aluvionales actuales (arenas y grava), con ausencia de suelos y vegetación debido a la frecuente actividad hídrica que presenta. En él, se incluye el canal de estiaje por el que corren las corrientes bajas en la época de menor precipitación.

Cuando las inundaciones sobrepasan la capacidad de conducción del lecho ordinario, se activa el *lecho de inundación periódico*, cuya actividad está ligada a crecientes ordinarias de mayor magnitud a las normales.

Ante la ocurrencia de lluvias de carácter extraordinario, superada la capacidad de conducción del lecho anterior, se activa el *lecho episódico*, con actividad ligada a crecientes históricas. Aunque se define por particularidades geológicas y geomorfológicas, la distinción de esta unidad hidrogeomorfológica, es más difícil debido a su actividad hídrica más

esporádica, hecho determinante de la omisión por parte del hombre. Con frecuencia, en áreas urbanas y periurbanas esta unidad hidrogeomorfológica es ocupada por obras de infraestructura edilícea, lo que trae como consecuencia desastres de significación frente a su activación. Esto puede corroborarse en los últimos años en varios ríos de la Provincia de Córdoba.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES HIDROGEOMORFOLÓGICAS EN EL TRAMO URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE RÍO CUARTO.

En el recorrido estudiado del río Chocancharagua las unidades descritas anteriormente adquieren características distintivas según los tramos.

En el tramo que se inicia a la altura la Escuela de Agrotecnia hasta el puente Islas Malvinas, el lecho ordinario describe curvas amplias de baja sinuosidad con tendencia progresiva hacia un diseño meandriforme incipiente, con signos de escurrimiento anastomosado en estiaje y encajamiento en el nivel inferior de terrazas fluviales y con un ancho medio superior a los 150 mts.

Debido a tal encajamiento asociado a los procesos de neotectónica, el río no presenta un típico lecho de *inundación periódico*, sino que actúa como tal, el nivel inferior de terrazas fluviales (T3), activándose totalmente en crecientes anuales el subnivel actual y en forma parcial el resto de la unidad durante las crecientes de mayor magnitud dentro del mismo rango de recurrencia.

Superada la capacidad de conducción de esta unidad hidrogeomorfológica ante la ocurrencia de crecientes extremas, actúa como *lecho de inundación episódico* gran parte del nivel medio de terrazas fluviales (T2) con desarrollo restringido sobre la margen norte a la altura de la Escuela de Agrotecnia y hacia la margen sur, con una amplitud que por sectores supera los 500 mts. Tal particularidad condiciona la dinámica y alcance que adoptan las crecidas, con ingreso frontal de los picos con fuerte poder destructivo hacia la margen norte y desarrollo lateral más tendido, hacia la margen sur.

El lecho episódico a la altura del puente disminuye a menos de 250 mts., actuando en este caso como tal, probablemente parte del nivel superior antiguo (T1), por el estrangulamiento y efecto embalse que genera dicha obra de infraestructura vial.

El encajamiento reciente del curso y la actividad de los niveles inferior y medio de terrazas fluviales como lechos de inundación *periódico* y *episódico* que se evidencia en este tramo, se mantiene en todo el recorrido estudiado variando el alcance lateral de tales unidades hidrogeomorfológicas, según las distintas situaciones geomorfológicas.

Desde el puente Islas Malvinas cuando el curso del río atraviesa el área de mayor densidad urbana en un recorrido de 5 km., las condiciones cambian sustancialmente. El lecho *ordinario* adquiere trazo recto con muy baja sinuosidad con un ancho promedio de 100 mts., diseño de escurrimiento anastomosado en estiaje y mayor encajamiento por efecto del control que produce la falla de mayor notoriedad orientada en dirección Nor-Noroeste y en forma secundaria, probablemente por el efecto generado por las obras de corrección realizadas, que restringen la ampliación lateral, evidente en un patrón meandriforme muy incipiente, observado en las fotografías aéreas del año 1970. Por su parte los lechos de inundación *periódico* y *episódico*, alcanzan un desarrollo lateral no superior a los 400 mts. en el nivel inferior de terrazas fluviales (T3) en el primer caso, y a los 700 mts., en el nivel medio (T2), con mayor desarrollo sobre la margen sur, en el segundo caso.

En este punto, conviene aclarar que las franjas que definen los ámbitos del lecho *ordinario* y de los lechos de inundación, tanto *periódico* como *episódico*, mapeadas en la Carta N° 2, no poseen límites fijos, sino que varían en el tiempo en función de los procesos hídricos erosivos que, en mayor o menor medida, sufren los diferentes niveles de terrazas, como consecuencia de la dinámica fluvial y la magnitud de las crecidas que se pueden producir.

Estas variaciones no están sólo condicionadas a las características naturales de la región, como son la hidrogeomorfología, el clima, etc., sino también, a la intervención del hombre, ya sea, por el tipo de obras de control que pueden ejecutarse sobre el río mismo o en sus terrazas más bajas, o bien, por el desarrollo de una importante actividad extractiva de materiales que afecta a los diferentes niveles que conforman los distintos lechos, lo cual, los

hace más vulnerables ante la ocurrencia de precipitaciones extremas, y por ende, a los procesos erosivos asociados, que pueden sufrir.

El escurrimiento anastomosado en estiaje que presenta el lecho ordinario, manifiesto en la presencia de bancos alargados en dirección a la corriente y canales que confluyen y difluyen, denota cierta sobrecarga de sedimentos y suficiente caudal y pendiente (0.42%). Los islotes o bancos durante las crecidas son erosionados en la parte alta que enfrenta la corriente, depositándose el material en su extremo mas bajo, de manera que la forma migra progresivamente en la dirección de ésta.

Unos 700 mts. aguas abajo del Puente Ferroviario, el curso sufre una disminución de pendiente de 0.42 % a 0.27%, muy probablemente por procesos de neotectónica asociados al trazo de la probable falla de rumbo Noreste-Suroeste, motivo por el cual el lecho *ordinario* adopta un diseño de escurrimiento meandriforme de mediana sinuosidad, controlado en forma secundaria por la estructura geológica en profundidad.

Tal diseño asociado a la disminución de la pendiente media, denota cierto equilibrio entre la carga y el transporte. La dinámica fluvial se caracteriza por el progresivo ensanchamiento del valle actual por erosión de márgenes hacia las partes externas de las curvas, con mayor intensidad hacia la mitad aguas debajo de éstas, motivo por el cual, las sinuosidades meándricas a la vez migran en el sentido de la corriente. Por su parte la erosión lateral en las curvas externas, se acompaña por erosión en profundidad debido a turbulencia, de manera que las orillas en tal posición son profundas a diferencia de las orillas opuestas a las curvas, en donde la corriente de menor velocidad favorece los procesos de aluvionamiento.

Tal dinámica presenta una tendencia evolutiva final al estrangulamiento de los meandros, adoptando el curso del río una nueva posición de recorrido tangencial mas corto, cuya velocidad de avance depende de varios factores, entre los que la naturaleza de las márgenes juega un papel primordial. Como resultado las curvas originales quedan abandonadas (espiras de meandros) y sujetas a colmatación progresiva.

La acción de esta dinámica fluvial en el pasado geológico reciente, se manifiesta en frecuentes vestigios de espiras de meandros abandonados, tanto en el nivel medio como

superior antiguo de las terrazas fluviales, con mayor frecuencia en el primer caso y también en la actualidad, en los cambios ocurridos en el periodo 1970-2000.

En este tramo en respuesta al progresivo ensanchamiento del valle fluvial actual, el lecho *ordinario* del río alcanza un ancho que supera por sectores los 200 mts., con escurrimiento anastomosado de bajo grado en estiaje y meandriforme durante la ocurrencia de las crecientes.

Lo mismo acontece con el lecho de inundación *periódico* evolucionado sobre el nivel inferior de terrazas fluviales (T3), con un desarrollo lateral que por sectores supera los 500 mts. y con el lecho de inundación *episódico*, que incluye la totalidad de este nivel y gran parte del nivel medio (T2) superando en ocasiones los 800 mts.

En este tramo a diferencia de los anteriores, es en donde el desarrollo lateral que alcanzan los picos de crecida es mayor, tanto ante la ocurrencia de crecientes ordinarias, como extraordinarias. La dinámica fluvial en crecientes de magnitud, se caracteriza por la tendencia a los desbordes frontales de los picos de crecida cortando los meandros en forma tangencial, con fuerte poder erosivo y destructivo, como así también se presenta la fuerte tendencia a la activación de los cauces recientemente abandonados, como es el caso de la margen derecha, aguas abajo del Puente Ferroviario a la altura de la calle Tucumán y en el meandro al sur del campus de la Universidad, significando en el primer caso, una situación de amenaza y riesgo de consideración.

4.3. EVALUACION DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES. ZONIFICACIÓN.

La evaluación de la amenaza por inundaciones considera la dinámica y probable alcance de las inundaciones, en base a las particularidades de las distintas unidades hidrogeomorfológicas que componen el ámbito fluvial, aunque sin incluir una zonificación de acuerdo a la recurrencia de los eventos, lo que debe realizarse utilizando como base la información geológica y geomorfológica y la aplicación de estudios hidrológicos específicos.

A partir del reconocimiento, caracterización y evaluación de los aspectos

hidrogeomorfológicos, se elaboró una **CARTA DE AMENAZA DE INUNDACIONES**, indicativa de las áreas inundables ante la ocurrencia de crecientes periódicas y de aquellas que presentan alta probabilidad de ser afectadas ante la ocurrencia de crecientes extremas. Para ello se adoptó la clasificación que considera las siguientes zonas:

1 - Zona sin Amenaza

Comprende los sectores no amenazados por la acción del río y afluentes principales, sólo afectados por escorrentías locales o asociadas a subcuencas menores, que no significan una amenaza de consideración.

Desde el punto de vista geomorfológico, se incluye el paisaje de la planicie ondulada y el nivel superior antiguo de terrazas fluviales (T1).

2 - Zona de Alta Amenaza o Prohibida.

Comprende el lecho de inundación periódico, incluyendo el lecho ordinario que abarca parte del nivel de terraza fluvial inferior y el subnivel actual desarrollado en él, cuya actividad hídrica se asocia a crecientes de recurrencia periódica. Representa la unidad del ambiente fluvial de mayor actividad hidrológica.

3 - Zona de Seguridad.

Comprende todo el ámbito del lecho de inundación episódico con alta probabilidad a ser activado ante la ocurrencia de crecientes extremas. En él se incluyen aquellos sectores en donde los picos de crecida tienen alta probabilidad de ingresar en forma frontal con fuerte poder destructivo, regidos por cauces abandonados o desborde de meandros.

La actividad del lecho de inundación periódico en base a los elementos y trazas hidrogeomorfológicas y a la presencia del subnivel actual de las terrazas inferiores, puede en base a los datos históricos disponibles, ligarse presumiblemente con caudales medios aproximados de 700 m³/seg. y por su parte el lecho de inundación episódico, a los caudales

que por encima de tales valores pudieran sobrepasar los valores históricos registrados (más de 2.000 m³/seg.).

4.4. TENDENCIA EVOLUTIVA DEL RIO EN EL PERIODO 1970-2000.

Tomando como referencia los análisis temporales de acuerdo al periodo considerado, se evidencian los siguientes cambios en el recorrido el curso, (Carta N° 1):

- En la zona próxima a la Escuela de Agrotecnia la sinuosidad incipiente del curso siguiendo la tendencia evolutiva asociada al patrón de escurrimiento meandriforme, degradó hacia la margen norte por erosión lateral y en sentido de la corriente, parte del nivel medio de terrazas fluviales (T2) constituido por materiales aluvionales inconsolidados muy susceptibles. Aquí el análisis temporal indica el avance de un pico de crecida sobre dicho nivel de terraza, que llegó a arrasar por erosión intensa obras de infraestructura del establecimiento, localizadas en el borde de la planicie loésica fuera del ámbito fluvial, para luego el curso volver a la situación actual. Esto de acuerdo a datos históricos, sucedió durante la ocurrencia de la crecida del año 1979.
- Inmediatamente aguas abajo en donde el río describe una curva abierta hacia la margen sur, el curso ha mantenido cierta estabilidad frente a la erosión lateral, en respuesta a que evoluciona sobre los materiales con matriz limo-arcillosa, algo calcárea que conforman el nivel superior de terrazas fluviales, con un menor grado de susceptibilidad a la erosión (T1). En este sector, el lecho ha alcanzado una profundización superior al metro.
- En el tramo urbano desde el Puente Islas Malvinas, hasta aguas abajo del Puente Ferroviario, el mayor encajamiento del curso por condición natural sumado al efecto de control generado por las obras efectuadas, ha restringido comparativamente en mayor medida la divagación lateral. No obstante el análisis temporal indica que el curso del río siguiendo la dinámica fluvial meandriforme muy incipiente según sinuosidades muy poco marcadas, ha divagado avanzando

las sinuosidades en dirección a la corriente. En primera instancia la curva externa que da sobre el nivel de terraza inferior (T3) en la margen norte, ha progresado unos 200 mts. en dirección a la corriente, actuando como margen durante crecientes ordinarias, el nivel superior de terraza (T1).

- Lo mismo acontece aguas abajo del puente Carretero Central sobre la margen sur, en donde la curva externa, siguiendo el sentido de la corriente, se trasladó a unos 500 mts. de éste, erodando en este caso, el nivel inferior de terraza fluvial (T3) y actuando como margen en crecientes, el nivel medio (T2).
- A la altura del puente Nuevo por las obras de relleno y forestación sobre la margen sur, el curso divagó hacia el norte en una distancia de 140 mts. sobre el nivel inferior de terraza (T3), en donde se localizan obras de control de similares características. Del análisis temporal se infiere que tales obras, han reducido el ancho del lecho ordinario de 200 mts. a 90 mts., aproximadamente, variación que se mantiene hasta el Puente Ferroviario.
- Aguas debajo de dicho puente cuando el río disminuye la pendiente media y comienza a describir el diseño de escurrimiento meandriforme, es donde el curso ha variado en forma más notable, tanto por la tendencia evolutiva derivada del condicionamiento natural, como por la acción humana mediante las obras de control de márgenes realizadas.
- En primera instancia a la altura de la calle Tucumán sobre la margen sur, el curso manifiesta un cambio sustancial de la posición original sobre el nivel inferior de terraza (T3) recostado sobre el borde de la planicie loéssica, a unos 300 mts. sobre el nivel de terraza medio (T2) sobre la margen norte. Tal cambio no responde a las características de la dinámica fluvial del sector, que indica la progresión del curso por erosión en la parte externa de la curva que describe el curso, sobre el borde de la planicie loéssica. Esta variación de acuerdo a los antecedentes históricos, se habría generado por causa de rellenos sanitarios efectuados en el sector, como así también, según comentarios verbales recogidos, por la eliminación, mediante el uso de explosivos, de una serie de bancos que se recostaban completamente sobre

esa margen derecha. Toda esta intervención, obligó al curso a adoptar la posición actual y se realizó con el único fin de alejarlo de esa orilla para evitar que continúe comprometiendo ante nuevas crecientes, la infraestructura actualmente existente en ese sector.

- Conviene aclarar también, que tal como se puede observar en la Carta N° 1 el antiguo nivel medio de terraza (T2), presenta ahora otros subniveles de erosión que son el resultado de ese corrimiento provocado, que sufrió el río. Este reajuste y nueva posición de la corriente, generó una erosión en profundidad, trayendo como consecuencia que el fondo del río se haya erodado más de 1.5 mts.
- Aguas debajo de este sector luego que el curso cambia bruscamente de rumbo hacia el norte, siguiendo la dinámica fluvial regida por el patrón de escurrimiento meandriforme, por erosión lateral de márgenes en las partes externas de las curvas y migración aguas debajo de estas, por avance en un recorrido de 350 mts. ha erosionado sobre la margen derecha el nivel inferior de terraza (T3) y parte del medio (T2) y sobre la margen izquierda la curva externa ha migrado aguas abajo erosionando el nivel inferior de terraza fluvial (T3), en una distancia de 100 mts.
- A partir de este sector en la zona que el curso describe el amplio meandro a la altura del Campus de la Universidad, el análisis temporal indica que el río siguiendo la dinámica fluvial meandriforme, avanzó sobre la margen norte por erosión del nivel medio de terraza fluvial (T2) y el borde de la planicie loésica. Con posterioridad, luego de la construcción del canal rectificador, el curso es llevado a una situación antecedente sobre el contacto entre el nivel inferior de terraza fluvial (T1) y el borde del nivel superior de terraza (T3), unos 650 mts. hacia el sur.
- Aguas abajo en el siguiente meandro que describe el curso, el análisis temporal indica que la curva externa sobre la margen norte por erosión tangencial del borde de la Planicie loésica en dirección a la corriente, se desplazó unos 400 mts., a la

vez que sobre la margen sur erosionó en una distancia de 150 mts. el nivel inferior de terraza (T3).

- Inmediatamente en dirección sur, se denota que el *lecho ordinario* por encajamiento ha reducido el ancho de unos 150 mts. a 100 mts., con tendencia erosiva hacia la margen sur sobre el borde de la terraza media (T2), en el sitio del puente Antártida Argentina sobre la Avda. de Circunvalación.
- Por último, aguas debajo de dicho puente el río ajustado a la dinámica fluvial meandriforme, ha erosionado sobre la margen sur, el nivel inferior de terraza (T3).

Cabe destacar que el avance de la erosión de márgenes en el período considerado, ha estado asociado, de acuerdo a los datos disponibles, a crecientes de magnitud periódica con caudales instantáneos aproximados, no superiores a los 1.000 m³/seg. Completamente diferente sería la situación descripta si se repitiera un evento extremo como el ocurrido en el año 1.943, en el que río transportó un caudal de 2.009 m³/seg.

Frente a estos hechos los sectores más críticos se ubicarían en:

- En la margen norte, a la altura de la Escuela de Agrotecnia.
- En la zona de la calle Tucumán, inmediatamente aguas abajo del puente Ferroviario.
- Y, a partir de allí, siguiendo el recorrido del curso, en todas las partes externas de los meandros que este describe.

4.4.1. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA AMENAZA POR EROSIÓN DE MÁRGENES

En función de la posición geomorfológica determinante de la tendencia evolutiva del curso y la naturaleza de las márgenes, se estable en forma cualitativa la amenaza por erosión lateral de márgenes de acuerdo a las siguientes clases identificadas en la Carta N° 2:

-
- **Clase 1:** Riesgo MUY ALTO en crecientes ordinarias y EXTREMO ante la ocurrencia de eventos históricos.
 - **Clase 2:** Riesgo ALTO en crecientes ordinarias a MUY ALTO ante la ocurrencia de eventos históricos.
 - **Clase 3:** Riesgo MODERADO en crecientes ordinarias y ALTO ante la ocurrencia de crecientes históricas.

5. CONCLUSIONES

- El sistema de recepción del río Chocancharagua en la cuenca alta, presenta una fuerte tendencia a la generación de crecientes repentinas de magnitud, en respuesta a la alta predominancia de rocas cristalinas poco permeables que definen escurrimiento excesivo, la marcada energía del relieve medio y una cubierta de vegetación natural, que por su fisonomía y densidad de cubierta, presenta un mediano grado de protección hidrológica, a la vez disminuido por alteración. A esto se le suma la ocurrencia de frecuentes tormentas convectivas intensas favorecidas por las condiciones climáticas de semiaridez (concentración de lluvias en primavera-verano) y el efecto orográfico que genera la Sierra de Comechingones elevada a más de 2.000 m.s.n.m.
- En lo que respecta a la media y baja cuenca, en donde debido a la aptitud de los suelos se realiza un uso agrícola intensivo centrado en los últimos años al cultivo de soja y maní, tienen lugar procesos de erosión hídrica acelerada, lo que involucra un importante aporte de detritos al cauce, durante la ocurrencia de lluvias intensas.
- De un análisis regional se denota que el río Chocancharagua en el pasado geológico reciente, ha evolucionado migrando en el sentido noreste controlado por la estructura en partes y condicionado a procesos neotectónicos.

-
- En el tramo urbano y suburbano de la Ciudad de Río Cuarto, el diseño que presenta responde a una dinámica fluvial enteramente derivada del condicionamiento natural, aunque los procesos asociados por sectores, se presentan acelerados por la acción antrópica.
 - La inestabilidad por erosión lateral y en profundidad es fuerte regida por la dinámica fluvial, la naturaleza friable de los materiales de las márgenes y fondo y la muy probable incidencia de los procesos de neotectónica, manifiestos en los cambios evidentes en las redes de drenaje del entorno regional.
 - Del análisis temporal efectuado, se evidencia que la erosión fluvial lateral adquirió mayor significación asociada a las curvas externas donde el río presenta patrón de escurrimiento meandriforme tanto incipiente, como franco y las márgenes se componen de los materiales aluvionales inconsolidados de los niveles inferiores y medios de las terrazas fluviales.
 - En dicho análisis, en el tramo urbano entre el puente Islas Malvinas y Puente Ferroviario, se evidencia que las obras de defensa encaradas, han cumplido, en gran parte, su objetivo ante las crecientes periódicas ocurridas. En este caso, la divagación incipiente que presentaba el río en el año 1970, con francos indicios de ensanchamiento del valle por erosión lateral, ha sido restringida en gran medida.
 - En lo que respecta a la erosión en profundidad independientemente de la incidencia del aspecto neotectónico, es probable que en parte responda a las obras de defensa efectuadas que han generado un cambio en el perfil de equilibrio del río. En la práctica este concepto se pone de manifiesto en el control que se realizó sobre el ensanchamiento del valle, en el tramo rectilíneo, el cual, sumado a la rectificación que se le hiciera al meandro ubicado aguas abajo, a la altura del Campus Universitario, han generado un aumento en la competencia, trayendo como consecuencia, una progresiva exposición de la base de los pilares de algunos puentes, como el Carretero Central y el Ferroviario.
 - En respuesta a las particularidades de la dinámica fluvial y el carácter friable de las márgenes ante la ocurrencia de un evento de características extremas, es de esperar un intenso y rápido avance de los procesos de erosión fluvial, en particular, en los sectores en
-

donde la posición geomorfológica rige el desborde frontal de los picos de crecida con fuerte poder destructivo (curvas externas). En tales condiciones las obras de control actuales serán sobrepasadas y su función nula, lo que traería como consecuencia, la destrucción de las obras de infraestructura, tanto urbanas como viales, ubicadas en las proximidades.

- En lo que respecta a las inundaciones, el nivel inferior reciente y partes del nivel medio de terrazas fluviales (T3 y T2), que actúan como lechos de inundación ordinario y periódico respectivamente, enfrentan la situación más severa de amenaza.
- El lecho de inundación episódico cuya actividad está ligada a la ocurrencia de crecientes históricas conformado por la totalidad del nivel inferior de terrazas fluviales (T3) y gran parte del nivel medio (T2), enfrenta una amenaza más restringida por el largo periodo de recurrencia, aunque sus características hidrogeomorfológicas a lo que se le suma la extracción de áridos, involucra una amenaza potencial de consideración. En este sentido se destaca el curso abandonado del río durante la crecida del año 1979, inmediatamente aguas abajo del Puente Ferroviario sobre la calle Tucumán hacia la margen sur, en donde es seguro el ingreso frontal del pico de crecida, con fuerte poder destructivo en ese sentido.
- En lo referente al ámbito del lecho episódico, necesariamente para su uso y restricciones finales, deben efectuarse estudios hidrogeomorfológicos e hidrológicos de detalle, incluyendo una subzonificación que considere la tendencia evolutiva del río y los rangos de recurrencia de los eventos.
- Es importante tener en cuenta que a partir del año 1992, probablemente en relación al fenómeno "El Niño" y/o al cambio climático global, varios *lechos episódicos* de ríos de la Provincia de Córdoba se activaron parcial o totalmente ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos de magnitud, afectando severamente a las poblaciones ribereñas, entre las que se destacan: San Carlos Minas (1992), Cruz de Caña (1992), Villa de Soto (1992), Villa General Belgrano (1992), Mina Clavero (1993), Salsacate (1997) y últimamente, La Calera (2.000).

-
- Las actuales extracciones de áridos centradas en el nivel medio e inferior reciente de los niveles de terrazas fluviales, ante la probable ocurrencia de crecientes ordinarias de cierta magnitud y en particular frente a la ocurrencia de crecientes extremas, ocasionarán un significativo cambio en la dinámica fluvial, dando lugar a la generación de situaciones de amenaza de consideración.
 - El alcance de los resultados obtenidos en este estudio dentro del marco de las estrategias de mitigación, se limita a la evaluación de la amenaza según la dinámica y probable alcance de las inundaciones y los procesos erosivos fluviales asociados. Para la evaluación final y restricciones de uso definitivas, deben efectuarse estudios hidrológicos dirigidos a establecer rangos de recurrencia y geotécnicos, tendientes al conocimiento específico del comportamiento de los materiales que componen el ámbito fluvial analizado.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores desean expresar su agradecimiento, al **Ing. Horacio DE YONG**, de la COMISIÓN HONORARIA de la DEFENSA de la COSTA del RÍO CUARTO, al Doctor **Jorge SANABRIA** y al Señor **Carlos Alberto MARRERO**, DIRECTOR DE PROMOCIÓN Y MARKETING de la AGENCIA CÓRDOBA TURISMO, por sus respectivas y valiosas colaboraciones.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- ✓ AGUA Y ENERGIA ELÉCTRICA S.E. 1967. "Estudio y Proyecto Presa Embalse Tincunaco.
- ✓ GEOGRAFÍA FÍSICA DE CÓRDOBA. Capitanelli, 1979. "Capitulo Geomorfología"
- ✓ 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.
- ✓ MASSERA, Lilian, 1.999. "Análisis de la Situación de Riesgo de Inundación. Ciudad de Río Cuarto". Informe interno. DIPAS.
- ✓ 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. Noviembre de 1995.

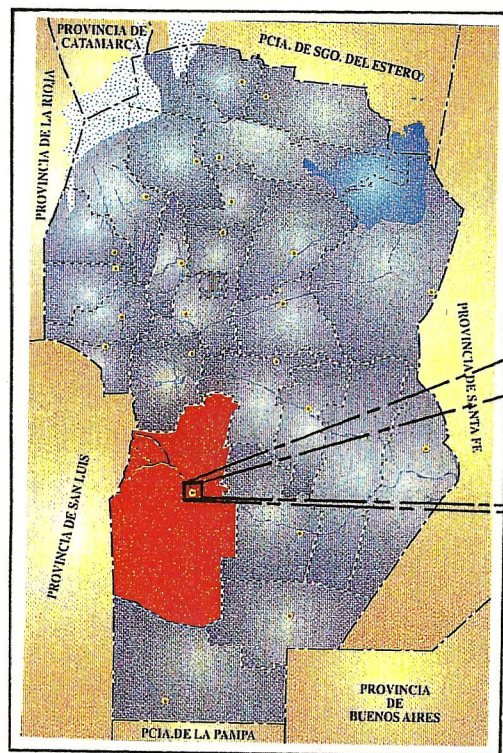
ANEXOS

PLANO DE UBICACIÓN

SITUACIÓN RELATIVA

DEPARTAMENTO RÍO CUARTO

PEDANÍA RÍO CUARTO



BOSQUEJO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO.

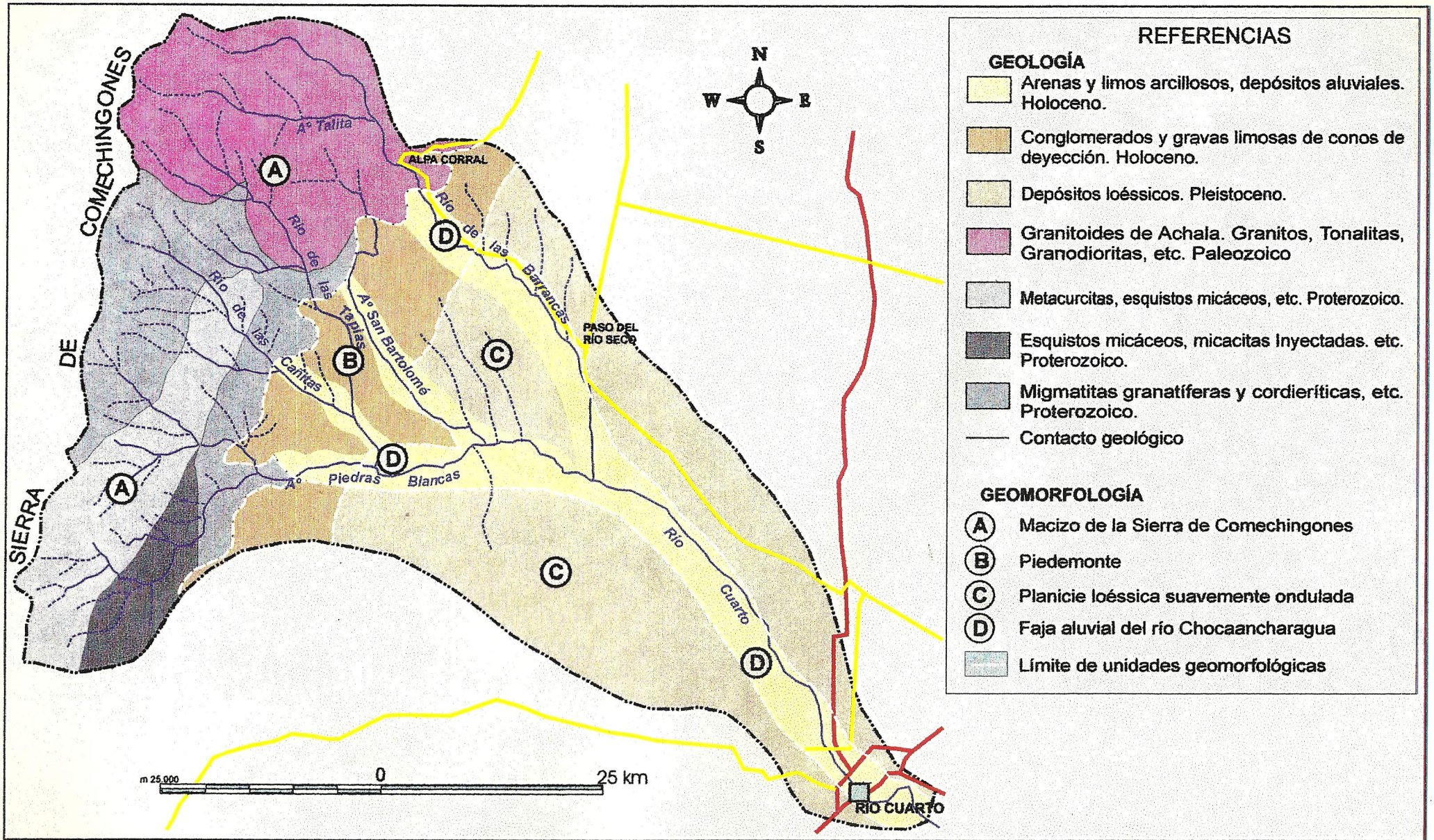


Fig N° 1

BOSQUEJO GEOESTRUCTURAL

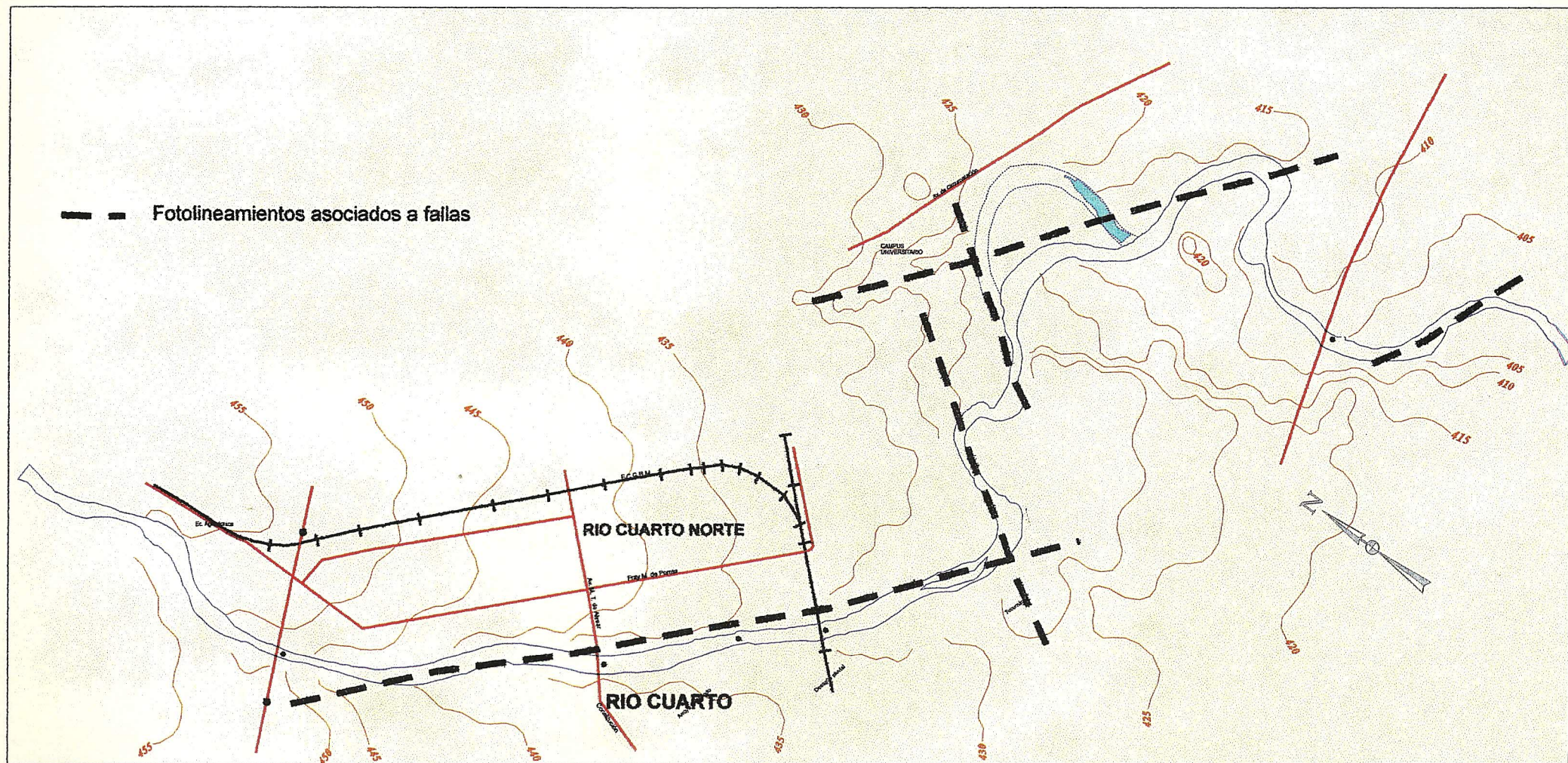


Fig. N°2

FOTOCARTA GEOMORFOLÓGICA RÍO CHOCANCHARAGUA - CIUDAD DE RÍO CUARTO

por:
Geol. Osvaldo BARBEITO
Ing. Geol. Lilian MASSERA
Geol. Silvio AMBROSINO

REFERENCIAS

FAJA ALUVIAL.

a) Llanura aluvial antigua.

T1 NIVEL SUPERIOR ANTIGUO
Predominancia de depósitos fluviales de baja energía, parcialmente consolidados. (arenas muy finas a medias y matriz limo-arcillosa). Susceptibilidad MODERADA a ALTA a la erosión fluvial

T2 NIVEL MEDIO
Material fluvial inconsolidado sueltos de alta energía. Alternancia de arenas muy finas a gruesas y gravas finas y medias. Susceptibilidad ALTA a la erosión fluvial

b) Llanura aluvial actual.

T3 NIVEL INFERIOR RECIENTE, BAJO INUNDABLE
Materiales fluviales inconsolidados muy sueltos de alta energía. Alternancia entre arenas y gravas, finas, medias, y gruesas. Susceptibilidad MUY ALTA a la erosión fluvial.

LECHO ORDINARIO Y CANAL DE ESTIAJE

BORDES DE TERRAZAS ACTUALES

PAMPA ELEVADA

PLANICIE LOÉSICA ONDULADA
Depósitos predominantemente de origen eólico. Limos y limos arenosos muy finos

BORDE DE PLANICIE ABARRANCADO

TENDENCIA EVOLUTIVA DEL LECHO ORDINARIO

SITUACIÓN AÑO 1970

SITUACIÓN AÑO 2000

Laguna temporaria asociada a espiras de meandro abandonado.

GENERALES

Canteras

Rutas principales

Ferrocarril

1 Puente Islas Malvinas

2 Puente Carretero

3 Puente Nuevo

4 Puente Ferroviario

5 Puente Antártida Argentina

6 Desembocadura del A° del Bañado

7 Desembocadura desagües pluviales

NOTA: el análisis temporal se efectuó mediante la fotointerpretación estereoscópica de fotografías a escala aproximada 1:20.000 del año 1970 y fotografías a escala aproximada 1:5.000 de los años 1970, 1991 y 2000.

