

Análisis fotogeomorfológico del río Anizacate entre la comuna Villa La Bolsa y la confluencia con el río Los Molinos

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 FOTOGEMORFOLÓGICO
DEL RÍO ANIZACATE
ENTRE LA COMUNA VILLA LA BOLSA
Y LA CONFLUENCIA CON EL RÍO LOS MOLINOS**



PROVINCIA DE CÓRDOBA

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.

2. OBJETIVO.

3. ÁREA DE ESTUDIO.

4. METODOLOGÍA Y MATERIALES UTILIZADOS.

5. RESULTADOS.

5.1. Características Regionales a nivel de Cuenca Hídrica.

5.1.1. Hidrografía.

5.1.2. Geología.

5.1.3. Geomorfología.

5.1.4. Vegetación y Uso Actual.

5.2. Características Geológicas y Geomorfológicas del Río Anizacate, en el tramo estudiado.

5.2.1. Estribaciones de la Vertiente Oriental de las Sierras Chicas.

5.2.2. Depresión Estructural Periférica:

- Planicie Loésica Suavemente Ondulada.

- Faja Aluvial.

5.3. Unidades Hidrogeomorfológicas que componen la Faja Aluvial.

5.4. Tendencia Evolutiva del Río en el Periodo 1.962 - 2.000.

5.5. Evaluación de la Amenaza por Inundaciones Repentinas.

5.5.1. Tendencia a la Generación de Crecientes Repentinas de la Cuenca Hídrica.

5.5.2. Zonificación del Grado de Amenaza.

5.5.3. Evaluación Cualitativa de la Amenaza por Erosión de Márgenes.

6. CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

ANEXOS:

- MAPA HIDROGRÁFICO REGIONAL. (FIGURA N°1)
- BOSQUEJO GEOLÓGICO - GEOMORFOLÓGICO REGIONAL. (FIGURA N°2)
- FOTOCARTA GEOMORFOLÓGICA. RÍO ANIZACATE. (FOTOCARTA N°1)
- FOTOCARTA DE AMENAZAS POR INUNDACIONES REPENTINAS. (FOTOCARTA N°2).
- FOTOGRAFÍA N°1: COSTA AZUL.
- FOTOGRAFÍA N°2: DIQUE CHICO.

**ANÁLISIS FOTOGEOMORFOLÓGICO DEL RÍO ANIZACATE ENTRE LA
COMUNA VILLA LA BOLSA Y LA CONFLUENCIA CON EL RÍO LOS
MOLINOS.**

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

1. INTRODUCCIÓN

A partir del año 1992, crecientes repentinas extremas afectaron a importantes centros turísticos de las Sierras de la Provincia de Córdoba, entre los que se destacan, por los daños materiales ocasionados y las pérdidas de vidas humanas, San Carlos Minas (1992), Villa de Soto (1992), Cruz de Caña (1992), Villa General Belgrano (1992), Mina Clavero (1993), Salsacate (1997) y más recientemente, La Calera (2.000).

La magnitud y la dinámica que alcanzaron tales crecientes, tomaron totalmente desprevenidos a los organismos encargados de la Defensa Civil. No obstante análisis fotogeomorfológicos, como así también referencias históricas y datos brindados por antiguos pobladores, indicaban claramente la ocurrencia de fenómenos de similares características en un pasado geológico muy reciente.

Esto deja en claro, por un lado, la omisión de los antecedentes históricos, y por otro, la posibilidad de prevenir los efectos de eventos extremos mediante estudios geomorfológicos aplicados, utilizando imágenes satelitales y fotografías aéreas (Barbeito, O. y Ambrosino, S. 1993).

El presente trabajo, dentro del marco general de las estrategias de mitigación de amenaza por inundaciones repentinas, trata el caso particular del río Anizacate, en el tramo comprendido entre las Comunas de Villa La Bolsa, Costa Azul y Dique Chico.

2. OBJETIVOS

La finalidad de este estudio es la evaluación de la dinámica y alcance de las inundaciones repentinas y los procesos fluviales asociados, mediante la aplicación del criterio geológico y geomorfológico y la utilización de las técnicas de la teledetección y la fotointerpretación.

3. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el tramo del **Río Anizacate** desde la Comuna de Villa La Bolsa, unos 2 km. aguas arriba del puente sobre la ruta Nacional N° 36, hasta la confluencia con el río Los Molinos, en un recorrido de aproximadamente 17 km., abarcando una extensión lateral que incluye la totalidad de la faja aluvial antigua y reciente del río y el entorno próximo de la planicie que lo bordea.

4. METODOLOGÍA Y MATERIALES UTILIZADOS

El estudio se basó fundamentalmente en la realización de un análisis fotogeológico y fotomorfológico, dirigido a reconocer y evaluar los aspectos geológicos y geomorfológicos, en relación a la dinámica y alcance de las inundaciones repentinas y de los procesos erosivos asociados, tanto en forma actual, como potencial.

A partir de la recopilación, análisis y selección del material bibliográfico, aerofotográfico y cartográfico, se efectuaron análisis de teledetección y de fotointerpretación estereoscópicos, orientados al reconocimiento y caracterización de los siguientes aspectos:

- Sistema hidrográfico regional a nivel de cuencas y subcuencas que conforman el sistema hidrográfico, incluyendo los cálculos de áreas en cada caso en particular.

-
- Clases geomorfológicas a nivel regional con fuerte participación en la generación de las crecientes repentinas, definidas por la interacción de la naturaleza geológica del terreno y la inclinación de las pendientes naturales.
 - Naturaleza geológica del terreno y ambientes, unidades y elementos hidrogeomorfológicos a nivel de semidetalle y detalle, comprendiendo el ámbito fluvial del tramo de río considerado.

Seguidamente a partir de la valoración de la información obtenida, se procedió a:

- Evaluar la dinámica y alcance de las inundaciones repentinas y los procesos fluviales asociados.
- Efectuar una zonificación en base al grado de amenaza por inundaciones repentinas.

Como resultado se obtuvo la siguiente cartografía temática:

- **MAPA HIDROGRÁFICO REGIONAL**, a escala 1:250.000, indicativo del sistema hidrográfico de la cuenca de recepción a nivel de cuenca y subcuencas, incluyendo las áreas correspondientes. (Figura N°1).
- **MAPA REGIONAL de CLASES GEOMORFOLÓGICAS**, a escala 1:250.000, indicativo en forma conjunta de la naturaleza del terreno en relación a la permeabilidad y la inclinación de las pendientes naturales. (Figura N°2).
- **FOTOCARTA GEOLÓGICA y GEOMORFOLÓGICA**, a escala 1:20.000, indicativa de las características geológicas y geomorfológicas del ámbito fluvial del tramo de río considerado. (FOTOCARTA N°1).
- **FOTOCARTA DE AMENAZA POR INUNDACIONES REPENTINAS** a escala 1:20.000, indicativa de las áreas inundables ante la ocurrencia de creciente periódicas y

la probabilidad de las áreas, a inundarse ante la ocurrencia de crecientes extremas, como así también, de los procesos de erosión de márgenes asociados, en forma actual y potencial. (FOTOCARTA N°2).

Como material satelital para los estudios a nivel regional, se empleó una imagen satelital a escala 1:250.000 en banda 7 del año 1983 y como material aerofotográfico, para los análisis de semidetalle y detalle, se utilizaron fotografías aéreas a escala aproximada 1:20.000 del año 1962 y fotografías aéreas a escala aproximada 1:50.000 del año 1987.

Mediante la utilización de fotografías aéreas convencionales tomadas en la zona de Costa Azul y el apoyo mediante una imagen satelital actualizada del año 1998 a escala 1:100.000, se efectuó un análisis temporal que cubre el periodo 1962-1987 en todo el tramo considerado, y el periodo 1962 – 1998, en la zona de Costa Azul y entorno próximo.

Como base topográfica se empleó la carta Despeñaderos editada por el Instituto Geográfico Militar a escala 1:50.000 en el año 1971, con equidistancia de 25 mts.

Finalmente, mediante dibujo asistido por computación empleando el programa Corel Draw, se unificaron las escalas de los distintos fotogramas utilizados y de la base topográfica del IGM, lo que permitió obtener fotocartas semi-apoyadas a escala 1:20.000.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS REGIONALES A NIVEL DE CUENCA HÍDRICA.

5.1.1. HIDROGRAFÍA

La cuenca del río Anizacate tiene nacientes en la vertiente oriental de las Cumbres de Achala a una altitud promedio superior a los 2.000 m.s.n.m.

Conjuntamente con la cuenca del río Los Molinos, conforma las nacientes del sistema hidrológico de la cuenca del río Xanaes o Segundo de carácter endorreico, con nivel de base en la laguna de Mar Chiquita.

La cuenca de montaña la forman las subcuencas de los ríos El Condorito – San José, con una superficie de 282 km², la del río de la Suela, que abarca una superficie de 141 km² y la del arroyo Alta Gracia de 165 km². El sistema, incluyendo el área de la intercuenca baja, de 135 Km², hasta la altura de la ruta Nacional N° 36, posee una superficie total de 723 km² (Figura N° 1).

Aguas abajo, el colector principal, a la salida del bloque de la Sierra Chica, recibe el aporte de subcuencas laterales de carácter temporario, que tienen nacientes en la vertiente oriental de dichas sierras y avenamiento en la Llanura Oriental, con mayor significación sobre la margen norte, abarcando el conjunto, una superficie de 196 Km², lo que conjuntamente con la cuenca de montaña y hasta la confluencia con el río Los Molinos, completan una superficie total de 919 Km²

El sistema de drenaje en su conjunto presenta un diseño dendrítico angular caracterizado por un patrón arborescente con frecuentes confluencias en ángulo, en correspondencia al control que ejercen los trazos de frecuentes fallas y fracturas ligadas a la litología dominante en la cuenca (rocas cristalinas), con mayor significación en el paisaje de montaña, factor que también incide en la densidad de drenaje que alcanza un valor medio de 3.5 ríos/km²., debido a la baja permeabilidad del material (secundaria).

En la montaña, los cauces tributarios son cortos con predominancia de trazos rectos y encajados en valles en “V”, en donde la dinámica fluvial se caracteriza por el neto predominio del arranque y transporte, sobre la deposición.

El colector principal de la cuenca atraviesa con carácter antecedente el lineamiento orográfico de Las Sierras Chicas, alcanzando hasta su confluencia con el río Los Molinos una extensión de 35 km. y un grado de jerarquización de orden 6.

La cuenca de recepción por excelencia con nacientes en las Cumbres de Achala, la conforman las subcuencas de los ríos Condoritos y La Suela, abarcando el conjunto, una extensión de 423 km². Esta presenta forma plana mas o menos circular, lo que determina un índice de Gravelius o de Compacidad de 1.43, lo que significa que los tiempos de concentración de los distintos tributarios que la componen, son en cierta forma similares, lo que sumado a la energía del relieve y la baja permeabilidad del material geológico, resuelve escurrimiento excesivo y rápido y por ende, una fuerte tendencia a la generación de crecientes repentinas.

5.1.2. GEOLOGÍA

Desde el punto de vista geológico la cuenca en su mayor extensión, se compone de las rocas cristalinas que conforman el antiguo basamento metamórfico plutónico de las Sierras Pampeanas, correspondiendo el resto a sedimentos modernos circunscriptos a depresiones de valles principales y secundarios y a materiales fluviotorrenciales de piedemonte (Sec. de Minería 1995).

La cuenca alta se compone en su mayor parte por materiales ígneos asociados a la intrusión regional del Batolito de Achala, en donde la litología predominante corresponde a granitos, granodioritas y tonalitas (paleozoico inferior). Por su parte la cuenca media, se compone de rocas metamórficas migmáticas y granulitas masivas (precámbrico) y la baja, por esquistos micaceos y micacitas inyectadas (precámbrico).

Los suelos, en este caso, están representados por coberturas residuales someras derivadas de la meteorización de las rocas (- 0.50 mts.), de texturas arenosas a franco arenosas y mediano contenido orgánico (1-2%). En la alta cuenca, en donde el relieve medio es enérgico, éstas son muy discontinuas alternando con valores de roca desnuda superiores al 50%, a diferencia de otros sectores de la media y baja cuenca en donde disminuye la energía del relieve y son más continuas con valores de roca desnuda no superiores al 25%.

Completando el marco geológico los materiales sedimentarios modernos con mayor significación en la baja cuenca y en el piedemonte, corresponden a depósitos de conos limo-arenosos, conglomerádicos con aporte eólico, a depósitos asociados a una cubierta de carácter limoloésico y a depósitos fluviales asociados al aporte longitudinal del río Anizacate.

Los suelos, a diferencia de los derivados de las rocas cristalinas, son profundos, de texturas medias y moderado contenido orgánico.

La estructura geológica mediante fallas y fracturas, tiene directa participación en las particularidades de las unidades hidrogeomorfológicas y por ende, en la dinámica fluvial. Ésta, en el área estudiada se manifiesta a nivel regional con dos grandes fallas de orientación N-S con fuerte implicancia en la morfología: una que recorre el pie de la Sierra Chica y otra, más al este, asociada al levantamiento de las **elevaciones de Malagueño**. Ambas, definen una depresión estructural que bordea el pie oriental de la Sierra Chica, atravesada por los ríos Anizacate y Los Molinos con confluencia en el borde oriental de ésta.

Otro sistema secundario de similar orientación, acompañado de sistemas de orientación E-O, NE -SO y NO-SE, ejerce por tramos, un fuerte control en el sistema de drenaje, muy notable sobre el basamento cristalino en el tramo superior estudiado e inferido en forma clara, mediante fotolineamientos, según trazos rectos del curso, en el sector inferior, en donde tienen desarrollo las cubiertas sedimentarias (Fotocarta N°1).

5.1.3. GEOMORFOLOGÍA

La cuenca serrana del río Anizacate tiene desarrollo en las subregiones geomorfológicas del cordón Central y Oriental de las Sierras de Córdoba, en lo que corresponde a las Cumbres de Achala y la Sierra Chica respectivamente, cuya génesis está ligada a lineamientos N-S de bloques de basamento cristalino sobreelevados a fines del terciario y principios del cuaternario, por efectos de fallas regionales N-S.

En las Cumbres de Achala, a nivel de paisajes geomorfológicos, se distinguen un horts o pilar tectónico ("A" en la Figura N°2), que representa el núcleo de dicha sierra elevado a más de 2.000 m.s.n.m. y hacia el este, una peneplanicie que por efectos de la tectónica, desciende en forma escalonada desde los 1.100 m.s.n.m., a los 900 m.s.n.m (B).

El paisaje del horts se caracteriza por presentar relieve energético con pendientes medias superiores al 35%, incluyendo una peneplanicie fuertemente disectada por los cursos de agua (A1), un relieve relictual de altiplanicie (Pampa de Achala: A2) y un abrupto o rechazo de falla (A3), que supera los 400 mts. con respecto a los bloques que están descendidos hacia el este. Por su parte, la peneplanicie escalonada (B), presenta un relieve menos energético con pendientes medias comprendidas entre 12% y 20% y un paisaje masivo de colinas convexas evolucionado a partir de rocas cristalinas masivas (migmatitas), en donde las pendientes más energéticas, corresponden a las laderas de los valles generados por la disección fluvial.

En lo que respecta a la unidad orográfica de la Sierra Chica, genéticamente se asocia a bloques de basamento cristalino fuertemente elevados al oeste (1.000 m.s.n.m.) y basculados en forma tendida hacia el este (C), en donde a nivel de paisajes se distinguen un abrupto de falla occidental y la vertiente oriental tendida, que pasa en forma gradual a la Llanura Oriental de la Provincia de Córdoba.

El abrupto de falla occidental (C1) de la unidad orográfica, representa el rechazo de falla con respecto a los bloques descendidos hacia el oeste. El relieve medio aquí se manifiesta en pendientes medias superiores al 35% alcanzando por sectores el 50%, incluyendo la quebrada antecedente, producto de la disección por parte del río Anizacate.

En el caso de la vertiente oriental tendida, las pendientes menos energéticas alcanzan valores no superiores al 20% (C2).

A la salida del macizo de la Sierra Chica, el río ingresa a la depresión estructural paralela a la sierra definida por las fallas N-S de magnitud regional (Depresión Periférica. Capitanelli 1979, "D" de la Figura N° 2) para confluir con el río Los Molinos en el borde

oriental de ésta y dar lugar al río Xanaes o Segundo, que también con carácter antecedente ingresa a la subregión de la Pampa Elevada.

En esta subregión se distinguen dos paisajes diferenciales: una planicie loésica suavemente ondulada con pendientes medias entre 1 y 2% (D1) y la faja aluvial correspondiente al aporte sedimentario longitudinal del río Anizacate (D2), en donde el relieve predominante es plano asociado a distintos niveles de terrazas fluviales.

✓ PROCESOS MORFODINÁMICOS

Los procesos dinámicos que modelan los paisajes en función a sus mecanismos, intensidad y alcance, inciden en mayor o menor grado en las características que pueden adoptar las crecientes repentinas.

En tal sentido el paisaje de la cuenca serrana del río Anizacate desde el punto de vista morfodinámico, presenta cierta estabilidad condicionada por su carácter geológico que resuelve alta predominancia de rocas cristalinas resistentes y la escasa presencia de sedimentos friables de baja resistencia.

Los procesos dinámicos en las vertientes se limitan a disgregación y fragmentación moderada de las rocas cristalinas, caídas de gravedad de poca magnitud y muy puntuales (quebradas y cornisas) que involucran el movimiento rápido de derrubios (bloques) y movimientos muy lentos manifiestos en mantos de reptación, que afectan a las cubiertas residuales derivadas de la alteración de las rocas siguiendo la inclinación de las laderas, ambos con poca participación en la dinámica fluvial. Movimientos rápidos que signifiquen importantes aportes de sedimentos a los cursos (deslizamientos, desprendimientos de tierras, coladas de barro, etc.) y signifiquen una participación sustancial en la dinámica y características de las crecientes repentinas, no se presentan, dada la estabilidad del material geológico y la ausencia de formaciones sedimentarias inestables y potentes, bajo condiciones topográficas favorables.

Los procesos de erosión todavía se encuadran dentro del umbral de la erosión geológica normal, correspondientes a procesos de erosión hídrica difusa en las laderas y concentrada en cárcavas en el eje de avenamiento de valles secundarios, con intensidad moderada en ambos casos. No obstante, la aceleración de éstos, principalmente debido a la disminución del efecto protector de la vegetación natural, en particular por incendios frecuentes e incontrolados, si bien no implican aportes significativos de detritos a los cursos de agua, generan un alto impacto al ambiente, si se considera el largo período que necesitan las rocas cristalinas para la formación de las cubiertas residuales por alteración. El lavado de éstas significa una pérdida progresiva del sostén de la vegetación, lo que se traduce en una variación en el efecto regulador de las vertientes, y en un cambio en la relación escorrentía-infiltración, aumentando la primera, en detrimento a la segunda.

En la subregión de la Depresión Estructural Periférica, la situación cambia en respuesta a la naturaleza geológica y al manejo de los suelos. El material limo-loésico que conforma el paisaje de la Planicie Loésica suavemente ondulada, es de carácter friable, muy susceptible a la erosión hídrica, y en condiciones de sequedad, a la erosión eólica.

En la actualidad, debido al valor del recurso natural del paisaje, en respuesta a la aptitud de los suelos, ha dado lugar a un uso intensivo que trajo aparejada la eliminación casi completa de la cubierta de vegetación natural y la ejecución de labores sin prácticas de conservación. Como consecuencia, se han generado procesos de erosión hídrica acelerada en forma laminar, difusa y concentrada en cárcavas, esta última forma es más evidente y está presente en el borde abarrancado del paisaje con el valle del río, en donde se genera un brusco cambio de pendiente.

En lo que respecta al paisaje de la faja aluvial asociada al río, los procesos dinámicos fluviales corresponden a intensa erosión lateral de márgenes y en forma menos evidente, a erosión en profundidad.

Tanto los procesos de erosión hídrica acelerada que afectan a la Planicie, como a la faja aluvial del río, involucran durante la ocurrencia de lluvias intensas un importante aporte de detritos finos (limos) transportados en suspensión durante las crecidas.

5.1.4. VEGETACIÓN Y USO ACTUAL

La vegetación natural de la cuenca responde a las particularidades de la vegetación de las Sierras de Córdoba, con características de bosque esclerófilo de tipo matorral y arbolado semidesértico, distribuida según tres pisos condicionados por la altitud y la orientación geográfica (Luti, R. 1979): el Piso del Monte Serrano desde los 600 a 1300 m.s.n.m., el Piso del Arbustal o Romerillal desde los 1300 a 1700 m.s.n.m. y el Piso de los Bosquecillos y Pastizales de Altura, por encima de dicha altitud hasta los máximos niveles (más de 2.000 m.s.n.m.).

En su conjunto, estas formaciones de por sí solas, no representan una cubierta con apropiado índice de protección hidrológica, a lo que se le suma la alteración generada por frecuentes incendios periódicos

Por su parte, el uso actual de la cuenca, se limita a ganadería extensiva y forestación de coníferas en zonas puntuales en la media y baja cuenca y agricultura de secano circunscripta a pequeños valles, en el área serrana y pedemontana de la baja cuenca.

5.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS DEL RÍO ANIZACATE EN EL TRAMO ESTUDIADO.

El colector principal de la cuenca del río Anizacate a su salida de la vertiente oriental de las Cumbres de Achala, atraviesa con carácter antecedente el paisaje de montaña de la Sierra Chica y en el sector estudiado, ingresa en el paisaje de las estribaciones orientales de dicha unidad orográfica y luego en el paisaje de la Depresión Estructural Periférica, hasta su confluencia con el río Los Molinos. Esto tiene marcada influencia en las características geológicas y geomorfológicas del valle fluvial.

5.2.1. ESTRIBACIONES DE LA VERTIENTE ORIENTAL DE LA SIERRA CHICA

Desde la altura de la localidad de La Serranita, hasta la ruta Nacional N° 36 en una longitud de 7 km, el río recorre las estribaciones orientales de la Sierra Chica encajado en

un valle en "V" abierto con laderas convexas, labrado en un paisaje dominante de colinas evolucionado sobre las rocas del basamento cristalino.

En este tramo, el curso adopta un diseño de escurrimiento fuertemente controlado por la estructura y la naturaleza geológica, lo que se evidencia en la abundancia de trazos rectos asociados a fallas y fracturas de orientación E-O, N-S y con menor frecuencia NO-SE y en algunos afloramientos del sustrato cristalino resistente, en el fondo y márgenes del lecho.

La suficiente pendiente del curso en este tramo (0.44 %), determina el predominio de los procesos de arrastre sobre los de deposición y por su parte, las condiciones geológicas de las márgenes y fondo, controlan en parte los procesos de erosión en profundidad y lateral.

Debido al encajamiento del valle fluvial, la faja aluvial histórica asociada al aporte longitudinal del curso, está limitada lateralmente con desarrollo de tres niveles principales de terrazas fluviales, cuyas características se describen en el paisaje de la Depresión Estructural Periférica.

5.2.2. DEPRESIÓN ESTRUCTURAL PERIFÉRICA

Aguas abajo del puente sobre la ruta Nacional N° 36, el río ingresa a la subregión geomorfológica de la Depresión Periférica, en donde se distinguen dos paisajes geomorfológicos, de génesis distintiva: una planicie loésica suavemente ondulada y la faja aluvial asociada al aporte longitudinal aluvial de este.

✓ PLANICIE LOÉSSICA SUAVEMENTE ONDULADA

Limitando a ambos lados la faja aluvial del río, se presenta una planicie loésica suavemente ondulada con pendientes medias variables entre 1% y 2%, en donde se da la alternancia de amplios y tendidos interfluvios plano convexos y bajos amplios plano-concavos ténues, que actúan como vías de avenamiento temporarias en dirección al valle del río cuando ocurren precipitaciones importantes.

El límite de la planicie con la faja aluvial es tenue y en ocasiones enmascarado por labores agrícolas, en todo el margen sur de ésta, a diferencia del margen norte, en donde se presenta abarrancado, indicando la tendencia evolutiva predominante del río en ese sentido.

El material geológico se trata de sedimentos modernos (cuaternario) depositados por acción eólica netamente predominante sobre la faja aluvial, presentándose en la base de la formación, materiales eólicos (Pleistoceno – Pampeano), algo diagenizados, que le confiere, cierto grado de consolidación, que gradan hacia los niveles superiores, a materiales de origen fluvial y eólico, con un bajo grado de diagénesis y por ende, menor grado de consolidación (Pleistoceno superior-Holoceno).

✓ **FAJA ALUVIAL**

A la salida de las estribaciones de la Sierra Chica e ingreso a la Depresión Estructural Periférica, se genera un importante quiebre de pendiente que se manifiesta en el curso del río (de 0.44 % a 0.16 %). Como consecuencia, el río en su evolución geológica reciente, ha depositado sucesivos mantos aluvionales (gravas, arenas y limos arenosos), dando lugar a una faja aluvial que por sectores supera los 2 km. de amplitud, limitada por el paisaje de la planicie loésica suavemente ondulada por ambos lados y por cuyo eje corre el curso actual.

En respuesta a cambios climáticos y/o neotectónicos que dieron lugar a pulsos de sedimentación y erosión, se generaron tres niveles principales de terrazas fluviales, que a diferencia del paisaje antecedente, presentan un desarrollo lateral mucho más significativo: un nivel superior antiguo (T1), y un nivel medio (T2), que conforman la llanura aluvial antigua, y un nivel inferior reciente (T3), que constituye la llanura aluvial actual. El nivel superior antiguo (T1), como relieve fluvial dominante, tiene mayor desarrollo y continuidad sobre el margen sur, en respuesta a la tendencia evolutiva del río en el sentido contrario. Presenta una superficie plana, con suaves depresiones asociadas a paleocauces de variada magnitud y un borde interno neto, variando de vertical a subvertical

con respecto a las unidades topográficamente inferiores y en parte erosionado por escorrentías laterales. Su altura con respecto al cauce actual supera los 15 mts.

El material geológico que compone este nivel, corresponde a arenas muy finas a medias con matriz limo-arcillosa, con bajo grado de consolidación, ligados a un ambiente de planicie de inundación de baja energía fluvial.

El nivel medio (T2), por la misma causa, también tiene mayor desarrollo y continuidad sobre la margen sur, con relieve dominante plano, interrumpido por amplias depresiones relacionadas a paleocauces de envergadura similar al cauce actual, con una altura con respecto a él, entre 5 y 6 mts. El material geológico en este caso, corresponde a sedimentos fluviales 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 fluvial.

En lo que respecta al nivel inferior reciente (T3), este presenta desarrollo y continuidad similar a ambas márgenes y relieve ondulado, con frecuentes depresiones asociadas a espiras meándricas, conformado por materiales aluvionales sueltos que varían de arenas finas a gruesas a gravas finas, medias y gruesas, asociados a depósitos de canales y barras de alta energía fluvial.

Este nivel a ambas márgenes, presenta un subnivel actual (T3a) que indica encajamiento reciente del curso por procesos de neotectónica, en donde el material geológico muy reciente, presenta similares características al nivel antecedente pero un carácter más suelto.

El curso del río en todo su recorrido por el ámbito de la Depresión Periférica, a diferencia de las estribaciones de la Sierra Chica, si bien mantiene control estructural por fallamiento en profundidad, este es menos frecuente y por sectores se pierde, adoptado la dinámica fluvial un diseño meandriforme, de franco a moderado por sectores, con evolución sobre los materiales aluviales. Esto indica, que en este tramo existe un cierto

equilibrio entre la carga y el transporte y un aumento en el desarrollo lateral del ambiente fluvial por erosión de márgenes.

5.3. UNIDADES HIDROGEOMORFOLÓGICAS QUE COMPONEN LA FAJA ALUVIAL

La dinámica y alcance de las inundaciones y los procesos de erosión fluvial asociados, dependen de las características del lecho ordinario y los lechos de inundación periódico y episódico que integran el ámbito fluvial.

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 los caudales en crecida sobrepasan la capacidad de conducción del lecho ordinario, se activa el *lecho de inundación periódico* o lecho mayor, cuya actividad, si bien está ligada a crecientes ordinarias, estas son de mayor magnitud a las normales y si bien también, se define desde el punto de vista geológico y geomorfológico, sus límites no son tan claros como el caso del lecho ordinario, dependiendo sus características de las características geomorfológicas y geológicas de los ríos, e inclusive, de los tramos de un mismo río.

Ante la ocurrencia de lluvias de carácter extraordinario, superada la capacidad de conducción del lecho de inundación periódico, se activa el *lecho episódico* cuya actividad está ligada a crecientes históricas de larga recurrencia. Aunque sus límites se definen también según las particularidades geológicas y geomorfológicas, son difíciles de discernir debido a su actividad hídrica más esporádica, hecho determinante de la omisión por parte del hombre, ya que con frecuencia, esta unidad hidrogeomorfológica es ocupada por obras de infraestructura edilícea, lo que trae como consecuencia desastres de significación frente

a su activación, hecho corroborado plenamente en los últimos años, en los ríos serranos de la Provincia de Córdoba.

A los efectos de realizar una descripción más detallada de las características hidrogeomorfológicas del sector considerado en este estudio, se ha ido analizando por tramos, comenzando con el ubicado inmediatamente aguas arriba del puente sobre la ruta Nacional N° 36, de aproximadamente 2 km. de longitud. En este sector que corresponde a las estribaciones de la vertiente oriental de la Sierra Chica, el curso del río corre encajado en las rocas del basamento cristalino fuertemente controlado por la estructura geológica. En primera instancia por una falla de orientación NE-SO, luego por una falla NO-SE, aguas abajo en un corto recorrido por otra falla de dirección paralela a la primera y por último, por una falla E-O, dirección ésta, que se mantiene unos 600 mts. aguas abajo de dicho puente.

En el recorrido condicionado por las direcciones NE-SO y NO-SE debido al grado de encajamiento, sobre la margen sur, los límites del lecho ordinario y del lecho de inundación periódico coinciden, quedando definidos en primera instancia, por el borde del nivel medio de terraza fluvial (T2) y aguas abajo, por un relieve de colinas evolucionado en materiales fluviotorrenciales apoyados sobre el basamento cristalino. Mientras que hacia la margen norte, como lecho periódico, actúa parte del nivel inferior de terraza fluvial (T3), con desarrollo lateral restringido. Por su parte, el lecho de *inundación episódico* en el mismo sector, tiene desarrollo restringido hacia la margen sur sobre el nivel medio de terraza fluvial (T2) en donde se incluye un paleocauce somero y hacia la margen norte, ocupa gran parte del nivel inferior (T3) en la parte externa de la primera curva, en donde los picos de crecida tienen dirección frontal y la totalidad de este nivel, aguas abajo de dicha curva.

Aquí, la erosión fluvial en profundidad, está fuertemente restringida por el basamento cristalino resistente, que aflora conformando el fondo del lecho y en cuanto a la erosión lateral, también lo está en la parte externa de la primera curva por el mismo motivo, condición que cambia en la segunda curva, en donde el río en forma frontal

enfrenta en ambos márgenes, al nivel inferior de terraza fluvial (T3), de carácter muy friable apoyado sobre el basamento rocoso.

En cuanto a la dinámica que adoptan las crecientes repentinas en este sector, el grado de encajamiento que presenta del curso y las condiciones geológicas del fondo y márgenes, determinan cierta estabilidad ante la ocurrencia de las crecientes repentinas ordinarias, ya que no se producen desbordes laterales significativos, adoptando los picos de crecida un desarrollo vertical, predominante sobre el lateral, condición que cambia ante la ocurrencia de crecientes episódicas con alta probabilidad de la activación de gran parte del nivel inferior de terraza (T3), sobre la margen norte.

Aguas abajo, en el recorrido controlado por la falla E-O, el curso adopta un trazado marcadamente rectilíneo hasta unos 600 mts., aguas abajo del puente sobre la ruta Nacional N° 36. El lecho ordinario se presenta flanqueado a ambos márgenes por el nivel inferior de terraza fluvial (T3), lo que define un lecho de inundación periódico de amplitud algo mayor y un lecho episódico con desarrollo lateral más significativo hacia la margen norte, especialmente en el sector que desemboca el Arroyo Alta Gracia.

La erosión de fondo en este sector, está restringida en la parte superior del tramo por las rocas cristalinas que conforman el lecho y en menor grado, a la altura del puente, ocupando parte del fondo del lecho, por afloramientos del material sedimentario con cierto grado de consolidación, que constituyen la base del paquete sedimentario de la planicie loésica.

En su ingreso al paisaje de la Depresión Estructural Periférica, la dinámica fluvial y los procesos de erosión asociados, adoptan características totalmente diferentes. Por un lado, la disminución de la pendiente, que dio lugar a la sucesiva deposición de mantos aluvionales en la historia geológica reciente del río y por otro, el control estructural por fallas y fracturas, que en menor grado, presenta el curso, han influido en las características que adoptan las unidades hidrogeomorfológicas.

La dinámica fluvial que significa un cierto equilibrio entre el transporte y la deposición y ensanchamiento progresivo del valle por erosión lateral, ha dado lugar a que el lecho ordinario adquiriera mayor amplitud, sobrepasando los 300 mts. en las curvas internas cuando el río describe sinuosidades meándricas. Por el mismo motivo ha tenido lugar la evolución del subnivel actual de terraza fluvial (T3a), que actúa en gran parte como lecho de inundación periódico y con mayor amplitud en la misma posición geomorfológica.

Por su parte, como lecho de inundación episódico, actúa todo el subnivel actual (T3a) y parte del nivel inferior actual (T3), pudiendo en ocasiones, actuar en forma total cuando la posición geomorfológica restringe su desarrollo lateral.

En el sector de la Comuna de Costa Azul, el lecho episódico sobre la margen norte, incluye paleocauces sobre el nivel inferior de terraza (T3), los que tienen alta probabilidad de actuar como brazos de crecida ante la ocurrencia de crecientes extremas, rigiendo los picos de crecida con fuerte poder destructivo. Lo mismo acontece aguas abajo en la margen opuesta del sector en donde se emplaza la Ea. Los Dos Ríos.

La erosión de márgenes frente a la ocurrencia de crecientes periódicas en todo el ámbito de la subregión de la Depresión Estructural Periférica, es muy intensa, con mayor significación en la mitad inferior de las curvas externas que describe el río cuando pierde el control estructural y en particular, cuando actúa sobre los materiales aluviales sueltos que conforman los niveles inferior y medio de las terrazas fluviales (T3 y T2) y con menor intensidad, aunque sin dejar de tener significación, cuando lo hace sobre el nivel superior antiguo (T1) y sobre el borde de la planicie loésica inmediatamente aguas arriba de la Comuna de Dique Chico.

Tal condición de inestabilidad se manifiesta con mayor intensidad, luego del estrangulamiento que sufrió el meandro que describía el río inmediatamente aguas arriba de la Comuna de Costa Azul, durante una creciente ocurrida en el verano de 1993.

En lo que respecta a los procesos erosivos durante la ocurrencia de crecientes extremas, las condiciones geológicas de las márgenes y las particularidades de las unidades hidrogeomorfológicas, indican un muy probable avance rápido y de magnitud, en los sectores de las curvas externas, en donde los picos de crecida ingresan en forma frontal con fuerte poder destructivo.

En cuanto a la erosión en profundidad, está en parte restringida por la dinámica fluvial lo que implica un cierto equilibrio entre la carga y el transporte y por ende, en la competencia del río.

5.4. TENDENCIA EVOLUTIVA DEL RIO EN EL PERIODO 1962 – 2.000.

El análisis temporal se realizó utilizando las fotografías aéreas del año 1962 a escala aproximada 1:20.000 y las fotografías del año 1987, a escala aproximada 1: 50.000, complementando en el caso de la zona de Costa Azul, con tomas aéreas convencionales del año 1998. Como unidad comparativa para dicho análisis, se consideró el lecho ordinario del río incluyendo el canal de estiaje.

Los cambios más significativos del curso del río en el período considerado, indicados en la **FOTOCARTA GEOMORFOLÓGICA**, corresponden a:

- A la altura de Villa La Bolsa en el sector en el que el río corre por las estribaciones finales de la vertiente oriental de la Sierra Chica, el análisis temporal en la última curva que describe el río, denota en la margen sur un avance por erosión del nivel inferior de terraza (T3), en una distancia no superior a los 100 mts. En el sector, el fuerte control estructural por falla y la resistencia que ejerce el basamento cristalino que aflora en el fondo del río y en forma discontinua, en la base del nivel de terraza, definen un cierto grado de estabilidad (FOTOCARTA N° 1: Situación 1).
- En el mismo sector, pero sobre la margen norte, el río con sentido tangencial está comenzando a socabar el nivel de terraza (T3) a la altura de la Ea. Sta. Adela, aunque

el análisis temporal no denota un avance visible. No obstante en este sitio, los picos de las últimas crecidas del año 2.000, han sobrepasado el borde de la terraza (T3) indicando un riesgo potencial de erosión. En la actualidad, en el sector, se han realizado obras de control precarias (amontonamiento de bloques). (FOTOCARTA N° 1: Situación 2).

- Aguas abajo, ya en la subregión de la Depresión Estructural Periférica, es donde se han generado los cambios más notables. En primera instancia, se estranguló el meandro acusado que el río describía inmediatamente aguas arriba de la Comuna de Costa Azul, por intensa y rápida erosión del nivel inferior de terraza (T3) durante la ocurrencia de una crecida de cierta magnitud, aunque de carácter ordinario, ocurrida en el verano de 1993.
- Tal situación ha generado en la margen norte una intensa erosión de márgenes del nivel inferior de terraza (T3), en particular sobre el subnivel pre-existente (T3a) erosionado en su mayor parte, e inclusive sobre el nivel superior (T1), lo que trajo como consecuencia, el rápido arrastre de numerosas viviendas allí emplazadas. (FOTOCARTA N° 1: Situación 3).

Por su parte, sobre la margen sur, el análisis denota un avance de la erosión sobre el nivel de terraza inferior (T3) en una distancia no mayor a los 70 mts., lo que significa una severa situación potencial de riesgo para el trazo de la ruta que se dirige a la localidad de San José de La Quintana. En el primer caso la situación actual, como consecuencia de la posición actual del río, significa el avance frontal, de los picos de crecida, con fuerte poder destructivo.

- Cabe destacar, que en el sector, el avance erosivo en ambas márgenes, se ha generado ante la ocurrencia de crecientes ordinarias, lo que sin lugar a dudas, indica una amenaza potencial severa ante la ocurrencia de un evento extremo. Ante tal probabilidad, sobre la margen norte, en el caso de Costa Azul, el avance frontal de los picos de crecida con fuerte poder de destrucción, sería extremadamente rápido, significando una severa situación de amenaza y riesgo para las obras edilicias aún no afectadas.

-
- Continuando en la zona de Costa Azul, aguas abajo sobre la margen norte (FOTOCARTA N° 1: Situación 4), el curso denota un avance de la curva externa sobre el borde de la Planicie loéssica, siguiendo la dirección de la corriente en un recorrido próximo a los 500 mts. En este sector, son evidentes taludes al pie de la barranca casi verticales y la exposición de las raíces de elementos arbóreos, lo que indica caídas verticales rápidas (desplomes). La imbibición del material durante lluvias intensas que aumenta su peso y la erosión fluvial progresiva de la base de la formación geológica, es la causa del proceso. El material se desploma luego de la bajante debido a la pérdida de la presión hidrostática ejercida por la corriente.
 - Inmediatamente aguas arriba de la Comuna de Dique Chico, el análisis temporal indica el estrangulamiento de otro meandro de menor amplitud en este caso, que el río describía sobre el nivel inferior de terraza (T3) evolucionado lateralmente sobre el borde de la Planicie Loéssica (FOTOCARTA N° 1: Situación 5). La fecha de dicho estrangulamiento no se pudo cerciorar con exactitud por la falta de datos precisos, aunque queda claro que ocurrió en el período comprendido entre el año 1971, ya que estaba registrado en la Carta del I.G.M. de esa fecha y el año 1987, correspondiente a las fotografías aéreas de ese entonces, que ya evidencian el estrangulamiento observado actualmente.
 - Tal situación en la actualidad rige el avance frontal de los picos de crecida sobre el borde de la Planicie loéssica, lo que está generando evidentes desplomes de la barranca inmediatamente aguas arriba del complejo vacacional conocido como "Colonia de los Jueces", lo que significa una situación potencial de amenaza de consideración, ante la ocurrencia de crecientes ordinarias; y muy severa, ante la ocurrencia de crecientes extremas. En este caso, la posición geomorfológica, indica un rápido avance de la erosión sobre el borde de la planicie y el nivel de terraza (T3) que tiene desarrollo en el sector. En la actualidad el avance de la erosión ya afectó obras edilíceas.
 - Aguas abajo, hasta la confluencia con el río Los Molinos, cuando el curso pierde el control estructural por fallas, ha evolucionado por erosión lateral hacia ambas

márgenes, hacia la parte externa de las curvas que describe, siendo el caso más significativo a la altura de la Ea. Los Dos Ríos (FOTOCARTA N°1: Situaciones 6 y 7).

5.5. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES REPENTINAS.

5.5.1. Tendencia a la generación de crecientes repentinas de la cuenca hídrica.

En la cuenca de montaña la energía y distribución de las pendientes naturales y la litología, resuelven 6 CLASES GEOMORFOLÓGICAS definidas por la naturaleza del terreno e inclinación (Figura N° 2). Estas, con alta incidencia en la permeabilidad de los terrenos, la velocidad de escurrimiento y por ende, en la generación de crecientes repentinas, se estratifican de mayor a menor de acuerdo a la tendencia que involucran, según el siguiente cuadro:

Tabla 1. – Clases Geomorfológicas

CLASE 1. Vertientes de rocas ígneas masivas (granito, granodiorita y tonalita) con elevado porcentaje de rocosidad que supera el 50% y pendientes medias superiores al 35% (relieve fuerte, a muy fuerte-escarpado).
CLASE 2. Vertientes de rocas metamórficas de esquistosidad variable (esquitos y micacitas), con rocosidad no superior al 20% y pendientes medias superiores al 35% (relieve muy fuerte).
CLASE 3. Vertientes de rocas ígneas masivas (granito, granodiorita y tonalita) con rocosidad dentro del rango de 30 a 50% y pendientes medias entre 12% y 20% (relieve accidentado)
CLASE 4. Vertientes de rocas metamórficas masivas (migmatitas) con rocosidad no superior al 25% y pendientes medias entre 12% y 20%.
CLASE 5. Vertientes de rocas metamórficas de esquistosidad variable (esquistos y micacitas), con rocosidad no superior al 20% y pendientes medias entre 12% y 20% (relieve accidentado).
CLASE 6. Vertientes de sedimentos modernos no-consolidados (sedimentos. limo-arenosos a conglomerádicos), sin rocosidad y pendientes medias entre 3% - 7% (relieve mediano).

De un análisis de la distribución de estas 6 CLASES (Figura N° 2), se evidencia que la cuenca de recepción por excelencia del sistema hidrográfico, en un 40% de su área, se compone de la *Clase 1*, definida por la máxima rocosidad e inclinación, en donde el escurrimiento es excesivo y rápido, debido a la baja permeabilidad del sustrato geológico. El resto, por la *Clase 3*, que si bien tiene un grado menor de participación en la generación de crecientes repentinas, debido a la disminución del relieve medio y la rocosidad, este no deja de ser significativo.

Por su parte la cuenca media se compone en su totalidad por la *Clase 4* y la baja en gran parte, por la *Clase 5*, ambas con participación significativa en las crecientes repentinas debido a la inclinación y naturaleza de los terrenos, correspondiendo el resto, a la *Clase 6*, de menor participación. La *Clase 2*, definida por la litología e inclinación de la vertiente occidental de la Sierra Chica, si bien presenta muy fuerte tendencia a las crecientes repentinas, tiene en el conjunto, baja incidencia, debido a la menor extensión que abarca y el bajo potencial hidrológico del sistema de drenaje (cursos temporarios de 2° orden).

Tales particularidades, conjuntamente con la forma casi circular del área de recepción, que significa similares tiempos de concentración, sumado a la frecuente ocurrencia de tormentas convectivas severas favorecidas por el efecto orográfico (altitud y orientación de las Cumbres de Achala), y al grado intermedio de protección hidrológica que ofrece la vegetación natural, predisponen a la cuenca, a una fuerte tendencia a la generación de crecientes repentinas de magnitud.

5.5.2. Zonificación del grado de Amenaza

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 topográficos e

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 las áreas con alta probabilidad de inundarse, ante la ocurrencia de crecientes repentinas extremas.

Para ello, se adoptó la clasificación que considera las siguientes zonas de amenaza, incluyendo a modo de recomendación los usos y restricciones en cada caso particular:

1. Zona sin amenaza

Comprenden 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 colinas de las estribaciones orientales de la Sierra Chica, en donde tienen desarrollo cuencas laterales temporarias de escaso potencial hidrológico y la planicie loésica suavemente ondulada y el nivel superior antiguo de terrazas fluviales (T1), en donde el aporte de las cuencas laterales no implican una amenaza de consideración.

Usos y Restricciones

Para el uso de estos territorios, deben efectuarse estudios geotécnicos para el emplazamiento de obras de infraestructura en general y estudios referidos a la dinámica hídrica de orden local, considerando en particular los ejes de avenamiento de los aportes laterales y la tendencia de los procesos erosivos asociados, como también estudios de impacto al medio natural (recurso hídrico superficial y subterráneo, recurso paisajístico, vegetación, etc.).

2. Zona de alta amenaza o prohibida

Comprende el *lecho de inundación periódico*, incluyendo la totalidad del lecho ordinario y parte del nivel de terraza fluvial inferior (T3) y en especial, el subnivel actual desarrollado en él, (T3a), cuya actividad hídrica está asociada a crecientes de recurrencia periódica. Representa la unidad del ambiente fluvial de mayor actividad hidrológica y en donde los procesos de erosión de márgenes adquieren la mayor significación.

Usos y Restricciones:

La alta amenaza definida por la frecuente actividad hídrica con rápidos y significativos picos de crecida, debe restringir el uso exclusivamente al dominio público con actividades que no involucren la permanencia continua de personas (balnearios, solarium, áreas de recreación, deportes, etc.).

3. Zona de Baja Amenaza o 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.

Usos y Restricciones:

En esta zona, debido a la alta recurrencia de los eventos, aunque podrían encararse actividades de dominio privado, debe ponerse especial atención a la tendencia de la erosión de márgenes, lo que significaría cambios rápidos y sustanciales en el trazado del río.

Esta característica hace que para los usos y restricciones finales, deban necesariamente realizarse estudios hidrogeomorfológicos de mayor detalle, complementados con estudios topográficos e hidrológicos específicos. Debe aquí, incluirse una sub-zonificación, de acuerdo a la recurrencia de los eventos y el potencial de la erosión

de márgenes asociada.

En todos los casos, las acciones de mitigación deben incluir una **ESTRATEGIA DE ALERTA TEMPRANA**.

5.5.3. Evaluación cualitativa de la amenaza por erosión de márgenes.

En función a la posición geomorfológica determinante de la tendencia evolutiva del curso y la naturaleza de las márgenes, se estableció en forma cualitativa la amenaza por erosión lateral de márgenes de acuerdo a las siguientes clases identificadas en la carta temática:

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.

6. CONCLUSIONES

- La cuenca de recepción del río Anizacate por condicionamiento natural, presenta una alta tendencia a la generación de crecientes repentinas de magnitud. Esto está en función de la energía del relieve, la baja permeabilidad del sustrato geológico, a lo que se le suma la alta probabilidad de tormentas convectivas severas por el efecto orográfico de las Cumbres de Achala (+ 2.000 m.s.n.m.) y la insuficiente protección que ejerce la vegetación natural.

-
- Si bien el uso actual de la cuenca incrementa tal situación, incluyendo el impacto generado por los incendios incontrolados, frente a las condiciones del medio físico, adquiere un carácter secundario.
 - La cuenca de recepción en su conjunto, en respuesta a las particularidades geológicas, presenta estabilidad desde el punto de vista morfodinámico, con ausencia de procesos que signifiquen importantes y rápidos aportes de detritos a los cursos de agua (remoción en masa) y que pudieran tener significación en la dinámica fluvial.
 - De un análisis geomorfológico regional, se denota que el río Anizacate ha tenido en el pasado geológico reciente y tiene en la actualidad, una tendencia evolutiva lateral predominante en dirección sur a norte. Esto, se evidencia en el borde suave de la planicie loésica hacia el sur y abarrancado hacia el norte, al igual que el mayor desarrollo del nivel de terraza antigua (T1), hacia la margen sur.
 - Las unidades hidrogeomorfológicas se definen con claridad en el tramo inferior estudiado, cuando el río divaga sobre los sedimentos aluvionales, aportados por él mismo, en estadios geológicos antecedentes.
 - La tendencia de la dinámica fluvial asociada a las unidades hidrogeomorfológicas en todo el recorrido estudiado, responden enteramente al condicionamiento natural.
 - Cuando el río ingresa en la Subregión de la Depresión Estructural Periférica y adopta el patrón de escurrimiento meandriforme, perdiendo así, el control estructural, 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 abajo de éstas y migración de las sinuosidades en el sentido de la corriente.
 - Tal dinámica presenta una tendencia evolutiva final al estrangulamiento de los meandros, adoptando el curso del río una nueva posición de recorrido tangencial más corto. Esto se denota con claridad en las frecuentes espiras de meandros abandonados,
-

con mayor frecuencia en el nivel medio de terraza (T2) y en la actualidad, en los estrangulamientos ocurridos en el periodo considerado, en el caso de las Comunas de Costa Azul y Dique Chico.

- Dichas Comunas enfrentan una amenaza severa por erosión de márgenes ante eventos ordinarios y muy severa por erosión muy rápida e inundaciones repentinas, ante la probable ocurrencia de eventos extremos.
- Esta situación de inestabilidad que presenta toda el área analizada, originada tanto por la erosión lateral, como en profundidad, no sólo está fuertemente regida por la dinámica fluvial, sino también, por la muy probable incidencia de procesos neotectónicos puestos de manifiesto, en el encajamiento que presenta por sectores, el curso del río.
- Frente a esta situación es necesario encarar obras de control a corto plazo en los sitios actualmente comprometidos y fundamentalmente planificar las obras futuras acordes a la realidad natural.
- La dinámica fluvial es de tal magnitud y alcance, que las obras de defensa que se encaren no deben considerarse de carácter permanente y de efecto imperceptible frente a la ocurrencia de crecientes extremas que activen la mayor parte del lecho episódico.
- 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), Salzacate (1997) y últimamente La Calera (2.000), lo que determina una situación potencial cierta, en el caso del río Anizacate.

-
- Si bien no se dispone de datos de caudales de la creciente repentina ocurrida en el verano del año 1975, de acuerdo a versiones de pobladores, se la puede considerar de carácter episódico, aunque no de la magnitud máxima probable.
 - Las actuales extracciones de áridos comprobadas, se localizan sobre el nivel superior antiguo de terraza (T1) en la margen sur, a la altura de la zona de Granja El Alto y sobre la margen norte, en el nivel medio (T2), en la zona de Costa Azul, ambas en una posición geomorfológica que no evidencia una incidencia en la dinámica fluvial.
 - Frente a la magnitud de la inestabilidad fluvial, no deja de ser una ventaja el bajo grado ocupacional de las márgenes del curso, lo que permite que las medidas de mitigación en relación a las acciones de planificación futura, se realicen en concordancia con la realidad natural. El valor del recurso paisajístico y la cercanía del sector a la ciudad de Córdoba, indican una muy probable ocupación intensiva del mismo a mediano plazo.
 - El alcance de los resultados obtenidos en esta etapa del estudio, posibilitan la implementación de acciones de concientización de la población en general, lo que sumado a la implementación de una alerta temprana, posibilitaría la autoevacuación, ante la probable ocurrencia de crecientes extremas.

ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS CONSULTADOS

1. 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.
2. 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.
3. CAPITANELLI, R. 1979. "Geografía Física de Córdoba. Capítulo Geomorfología." Ed. Bolat. Bs. As.
4. LUTTI, R y otros. 1979. "Geografía Física de Córdoba. Capítulo Vegetación". Ed. Bolat. Bs. As.
5. SANABRIA, J. A Y ARGUELLO G. L. 1995 "Evaluación del impacto ambiental de un canal aliviador en Villa Anizacate, Departamento Santa María, Córdoba". Actas de la Primera Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Noviembre 1995.

ANEXOS
ANEXOS

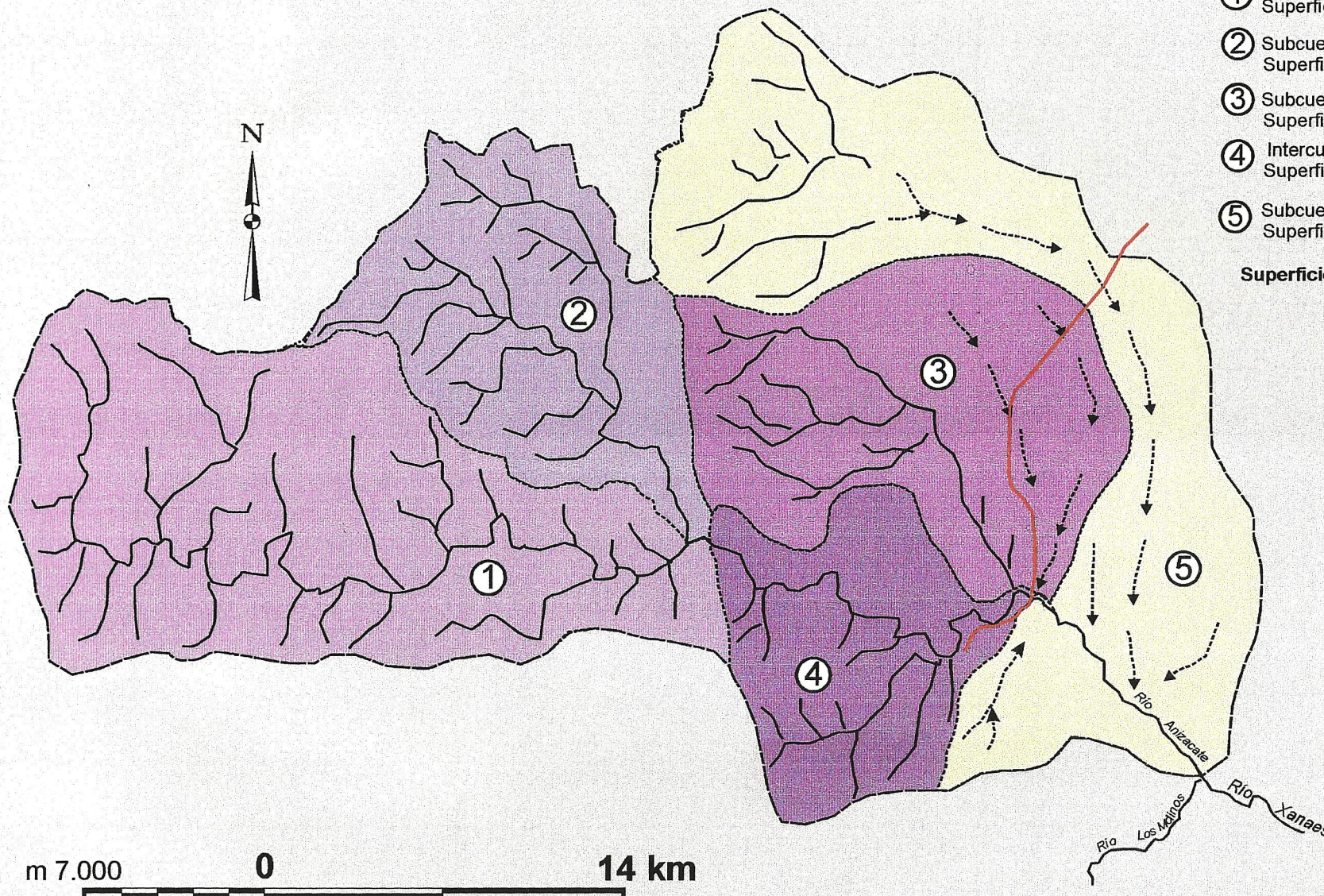
MAPA HIDROGRÁFICO REGIONAL

Cuenca del Río Anizacate.

REFERENCIAS

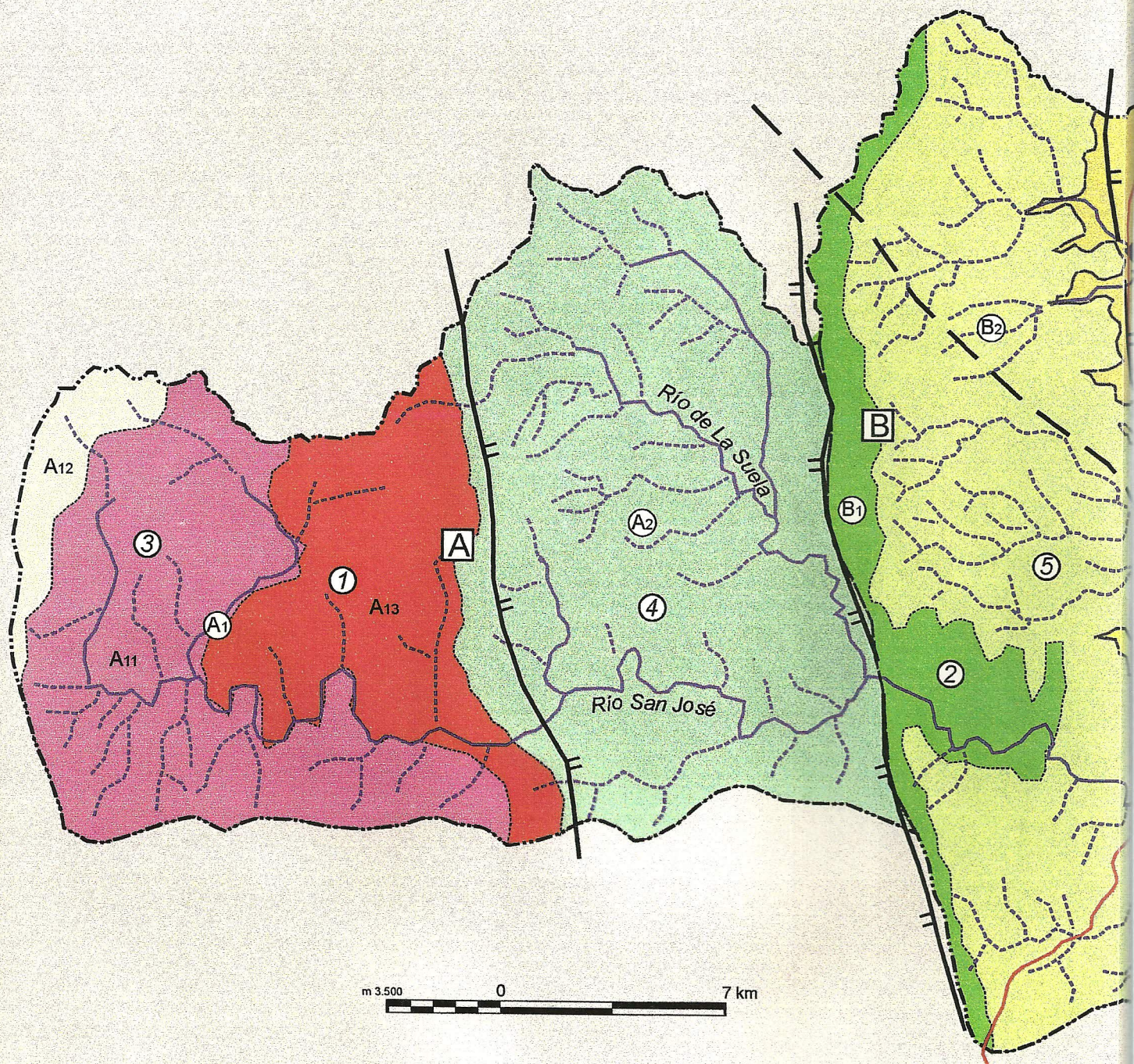
- ① Subcuenca Río El Condorito - San José
Superficie : 282 km².
- ② Subcuenca Río de la Suela
Superficie : 141 km².
- ③ Subcuenca A° Alta Gracia
Superficie : 165 km².
- ④ Intercuenca
Superficie : 135 km².
- ⑤ Subcuencas laterales temporarias
Superficie : 196 km².

Superficie Total : 919 km².

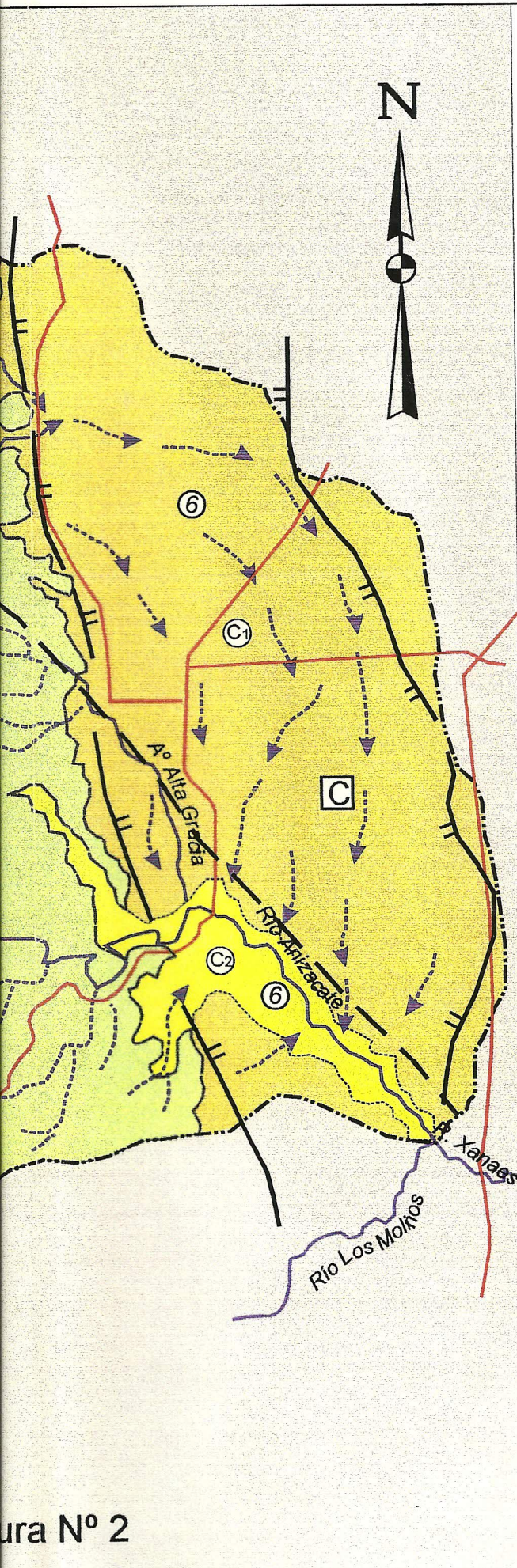


MAPA GEOLÓGICO - GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

Cuenca del Río Anizacate



Figura



REFERENCIAS

SUBREGIONES GEOMORFOLÓGICAS

A SUBREGIÓN CUMBRES DE ACHALA

A1 HORST O PILAR TECTÓNICO

A11 Peneplanicie disectada

A12 Pampa de Achala

A13 Abrupto de falla oriental

A2 FENEPLANICIE ESCALONADA

B SUBREGIÓN SIERRAS CHICAS

B1 ABRUPTO DE FALLA OCCIDENTAL

B2 VERTIENTE ORIENTAL TENDIDA

C SUBREGIÓN DEPRESIÓN ESTRUCTURAL PERIFÉRICA

C1 PLANICIE LOÉSSICA SUAVEMENTE ONDULADA

C2 FAJA ALUVIAL DEL RÍO ANIZACATE

CLASES GEOMORFOLÓGICAS

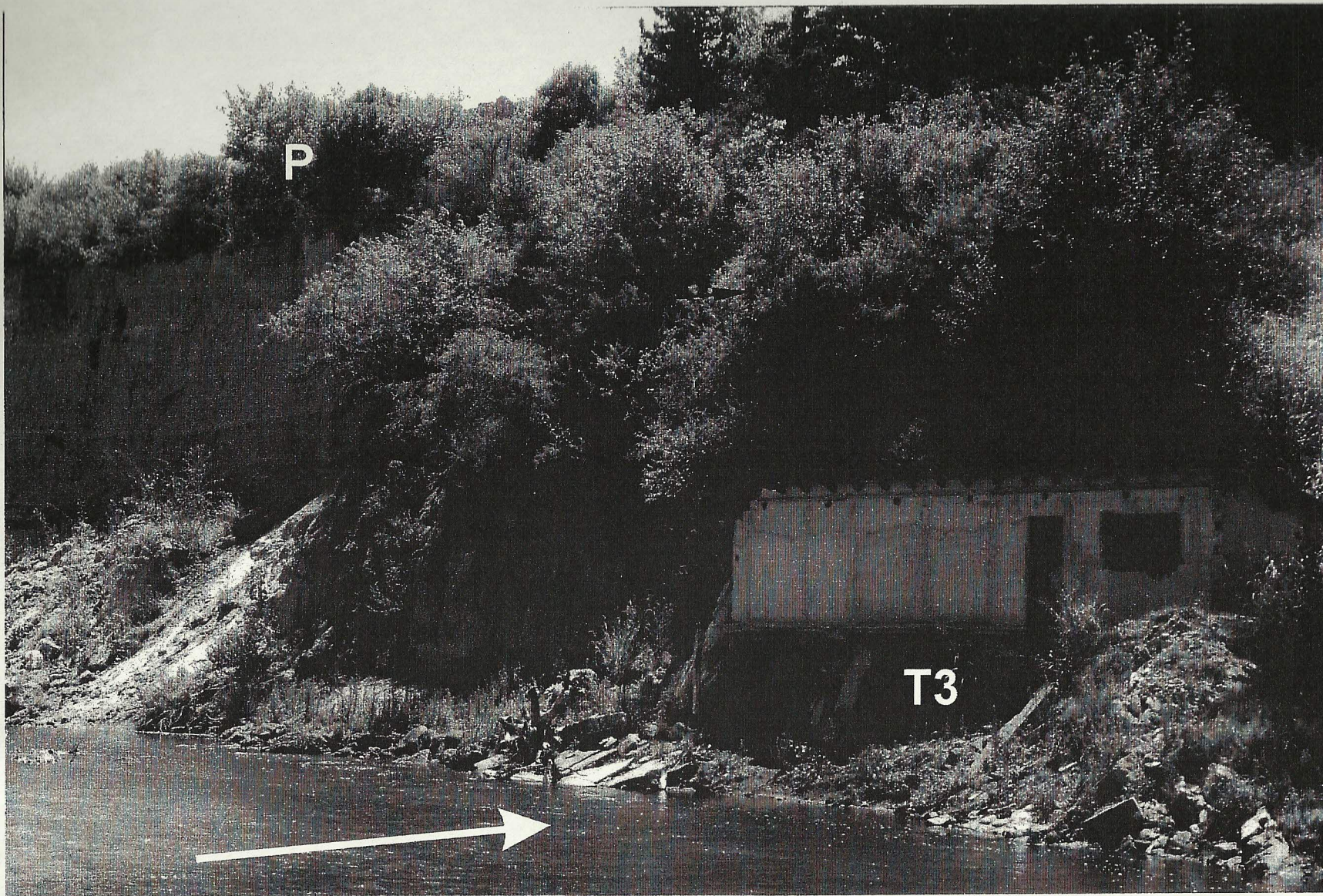
- CLASE 1
- CLASE 2
- CLASE 3
- CLASE 4
- CLASE 5
- CLASE 6

ESTRUCTURA

- Falla regional con indicación de bloque hundido
- Fotolineamientos asociados a fallas

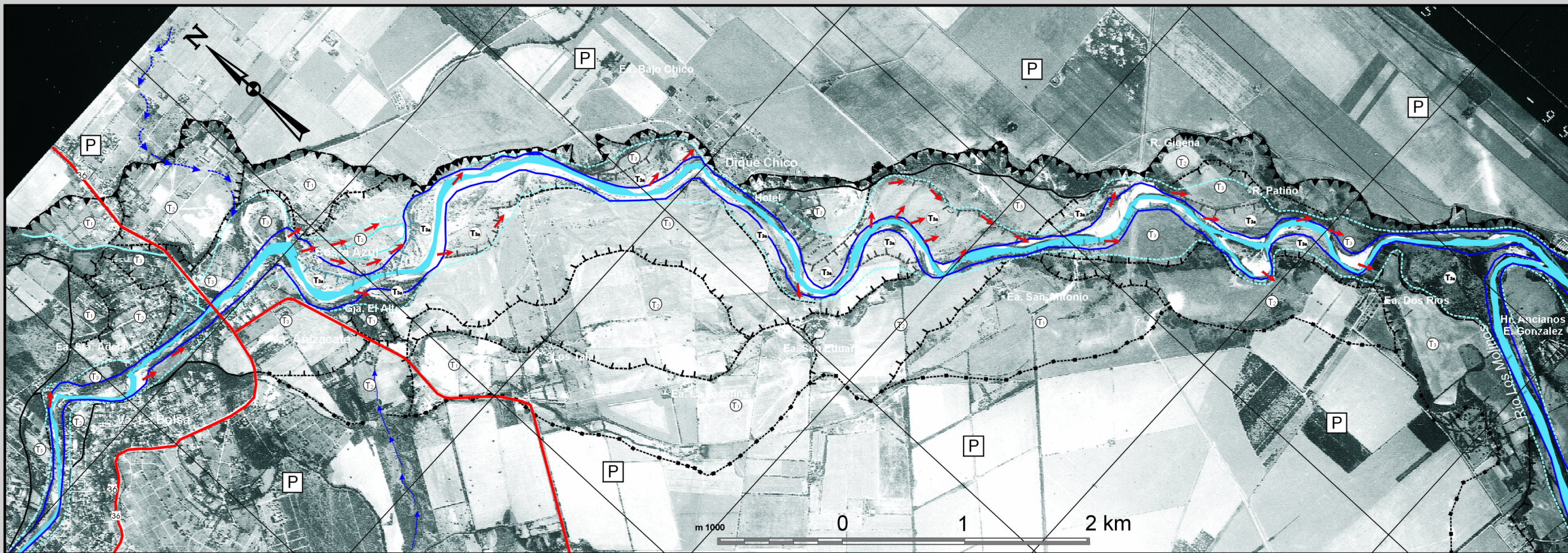


COSTA AZUL: estrangulamiento de meandro (1993). Situación de amenaza severa ante la ocurrencia de crecientes extremas por el probable ingreso frontal de los picos de crecidas sobre el nivel inferior de terraza T3



DIQUE CHICO: intensa erosión de margen posterior al estrangulamiento del meandro, sobre la planicie loésica y el nivel de terraza inferior. Situación de severa amenaza potencial por crecientes repentinas y rápida erosión de márgenes, ante la ocurrencia de un evento extremo.

FOTOCARTA DE AMENAZA POR INUNDACIONES REPENTINAS . RÍO ANIZACATE.



REFERENCIAS

AMENAZA POR CRECIENTES REPENTINAS

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.

ZONA DE ALTA AMENAZA O PROHIBIDA

Comprende el lecho de inundación periódico incluyendo el lecho ordinario y parte del subnivel T3a, cuya actividad hídrica se asocia a crecientes ordinarias.

ZONA DE SEGURIDAD

Comprende el lecho de inundación episódico incluyendo la mayor extensión del nivel inferior de terraza (T3), cuya actividad se asocia a crecientes de carácter extremo.

→ Desbordes frontales con fuerte poder de destrucción. Erosión.

GEOMORFOLOGÍA.

- T₁ Nivel de terraza superior
- T₂ Nivel de terraza medio
- T₃ Nivel de terraza inferior.
- T_{3a}
- P Planicie loésica ondulada
- ▲ Borde de planicie abarrancado
- ▬ Borde de planicie parcialmente erosionado
- └┘ Borde de terraza

→ Aporte de escorrentías laterales

GENERALES

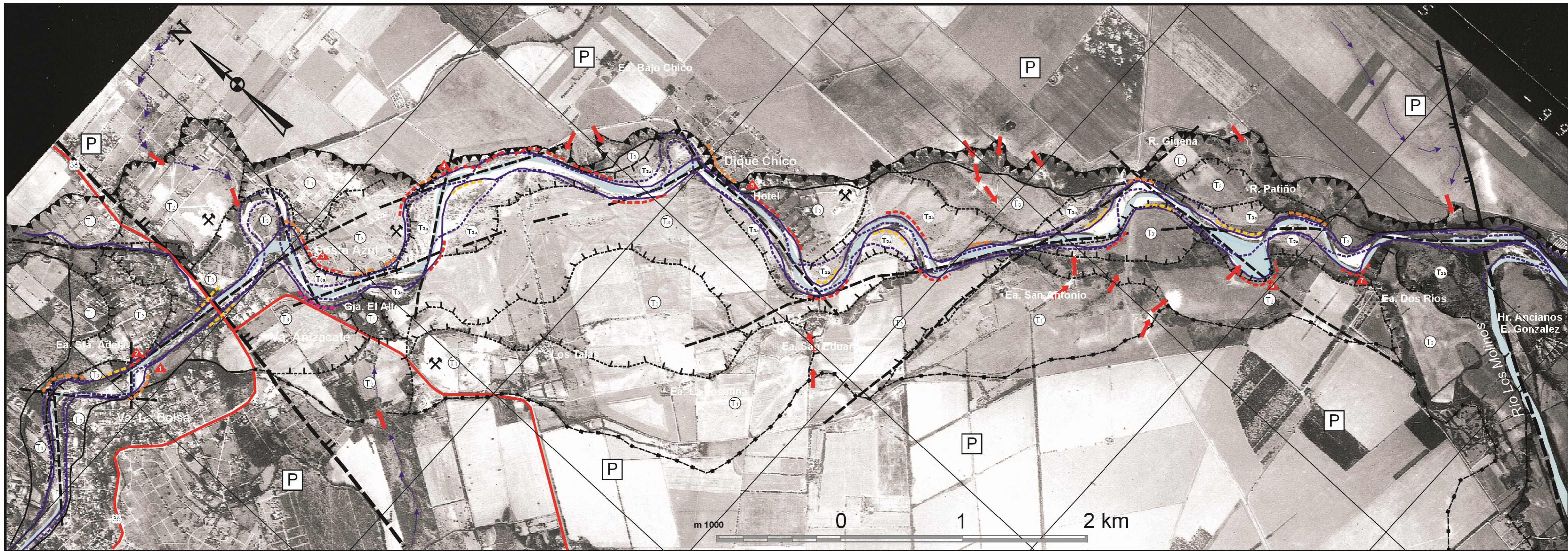
- ⚡ Canteras
- 36 — Rutas principales

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

FOTOCARTA Nº 2

NOTA: el análisis de amenaza por inundación repentina, se realizó mediante el empleo de fotogramas a escala aproximada 1:50.000 de año 1987 y apoyo en zonas puntuales con fotografías convencionales y control de campo.

FOTOCARTA GEOMORFOLÓGICA. RÍO ANIZACATE.



PAISAJE - FAJA ALUVIAL.

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

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

b) Llanura aluvial actual.
NIVEL INFERIOR RECIENTE Y SUBNIVEL BAJO INUNDABLE
T3
T3a
 Materiales fluviales inconsolidados muy sueltos de alta energía. Alternancia entre arenas y gravas, finas, medias, y gruesas. Susceptibilidad **MUY ALTA** a la erosión fluvial.

REFERENCIAS

LECHO ORDINARIO Y CANAL DE ESTIAJE

BORDE DE TERRAZA

PAISAJE - PLANICIE LOÉSSICA

PLANICIE LOÉSSICA ONDULADA: limos y limos arenosos muy finos. ALTA SUSCEPTIBILIDAD a la erosión fluvial.

BORDE DE PLANICIE ABARRANCADO

BORDE DE PLANICIE PARCIALMENTE EROSIONADO

TENDENCIA EVOLUTIVA DEL LECHO ORDINARIO

Situación Año 1962

Situación Año 1987 Con Ajustes Puntuales Actuales

AMENAZA POR EROSIÓN DE MÁRGENES.

Muy Alta.

Alta.

Moderada

Erosión en cárcavas asociada a escorrentías esporádicas laterales

Situaciones de inestabilidad citadas en el texto

ESTRUCTURALES

Falla principal con indicación de bloque hundido

Falla cubierta parcialmente, con indicación de bloque hundido

Fotolineamientos asociados a fallas

GENERALES

Canteras

Rutas principales

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

FOTOCARTA N°1

NOTA: el análisis temporal se efectuó mediante la fotointerpretación estereoscópica de fotogramas a aproximada 1:20.000 del año 1962 y fotogramas a escala aproximada 1:50.000 del año 1987, con apotomas aéreas convencionales en sitios puntuales.