

Análisis hidrogeomorfológico de la cuenca del río Carnero y los derrames asociados

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

**CUENCA DEL RÍO CARNERO
Y DERRAMES ASOCIADOS**

**DEPARTAMENTO COLÓN
PROVINCIA DE CÓRDOBA**

AÑO 2.001

CONTENIDOS

1. OBJETIVOS.
2. ÁREA DE ESTUDIO.
3. METODOLOGÍA.
4. HIDROGRAFÍA.
5. CLIMA.
6. VEGETACIÓN
7. GEOMORFOLOGÍA - GEOLOGÍA.
 - 7 - 1. Vertiente Oriental del Macizo de las Sierras Chicas.
 - 7 - 2. Piedemonte Proximal.
 - 7 - 3. Piedemonte Distal.
 - 7 - 4. Llanura Oriental.
8. TENDENCIA EVOLUTIVA DEL RÍO CARNERO. SITUACIONES DE INUNDACIÓN.
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
10. ANEXOS:

CUENCA DEL RÍO CARNERO. CARTA HIDROGEOMORFOLÓGICA.

*Massera
2007*

ANÁLISIS HIDROGEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO CARNERO Y LOS DERRAMES ASOCIADOS

Geólogo Osvaldo Barbeito, Ing. Geóloga Lilian Massera, Geólogo Silvio Ambrosino

1. OBJETIVOS

Evaluar la dinámica y alcance de las inundaciones generadas por los derrames del río Carnero en el Departamento Colón de la Provincia de Córdoba, que afectan a las áreas rurales de Colonia Caroya.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada aproximadamente a 48 Kms. al norte de la ciudad de Córdoba, en el Departamento Colón.

Comprende la totalidad de la cuenca hidrográfica desde sus nacientes, hasta el área en donde el río se explaya en la Llanura Oriental de la Provincia de Córdoba, según las principales direcciones de evacuación hasta una línea imaginaria norte-sur que une las localidades de Esquina, Rangel y Ea. Nueva Andalucía.

3. METODOLOGÍA

Para el reconocimiento y caracterización de los aspectos hidrogeomorfológicos involucrados en los procesos fluviales y las inundaciones asociadas, se empleó como base de partida el empleo de las técnicas de la teledetección y la fotointerpretación.

Para tal fin se utilizó una imagen satelital a escala 1:1.000.000 del año 1998 y fotografía aéreas del año 1987 a escala aproximada 1:50.000.

Como base topográfica se utilizaron las siguientes cartas del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50.000: Colonia Caroya (1971), Esquina (1981), Guiñazú, El Crispín (1982) y Piquillín (1967).

A partir de los análisis de fotointerpretación e imágenes satelitales se efectuaron las siguientes tareas:

- Reconocimiento y definición del sistema de drenaje en su conjunto, considerando las principales subcuencas de aporte.
- Reconocimiento y caracterización de los paisajes y unidades geomorfológicas, según las principales clases litológicas que definen la geología de superficie en cada caso en particular y los suelos asociados.
- Reconocimiento y definición del área de derrame en la región de la Llanura Oriental.
- Análisis temporal de la tendencia evolutiva de los derrames en abanico, empleando las fotografías aéreas del año 1987 e imágenes astelitales del año 1998.

La información temática obtenida de los análisis de fotointerpretación y teledetección, fueron volcados a la base topográfica a escala 1:50.000 escaneada previamente y tratada mediante técnicas de dibujo asistido por computación (Corel Draw).

Como resultado final se obtuvo una **CARTA HIDROGEOMORFOLÓGICA** a escala final 1:50.000, indicativa del sistema hidrológico en su conjunto, la geomorfología y geología y de las áreas afectadas por inundaciones, como así también, los cambios detectados en la dinámica fluvial a partir del análisis temporal realizado.

El límite oriental del área de estudio considerada en el mapeo, quedó definido en base a la cobertura del vuelo del año 1987 a escala aproximada 1:50.000, no obstante mediante análisis de la cartografía del IGM a la misma escala y la imagen satelital del año 1998, se infiere e indica la dirección final de los derrames.

4. HIDROGRAFÍA

La cuenca del río Carnero tiene desarrollo en la vertiente oriental tendida de la Sierra Chica y derrames en la llanura oriental de la Provincia de Córdoba en donde se insume, constituyendo un típico sistema hidrográfico endorreico.

Dos subcuencas principales constituyen el área de recepción en la zona de montaña: La subcuenca del río San Cristobal al sur y la subcuenca del río La Granja al norte.

La primera tiene sus nacientes al norte del Tiu Mayo, a 1.750 mts. de altura y con este nombre se dirige primero hacia el sur, forma el Dique Los Chorrillos y a la altura del paraje denominado La Dormida toma rumbo noroeste – sureste, continuando así, hasta unirse con el Río Marengo. Este, nace a una altura próxima a los 1.550 mts., en las cercanías de la Estancia Mi Sueño y a partir de su unión con el Tiu Mayo, dan origen al río La Granja.

Por su parte el río San Cristóbal, nace en el cerro El Cuadrado, a una altura de 1.500 mts. y luego de pasar por distintas poblaciones como Candonga, Villa Cero Azul, Agua de Oro y San Cristóbal, que le van dando las distintas denominaciones se une al Río La Granja a la altura de la Estancia San Carlos, dando nacimiento, a partir de esa confluencia al Río Carnero.

La subcuenca del río San Cristóbal abarca una superficie de 146 km² y la subcuenca del río La Granja 134 Km², mientras que el área desde la confluencia de

dichas subcuencas, hasta el cierre a la salida hacia la llanura, a la altura del trazo de la ruta Nacional N° 9, abarca una superficie de 19 km², lo que hace un total de 299 km².

El sistema de drenaje en el área de recepción del sistema en la sierra, presenta una alta densidad debido a la baja permeabilidad que presenta el sustrato geológico compuesto por rocas compactas de carácter metamórfico e ígneo y un fuerte control por efecto de fallas y fracturas. Los tributarios menores son cortos con frecuentes trazos rectos y corren encajados en valles en "V", lo que le confiere al conjunto un diseño dendrítico angular con frecuentes confluencias en ángulos (menos de 90°). Por su parte los colectores principales (subcuencas de los ríos a Granja y San Cristóbal), corren encajonados en barrancas que oscilan entre los 10 y 13 mts. de altura y transportan un caudal permanente que en épocas de crecidas se incrementa notablemente ocasionando, importantes inundaciones en las poblaciones ubicadas en sus orillas, sino también, graves problemas erosivos, ya que, la elevada pendiente del área determina un alto potencial morfogenético.

A la salida del bloque de la sierra el sistema de drenaje en respuesta a la mayor permeabilidad del sustrato geológico, compuesto por materiales aluviales y aportes eólicos, presenta una menor densidad y control estructural por fallas y fracturas. La subcuencas laterales que desaguan en el colector principal desde la confluencia de los ríos San Cristóbal y La Granja, hasta las cercanías de la ruta Nac. N° 9 evolucionadas sobre los materiales fluvio-eólicos, se conforman por bajos plano-cóncavos sin alveo definido con bajo grado de jerarquización y régimen de escurrimiento temporario.

Aguas abajo el río Carnero poco antes de cruzar la ruta Nac. N° 9, se insume en la época de estiaje y en el período estival, ante la ocurrencia de crecientes, luego de un recorrido canalizado de 7.8 km., comienza a explayarse y se insume en el potente manto de sedimentos permeables que recubren la llanura oriental, generando importantes inundaciones en las áreas rurales.

Hacia el sur bajos plano-cóncavos sin alveo definido conforman una subcuenca de carácter temporario, con buen grado de jerarquización y diseño dendrítico, que

abarca una superficie aproximada de 30 km²., denominada "Cañada de Los Leones", cuyo colector principal desagua hacia el este en la Llanura Oriental integrándose a la zona de derrames del río Carnero.

5. CLIMA

Hasta aproximadamente la unión de los ríos San Cristóbal y La Granja la cuenca queda inserta en un ambiente desconocido, desde el punto de vista climático, por no poseer características propias. Sólo se pueden definir en función de límites fitogeográficos conocidos dados por la presencia de distintos tipos de vegetación que responden a la exposición solar, a los vientos, a los accidentes del relieve y a las variaciones altitudinales.

En función de este análisis se puede decir que el área cuenta con temperaturas promedio aproximadamente de 8°C en invierno y de 16°C en verano.

Los vientos, predominantes en la estación estival provienen del nordeste y este, mientras que en el invierno, aumentan los vientos del oeste.

Las precipitaciones medias por la influencia de las condiciones geomorfológicas, fluctúan entre 600 y 700 mm anuales en la baja y media cuenca, con un incremento que va hasta 800 mm anuales en la alta, por el mayor poder de condensación del aire húmedo que produce el efecto orográfico regido por las Sierras. El promedio anual más elevado se registra en períodos estivales y la mayor frecuencia de sequías entre los meses de abril a septiembre. El período lluvioso se extiende desde octubre a marzo con ocurrencia de tormentas convectivas favorecidas por el efecto orográfico y el período de mínima entre abril y octubre.

El área pedemontana, aproximadamente desde el nacimiento del río Carnero hacia el este posee características climáticas definidas. Está inserta dentro de un clima templado lluvioso todo el año, con un pico principal en el verano y uno menor en el invierno.

Las precipitaciones varían pero oscilan en un promedio de 700 mm. anuales que permiten, a pesar de la escasez en invierno, un cultivo de carácter extensivo en ciertas épocas del año.

Con respecto a las temperaturas, se tiene que la media en verano es de 24 °C y la del invierno de 9 °C, y los vientos más notables son del nordeste, sudeste y sudoeste.

6. VEGETACIÓN

De acuerdo a la clasificación fitogeográfica de la Provincia de Córdoba (R. Luti 1979), la vegetación presente en la cuenca del río Carnero corresponde a la Vegetación de la Sierras en el macizo de la Sierra Chica y a la Provincia del Espinal en la llanura oriental.

La vegetación de las Sierras consta de tres pisos vegetativos diferentes, cuya existencia, amplitud y elevación, están condicionados por la altitud total, la latitud y exposición y orientación geográfica: el Piso del Monte Serrano, el Piso del Arbustal o Romerillal y el Piso de los Pastizales y Bosquecillos de Altura.

Las formaciones vegetales presentan las características del matorral y arbolado semidesértico xerófilo que cohabita con pastizales con elementos leñosos arbóreos bajos de menos de 10 mts. y arbustivos de menos de 2 mts.. La zona foliar se caracteriza por hojas pequeñas y menudas, resinosas o coriáceas, espinosas perennifolias y caducifolias, según las especies.

En cuanto a los elementos herbáceos predominan los pastizales medios y bajos, duros en los que netamente predominan los géneros stipa y festuca.

En la cuenca, el monte serrano denso en forma discontinua tiene desarrollo en el piedemonte proximal y en la vertiente oriental de la Sierra Chica., desde aproximadamente los 550 m.s.n.m. ascendiendo hasta los 1.350 m.s.n.m. y a mayor altitud en las quebradas de los arroyos por condiciones de microclima.

En el piedemonte proximal, se presenta en forma de manchones muchas veces coexistiendo con elementos del Espinal y fuertemente alterado y en grandes áreas eliminado casi por completo para el uso agrícola ganadero.

En lo que respecta al Piso del Arbustal o Romerillal, se extiende a partir de los 1.350 m.s.n.m. en transición con elementos del monte serrano, hasta los máximos niveles conformando ecotonos con elementos del Piso de los Pastizales y Bosquecillos de Altura.

La Provincia del Espinal tiene desarrollo a partir de los 550 a 500 m.s.n.m. desde el pie de sierra incluyendo todo el ámbito del piedemonte distal y la Llanura Oriental.

El elemento arbóreo característico de esta unidad fitogeográfica lo constituye el algarrobo blanco y negro acompañado por quebracho blanco, chañar, espinillo, entre los más frecuentes.

En la actualidad esta cubierta de vegetación original ha sido eliminada prácticamente por completo por las prácticas forestales y agropecuarias.

Como consecuencia se ha generado un importante desequilibrio manifiesto en la disminución de la infiltración y el aumento de la escorrentía, además favorecido por la inexistencia de prácticas de conservación agropecuarias, lo que ha dado lugar una significativa aceleración de los procesos de erosión, sedimentación e inundaciones.

7. GEOMORFOLOGIA - GEOLOGIA

La cuenca del río Carnero en la región geológica de las Sierras Pampeanas de Córdoba, desde el punto de vista geomorfológico tiene desarrollo en los siguientes paisajes o asociaciones geomorfológicas:

-
- *Vertiente oriental del macizo de la Sierra Chica*
 - *Piedemonte proximal*
 - *Piedemonte distal*
 - *Llanura oriental*

7-1- VERTIENTE ORIENTAL DEL MACIZO DE LA SIERRA CHICA

Las subcuencas de los ríos San Cristóbal y La Granja, que definen el sistema de recepción de la cuenca del río Carnero, tienen desarrollo en la vertiente oriental tendida del macizo de la Sierra Chica, que desde una latitud media de 1.650 m.s.n.m. en un recorrido de 18 km., desciende a 700 ms.n.m., hasta el paisaje del piedemonte proximal.

La naturaleza geológica de esta asociación geomorfológica, corresponde al basamento cristalino antiguo, en donde se da la alternancia de materiales metamórficos e ígneos.

Las rocas metamórficas netamente predominantes corresponden a gneises macizos y esquistosos y calizas cristalinas en menor grado (precámbrico). Por su parte las rocas ígneas corresponden a intrusiones graníticas, tonalíticas y granodioríticas en la alta y baja cuenca, e intrusiones aisladas de filones pegmatíticos y aplíticos (eopaleozoico).

Completando el marco geológico en la parte cumbre del macizo, se encuentran apoyada sobre el basamento cristalino, una cubierta reducida de conglomerados antiguos (cretácico).

Producto de la meteorización sobre el sustrato rocoso indistintamente ígneo o metamórfico, han evolucionado cubiertas residuales someras derivadas de la directa alteración de la roca de base, con profundidades que no superan los 0.5 mts. Estas, dependientes de la posición topográfica, se distribuyen en las vertientes en forma

discontinua alternando con porcentajes de roca desnuda variable entre un 15% y 20%, correspondiendo los máximos valores, a los sectores en donde se presenta el material granítico.

Los suelos evolucionados a partir de ellas son del tipo brunizems y regosoles, de texturas gruesas (franco arenosas) y bajo contenido orgánico (- del 2%), generados a partir del clima que posee el área y de la fuerte influencia que ejerce el relieve.

El relieve medio de esta asociación es de carácter accidentado con pendientes medias que varían entre 12% y 20%, correspondiendo los máximos valores a las laderas de los valles en "V" por los que corren encajados los principales colectores del sistema de drenaje.

La energía del relieve determina fuerte competitividad de los cursos, con neto predominio de los procesos de transporte sobre los de deposición y escasa presencia de aluviones, con frecuentes afloramientos del sustrato rocoso en el fondo y márgenes.

7-2- PIEDEMONTE PROXIMAL

Desde aproximadamente los 700 m.s.n.m. al pie de sierra, hasta los 540 m.s.n.m. en un recorrido de 12 km. hacia el este, tiene desarrollo la asociación geomorfológica del piedemonte proximal, en donde se da la alternancia de geoformas que definen unidades distintivas.

Como relieve positivo dominante se destacan colinas plano convexas aisladas, cuya naturaleza obedece a relictos de una antigua cubierta sedimentaria de tipo conglomerádica (cretácico) y con menor frecuencia, a rocas del basamento cristalino (granito).

En forma tendida tienen desarrollo bajadas aluviales evolucionadas a partir del aporte de los detritos derivados del macizo de la sierra litológicamente compuestas por

materiales aluvionales (limo arenosos hasta conglomerádicos) con aporte eólico (pleistoceno).

En esta asociación algo al norte de la Ea. General Belgrano a una altitud de 570 m.s.n.m. , confluyen los ríos San Cristóbal y La Granja, dando lugar al río Carnero. En este ambiente la disminución de la pendiente media, ha dado lugar a una pérdida en la competencia de los cursos en relación a la sierra, lo que ha dado como resultado un cierto aumento en los procesos de sedimentación y la generación de planicies aluviales, que en el caso del río Carnero incluyendo un nivel antiguo de terraza fluvial, alcanza una amplitud por sectores que supera el kilómetro.

Con mayor significación hacia el sur, sobre las bajadas aluviales, han evolucionado cañadas de fondo plano-cóncavo que configuran una subcuenca temporaria de diseño dendrítico (Cañada de Los Leones), cuyo colector principal desagua en el piedemonte distal.

Hacia el norte cañadas no integradas desaguan en la planicie aluvial del río Carnero y otras en dirección al canal San Carlos que se dirige hacia la ciudad de Jesús María.

Sobre las bajadas aluviales y en el eje de las cañadas, se evidencian procesos de erosión hídrica activos en forma laminar, difusa y concentrada en cárcavas, de carácter acelerado, derivados de la fuerte alteración de la cubierta de vegetación natural, la realización de tareas agrícolas sin prácticas de conservación y el carácter friable del material geológico.

Los suelos en este paisaje adoptan características que en general se repiten en el piedemonte distal y la llanura. Son suelos castaños y regosoles con perfiles profundos, textura franca y un contenido en materia orgánica entre 2 a 3%.

7-3- PIEDEMONTE DISTAL

Desde los 540 m.s.n.m. hasta aproximadamente los 480 m.s.n.m. en una distancia de 4 km. tiene desarrollo el piedemonte distal.

Este paisaje o asociación geomorfológica se caracteriza por una bajada aluvial tendida de perfil transversal norte-sur ligeramente plano-convexo y de inclinación constante hacia el este, derivada de la coalescencia de los conos aluviales antiguos generados por el río Carnero al sur y Jesús María al norte, generados a partir de los sucesivos aportes de detritos derivados del macizo de la sierra bajo condiciones paleoclimáticas antecedentes. El material geológico, en relación a su génesis, se trata de sedimentos fluviales limo arenosos con aporte de material eólico.

En la actualidad el río Carnero corre por este paisaje según un único canal estabilizado, que desde la salida del piedemonte proximal a la altura de la ruta Nac. N° 9 con sentido sureste, se dirige hacia la llanura oriental. Este canal generado por la suficiente competencia del río, presenta trazos más o menos rectilíneos y patrones fotogeomorfológicos que indican una evolución geológica muy reciente.

Mas al sur no integradas al canal estabilizado, se manifiestan cañadas sin alveo definido de fondo plano-cóncavo y carácter temporario, siendo la más importante la colectora principal de la subcuenca de la Cañada de Los Leones, que desagua en una depresión aluvial cuyo desagüe se integra a los derrames del río Carnero en la Llanura Oriental. Por su parte, hacia el norte, cañadas con menores áreas de aporte probablemente vinculadas a paleocauces, desaguan hacia la cañada de San Antonio en la Llanura Oriental de magnitud considerablemente mayor.

7-4- LLANURA ORIENTAL

El piedemonte distal hacia el este en forma gradual, pasa al paisaje de la Llanura Oriental genéticamente vinculado a una planicie suavemente ondulada de carácter

eólico, en donde el material geológico predominante corresponde a loess con intercalaciones de materiales fluviales.

A diferencia del piedemonte distal el canal estabilizado del río Carnero cuando ingresa al paisaje de la llanura debido a la disminución de la pendiente, pierde la capacidad de transporte y genera explayamientos con diseño de abanico.

Tal diseño responde a los sucesivos aportes de detritos tras las crecidas, lo que da lugar a la colmatación de un canal de desagüe preexistente, la elevación del lecho y consecuentemente, el cambio de la corriente a una nueva posición inferior, proceso que se repite sucesivamente tras nuevos aportes y significa un alto grado de inestabilidad fluvial.

La geoforma resultante de este proceso presenta límite frontal más o menos arqueado, leve abombamiento transversal y leve crecimiento progresivo en altura.

Los materiales depositados son gruesos (bloques y cantos) en el ápice inmediatamente a la salida de la sierra y gradan progresivamente a materiales más finos hacia la parte distal (gravas, arenas, limos).

Tal dinámica fluvial en la actualidad ha sido variada por la acción antrópica, como se verá más adelante.

Al norte de estos derrames se presenta un paleocauce bien definido que da lugar a la Cañada de San Antonio y que pasa al sur de la localidad de Esquina y se prolonga en un recorrido de 24 kms. hacia el este, para luego perder definición.

Esta cañada presenta alveos claros, un ancho, que por sectores alcanza el kilómetro y una profundidad que supera por sectores los 4 mts., incluyendo claras espiras de meandros abandonados, lo que indica que en el pasado geológico reciente (holoceno), constituía un cauce fluvial de jerarquía con caudales mayores a los que actualmente conduce el río Carnero.

De un análisis de patrones evidentes en imágenes satelitales, se desprende la alta posibilidad de que dicho paleocauce constituya el colector principal generado a partir de la confluencia del río Carnero y el río Jesús María, única manera que explica tanto su magnitud, como las características que denotan una evolución geológica reciente.

8. TENDENCIA EVOLUTIVA DEL RÍO CARNERO Y LAS SITUACIONES DE INUNDACIÓN

Los Colectores principales de las subcuencas de los ríos San Cristóbal y La Granja a la salida del macizo de la Sierra Chica en el ámbito del piedemonte proximal, han desarrollado planicies aluviales que alcanzan en el primer tramo, un ancho promedio que supera en partes los 500 mts., para disminuir aguas abajo, a menos de 150 mts., por mayor encajamiento de los cursos y finalmente en la zona de la confluencia, superar el kilómetro, condición que se mantiene en el colector principal (río Carnero) hasta la ruta nacional N° 9.

En estas planicies aluviales se distinguen dos niveles principales de terrazas fluviales, un nivel superior antiguo y un nivel inferior más reciente que incluye subniveles recientes en contacto con el lecho ordinario, unidades que tienen fundamental incidencia en la dinámica y alcance de las inundaciones repentinas.

En esta situación ante la ocurrencia de crecientes ordinarias las inundaciones cuando los caudales superan la capacidad de conducción del lecho ordinario, ocupan el nivel inferior de terrazas fluviales y ante la ocurrencia de crecientes extremas de carácter histórico, el nivel superior antiguo, lo que significa la totalidad de las planicies aluviales definidas en la carta.

Aguas debajo de la ruta nacional N° 9, el río Carnero, a la salida del piedemonte proximal y en su ingreso al piedemonte distal, funciona por el único canal de abanico estabilizado de trazo rectilíneo. Este, labrado en la bajada aluvial antigua en el primer

kilómetro de recorrido, ha desarrollado una planicie aluvial de un ancho próximo a los 250 mts, para luego debido al mayor encajamiento no superar los 50 mts. Las crecientes en este tramo se limitan a esta geoforma en respuesta al encajamiento y la suficiente pendiente.

A la salida del piedemonte distal e ingreso al ámbito de la Llanura Oriental, las condiciones hidrodinámicas cambian sustancialmente. La disminución de la pendiente genera una pérdida en la capacidad de transporte del canal y se producen explayamientos, que de acuerdo al análisis de las fotografías aéreas del año 1987, presentan dos direcciones principales de evacuación (ver carta). Una, hacia el sur, que con sentido de escurrimiento NO-SE y probable control estructural por fallamiento por sectores, se dirige canalizada en dirección a la Estación Nuñez del Prado del F.G.B, en donde pierde definición y se explaya. Otra, al norte, no canalizada, que en un recorrido aproximado de 5 km. mantiene el mismo sentido de escurrimiento, para luego cambiar a SO-NE en un recorrido de 2.5 km. y luego bifurcarse según una dirección O-E hacia la localidad de Tinoco y otra NO-SE, que aguas debajo de la Estación Nuñez del Prado confluye con los explayamientos asociados a la dirección de evacuación sur.

El análisis hidrogeomorfológico indica que a la fecha de la toma de las fotografías aéreas (1987), de ambas direcciones principales de evacuación, la norte en dirección a la localidad de Tinoco, es la que presenta actividad ante la ocurrencia de crecientes de carácter ordinario, a diferencia de la dirección sur, en dirección a la Estación Nuñez del Prado, que evidencia actividad ligada a crecientes extremas.

Tal dinámica fluvial en gran parte regida por el condicionamiento natural, en la actualidad presenta una tendencia evolutiva fuertemente regida por la acción humana.

De un análisis temporal utilizando las fotografías aéreas del año 1987 y una imagen satelital a escala 1:100.000 del año 1998, se evidencia que la dirección de evacuación norte en el período considerado (11 años), se ha encajado, en parte por obras de canalización, en un recorrido de aproximadamente 15 km., hasta las cercanías de la localidad de Tinoco.

Como consecuencia, se han trasladado los derrames originales al sector aledaño de dicha localidad, para luego los excedentes seguir regidos por la línea férrea del F.G.B que pasa por Tinoco en dirección a la localidad de Rangel.

Hacia el este, fuera del área considerada en el mapeo, en base al análisis de las cartas del IGM El Crispín y Río Primero y la imagen satelital del año 1998, se infiere que esta dirección de evacuación entra en coalescencia con los derrames asociados a la Cañada de San Antonio y se dirige en dirección a la localidad del Alcalde y luego inmediatamente al norte de la localidad de Comechingones, en forma progresiva, se integra a un bajo de orientación NE-SO que pasa entre El Alcalde y Santa Rosa de Río Primero, incluido en la planicie aluvial del río Suquía o Primero, muy probablemente asociado a un paleocauce de este.

No obstante para corroborar esta dinámica hídrica, dado la falta de definición de las principales direcciones de evacuación y la baja energía del relieve, se hace necesario realizar estudios topográficos de detalle.

Hacia el sur el colector que capta la escorrentía derivada de la subcuenca de la Cañada Los Leones, luego de superar un bajo aluvial, desagua en el sector de los derrames actuales del río Carnero, lo que incrementa y complica las inundaciones generadas en el sector.

En lo que respecta a la Cañada de San Antonio dado que no posee en la actualidad conexión hidrológica con el área serrana y en razón de que atraviesa un relieve plano-convexo, no recibe aportes laterales significativos que impliquen inundaciones significativas.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La cuenca del río Carnero en respuesta a su área de desarrollo, la energía del relieve, la baja permeabilidad del sustrato geológico y la cubierta de vegetación

insuficiente, sumado a la ocurrencia de tormentas convectivas favorecidas por el efecto orográfico, presenta una alta tendencia a la generación de crecientes repentinas severas.

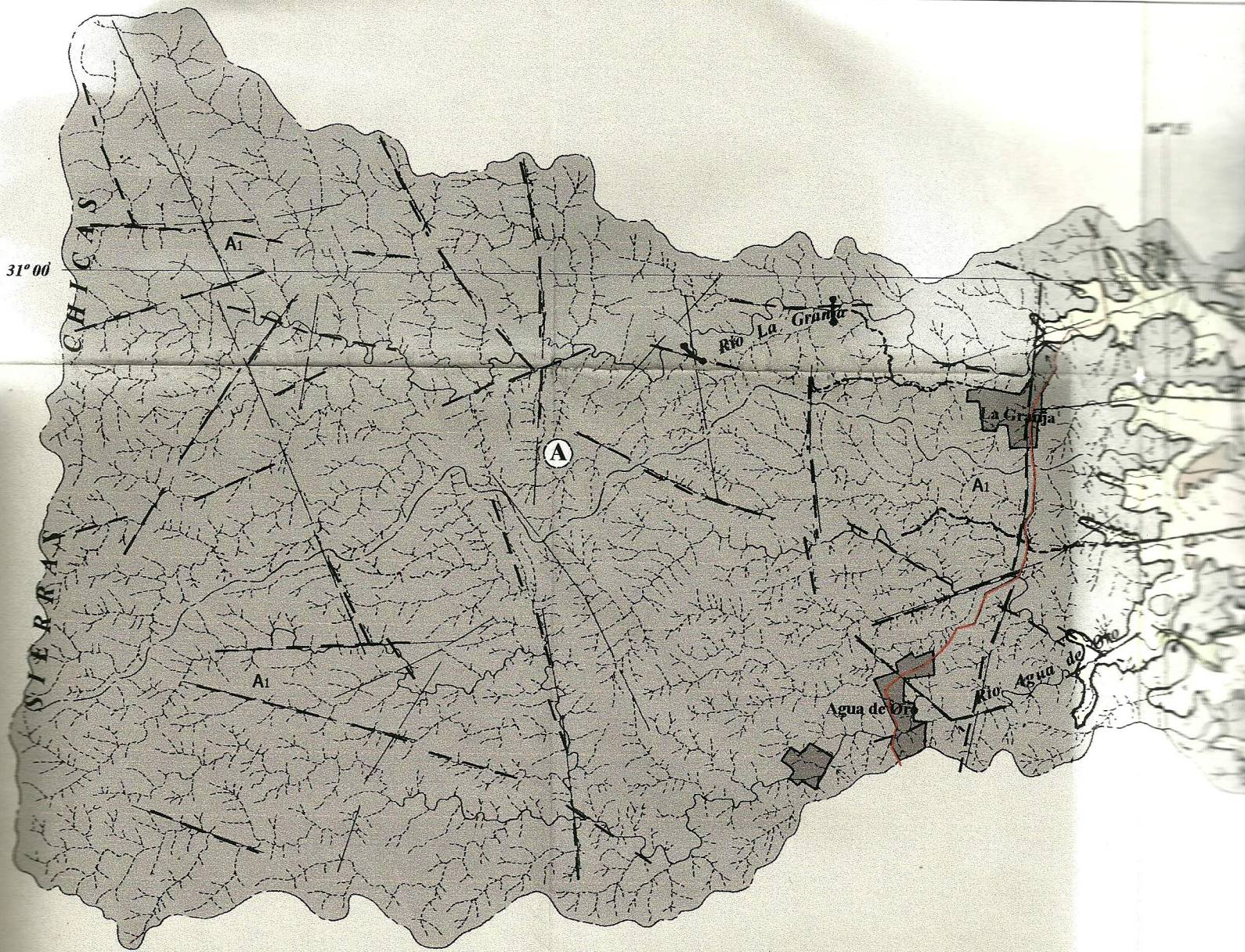
- En el área serrana y el piedemonte proximal el alcance de las inundaciones se circunscribe al plano aluvial del colector principal de la cuenca y en la bajada aluvial antigua del piedemonte distal, al trazo del canal estabilizado.
- En el ingreso del río al ámbito de la Llanura Oriental, el cambio de pendiente da lugar a derrames con diseño de abanico, lo que implica una dinámica fluvial que a diferencia de los tramos antecedentes, involucra la generación de situaciones de inundación de mayor desarrollo areal e importantes procesos de erosión y sedimentación asociados.
- Tal dinámica fluvial de por sí, involucra un equilibrio inestable con cambios dependientes de la magnitud de las crecidas.
- El desequilibrio generado en la relación escorrentía-infiltración, debido a la profunda alteración o eliminación de la cubierta de vegetación natural, en el piedemonte y la Llanura Oriental para el uso agrícola ganadero, a lo que se le suma la falta de las correspondientes prácticas de conservación, ha dado lugar a una progresiva aceleración de los procesos fluviales normales (erosión-sedimentación-inundaciones).
- En la actualidad dos direcciones principales de evacuación canalizadas dominan el área de derrame, de las cuales, la norte, que se dirige en dirección a la localidad de Tinoco, es la más funcional ante la ocurrencia de crecientes de carácter periódico.
- La dirección sur que se dirige a la estación Nuñez del Prado conjuntamente con la norte, como a la vez, el área abarcada entre ambas, presentan alta probabilidad de ser afectadas por inundaciones y los procesos asociados, ante la ocurrencia de una creciente extrema.

-
- El factor humano mediante la ejecución de obras estructurales correctivas (canalización), ha dado lugar a un cambio sustancial en la dinámica fluvial. El análisis temporal de las fotografías aéreas (1987) y imágenes satelital (1998), evidencia el encajamiento de la principal dirección de evacuación (norte) y el traslado de los derrames en dirección a la localidad de Tinoco, en donde los procesos de inundación- sedimentación son considerables.
 - Debido al progresivo y rápido encajamiento producido en los últimos años, es de vital importancia evaluar las condiciones del poliducto Campo Durán-Monte Cristo (REFINOR) y el Gaseoducto paralelo (T.G.N), cuyos trazos atraviesan el canal a la altura del establecimiento El Triángulo.
 - Las obras correctivas encaradas hasta el presente, si bien pueden constituir una solución temporal, generan un desequilibrio que a mediano plazo se manifiesta en la generación de nuevas situaciones de inestabilidad.
 - De los aportes de las subcuencas laterales que complican las situaciones de inundación, se destaca por su potencial hidrológico la subcuenca de la cañada de Los Leones que desagua en la zona de derrame.
 - La cañada de San Antonio muy probablemente constituye un paleocauce que responde a una situación evolutiva antecedente, generado por la confluencia de los ríos Carnero y Jesús María.
 - Dicha cañada dado que no tiene conexión hidrológica con el sector serrano y el escaso aporte lateral, en función a su posición en el relieve (plano-convexo), no constituye una amenaza de inundación de consideración.
 - Como alternativa más viable para la mitigación de las inundaciones y en concordancia con las características de la dinámica fluvial, se destaca la retención progresiva de los caudales mediante la construcción de represas escalonadas en las

cuencas de aporte, medida que debería complementarse mediante lagunas de retardo en las subcuencas laterales.

- En la carta se indican dos probables sitios de presa en la subcuencas del río San Cristóbal y La Granja respectivamente, definidas por las condiciones morfológicas y litológicas observadas en el análisis de las fotografías aéreas. Aguas abajo luego de la confluencia entre ambas, las condiciones son menos favorables, no obstante estudios geológicos y topográficos más específicos, permitirían evaluar probables alternativas.
- En la subcuenca de la Cañada de Los Leones que significa un importante aporte de caudal a las áreas de derrame, las características geomorfológicas indican la probabilidad de la construcción de lagunas de retardo sistematizadas.

ANEXOS



31° 15'

64° 15'

Referencias.

Geológica-geomorfológicas.

- A** Macizo de las Sierras Chicas.
- A1** Geomorfología: vertiente oriental tendida.
Relieve: accidentado.
Litología: Basamento metamórfico-plutónico.
(Proterozoico-Eoaleozoico).
- B** Piedemonte proximal.
- B1** Geomorfología: relieve de colinas plano-convexas.
Relieve: medio.
Litología: Almacenamiento de basamento.
Cauces conglomerados. (Holoceno).

- C** Piedemonte distal.
- C1** Geomorfología: bajada aluvial. Coalescencia de conos aluviales antiguos.
Relieve: plano-convexo inclinado.
Litología: depósitos de gravas limosas, gravas y conglomerados. (Pleistoceno).
- C2** Geomorfología: cañadas sin álveos definidos. Bajos plano-cóncavos.
Relieve: plano-cóncavo.
Litología: limos y arcillas (Holoceno).
- C3** Geomorfología: canal de abanico estabilizado.
Relieve: valle en artesa.
Litología: gravas y arenas. (Holoceno).
- C4** Geomorfología: depresión aluvial.
Relieve: plano-cóncavo.
Litología: arenas, limos y arcillas. (Holoceno).

Hidrodinámicas.

- Cauces permanentes.
- Cauces temporarios.
- Explayamientos en abanico.
- Sentido de derrames no encausados.
- Áreas por inundables por derrames.
- Escurrimiento temporario encausado en cañadas y paleocauces.
- Dirección general de escurrimiento superficial.



31° 15'

Referencias.

Geológica-geomorfológicas.

- A** Macizo de las Sierras Chicas.
- A1** Geomorfología: vertiente oriental tendida.
Relieve: accidentado.
Litología: Basamento metamórfico-plutónico. (Precámbrico-Eopaleozoico).
- B** Piedemonte proximal.
- B1** Geomorfología: relieve de colinas plano-convexas.
Relieve: medio.
Litología: Alternancia entre afloramientos de basamento cristalino y conglomerado. (cretácico).
- B2** Geomorfología: bajadas aluviales.
Relieve: suave.
Litología: depósitos aluviales con aporte eólico.
- B3** Geomorfología: planicie aluvial antigua. Terrazas fluviales.
Relieve: plano.
Litología: arenas y limos. (Pleistoceno?).
- B4** Geomorfología: planicie aluvial actual.
Relieve: plano.
Litología: aluviones recientes. Bloques, gravas, arenas. (Holoceno).
- B5** Geomorfología: Cañadas sin álveo definido.
Relieve: plano-cóncavo.
Litología: aluviones recientes. Limos y arcillas. (Holoceno).

C Piedemonte distal.

- C1** Geomorfología: bajada aluvial. Coalescencia de conos aluviales antiguos.
Relieve: plano-convexo inclinado.
Litología: depósitos de gravas limosas, gravas y conglomerados. (Pleistoceno).
- C2** Geomorfología: cañadas sin álveos definidos. Bajos plano-cóncavos.
Relieve: plano-cóncavo.
Litología: limos y arcillas (Holoceno).
- C3** Geomorfología: canal de abanico estabilizado.
Relieve: valle en artesa.
Litología: gravas y arenas. (Holoceno).
- C4** Geomorfología: depresión aluvial.
Relieve: plano-cóncavo.
Litología: arenas, limos y arcillas. (Holoceno).

D Llanura oriental.

- D1** Geomorfología: planicie loésica.
Relieve: suavemente ondulado.
Litología: sedimento loésico con aporte fluvial. (Pleistoceno-Holoceno).
- D2** Geomorfología: paleocauce.
Relieve: valle fluvial.
Litología: gravas, arenas y limos. (Holoceno).
- D3** Geomorfología: canales de abanico actuales.
Relieve: cañadas con álveo definido.
Litología: gravas, arenas y limos. (Holoceno).

Estructurales.

- Falla regional con indicación de labio hundido.
- Fotolineamientos asociados a fallas.

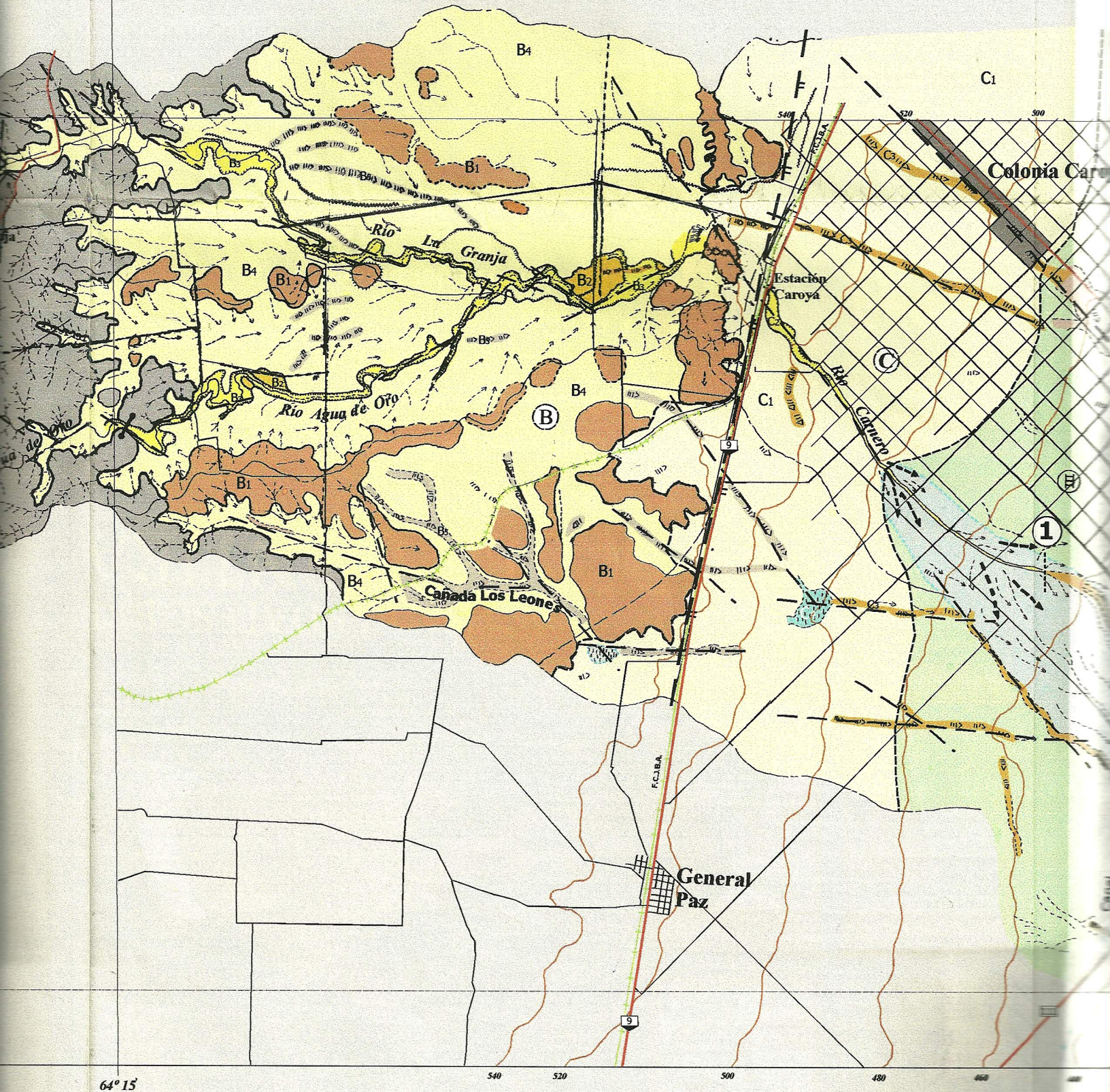
Hidrodinámicas.

- Cauces permanentes.
- Cauces temporarios.
- Explayamientos en abanico.
- Sentido de derrames no encauzados.
- Áreas por inundables por derrames.
- Escurrimiento temporario encauzado y paleocauces.
- Dirección general de escurrimiento interfluvios.
- Tendencia evolutiva del tramo encauzado (Período 1987/1999).

Generales.

- Ruta pavimentada nacional e internacional.
- Ruta pavimentada provincial.
- Caminos secundarios.
- Áreas urbanizadas.
- Poitoducto.
- Vías férreas.
- Alcantarilla.
- Canales.

64° 15'



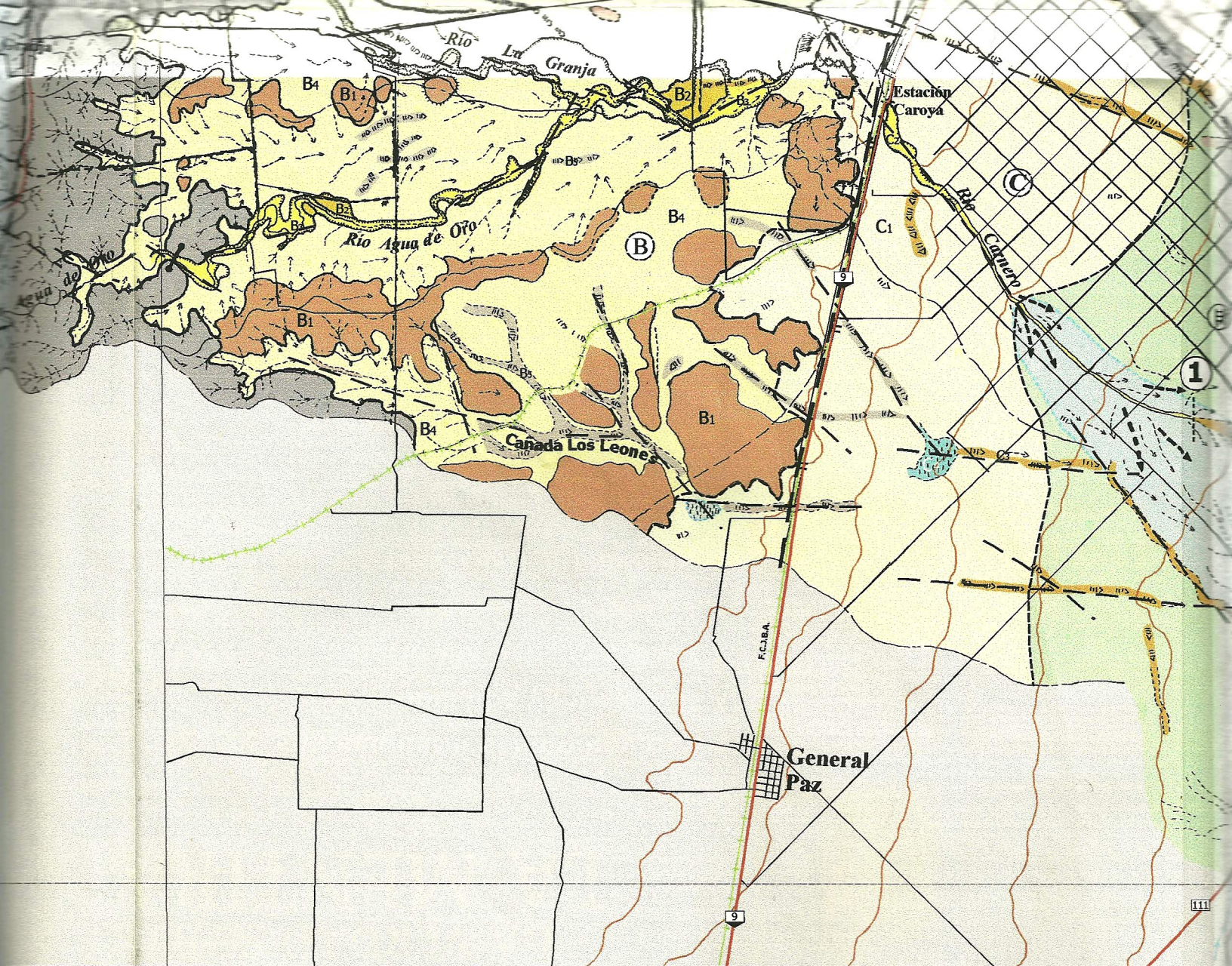
64° 15'

CARTA HIDROGEOMORFOLÓGICA.

Cuenca del río Carnero

Pcia. de Córdoba

por:
Geol. Osvaldo BARBEITO
Geol. Silvio AMBROSINO
Ing. Geol. Lilián WASSER



64° 15'

540 520 500 480 460

- ... permanentes.
- ... temporarios.
- ... en abanico.
- ... de derrames no encausados.
- ... inundables por derrames.
- ... de flujo temporal encauzado en cañadas y arroyos.
- ... general de escurrimiento mantiforme en cañadas.
- ... de evolución del tramo encajado del Colector Norte. (1987/1999).
- ... de ordenada nacional e internacional.
- ... de ordenada provincial.
- ... secundarios.
- ... ordenadas.
- ... de ordenada.
- ... de ordenada.

CARTA HIDROGEOMORFOLÓGICA.

Cuenca del río Carnero

Pcia. de Córdoba

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



Escala gráfica

64° 00'



Colonia Caroya

D1

Colonia Vicente Agüero

D1

Santa Teresa

D1

D1

Cañada San

Establ. el Tranquilo

D

D1

2

C1

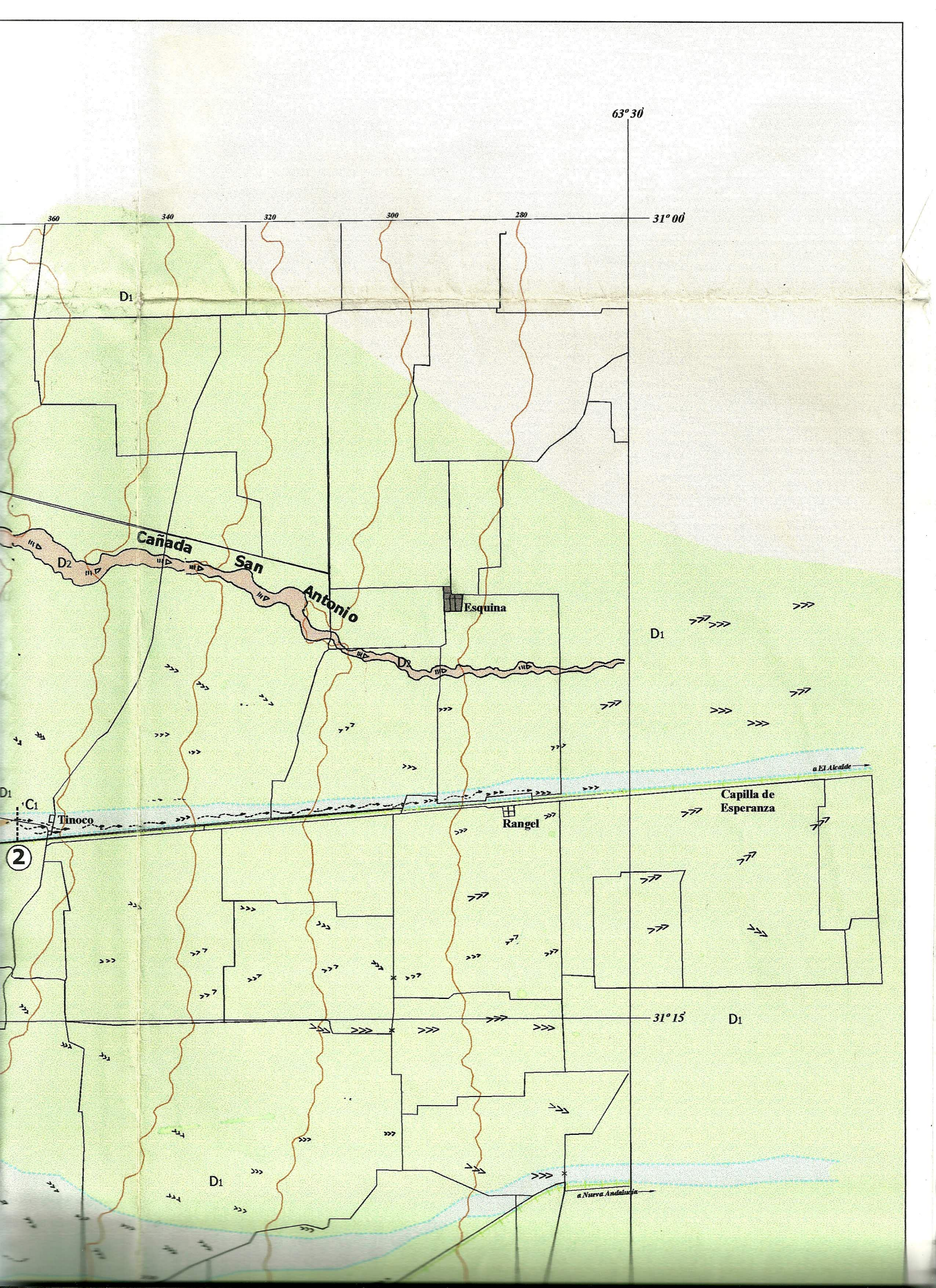
Tinoco

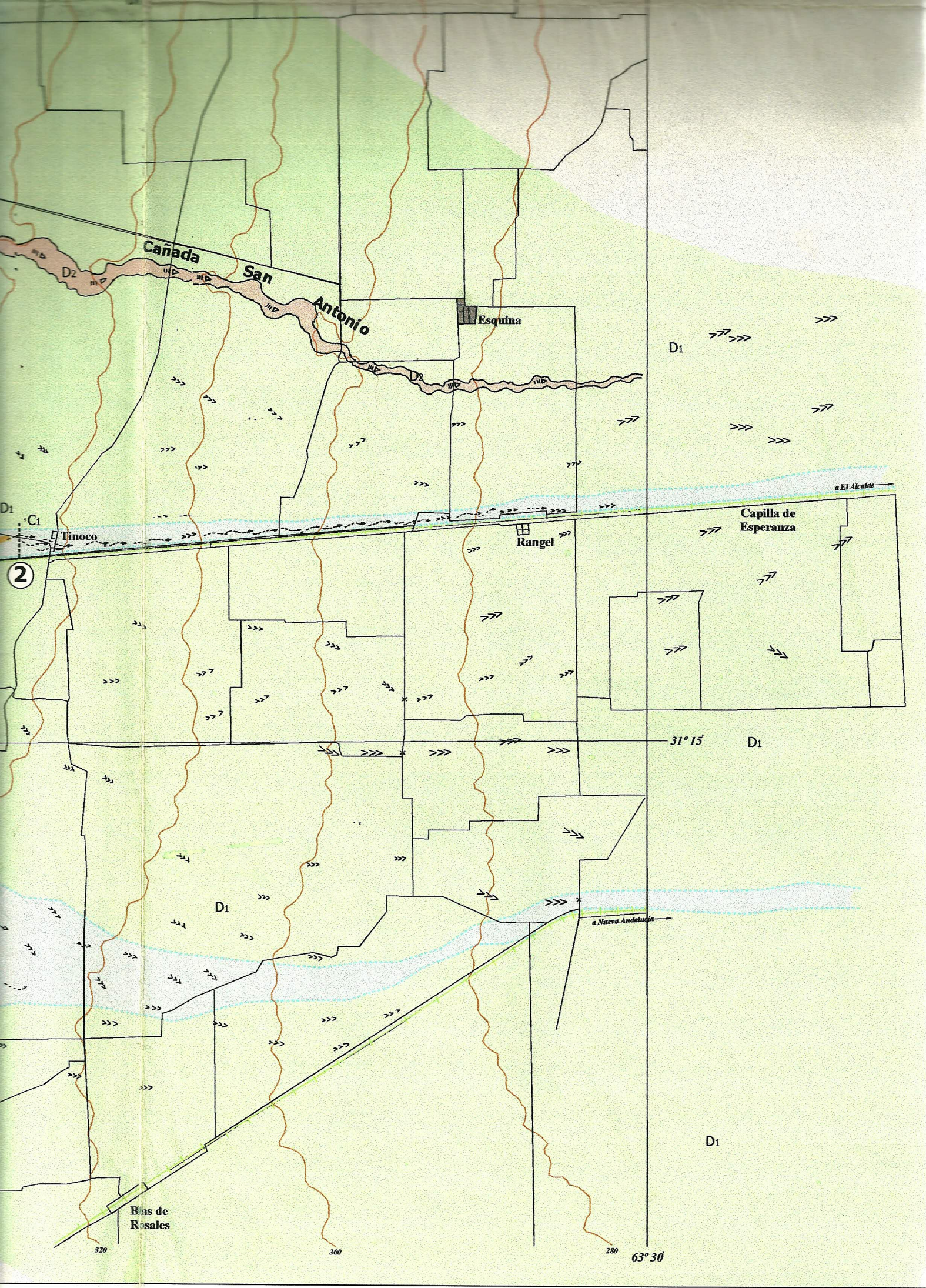
D1

Nuñez del Prado

D1







Cañada San Antonio

Esquina

D1

Capilla de Esperanza

Rangel

$31^{\circ} 15'$

D1

a Nueva Andalucía

D1

Bos de Rosales

320

300

280

$63^{\circ} 30'$

2

C1

Tinoco