



SITUACIONES DE AMENAZA
HIDROGEO MORFOLÓGICA EN EL EMPLAZAMIENTO
DEL LOTEO AIRES DE CAMPO. COLONIA CAROYA

Córdoba, Agosto 2018

Proyecto: Situaciones de amenaza hidromorfológica en el emplazamiento del loteo aires de campo. Colonia Caroya

Comitente: Municipio de Colonia Caroya

Expediente: Expediente EX-2018-32969370- - APN-INA%

Protocolo INA 1578 y 1579

Presupuesto Oficial:

Fecha de Firma Acta Complementaria: 2 de Agosto de 2018

Responsables: Dr. Ing. Carlos Catalini (Dirección)
Geol. Osvaldo Barbeito (Investigador Asociado al INA en Geomorfología)

Equipo de Trabajo INA-CIRSA: Geol. Osvaldo Barbeito
Geol. Silvio Ambrosino
Bec. Ana Laura Rydzewski
Geol. Mauro Lanfranco
Tec. David Moya
Lic. Sofía Pana

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 2 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida</p> <p>Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital</p> <p>Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba</p> <p>(54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>		

I.- INDICE

I.- Indice.....	3
II.- Resumen Ejecutivo	4
III.- Introducción.....	5
III.1.- Objetivo y Alcance de los Estudios	5
III.2.- Objetivos específicos	5
III.2.a. Metodología.....	5
III.2.b. Área de estudio	6
IV.- Características Regionales	8
IV.1.- Sistema Hidrográfico río Carnero	8
IV.2.- Tendencia del sistema hidrográfico a la generación de crecidas repentinas.....	9
V.- Condiciones hidrogeomorfológicas.	13
V.1.- Planicie Aluvial Antigua (a).....	14
V.2.- Fajas Fluviales de los ríos la Granja y Carnero (B)	16
Faja fluvial histórica (B1)	16
Faja fluvial activa (B2)	21
VI.- Análisis Temporal de la tendencia evolutiva de la erosión de márgenes.....	24
VII.- Evaluación y Zonificación de las Amenazas Hidrogeomorfológicas	31
VIII.- Conclusiones y Recomendaciones	34
IX.- Antecedentes Consultados	36
X.- Anexo Cartas	38
XI.- Anexo imágenes.....	39

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 3 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida</p> <p>Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital</p> <p>Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba</p> <p>(54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>		

II.- RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe responde a los requerimientos del Municipio de Colonia Caroya, para evaluar las condiciones de inestabilidad hidrogeomorfológica en el emplazamiento del loteo Aires de Campo, como consecuencia de los efectos hidrológicos y erosivos ocasionados por los ríos La Granja y Carnero en la creciente ocurrida en al año 2015 y anteriores.

Los estudios comprendieron una evaluación hidrogeomorfológica de procesos fluviales y de la escorrentía superficial por aporte pluvial, con los cuales se realizó cartografía de zonificación de los procesos generadores de amenaza.

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 4 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>			

III.- INTRODUCCIÓN

Considerando tanto los efectos hidráulicos, como los procesos erosivos que acontecen en eventos de crecida de los ríos Carnero y La Granja, el Municipio y el Instituto Nacional del Agua, junto con su Centro de la Región Semiárida rubrican el 2 de Agosto de 2018 el Convenio Marco y el Acta Complementaria N° 1 la cual da origen al presente informe.

El propósito del mismo es evaluar las situaciones de inestabilidad hidrogeomorfológica en el emplazamiento del loteo Aires de Campo, con objeto de contar con información de base para establecer lineamientos de gestión orientados a planificación urbana, prevención y mitigación de los efectos producidos por eventos hidrometeorológicos severos sobre las márgenes ribereñas del río Carnero y sus tributarios, dentro del espacio acotado por la solicitud Municipal.

III.1.- OBJETIVO Y ALCANCE DE LOS ESTUDIOS

Realizar una evaluación hidrogeomorfológica de la dinámica y alcance de inundaciones repentinas ordinarias y extremas, procesos fluviales asociados en forma de erosión de márgenes, avulsión y aportes de escorrentías laterales en el loteo Aires de Campo.

III.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Entre los objetivos específicos se pueden mencionar los siguientes:

- Reconocer y caracterizar ambientes, unidades y elementos geológicos y geomorfológicos.
- Reconocer, caracterizar y evaluar los procesos morfodinámicos del paisaje y establecer la relación amenaza exposición que involucran (inundaciones, y procesos fluviales asociados).
- Elaborar cartografía específica de amenaza.

III.2.a. Metodología

Para el logro de los objetivos propuestos, se empleó el criterio geológico, geomorfológico e histórico mediante la aplicación de técnicas de fotointerpretación y teledetección, utilizando fotogramas a escala aproximada 1:50.000 y 1:20.000 del año 1970 y 1987 e imágenes satelitales Landsat 1-8 (1975-2018), Sentinel 2 (2015-2018), Spot 5 (2015), Quickbird (2002-2017), PlanetScope y RapidEye-5 (2009-2018).

A partir de ello, se diferenciaron unidades de terreno con énfasis en el aspecto hidrodinámico, considerando los distintos elementos que componen las fajas fluviales, de los ríos La Granja, San Cristóbal y Carnero.

Se diferenciaron unidades según dos categorías, a saber: a) áreas no inundables por acción de cursos fluviales, afectadas sólo por escorrentías temporales pluviales y b)

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 5 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

áreas inundables por la acción de cursos fluviales. En esta última, se consideraron los lechos (ordinarios e históricos) y los niveles de terraza evolucionados por deposición y encajamiento, así como también los procesos fluviales asociados (erosión de márgenes, avulsión, desbordes) según su tendencia evolutiva en base al análisis temporal de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

La información obtenida en gabinete fue ajustada y validada a partir de 5 relevamientos en campo, realizados en los meses de Julio – Agosto del corriente año.

En sectores de interés se realizaron vuelos con un vehículo aéreo no tripulado (VANT) modelo Phantom 3 Advanced, que permitió obtener fotografías aéreas de detalle en sectores inaccesibles por medios terrestres.

Según la tendencia evolutiva de los procesos evaluados en el análisis histórico, se seleccionaron sitios considerados críticos. En estos casos además, se generaron modelos digitales de elevación

El análisis espacial y cartografía temática se realizó mediante un sistema de información geográfica (SIG). Para ello, se trabajó con los programas de código abierto QGIS versión 2.14.3 y System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA). La delimitación de las unidades hidrológicas, su sistemas de drenaje y principales parámetros morfométricos se realizaron en base al análisis y procesamiento de Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) provistos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), de una resolución de 5 metros por píxel, pre procesados mediante relleno de vacíos, inclusión de datos de lagos, filtrado espacial y enmascarado de límites, generados a partir de vuelos aerofotogramétricos llevados a cabo por dicha Institución durante el año 2014.

La cartografía realizada se proyectó o reproyecto al Marco de referencia: WGS84, sistema de proyección UTM 20S.

III.2.b. Área de estudio

La zona bajo análisis se incluye en el entorno de la confluencia de los ríos San Cristóbal y La Granja, que dan origen al río Carnero.

Según la información disponible, se plantea una urbanización cuyo acceso se realiza por una servidumbre de paso que lo vincula con el camino a Los Molles. Presenta 57 manzanas, con 1.358 lotes cuyas superficies varían entre los 285 m² hasta los 800 m² siendo mayoritarios los lotes de 300 m². Su límite sur colinda con el río La Granja en un recorrido de 1.225 m. y luego de la confluencia 530 m. sobre el río Carnero.

Los usos de suelo en el entorno del emplazamiento corresponden a actividades agrícolas, las áreas urbanas más cercanas son la localidad de La Granja de la cual dista 9,5 km y el barrio Sierras y Parque perteneciente a la jurisdicción de la localidad de Jesús María, ubicado aproximadamente a 7 km.

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 6 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar		

A 1.000 m aguas abajo del emplazamiento, se ubica una galería filtrante en el subálveo del río Carnero, que abastece al canal San Carlos utilizado para riego y consumo humano (Figura 1).

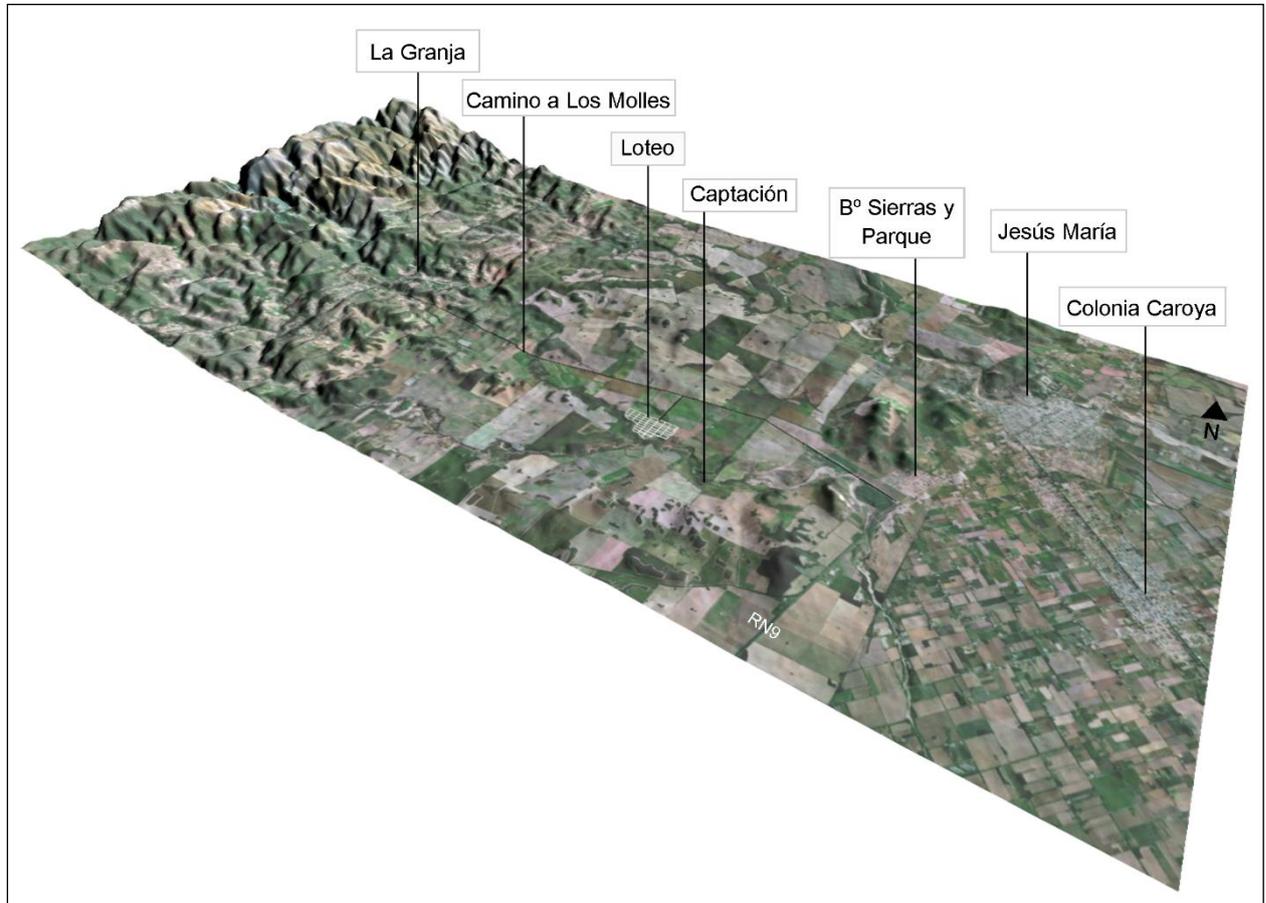


Figura 1. Ubicación del área bajo análisis y entorno.

Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 7 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

IV.- CARACTERÍSTICAS REGIONALES

IV.1.- SISTEMA HIDROGRÁFICO RÍO CARNERO

La zona bajo análisis y el entorno hidrológico vinculado, a nivel regional se incluye en la cuenca hidrográfica del río Carnero el cual presenta sus nacientes en la vertiente oriental de la Sierra Chica entre los 1.400 y 1700 m.s.n.m. y nivel de base histórico en la depresión de la laguna de Mar Chiquita (Figura 2).

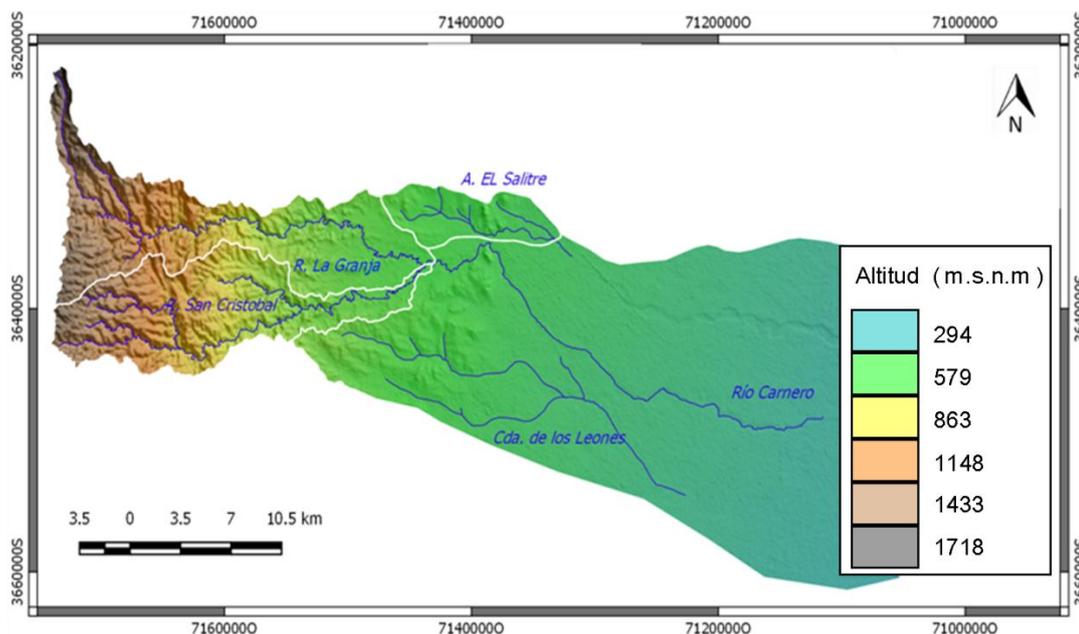


Figura 2. Cuenca del Río Carnero ,principales subcuencas y altitud.

Dos subcuencas principales configuran el área de aporte serrana al sistema. Al norte la subcuenca del río La Granja y al sur la subcuenca del río San Cristóbal o Agua de Oro. Ambas confluyen en el piedemonte medio - distal de la Sierra a una altitud de 583 m.s.n.n.m.

La primera, abarca una superficie aproximada de 140 km² con un caudal semipermanente en el colector principal y la segunda presenta un área de aproximada de 116 km², con un módulo permanente de 0,7 m³/s (DPH 1983), lo que define hasta la confluencia un área total de 256,0 km².

En la situación evolutiva actual, el colector principal ya como río Carnero, tiene clara definición geomorfológica por encajamiento en un recorrido de 30 km, hasta la altura de

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 8 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar</p>			

la localidad de Tinoco, para luego por explayamientos, tomar como principal eje de avenamiento el camino que se dirige a la localidad de Rangel (Figura 3).

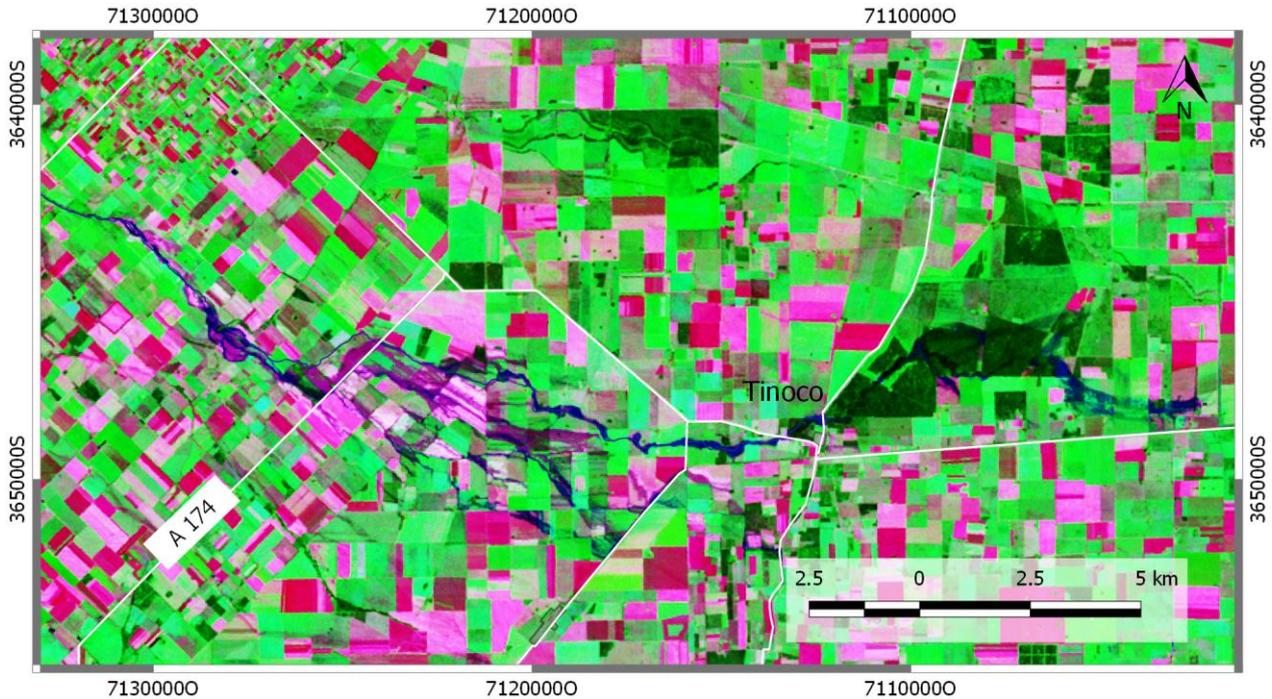


Figura 3. Derrames del río Carnero en la localidad de Tinoco. Landsat 5, fecha de toma 17/01/1992.

En el área de recepción de la cuenca alta de montaña, el diseño de drenaje es dendrítico angular, de alta densidad, en correspondencia a la litología dominante compuesta por rocas cristalinas, con un fuerte control estructural por efecto de fallas, fracturas y diaclasas. Por esta causa, los valles montanos poseen forma de V caracterizando una dinámica fluvial en donde predomina el arranque y transporte sobre la deposición.

En la zona pedemontana el sistema recibe el aporte de subcuencas laterales definidas por bajos plano-cóncavos sin álveo definido con bajo grado de jerarquización y régimen de escurrimiento temporario. Uno de estos sistemas afecta al área bajo análisis.

IV.2.- TENDENCIA DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO A LA GENERACIÓN DE CRECIDAS REPENTINAS

La tendencia a la generación de crecidas repentinas en la zona serrana de Córdoba, se rige por factores condicionantes de las cuencas hidrográficas tales como la naturaleza geológica, la geomorfología, el relieve que determina las pendientes naturales y el tipo de vegetación que actúa como reguladora. Destacándose como factor

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 9 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			

desencadenante, las condiciones climáticas en lo referido a las precipitaciones según su tipo, intensidad y distribución.

Desde el punto de vista geológico y geomorfológico dos ambientes se vinculan hidrológicamente con la zona bajo estudio: el Ambiente de Montaña y el Ambiente del Piedemonte asociado, en el cual se localiza.

El Ambiente de Montaña, en donde se desarrollan las nacientes de los ríos La Granja y San Cristóbal, se compone de un basamento cristalino antiguo conformado por rocas metamórficas e ígneas, en donde alternan gneises y granitoides, de edad precámbrica - eopaleozoica sobre las que por efecto de la meteorización, evolucionaron suelos residuales poco profundos y alternantes con grados variables de roca desnuda.

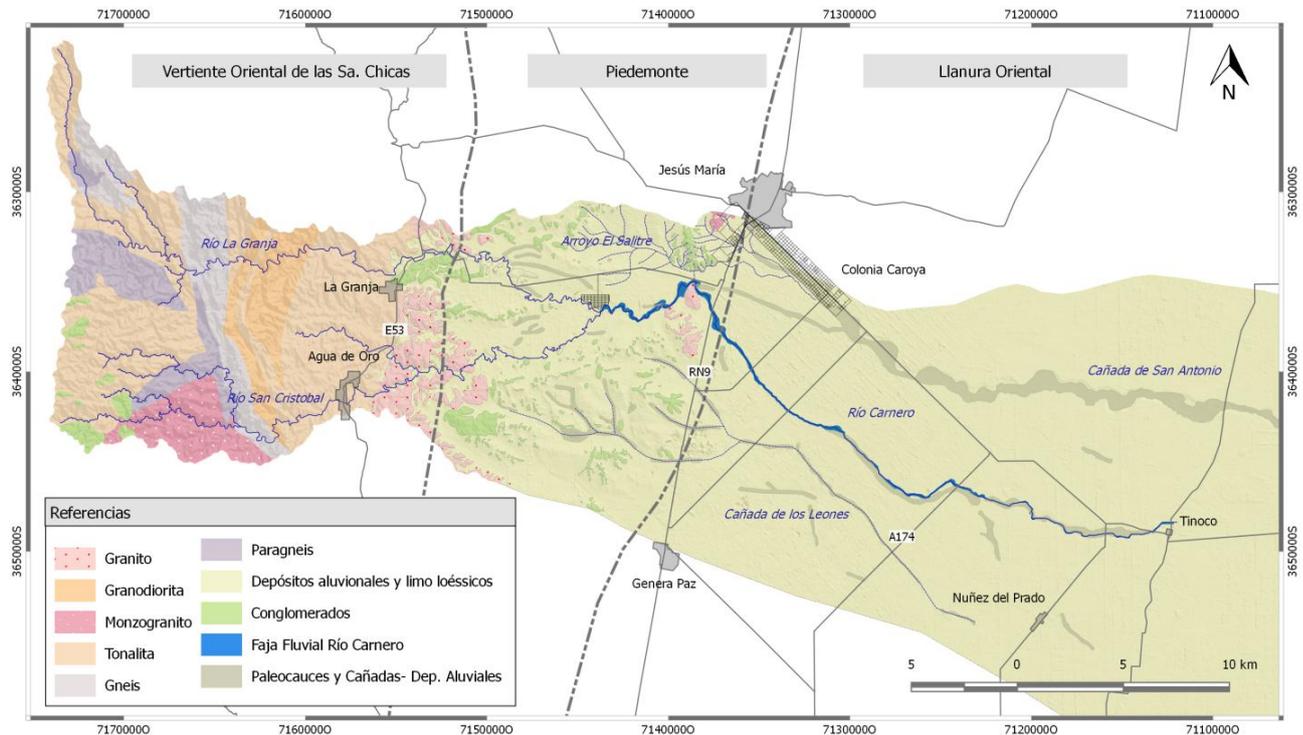


Figura 4. Esquema geológico geomorfológico cuenca del río Carnero.

El relieve predominante es accidentado a fuerte con pendientes medias comprendidas entre 12% a 20% y 20% a 35% y localmente relieve muy fuerte (35 a 50%).

Por su parte en el piedemonte, los materiales se corresponden con depósitos conglomerádicos antiguos (Cretácico) y subrecientes (Pleistoceno), manifiestos como lomas aisladas y depósitos modernos de conos aluviales coalescentes obliterados con tapada de origen eólico (loess).

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 10 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

En el Ambiente de Montaña la Vegetación nativa se ajusta a características fisonómico-estructurales condicionadas por la latitud, altitud, exposición geográfica (R. Luti 1970) y en gran parte, por la naturaleza del terreno y la morfología. Se distribuye en tres Pisos o cinturones: El Piso del Bosque Serrano en los niveles más bajos hasta 800 a 1000 m.s.n.m., el Piso del Arbustal o Romerillal, desde los 800 – 1.000 a 1.100 m.s.n.m. en los niveles intermedios y el Piso de los Pastizales y Bosquecillos de Altura, en los niveles más elevados del sistema en el orden de los 1.500 m.s.n.m.

El grado de protección hidrológica que brindan depende de las condiciones fisonómicas-estructurales. Es mayor en la vegetación arbórea, disminuyendo en las especies arbustivas y herbáceas, adoptando importancia la densidad de cubierta con respecto al suelo, en cada caso particular.

En el caso del Piedemonte, la cubierta vegetación se representa por la mezcla de elementos arbóreos y arbustivos.

En la actualidad el conjunto de la cubierta presenta grados diferenciales de alteración. El Ambiente de Montaña, por sectores evidencia alteración por el efecto de incendios y en el Piedemonte, el grado de alteración es más significativo por efecto de la eliminación casi completa para el uso agropecuario.

En respuesta a la incidencia en el flujo superficial, el factor climático en relación a las precipitaciones, representa el aspecto disparador por excelencia de las crecidas repentinas según la ocurrencia, intensidad y duración de las mismas.

El régimen climático en el ámbito del sistema hidrográfico, presenta una concentración de las precipitaciones en periodo estival. En los niveles medios y bajos, del orden de los 600 a 700 mm. y en los más altos, en donde se organiza el sistema de recepción de alta montaña de las subcuencas de los ríos La Granja y San Cristóbal, es del orden de los 900 a 1100 mm.

La altitud condiciona la ocurrencia eventos de origen convectivo y orográfico que significan lluvias localizadas de altas intensidades y corta duración.

Es importante considerar que la ocurrencia de un evento de estas características en la alta cuenca de recepción, tendrá una respuesta más severa que en la parte baja (Piedemonte), dado que el sistema de drenaje adquiere la mayor densidad, área de captación y por ende implica mayores caudales.

En respuesta a las condiciones geológicas, geomorfológicas, de la vegetación natural y del clima, se desprende que el sistema hidrográfico en su conjunto, tiene por condición natural alta tendencia a la generación de crecidas repentinas de magnitud. Esto debido a que el sustrato geológico conformado por rocas cristalinas metamórficas e ígneas y los suelos someros y discontinuos de rápida saturación, definen ante lluvias intensas escurrimiento excesivo y rápido por bajo grado de permeabilidad. A esto se le suma que en las *cuencas de recepción de alta montaña* de los ríos tributarios entre los 1.000

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 11 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>			

m.s.n.m. y 1.700 m.s.n.m., en donde la red de drenaje tiene mayor desarrollo areal y densidad (San Cristóbal y La Granja), la cubierta de vegetación que actúa como reguladora en la relación infiltración/escorrentía, se constituye de un estrato herbáceo y arbustivo abierto supeditado a la presencia de suelo que alterna con roca desnuda, lo que define un bajo grado de protección hidrológica.

Como agente disparador por excelencia se destacan las lluvias intensas y con frecuencia localizadas por efecto orográfico.

Si bien la alteración de la vegetación nativa en el sector de recepción de alta montaña por efectos de incendios y/o pastoreo tiene algún grado de implicancia, debe considerarse secundaria ante la magnitud del condicionamiento natural.

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 12 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>			

V.- CONDICIONES HIDROGEOMORFOLÓGICAS.

El área bajo análisis se incluye en el entorno de la confluencia de los ríos San Cristóbal y La Granja, limitando al sur con el segundo, en un recorrido de 1.225 m y luego de la confluencia, 530 m, ya sobre el río Carnero.

A nivel de ambientes geomorfológicos se distinguen la *Planicie Aluvial Antigua* (A de las Figura 5 y Figura 6) y las *Fajas Fluviales de los ríos La Granja y Carnero*, (Figura 5 y Figura 6) labradas por encajamiento sobre ella.

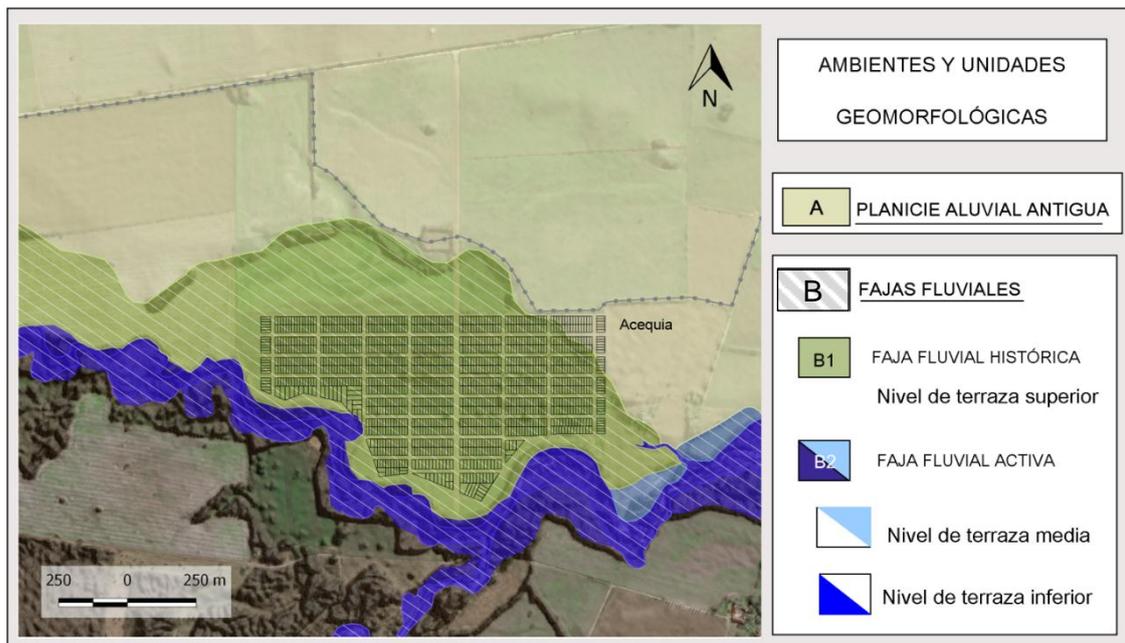


Figura 5. Ambientes y unidades geomorfológicas.

Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 13 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

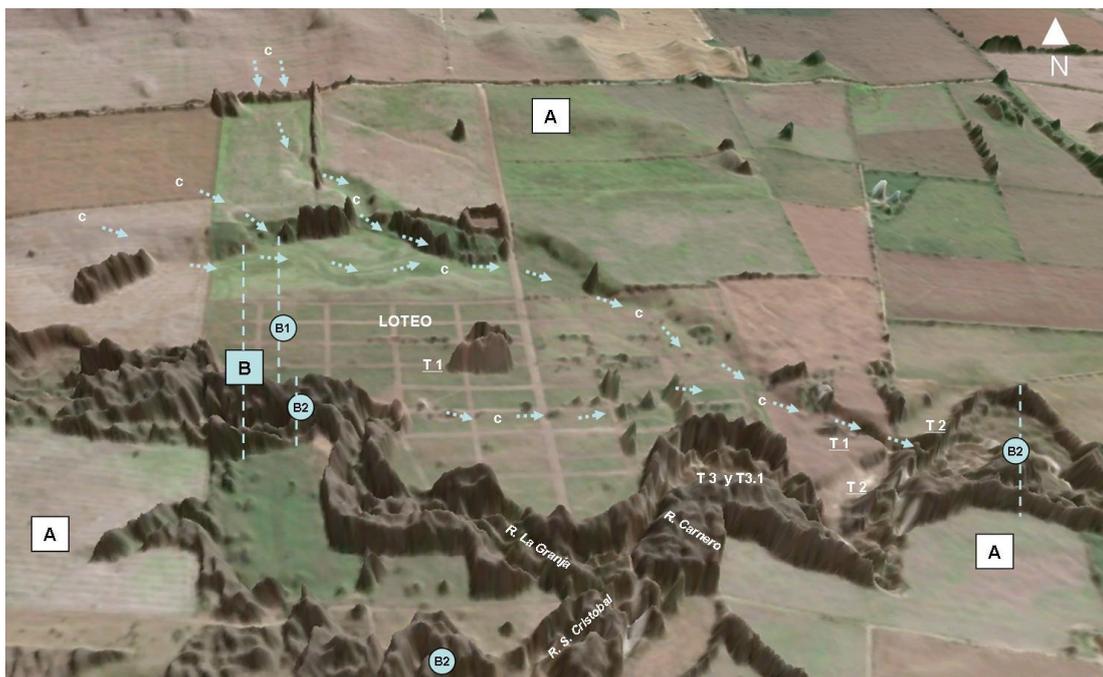


Figura 6. (A) Planicie Aluvial Antigua, (B) Faja fluvial histórica, (B1) parte inactiva, (B2) parte activa, (T1) nivel de terraza superior antiguo, (T2) nivel de terraza medio; (T3 y T3.1) nivel inferior reciente y (c) aportes laterales temporales y pluvial local.

V.1.- PLANICIE ALUVIAL ANTIGUA (A)

Este paisaje se conforma por la coalescencia de conos aluviales de relieve plano a suavemente ondulado y lomas aisladas que incluye numerosas improntas de cañadas pandas, plano-cóncavas sin álveo definido de actividad temporaria. El relieve medio es suavemente ondulado con pendientes entre el 0,1% a 1%.

Los materiales geológicos se corresponden con depósitos aluviales; gravas, arenas, limos y arcillas con cubierta eólica (loess), con inclusión de paleosuelos. En el relieve de lomas aisladas, la litología está compuesta por conglomerados.

Este ambiente constituye el área de captación de escorrentías pluviales esporádicas que transitan en forma pseudoconcentrada por el cuadrante NE del emplazamiento para finalmente desaguar en el río Carnero.

Dentro de este ámbito, se destaca el trazo de una acequia de riego con captación en el río La Granja, la cual se encuentra fuera de servicio desde la construcción del Canal San Carlos (Figura 7). La misma, inicia en las cercanías de la finca El Castillo, se dirige con dirección O-E, en parte paralela al trazo del camino a Los Molles y luego con ángulo recto, adopta la dirección N-S e ingresa por desborde mediante una cárcava al Ambiente de la Faja Fluvial Histórica.

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 14 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

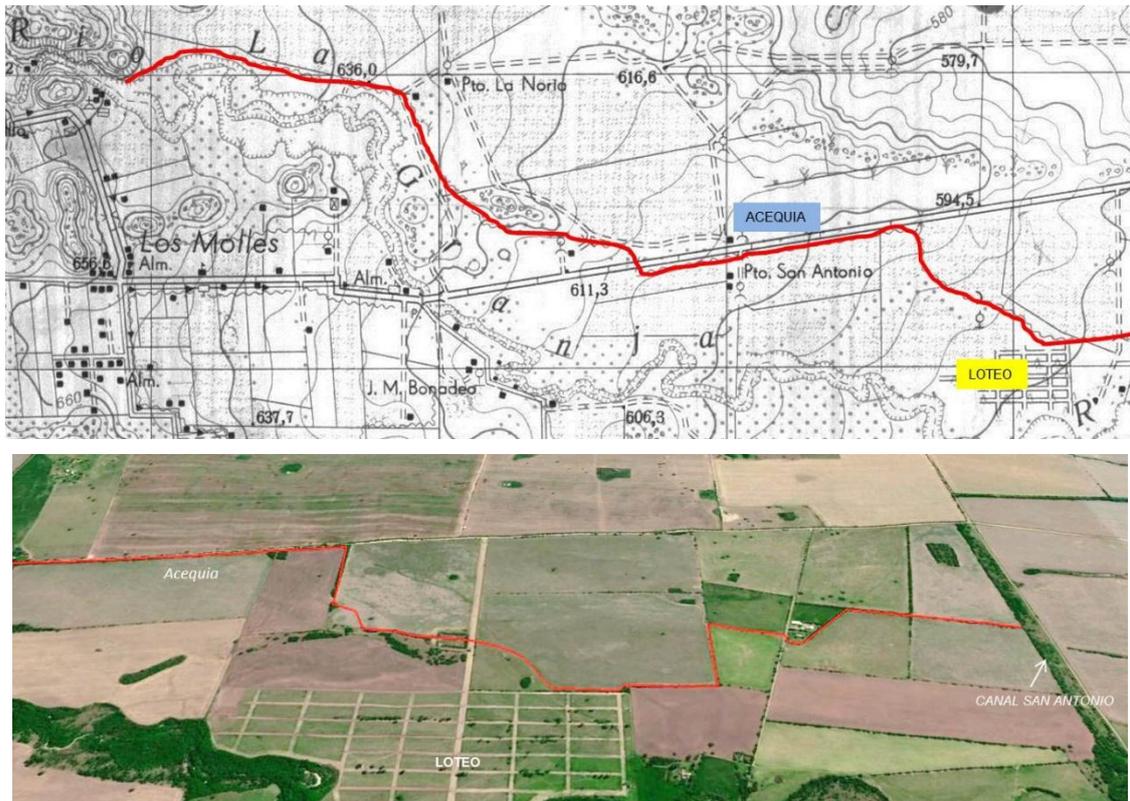


Figura 7. Arriba Carta Topográfica IGN Hoja 3163-19-2. 1969. Abajo. Imagen Quickbird 2017 Google Earth. Trazo acequia.

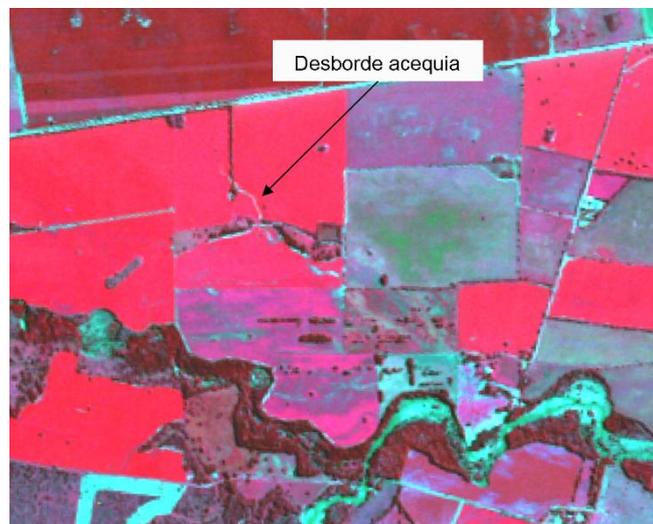


Figura 8 Desborde acequia- Imagen Spot 5 fecha de toma 11/03/2015.

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 15 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			

Su traza original por sectores ha sido profundizada y ampliada debido a la erosión hídrica del escurrimiento superficial. Presenta una carga de fondo de arena, lo que denota una escorrentía de caudal significativo en eventos pluviales (Figura 9).



Figura 9 Izquierda: erosión lateral en traza de acequia Los Molles . Carga de fondo arena y gravilla. Derecha: restos de obras del canal afectados por erosión.

V.2.- FAJAS FLUVIALES DE LOS RÍOS LA GRANJA Y CARNERO (B)

En todo el conjunto de las fajas fluviales se reconocen tres niveles principales de terrazas: un nivel Superior Antiguo, un nivel Medio y un nivel Inferior reciente. A nivel de unidades según la actividad hidrológica se distinguen:

Faja fluvial histórica (B1)

Se corresponde con el Nivel Superior Antiguo de terraza, presenta un relieve plano ondulado, en esta unidad se localiza la mayor parte del área bajo análisis abarcando una superficie de 87 Ha. La composición geológica se corresponde con materiales de textura areno-limosa, con presencia de arcillas en profundidad y carbonato libre, correspondientes a un complejo fluvi eólico indiferenciado, características que determinan una alta susceptibilidad a la erosión hidráulica de márgenes.

Al sur, limita con la faja fluvial activa de los ríos La Granja – Carnero con un borde abarrancado del orden de los 5-6 m expuesto por sectores a erosión de márgenes (Figura 10).

Al norte, colinda con la Planicie Aluvial Antigua mediante un límite originalmente abarrancado del orden de los 2-3 m., actualmente suavizado por tareas agrícolas. Adopta una forma arqueada y su borde interno se corresponde con un paleocauce del río La Granja (A), manifiesto en una suave depresión plano – cóncava que en su parte media alcanza los 500 m de ancho, disminuyendo progresivamente hacia el este (Figura 11).

Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 16 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		



Figura 10. Borde abarrancado interno del nivel de terraza superior antiguo sobre el que se localiza el loteo. Material de alta susceptibilidad a la erosión de márgenes.

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00
	Emisión:	Agosto de 2018
	Revisión:	00
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar		



Figura 11 Paleocauce del R. La Granja (A). Borde externo ambiente faja fluvial histórica, escorrentía temporal por aporte pluvial. 1. Intersección con el camino de ingreso al loteo 2. Cuadrante NE del loteo.

Este paleocauce capta la escorrentía temporal por aporte pluvial que deriva del ambiente circundante de la Planicie Aluvial, los provenientes del trazo de la acequia que bordea al camino a Los Molles y los aportes locales dentro de la unidad.

En la parte media del nivel, se manifiestan bajos suaves de menor magnitud y definición morfológica (planos-cóncavos) de trazo semi-recto y dirección oeste - este que se corresponden también a paleocauces (Figura 12).

En las imágenes Quickbird años 2007 y 2010 se evidencia una impronta de desborde del río La Granja en el paleocauce B (Figura 12), su morfología indica actividad localizada de bajo potencial hidráulico en crecidas extremas.

Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 18 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar		



Figura 12. Arriba: Paleocauce de direccion O-E Imagen Spot 5 fecha de toma 11/03/2015 combinacion infrarojo. **Abajo.** Paleocauce B, Improntas de desborde de bajo potencial hidrológico en crecidas extremas. Imágenes Quickbird Google Earth.

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 19 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

La escorrentía temporal por aporte pluvial y/o por desborde conducida por los trazos de estos paleocauces, se integran al este del área bajo análisis con la derivada del paleocauce arqueado del río La Granja (A), dando lugar a un único eje de avenamiento que desagua mediante una cárcava de clara definición al río Carnero (Figura 13).

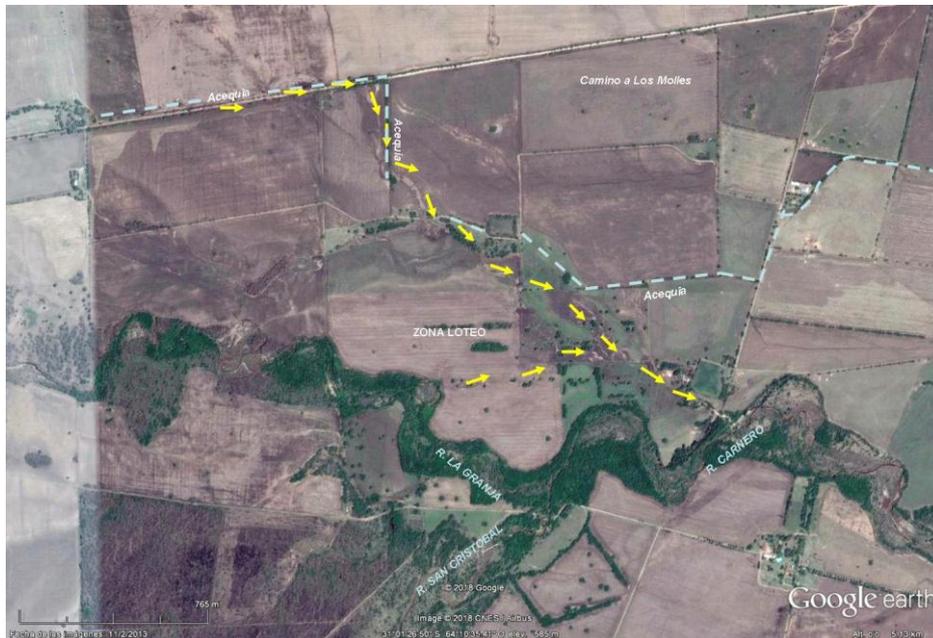


Figura 13. Aporte pluvial. Único eje de avenamiento que desagua mediante cárcava en el R. Carnero. Arriba. Imagen Quickbird año 2013 Abajo. Imagen de cárcava.

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 20 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			

Faja fluvial activa (B2)

Esta unidad presenta dos niveles de terrazas constituidas por depósitos aluviales recientes (gravas, arenas y limos), por el que corren bajo un diseño meandriforme, los lechos ordinarios de los ríos La granja y Carnero.

En los relevamientos de campo, ambos, incluyeron un canal de estiaje, a diferencia el río San Cristóbal que se presentó sin escurrimiento superficial (Figura 14).

El nivel de terraza medio (T2) se presenta en forma de relicto por erosión, aguas abajo de la confluencia de los ríos La Granja y San Cristóbal a la margen izquierda del río Carnero, fuera de la zona estudiada. En este nivel desagua todo el sistema de drenaje del paleocauce del río La Granja mediante una cárcava.

En el análisis de la imagen satelital de fecha 2015 es evidente una situación de inundación que afecta la totalidad de la terraza por desborde y arrasamiento (Figura 15).

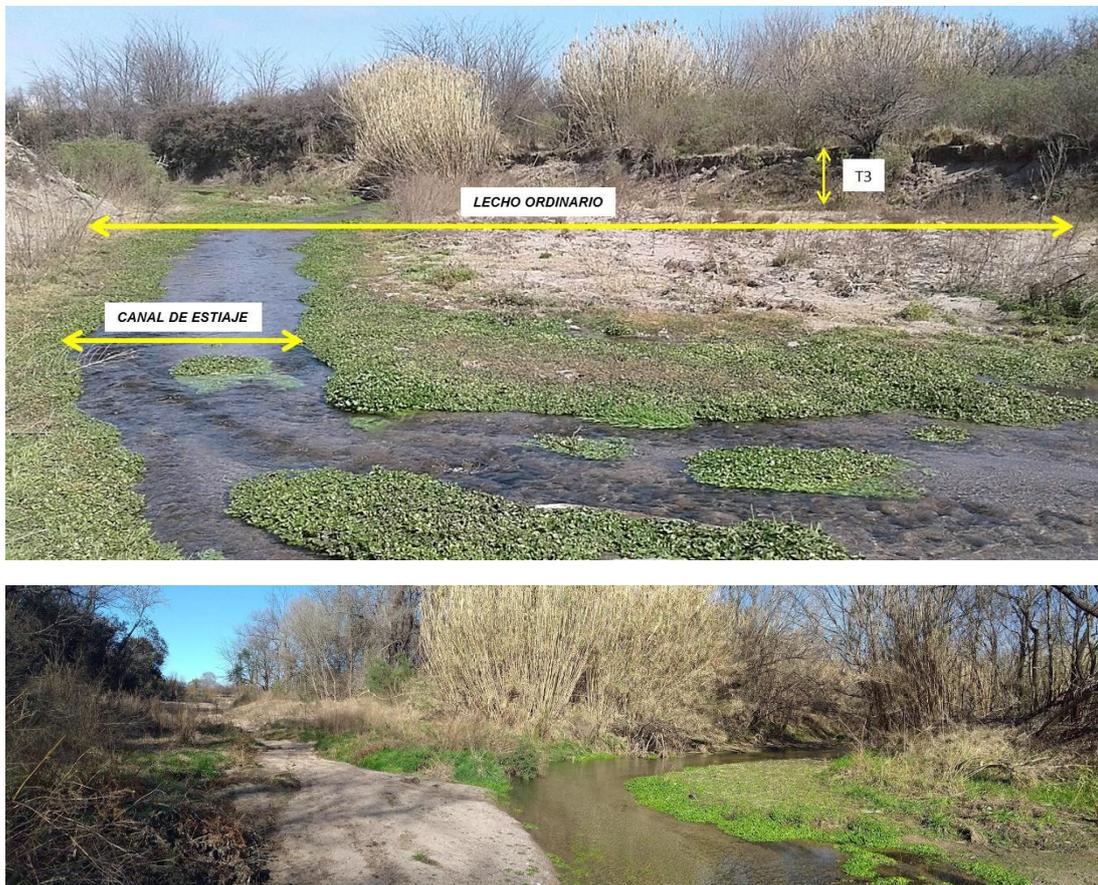


Figura 14 Río Carnero. Lecho ordinario y canal de estiaje y borde abarrancado de terraza inferior baja inundable (T3).

Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 21 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

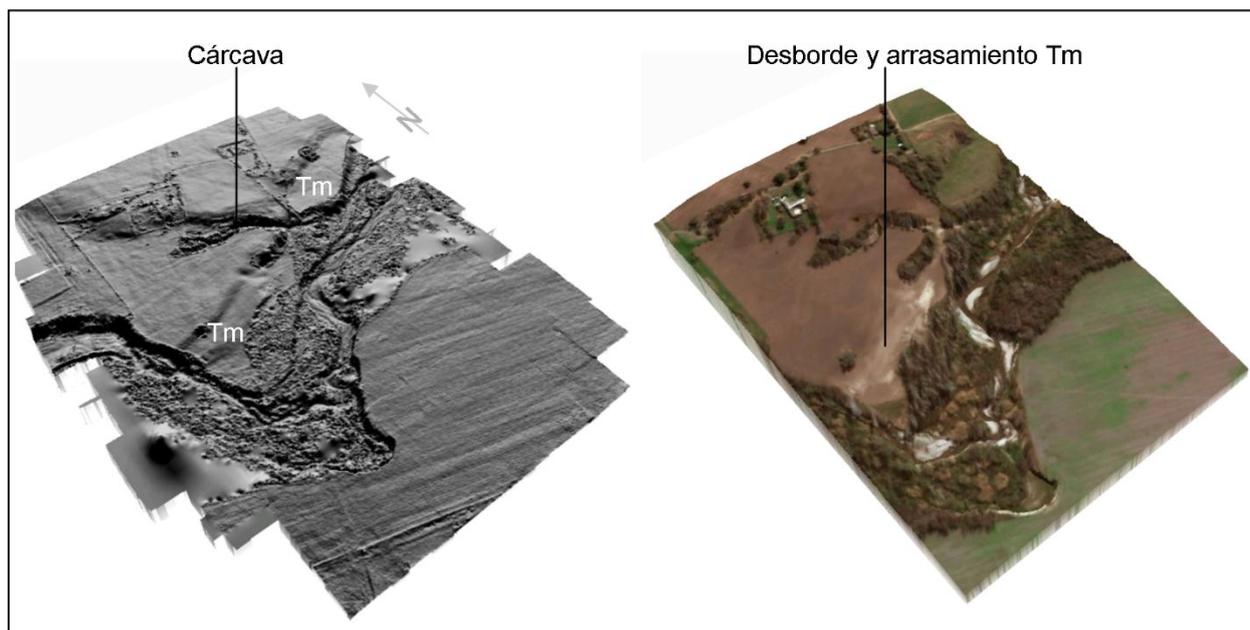


Figura 15. Nivel de Terraza medio (Tm) inundable sobre Río Carnero y cárcava en donde desagua paleocauce del río La Granja.

Por su parte, el nivel de terraza inferior (T3), por sectores incluye un subnivel en formación de baja expresión geomorfológica que constituye conjuntamente con el lecho ordinario la parte de mayor actividad del ambiente fluvial por desborde ante crecidas.

Como proceso fluvial destacado acompañando a los desbordes, se presenta la erosión de márgenes que afecta el borde abarrancado del nivel de terraza superior antiguo e inferior reciente, favorecida por el carácter friable del material que los compone (complejo fluvio-eólico).

Por sectores todo el ámbito, está cubierto por vegetación alóctona arbórea densa, de rápido crecimiento, que en crecidas es plausible de ser arrasada y transportada, lo que favorece la acumulación de resaca que interfiere en el flujo (Figura 16).

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 22 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			



Figura 16 Arrasamiento de vegetación en nivel de terraza inferior creciente año 2015.

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 23 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

VI.- ANÁLISIS TEMPORAL DE LA TENDENCIA EVOLUTIVA DE LA EROSIÓN DE MÁRGENES

Como proceso fluvial que afecta el borde interno abarrancado del nivel de terraza superior antiguo sobre el que se emplaza el área bajo análisis, se destaca la erosión de márgenes que constituye la amenaza potencial más significativa.

Los lechos ordinarios de los ríos La Granja y Carnero vinculados al límite sur de la zona analizada, se ajustan a un diseño meandriforme (sinuoso), lo que significa un cauce móvil caracterizado por erosionar las partes externas de las curvas, depositar en las internas y a la vez migrar la curva en el sentido del flujo y/o sufrir un estrangulamiento o acortamiento de meandro. Procesos dependientes de los caudales, velocidad de flujo, la naturaleza geológica de las márgenes y la distribución de los materiales en el lecho, ya que se presentan condiciones de fondo móvil.

Esta dinámica implica un continuo cambio en la posición del lecho ordinario dentro de la faja fluvial activa, la cual a la vez por acción de este proceso puede sufrir ampliación y migración por efecto de remoción en masa en forma de caídas (desplomes) generados por el socavamiento de la base de la barranca (Figura 17).

Es importante tener en cuenta que esta hidrodinámica adquiere relevancia ante la ocurrencia de crecidas, en particular de carácter severo, favorecida por la naturaleza friable del material de las márgenes que dan sobre el sitio del loteo. Los desplomes suelen tener lugar durante la creciente o posterior a ella cuando disminuye la presión al bajar el nivel del pico.

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 24 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar</p>			



Figura 17 Ampliación de la faja fluvial activa por erosión de márgenes. Cicatriz de desplome potencial. R. Carnero.

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 25 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

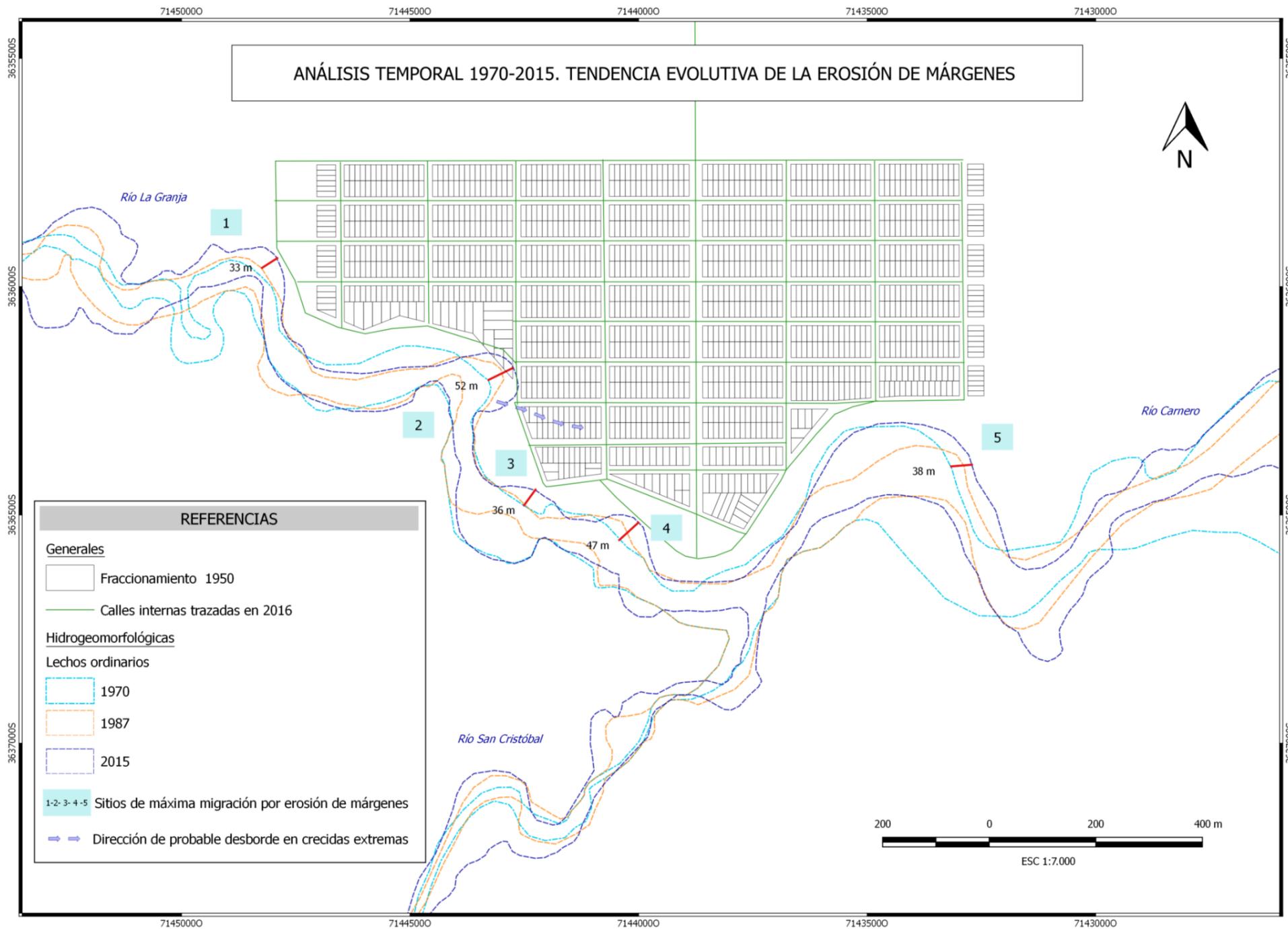


Figura 18 Erosión de márgenes y migración de cauce. Análisis temporal años 1970,1987 y 2015.

Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00
	Emisión: Agosto de 2018
	Revisión: 00
Página 26 de 47	
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar	

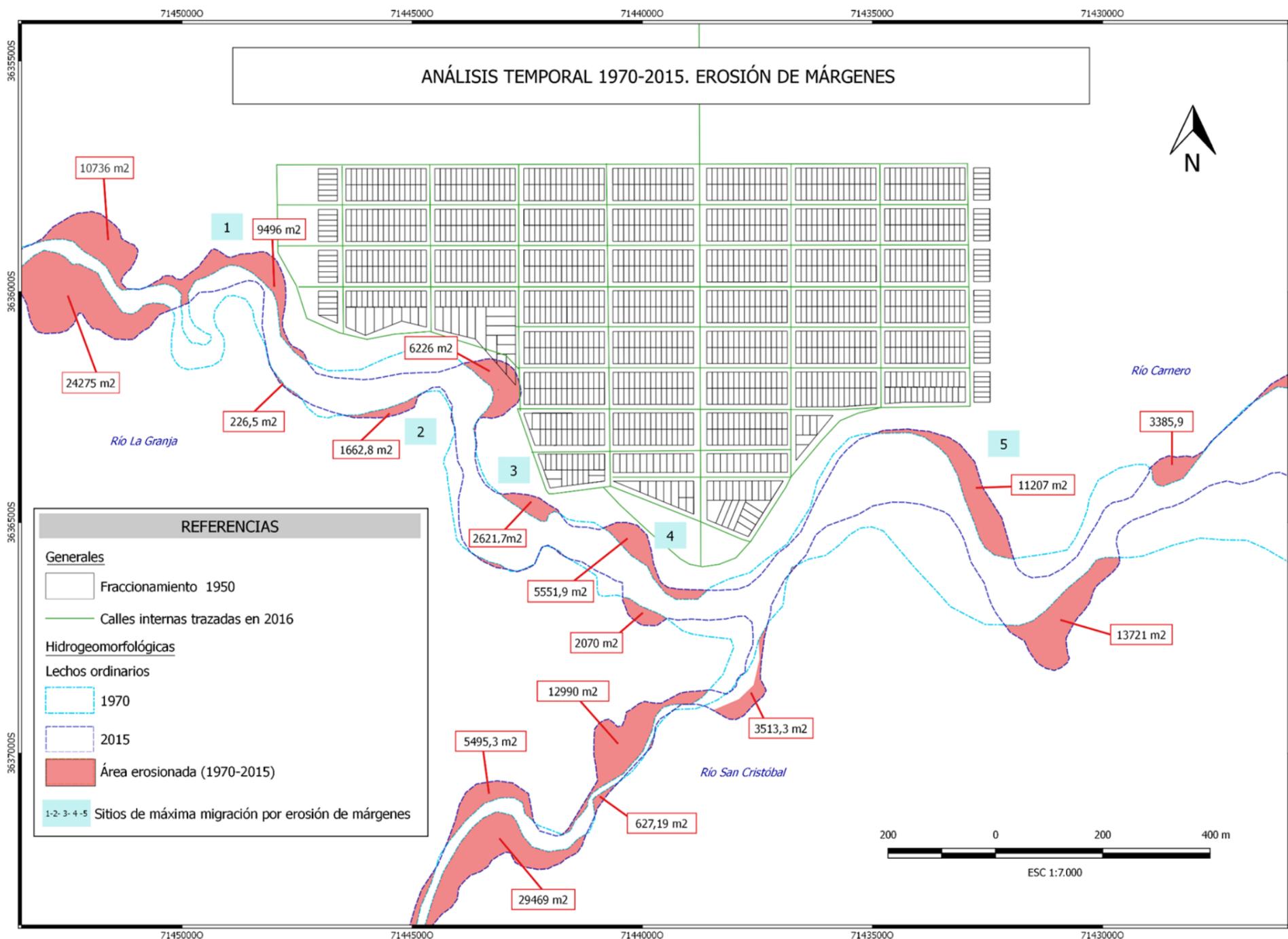


Figura 19. Áreas erosionadas por migración de cauce, periodo 1970-2015.

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 27 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

Con el propósito de evaluar la tendencia evolutiva del proceso y su probable acción potencial, se realizó un análisis temporal empleando fotografías aéreas escala aproximada 1:20.000 del año 1970 y a escala 1:50.000 del año 1987, completando con imagen satelital Quickbird del año 2015. Del análisis se desprenden las siguientes situaciones:

Situación 1

El lecho ordinario del río La Granja ha sufrido un estrangulamiento de meandro y a la vez migración de la curva externa en el sentido del flujo (margen norte), en una distancia del orden de los 47 m para el periodo 1970-2015 lo que representa un área de 9.496,0 m² (Figura 19).

El estrangulamiento ocurrió entre los años 1970 - 1987 y ha generado cambios en la hidrodinámica aguas arriba y abajo por aumento de la velocidad de la corriente. Esto significa en lo que respecta al área bajo análisis, un aumento progresivo en la migración de la curva en el sentido del flujo evidente en los 33 m erosionados desde entonces. (Figura 18).

Situación 2

En este sitio se da la situación más conflictiva. La curva externa del lecho ordinario (margen norte), ha migrado en el sentido del flujo una distancia de 52 m erosionando un área de 6.226,0 m² Considerando el parcelamiento aprobado en el año 1950, el avance del proceso erosivo afectó a tres de las parcelas proyectadas.

Sumado a esto agrava la situación de inestabilidad la evidencia en imagen satelital (2010) de una traza de desborde (Figura 12).

En el sector luego de la creciente del año 2015, por acción antrópica, se ha generado un acortamiento de meandro y se rellenó el margen parcialmente para la construcción del camino de sirga (Figura 20), no obstante es de esperar que ante la ocurrencia de crecidas severas, el curso tienda a su trazo original.

Situación 3 y 4

Siempre en el río La Granja, las situaciones 3 y 4 de la Figura 18 indican en el primer caso, una amplitud del lecho ordinario del orden de los 36 m y de 47 m en el segundo, con tendencia a la migración en el último caso.

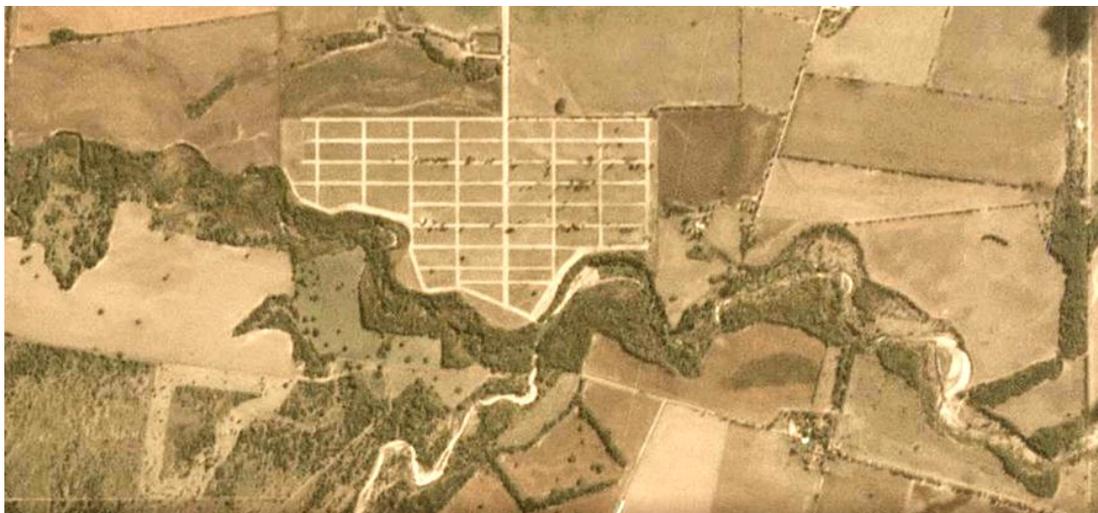
Situación 5

Se ubica luego de la confluencia de los ríos La Granja y San Cristóbal, en la primera curva externa que describe el río Carnero, se evidencia un cambio en la posición y amplitud del lecho ordinario por migración de la curva del orden de los 38 m (Figura 18).

En abril de 2018 el nivel de terraza inferior y niveles subcrecientes fueron nivelados, para ello se removió la vegetación natural y se modificó la dirección del canal de estiaje alejándolo de la margen externa colindante al área de emplazamiento.



Figura 20 Arriba relleno en margen externa. Imágenes Quickbird. Abajo acortamiento imágenes RapidEye-5. Planet Explorer



Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 29 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			



Figura 21. Arriba inicio de la limpieza y nivelación imagen satelital PlanetScope Resolución 3 m. Fecha de toma: 18-04-18.
 Abajo desvío del canal de estiaje.

Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 30 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

VII.- EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS

La zonificación de amenazas realizada se basa en las condiciones geomorfológicas de los ámbitos fluviales y el entorno hidrológico vinculado (aportes laterales), no considerando la recurrencia de los eventos hidrológicos que puedan ser causantes.

En consideración a esto y teniendo en cuenta el análisis de los datos obtenidos en gabinete y el correspondiente control de campo, se establece una escala de amenaza o peligrosidad. A partir de la información histórica y los datos de los relevamientos de campo se interpretaron las condiciones de migración del canal de los ríos La Granja y Carnero a fin de predecir el comportamiento y determinar las áreas en riesgo potencial por el de movimiento del lecho ordinario (canal).

Para su definición en el análisis temporal realizado se evaluó la magnitud de la erosión de márgenes y se definió un ancho prudente en base a la migración lateral del río y la erosionabilidad de los materiales.

El área de esta faja de seguridad, constituye una medida de precaución frente a los riesgos que conlleva la erosión en canales de alta energía que erosionan sus márgenes con avance significativo ante crecientes, como parte de su dinámica natural.

En las zonas consideradas se establecen restricciones de usos generales, que debieran tenerse en cuenta en las acciones de planificación.

ZONA DE BAJA AMENAZA

Comprende:

Los sectores más elevados del *Nivel de Terraza Superior Antiguo*, y parte de la *Planicie Aluvial Antigua* solo afectados por escorrentías locales temporarias de bajo potencial hidrológico por aporte pluvial.

Usos y restricciones generales:

- Obras de desagüe pluviales acordes a la situación hidrológica.

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 31 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>			

ZONA DE MODERADA AMENAZA

Comprende:

El trazo del paleocauce del río La Granja (A) ubicado en el cuadrante noreste del área bajo análisis que capta la escorrentía derivada de la planicie aluvial y de la acequia por aporte pluvial local. Incluye la traza del paleocauce (B) con actividad por aporte pluvial local y/o por probable desborde de bajo potencial hidrológico, ante la ocurrencia de crecidas extremas.

Usos y restricciones generales:

- Establecer obras de desagüe acordes a las condiciones hidrológicas (alcantarillados, canalización, etc.).
- De no realizarse las obras mencionadas se recomienda la no ocupación edilicia del sector que podría ser utilizado como espacio verde.

ZONA DE ALTA AMENAZA POR EROSIÓN ACTIVA Y POTENCIAL DE MÁRGENES

Comprende:

El entorno próximo de las márgenes abarrancadas de la *Faja Aluvial Activa* de los ríos La Granja y Carnero, afectada por erosión de márgenes con fuerte potencial de intensificación, favorecida por el diseño meandriforme y el carácter friable del material geológico que las compone. Se incluye a la vez el sitio de probable desborde en crecidas severas, hecho evidente en traza de clara definición geomorfológica en imagen satelital (2007 y 2010) y el corredor erosionable potencial.

Usos y restricciones generales:

En base al grado de amenaza potencial a que está expuesta la zona se debiera considerarse:

- Prohibición de emplazamiento de infraestructura urbana.
- Prohibición de implantación de vegetación arbórea de gran porte en las márgenes sujetas a erosión con el propósito de evitar caídas (desplomes). Esto ocasionaría variaciones en las condiciones de flujo que pueden generar situaciones conflictivas

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 32 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar</p>			

aguas arriba y abajo (endicamiento y aumento del pelo de crecida, cambios de dirección, etc.). Esto a más de afectar al entorno del área analizada aguas abajo en el caso de vados o puentes, puede significar embalses temporales y posterior ruptura por acumulación de resaca.

- En el sitio de probable desborde mediante estudios hidrológicos específicos, puede considerarse la posibilidad de realizar obras de mitigación que deriven la escorrentía, sin intervenir las márgenes y la traza del cauce.
- El sector debiera ser utilizado como área de actividades recreativas (esparcimiento, deportes, sitios naturales, etc.) que no impliquen la permanencia continua de personas.

ZONA DE MUY ALTA AMENAZA POR INUNDACIONES REPENTINAS

Comprende:

La faja fluvial activa que incluye el lecho ordinario y el nivel de terraza inferior reciente y subnivel en formación (T3). Afectada en forma parcial ante crecidas repentinas ordinarias y total en extremas, que involucran caudales significativos con alta capacidad de carga, competencia y fuerte poder destructivo.

Si bien el área analizada no se incluye en la zona, debe considerarse que en base a su proximidad, será utilizada frecuentemente como de uso recreativo.

Usos y restricciones generales:

- Prohibición de cualquier actividad que involucre la permanencia continua de personas.
- Prohibición de áreas de campamentismo.
- Prohibición de planes de forestación con especies de gran porte que ocupen el ámbito fluvial activo (lecho ordinario y nivel de terraza inferior) que obstaculicen el flujo y generen efecto retención y elevación del pelo de agua ante crecidas. Favoreciendo el proceso erosivo y/o probables desbordes.
- Prohibición de movimientos de tierras que signifiquen cambios sustanciales en la morfología del terreno y en la dinámica de las crecidas (nivelación, escalonamiento, taponamiento y relleno).
- Ante la severidad de las crecidas repentinas la zona debe necesariamente estar cubierta con Alerta Temprana.

Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 33 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La cuenca de recepción de alta montaña del río Carnero, conformada por las subcuencas de los ríos La Granja y San Cristóbal, tiene una alta tendencia natural a generar crecidas repentinas de magnitud. Esto en respuesta a la baja permeabilidad del sustrato geológico de rocas cristalinas y suelos residuales someros de rápida saturación, la fuerte energía del relieve y la baja protección hidrológica de la vegetación natural y la ocurrencia de lluvias intensas por efecto orográfico.

Si bien la alteración de la vegetación nativa en el sector de recepción de alta montaña por efectos de incendios y/o pastoreo, tiene algún grado de implicancia en el aumento de caudales, debe considerarse una causa secundaria ante la magnitud del condicionamiento natural.

Los datos históricos indican la ocurrencia de crecidas severas en un pasado reciente, cuando la alteración de la cubierta de vegetación nativa y el grado de ocupación urbana era menor. Por tal motivo es importante tener en cuenta que el fenómeno ocurrió en el pasado, lo hace en el presente y sin lugar a dudas lo hará en el futuro.

Por la proximidad del área analizada, con las fajas fluviales activas se debiera implementar un sistema de alerta temprana y planes de contingencia y acción ante eventos hidrológicos.

La evaluación hidrogeomorfológico realizada, permitió establecer cuatro zonas:

- Muy alta amenaza, afectada en forma parcial y/o total en crecidas ordinarios y severas por desborde del lecho ordinario con caudales de fuerte poder destructivo.
- Alta amenaza, afectada por procesos de erosión de márgenes, condicionado por el diseño meandriforme de los cauces y el carácter friable del material geológico que las compone (ríos La Granja y Carnero). El análisis temporal de la tendencia del proceso, indica una fuerte potencialidad, en particular ante la ocurrencia de crecidas severas.
- Moderada amenaza se encuentra afectada por aportes temporales de sistemas laterales (paleocauce A), por aporte pluvial local y/o por el probable desborde de bajo potencial hidrológico del curso en crecidas severas (paleocauce B).
- Baja amenaza , sólo es afectada por escorrentías locales por aporte pluvial.

En todos los casos debieran considerarse las restricciones generales de uso indicadas en el presente informe.

De implementarse medidas de mitigación para contrarrestar los efectos de la erosión. Se debe tener en cuenta que las obras de protección de márgenes estructurales, y rectificación de cauces que no respeten la sección requerida para los eventos de crecientes ordinarias e históricas, generan que se pierda el espacio de la faja fluvial en donde podía desbordar o migrar erosionando sus riveras libremente. Trasladando estos

Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 34 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>			

procesos aguas abajo y arriba, por lo cual toda intervención debe contemplar estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y geomorfológicos que permitan el adecuado dimensionamiento de medidas estructurales de control así como la zonificación y uso del suelo tanto aguas abajo como arriba del área actualmente analizada.

Si bien en el objetivo del estudio, el aspecto hidrogeológico no fue considerado, agentes de gestión local y estudios antecedentes, indican la presencia de un acuífero de importancia tanto por su calidad como por su caudal. esto plantea la necesidad de realizar estudios de base, que permitan implementar acciones adecuadas para su uso y preservación.

En cuanto al acuífero libre el loteo está situado aguas arriba de la captación subálvea que abastece al canal San Carlos, por lo cual se debiera prever la implementación de una planta de tratamiento de efluentes para evitar su contaminación.

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 35 de 47
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar</p>		

IX.- ANTECEDENTES CONSULTADOS

- AGENCIA CORDOBA D.A.T Y T.S.E.M. DIRECCIÓN DE AMBIENTE.(2003) Los Suelos. Provincia de Córdoba.
- BARBEITO, O., C. BELTRAMONE, S. AMBROSINO y F. FAYA (2002). Evaluación De la tendencia evolutiva del río Los Tártagos y amenazas asociadas. Actas del XIX Congreso Nacional del Agua. Villa Carlos Paz. Argentina. Agosto 2002.
- BARBEITO, O., A. RYDZEWSKI, P. CONTRERAS, F. MURACCIOLE Y N. RAPTÓPULOS (2013) Riesgo de inundación en la cuenca baja del río Carnero, Córdoba, Argentina. Casos: Tinoco y Rangel. Actas del XXIV. Congreso Nacional del Agua.
- BARBEITO, O y A. RYDZEWSKI (2015). Inundaciones y erosión de márgenes en la localidad de Jesús María. Córdoba. En: Segundo Encuentro interdisciplinario de investigadores en problemáticas ambientales de la Universidad Nacional de Córdoba. (EIDIPA).Formato Poster.
- BARBEITO, O.; S. AMBROSINO; C. BELTRAMONE Y D. TORRE (2003). Tendencia evolutiva de cursos fluviales del Norte de Córdoba. Segundo Foro Interdisciplinario de Ciencias Vinculadas al Ambiente y Calidad de Vida. San Fernando de Catamarca.
- CAPITANELLI, R. (1979). Geografía Física de Córdoba. Cap. III, Clima. Edit. Boldt. Rep. Argentina. Págs. 47-138
- GORDILLO, C.; LENCINAS, A. (1979). Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. II Simposio de Geología. República Argentina. Vol. V. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- INA – CRSA (2017). Estudio Geohidrológico del Río Guanusacate por su paso en el área urbana de Jesús María. Convenio Instituto Nacional del Agua y Municipalidad de Jesús María.
- IGN (1995) Carta topográfica Hoja Colonia Caroya 3163-19-2 Esc 1:50.000. levantamiento año 1969.
- LUTTI, R y otros. (1979). Geografía Física de Córdoba. Cap. Vegetación. Ed. Bolat. Bs. As.
- Piegays, H ,Darby,E . Mosselman, E and . Surian N. (2005) A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion..River research and applications, Vol 21: 773–789 (2005).

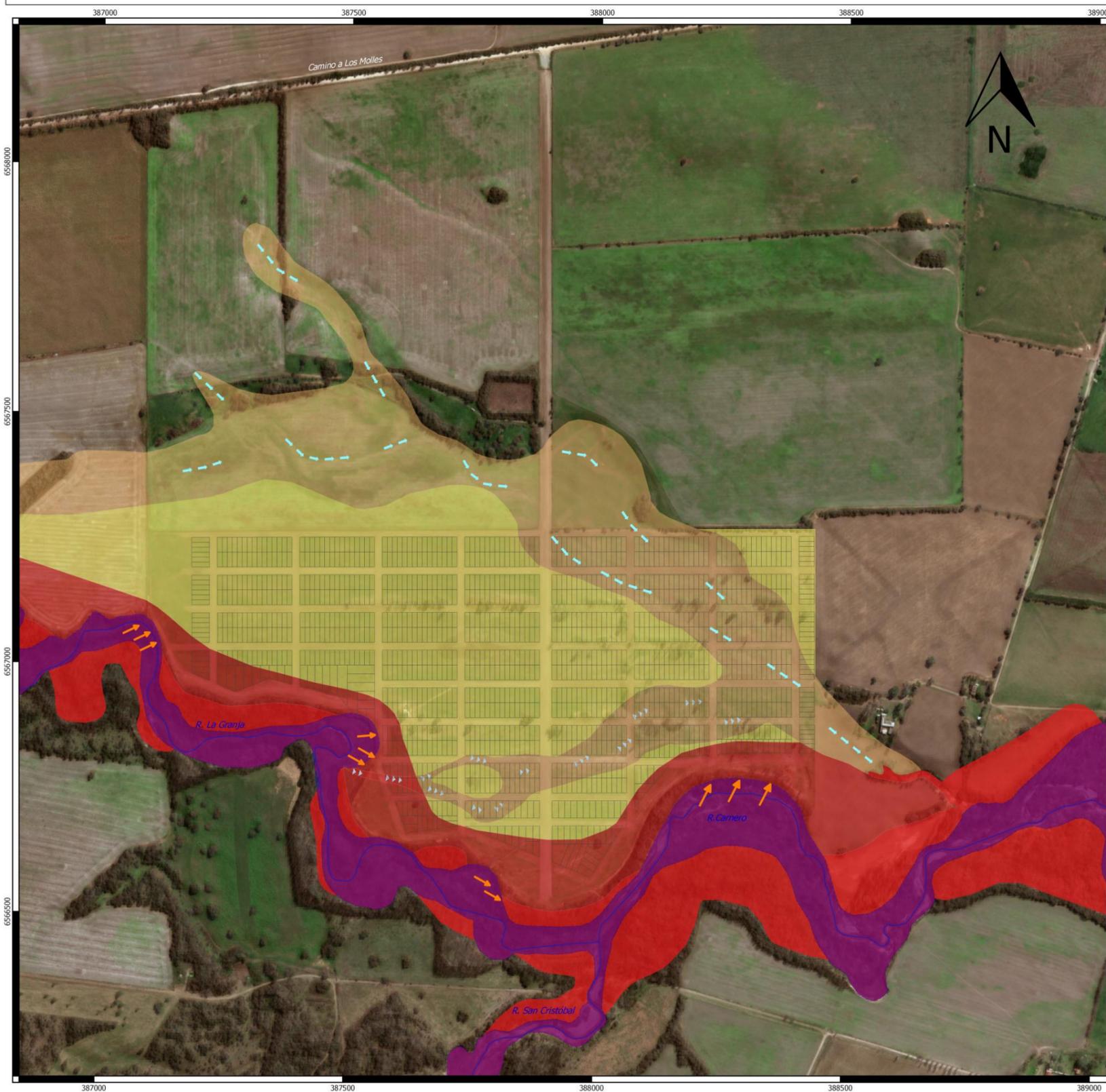
Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	00	Página 36 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

SEGEMAR (2001). Instituto de Geología y Recursos Minerales. Carta Geológica de la República Argentina. Hoja Jesús María 3163- I.

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 37 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

X.- ANEXO CARTAS

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 00	Página 38 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		



REFERENCIAS

MUY ALTA AMENAZA
Afectado por desbordamientos de fuerte poder destructivo con arrasamiento del nivel de terraza inferior. Incluye los lechos Ordinarios y niveles de terraza media e inferior.

A - Niveles de terraza medio e inferior
B - Lecho ordinario y canal de estiaje

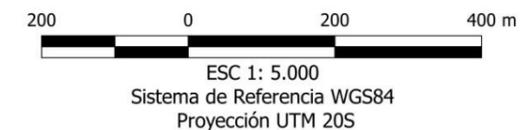
ALTA AMENAZA
Afectado por erosión de márgenes severa. Incluye corredor erosionable potencial y paleocauce sujeto a desbordamientos ante crecientes extremas.

👉👉 Sitios Críticos por erosión de márgenes severa
 🏠🏠 Desborde de bajo potencial hidrológico

MODERADA
Afectado por escorrentías temporales mantiformes y pseudoconcentradas derivadas de aporte pluvial local y/o por desborde. Comprende el paleocauce del Río La Grana e impronta de desborde.

👉👉 Escorrentías temporales
 🏠🏠 Desborde de bajo potencial hidrológico

BAJA
Sujeta a escorrentías locales temporarias de bajo potencial hidrológico por aporte pluvial.



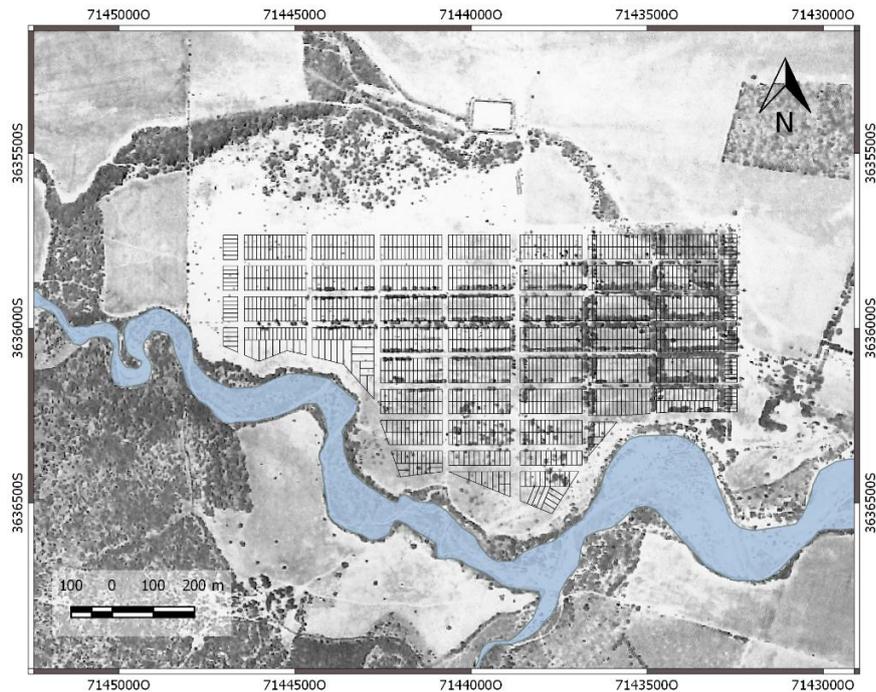
Fecha: 14-08-2018
 Director: Osvaldo Barbeito
 Equipo de Trabajo: Silvio Ambrosino, Ana L. Rydzewski, Mauro Lanfranco, David Moya y Sofia Paná.
 Cartografía y Sistemas de Información Geográfica : Ana Laura Rydzewski

Metadatos:
 Catastro de la Provincia de Córdoba.
 Instituto Geográfico Nacional.
 Imagen Quickbird 2015.

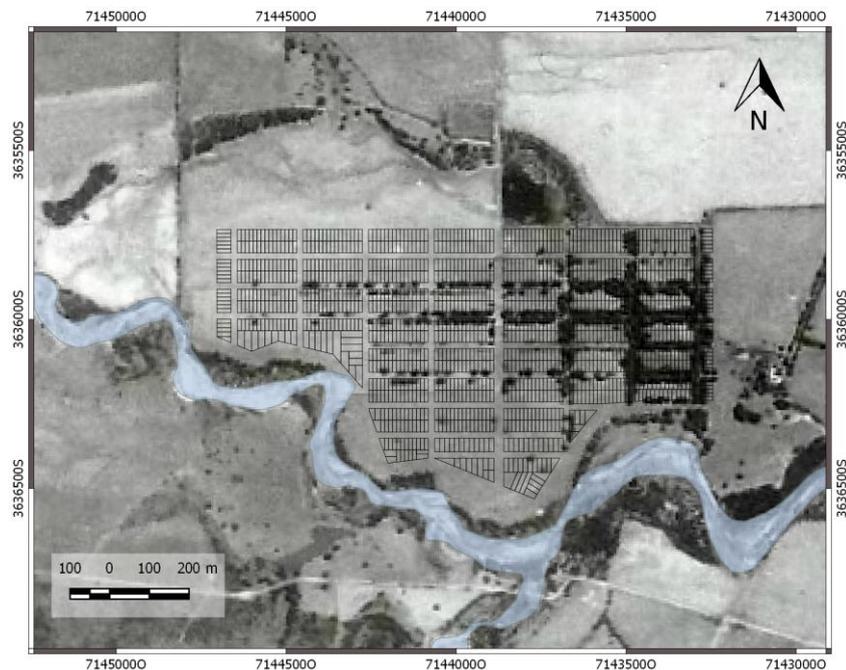
XI.- ANEXO IMAGENES

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 01	Página 40 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

Análisis temporal cambios en el cauce



Fotografía aérea año 1970. Esc 1:20.000



Fotografía aérea año 1987. Esc 1.50.000

Elaboró: Area Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 01	Página 41 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar		

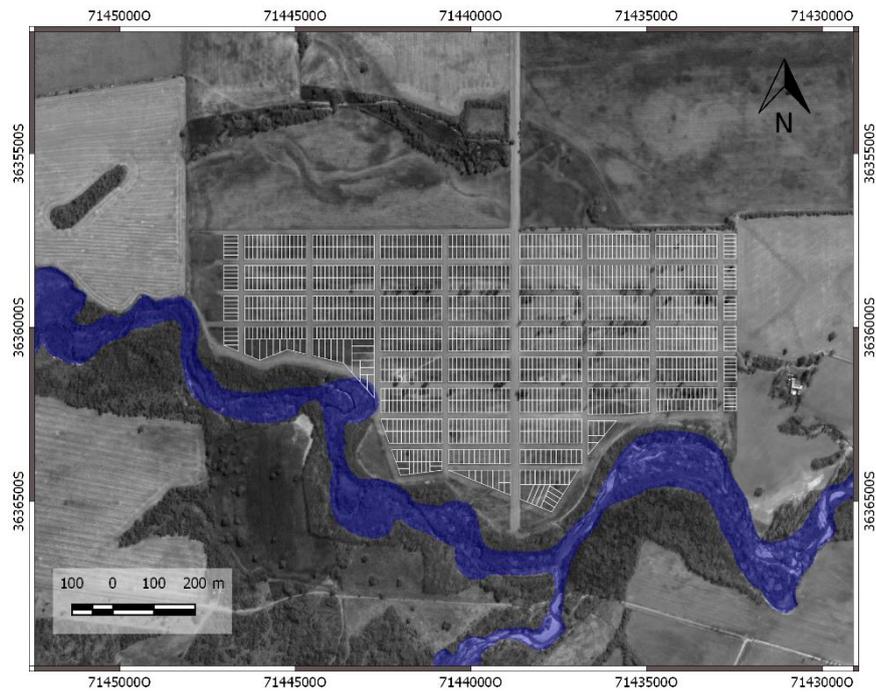
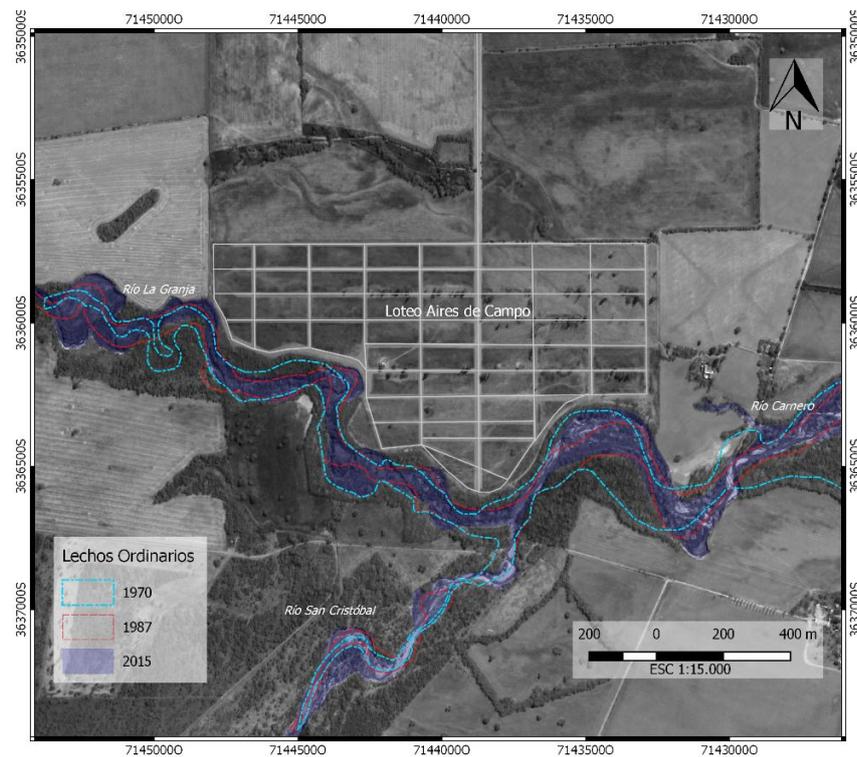


Imagen satelital 2015 Quickbird.



Elaboró: Área Geomorfología	Código: CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión: Agosto de 2018	
	Revisión: 01	Página 42 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

Acequia Camino a Los Molles



Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	01	Página 43 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			

Paleocauce río La Granja (A) cuadrante NO del loteo



Elaboró: Area Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00
	Emisión:	Agosto de 2018
	Revisión:	01
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		



Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	01	Página 45 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			

Límite norte de faja fluvial histórica, relieve de lomas



Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	01	Página 46 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			



Elaboró: Área Geomorfología	Código:	CRS-INA-CCY-IF-001-18-00	
	Emisión:	Agosto de 2018	
	Revisión:	01	Página 47 de 47
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar			