

Riesgo de inundación en la cuenca baja del río Carnero. Provincia de Córdoba.

Oswaldo .L. Barbeito, Florencia Muracciole, Natalia Raptópulos, Ana .L. Rydzewski.

INA- CIRSA; Facultad de Filosofía y Humanidades, Dto. de Geografía, Universidad Nacional de Córdoba; CONICET, UNC.

E-mail: coyabarbeito@gmail.com; nraptopulos@ina.gob.ar; flopy_muracciole@hotmail.com; chicheski@gmail.com

RESUMEN: La cuenca del río Carnero tiene desarrollo en la vertiente oriental tendida de la Sierra Chica, derramando en la llanura oriental de la Provincia de Córdoba, en donde en situaciones de caudales de base, se insume tras un corto recorrido (Barbeito et al., 2001). A partir de la década del 90, se produce una expansión de la frontera agrícola favorecida por el paulatino incremento de las precipitaciones, esto trajo aparejado la eliminación de gran parte del monte nativo y dio lugar a variaciones en el funcionamiento hidrológico de la cuenca. Este fenómeno queda evidenciado por el avance de los derrames del río Carnero en dirección Noreste, buscando su nivel de base histórico constituido por la laguna Mar Chiquita. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas, la escasa cubierta vegetal como, y la presencia de tormentas convectivas estivales, la cuenca del río Carnero presenta una alta tendencia a la generación de crecientes repentinas, quedando determinado un curso estable en la cuenca alta, e inestable y divagante aguas abajo. Esta situación ocasiona condiciones de inundabilidad, erosión y colmatación, que afectan a poblaciones rurales y áreas productivas agrícolas. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las situaciones de inestabilidad actuales y potenciales, con el fin de determinar zonas críticas a partir de un análisis hidrogeomorfológico y de vulnerabilidad del área de estudio.

INSTRUCCIONES GENERALES

El artículo debe estar escrito en español, dentro del espacio delimitado en una hoja A4 por márgenes de 2 cm por lado. El trabajo, incluyendo figuras, tablas y referencias debe tener una longitud mínima de 4 páginas y no más de 15 páginas. El tamaño del archivo a entregar no debe exceder los 6 MBytes.

El trabajo deberá estar escrito en cualquier procesador de texto (OpenOffice Writer, Microsoft Word, LibreOffice Writer, etc.), y el archivo a entregar tiene que ser de la extensión ODT (texto en formato OpenDocument), DOC (formato Microsoft Word 97-2003) o DOCX (formato Microsoft Word 2007 o más).

Al menos el primer autor del trabajo deberá ser un estudiante de grado o posgrado, o miembro de la comunidad científico-técnica vinculada a los recursos hídricos menor de 40 años.

No se requiere que el trabajo presentado sea original, puede haber sido publicado o presentado con anterioridad en eventos similares.

La cantidad de trabajos aceptados dependerá de la disponibilidad de espacios de presentación durante las jornadas del evento.

INTRODUCCIÓN

El río Carnero se origina por la confluencia de los ríos La Granja y San Cristóbal en la ladera oriental de las Sierras Chicas. Es un río de carácter semipermanente, y solo ante crecientes estivales discurre por la localidad de Colonia Caroya insumiéndose a la salida de la misma.

En el verano del año 1992 y 2001 se produjeron inundaciones que afectaron a las localidades de Tinoco y Rangel, ubicadas a 24 Km. de Colonia Caroya, las cuales fueron ocasionadas por el desborde del río Carnero, a la altura del desvío de la Ruta pavimentada que conduce a Jesús María (Figura 1). Las consecuencias directas de estos episodios fueron la inundación viviendas, campos y caminos cercanos, causando cuantiosas pérdidas económicas.

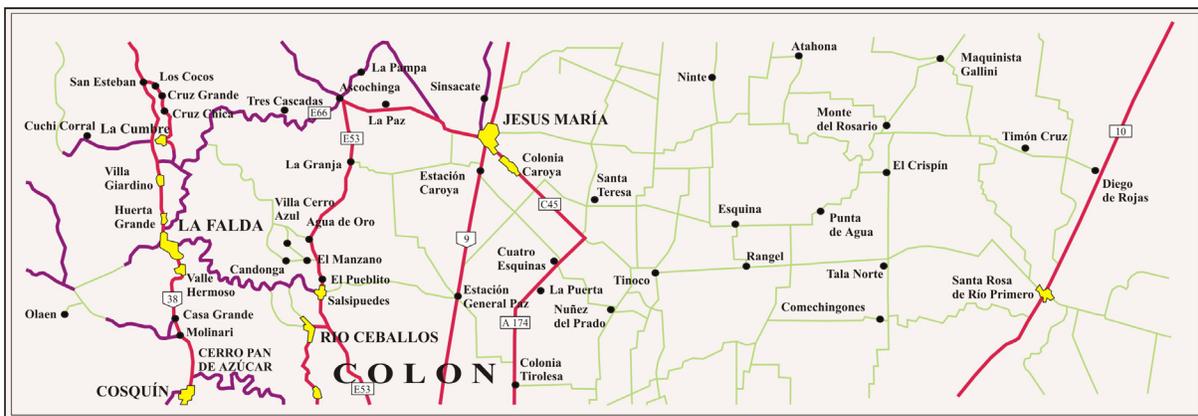


Figura 1.- Vías generales de acceso a la zona de estudio.

Este cambio de comportamiento, pone en evidencia una modificación en la relación infiltración-escorrentía, dando lugar a variaciones en el funcionamiento hidrológico de la Cuenca, con un avance de los derrames del río Carnero en dirección Noreste, buscando su nivel de base histórico, constituido por la laguna Mar Chiquita. En base a lo expuesto el presente trabajo tiene como objetivo evaluar las situaciones de riesgo de inundación en las localidades de Tinoco y Rangel con el fin de determinar zonas críticas en función del riesgo de inundabilidad a partir de un análisis hidrogeomorfológico de la cuenca, indagando las posibles causas que modificaron su comportamiento general.

Área de estudio: Características generales

La cuenca del río Carnero se desarrolla en los departamentos Colon y río Primero, ubicados, al Norte del departamento Capital de la provincia de Córdoba, Argentina (Figura 2).

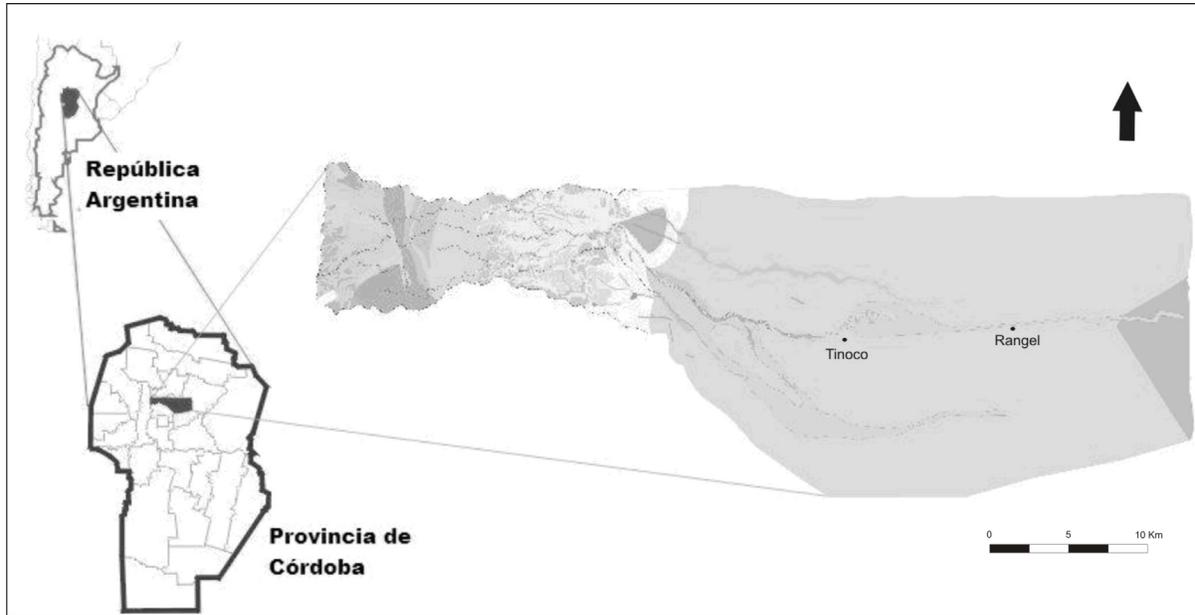


Figura 2.- Ubicación del Área de Estudio

El límite Norte de la Cuenca corresponde al paralelo $31^{\circ}00'$, el Este al meridiano $63^{\circ}30'$, el límite Oeste lo constituye el sector más elevado del escarpe de Punilla, ubicado a algunos kilómetros al Este del meridiano $64^{\circ}30'$. Finalmente, el límite Sur, sigue el rumbo del paralelo $31^{\circ}15'$. Su extensión abarca unos 80 kilómetros de Este a Oeste, un mínimo de 10 kilómetros de Norte a Sur en los sectores de Cuenca alta y piedemonte, y un máximo de 30 kilómetros en el ambiente de derrames de la llanura oriental.

La cuenca alta y el piedemonte proximal se desarrollan dentro de la pedanía san Vicente del departamento Colón, en donde el río atraviesa las localidades de Agua de Oro, La Granja, El Manzano y Villa Cerro Azul. El piedemonte distal se sitúa dentro de la pedanía Cañas perteneciente al mismo departamento y finalmente en el dominio geomorfológico de la llanura oriental el río se explaya por las pedanías Cañas y Constitución del departamento Colón, donde se ubican las localidades de Colonia Caroya y Tinoco. Finalmente y ante crecientes estivales discurre por las pedanías Esquina, Tala y Santa Rosa del departamento río Primero, allí los derrames afectan principalmente a la comuna de Rangel.

La cuenca del río Carnero se compone de dos subcuencas, la del río San Cristóbal abarca una superficie de 146 km² y la del río La Granja 134 km², mientras que el área desde la confluencia de dichas subcuencas, hasta el cierre, en la salida a la llanura, a la altura del trazo de la Ruta Nacional N° 9, abarca una superficie de 19 km², lo que suma un total de 299 km² para la cuenca.

A partir de los datos de cuencas con características fisiográficas y climáticas similares de la región, se estimó¹ un caudal máximo para la cuenca del río Carnero de 116,6 m³/seg con recurrencia cada 25 años.

Tinoco y Rangel

La consolidación urbana de las localidades de Tinoco y Rangel, se inicia en el año 1928 con el tendido de la línea del ferrocarril central norte argentino (F.C.C.N.A.), que vinculaba a la ciudad de Córdoba con la localidad de Santa Rosa del río Primero. Este ramal, cesa sus actividades en el año 1977.

Administrativamente, Tinoco es una comuna de dimensiones reducidas. Su traza urbana está compuesta por seis manzanas y una plaza central, alrededor de la cual se ubican las principales instituciones; una capilla construida en 1910; la sede comunal, un club social y una escuela rural denominada Bernardino Rivadavia. Según el relevamiento realizado durante el censo nacional de población 2001, Tinoco contaba con 92 hab., mientras que en 1991, se contabilizaron 90. El mayor incremento poblacional, se registró en el censo provincial del año 2008 con un total de 171 hab., sin embargo, cabe aclarar, que el mismo se debe a la ampliación del ejido comunal, y corresponde a población rural dispersa, es decir, la población urbana no mostró variaciones significativas y sigue rondando un total de 90 hab.

En cuanto a las características de Rangel, es un paraje que administrativamente depende de la comuna de La Esquina ubicada a 8 km de este poblado. Según las entrevistas realizadas para el presente estudio, viven actualmente 15 familias emplazadas en torno a la antigua estación de ferrocarril.

Con el cierre del ramal ferroviario, durante el gobierno de Martínez de Hoz, se inicia el retroceso demográfico y económico de esta localidad, ya que en ese momento, su población ascendía a más de 100 habitantes y contaba con una incipiente actividad comercial. Este hecho aún perdura en la memoria de sus habitantes, y es recordado como el inicio del declive y abandono del pueblo. En el relevamiento de campo, la familia Montagnino, nos mostró los planos del loteo proyectado para este pueblo que se iba a llamar “Santa Clara”. Este plano data del año 1929, y estipulaba la construcción de 48 manzanas, a ambos lados de la estación ferroviaria Rangel. Proyecto que nunca fue concretado, ni siquiera la denominación del pueblo, que finalmente es reconocido con el nombre de la estación.

Respecto a los servicios, existe una lucha histórica por concretar el abastecimiento de energía eléctrica, agua potable y servicios de salud. La provisión de agua potable, se realizaba mediante un tanque de agua con capacidad de 500 litros ubicado en la escuela, el cual por medio de una bomba a gasoil era llenado 2 o 3 veces por semana, para posteriormente distribuir el agua al resto de las familias. En el año 2009 la bomba del pozo, cayó al fondo de la perforación, por lo cual durante los años subsiguientes el agua fue abastecida por

¹ Para realizar dicha estimación, se elaboró un coeficiente (0,39) a partir de los datos de área y caudal máximo (con recurrencia de 25 años) de las cuencas Los Mistoles y Macha del Norte de la provincia de Córdoba en base a Curvas IDT (DiPAS, Aeropuerto Córdoba).

medio de camiones, enviados en una primera instancia, desde la localidad de Malvinas Argentinas y posteriormente desde la localidad de La Esquina.

Tras numerosos pedidos al gobernador de la provincia de Córdoba, y posteriormente al ministerio de obras públicas, en el mes de febrero de 2012 bajo el marco del plan provincial agua para todos, se concretó una nueva obra de perforación, sin embargo la misma aún se encuentra sin funcionar ya que la localidad no posee servicio de energía eléctrica y las bombas instaladas funcionan en base a este suministro.

Respecto al servicio de salud, existe una posta sanitaria que se encuentra en la comuna de La Esquina, consta con atención médica lunes y jueves y con servicio de enfermería todos los días. En caso de Emergencias hay que trasladarse a la ciudad de Jesús María que dista a 48 km. Por último, en cuanto al aspecto económico, ambas localidades se dedican principalmente a actividades agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información temática se obtuvo a partir de la integración de revisión bibliográfica, análisis de teledetección, fotointerpretación, y control de campo. Los análisis de fotointerpretación se centraron en caracterizar infraestructura, geomorfología, vegetación, hidrología, geología, estructura y usos de suelo con el fin de realizar una carta geomorfológica estableciendo las áreas de riesgo actuales y potenciales.

Para la caracterización socioeconómica se utilizaron fuentes primarias y secundarias: datos censales, entrevistas a informantes claves, habitantes de las localidades y noticias periodísticas. Finalmente con el fin de verificar la información analizada en gabinete se realizó un relevamiento de campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características hidrográficas y geomorfológicas

El río Carnero tiene una orientación general Noroeste-Sudeste, se origina por la confluencia de los ríos La Granja y San Cristóbal en la ladera oriental de las Sierras Chicas. Sus tributarios son además, innumerables arroyos y cursos de agua abastecidos por surgentes que se originan en la sierra. Es un río torrentoso, de características endorreicas con nivel de base en la laguna Mar chiquita.

El río La Granja tiene sus nacientes al norte del Tiu Mayo, a 1750 m. de altura y con este nombre se dirige hacia el sur; forma el dique Los Chorrillos y a la altura del paraje denominado La Dormida toma rumbo Noroeste-Sudeste, continuando así hasta unirse con el río Marengo, que nace a una altura próxima a los 1550 m. En las cercanías de la estancia Mi Sueño, a partir de su unión con el Tiu Mayo, dan origen finalmente al río La Granja (Barbeito et al., 2001).

El río San Cristóbal nace en el cerro El Cuadrado a una altura de 1500 m., y luego de pasar por distintas poblaciones como Candonga, Villa Cerro Azul, Agua de Oro y San Cristóbal, de las cuales va tomando sus

denominaciones, se une al río La Granja a la altura de la Estancia San Carlos, aproximadamente a 580 m.s.n.m., a partir de dicha confluencia recibe el nombre de río Carnero. (Bahill-Jarsun et al 1991)

En época de estiaje el río Carnero se insume poco antes de cruzar la Ruta Nacional N° 9; sin embargo, en el período estival y ante la ocurrencia de crecientes, discurre por 25 km. aproximadamente a lo largo de un cauce limitado por barrancas para finalmente explayarse, donde éstas terminan, en las cercanías de la localidad de Tinoco ocasionando graves daños en poblados y en áreas rurales (Barbeito et al., 2001). A lo largo de su recorrido, discurre a través de cuatro asociaciones geomorfológicas: vertiente oriental del macizo de la Sierra Chica, piedemonte proximal, piedemonte distal y finalmente en la Llanura oriental. (Figura 3).

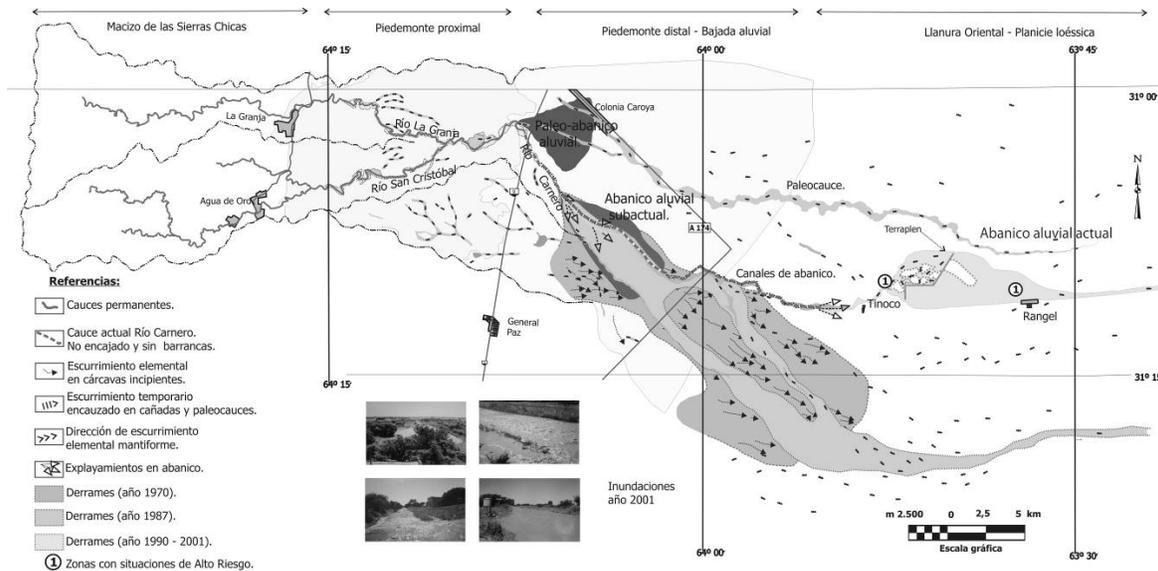


Figura 3: Características hidrográficas y geomorfológicas de la Cuenca Fuente: elaboración propia en base a Carta Geológica-Geomorfológica Cuenca del río Carnero autor: Briñon,F. (2005)

En el área de recepción de la Cuenca alta, 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. En este sector los valles poseen forma de V caracterizando una dinámica fluvial en donde predomina el arranque y transporte sobre la deposición.

El piedemonte proximal constituye una faja de transición entre el ambiente serrano y el de llanura. Cuando ingresa a este dominio, a causa del quiebre de pendiente, disminuye su capacidad de carga depositando los sedimentos transportados y generando la formación de abanicos aluviales. En lo concerniente al Piedemonte distal, éste se desarrolla desde los 540 m.s.n.m. hasta los 480 m.s.n.m. abarcando una distancia aproximada de 4 km. Se caracteriza por presentar una bajada aluvial tendida, de perfil transversal Norte-Sur ligeramente plano-convexo y de inclinación constante hacia el Este, la cual es derivada de la coalescencia de conos aluviales antiguos generados por el río Carnero al Sur y Jesús María al Norte, y constituidos por aportes sucesivos de detritos derivados del macizo de las sierras bajo condiciones climáticas antecedentes (Barbeito, 2001).

Por último al Este del Piedemonte distal se pasa en forma gradual al paisaje de la Llanura oriental, el cual se encuentra genéticamente vinculado a una planicie suavemente ondulada de carácter eólico, en donde el material geológico predominante corresponde a Loess con intercalación de materiales fluviales (Barbeito et al., 2004).

Unidades geomorfológicas vinculadas al aspecto hidrodinámico del río Carnero

- Abanico aluvial subactual: A partir del ápice, donde el río deja el sector de Piedemonte proximal, el río Carnero discurre 6 km. hacia el Sudeste encajado en sedimentos limo-arenosos y exhibiendo un avanzado desarrollo de barrancas a los lados del cauce. Luego, en los comienzos de la Llanura oriental, este patrón cesa (desaparición de las barrancas) evidenciando una disminución de pendiente, pérdida de capacidad de transporte y generación de explayamientos con diseño en abanico (Gerbaudo, 1999). En el presente, el abanico aluvial actual del río Carnero se ha desplazado 22 km. hacia el Este, explayándose en las cercanías de la localidad de Tinoco. No obstante, por lo reciente del fenómeno, aun no se observa un desarrollo conspicuo del cuerpo aluvial. (Briñón et al 2005).

- Cañada de San Antonio: a la salida del cono aluvial antiguo, se presenta un paleocauce bien definido denominado Cañada de San Antonio (también llamado, antiguo río Carnero en algunos parajes) el cual se extiende por 31 km. a lo largo de la planicie loésica antes de perder definición. De un análisis de patrones en imágenes satelitales, se desprende la alta probabilidad de que dicho paleocauce constituía el colector principal generado a partir de la confluencia de los ríos Carnero y Jesús María, circunstancia que explicaría tanto su magnitud, como las características que denotan una evolución geológica reciente (Barbeito et al., 2001).

- Bajo amplio plano-cóncavo (Eje actual de avenamiento y conducción de excedentes fluviales): constituido por un bajo marcado plano-cóncavo al Sur de la Cañada de San Antonio con desarrollo general paralelo a ésta última (Briñón 2005).

- Áreas de derrame: En los sectores donde el río pierde su capacidad de transporte, ya sea por disminución en la pendiente, por desaparición de las barrancas a los lados del cauce o por variaciones climáticas; se producen explayamientos y deposición concomitante de sedimentos fluviales. Una vez superado el poblado de Tinoco, los derrames, en forma de flujo mantiforme, ingresan en el remanente de vegetación autóctona que se encuentra al Noreste de dicha localidad (Briñón 2005).

Intensificación y modificación de los usos de suelo en la Cuenca

A partir de la década del 90, se produce una expansión de la frontera agrícola favorecida por el paulatino incremento de las precipitaciones². En la provincia de Córdoba el porcentaje de superficie implantada con

² “En la Provincia de Córdoba, la mayoría de los estudios sobre variaciones observadas en el clima se han realizado en los últimos 20 años, dando como resultado cambios importantes en las variables climáticas analizadas. En la región Norte de la Provincia, la distribución estacional de las lluvias presenta una concentración en la estación más cálida

oleaginosas (soja) aumentó de 20,86% a 34,07% en el periodo intercensal (CNA 1988-2002), y la superficie implantada con cereales pasó de 20,86 a 29,64% en el mismo periodo, acompañado por el crecimiento del tamaño promedio de las EAPs (Explotaciones Agropecuarias), de 336,3 a 471,1 hectáreas (Lazzarini 2004). La expansión agrícola, se ha producido en mayor medida en la zona extrapampeana y el desmonte ha sido una de las consecuencias directas de este proceso de expansión agraria. Según el relevamiento realizado por la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, para el año 2002, la superficie ocupada por bosque nativo era solo de 979.075 ha, en su mayoría fragmentado, formando islas que no superan las 10.000 ha, con excepción de un fragmento de bosque que ocupa 70.000 ha y se encuentra próximo a las Salinas Grandes y dos fragmentos de aproximadamente 20.000 ha al Norte de las localidades de Tulumba y de Villa de María (Bono.J, Parmuchi. M et al, 2004).

En las llanuras del Norte y el Oeste de la Provincia, para el año 2004 quedaba sólo un 15 % del bosque denso original, o similar al original, mientras que el 42 % se había transformado a matorrales o bosques más bajos y abiertos, y el 43 % se había convertido a cultivos. Estas tendencias se acentuaron más aún hacia el año 2010 (Hoyos 2011). En el Centro y Sur de Córdoba, prácticamente no quedan relictos de los antiguos bosques de algarrobo y caldén, que han sido reemplazados casi en su totalidad por cultivos (ANP 2004, Zak 2008). En las sierras, una alta proporción de los bosques densos originales también fue reemplazada por matorrales, pastizales y zonas urbanas (Gavier y Bucher 2004, Tamburini y Kufner 2006, 2008, Cingolani et al. 2008, Giorgis et al. 2011).

A nivel particular en el periodo 1998 – 2002 en los departamentos comprendidos por la cuenca del Rio Carnero se deforestaron 174 Ha en el departamento Colón y 12.280 Ha en el departamento Rio Primero. Cabe aclarar que el mayor desarrollo de la cuenca se encuentra en el departamento Colón, si bien la deforestación ha sido menor, la principal dinámica identificada es el aumento de la superficie urbanizada, por lo cual será analizada a continuación.

Durante el período intercensal 1980-2010, este departamento, ha sido el de mayor crecimiento demográfico de la Provincia, lo cual se explica por la modalidad de expansión urbana de la ciudad de Córdoba, cuyo corredor Noroeste penetra en el sector Sur del Departamento Colón, generando una conurbación de ciudades dormitorio funcionalmente vinculadas a la Capital. Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, contabilizó una población de 224.487 hab., con una superficie de 2.588 kilómetros cuadrados, la densidad de población resultante fue de 86,8 hab./Km². Comparando este dato con la provincia de Córdoba (20 hab/Km²), mostró un nivel de ocupación de su territorio superior a la media provincial. Además la población relevada para el año 2010, representa el 6,79% de la población total de la provincia.

(régimen monzónico) con una tendencia creciente en cuanto al volumen de precipitaciones, que generó en la zona niveles récord en lo referente a superficie sembrada y rendimiento de granos” (Briñón, 2005:27)

Analizando la evolución demográfica del Departamento, se observa que el período intercensal 1991-2001, fue el de mayor crecimiento poblacional con un 36,4% (Tabla 1), siendo además, la mayor variación registrada respecto de todos los departamentos de la provincia.

Como se puede observar en la tabla 1, los valores de crecimiento máximos, se registran a partir del período 1970-1980, en rangos de valores cercanos al 30%, por lo cual, se puede concluir que es una tendencia que presenta continuidad temporal.

Tabla N° 1: Departamento Colon Población total, variación intercensal, densidad y participación en la población provincial. Años 1947-2001

Año	Población total	Variación absoluta	Variación relativa %	Densidad hab. por Km2	Participación en población provincial %
1947	43412	-	-	16,8	2,9
1960	55191	11779	27,1	21,3	3,1
1970	40961	15770	28,6	27,4	3,4
1980	95422	24461	34,5	36,9	4,0
1991	125402	29980	31,4	48,5	4,5
2001	171067	45665	36,4	66,1	5,6
2008	208244	37177	21,73	80,5	6,42
2010(*)	224487	16243	7,8	86,8	6,79

(*) En el periodo 2001-2010 la variación intercensal relativa fue de un 31,23%

Fuente: Elaboración propia en base a Censos Provinciales y nacionales de Población. Dir. Gral. De Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba.

En lo que respecta a las localidades pertenecientes a este departamento y que forman parte del área de estudio, Colonia Caroya, es la que experimento mayor crecimiento poblacional y urbano, bajo la modalidad de residencias permanentes (tablas 2 y 3). Si bien no está conurbada con la capital, pertenece a la región metropolitana Córdoba y una gran proporción de sus habitantes realiza sus actividades laborales en Capital de la provincia, y en la cabecera departamental Jesús María, colindante a ella.

Tabla 2: Variación Poblacional de las localidades de la cuenca.

Localidad	Dpto	Censos Año			variación absoluta		variación relativa %	
		1991	2001	2008	1991-2001	2001-2008	1991-2001	2001-2008
La Granja	Colón	1.208	1.936	2.911	728	975	60,26	50,36
Agua de Oro	Colón	923	1.553	2.061	630	508	68,26	32,71
Colonia Caroya	Colón	9.294	13.806	19.667	4512	5.861	48,55	42,45
Villa Cerro Azul	Colón	119	190	220	71	30	59,66	15,79
Tinoco(*)	Colón	90	92	171	2	79	2,22	85,87
La esquina (**)	Río Primero	262	201	320	-61	119	- 23.3	59

(*) El crecimiento poblacional se debe a la ampliación del ejido comunal durante el censo provincial 2008. Corresponde a población rural dispersa (**) Rangel es un caserío que depende de la comuna La esquina y también amplió su ejido comunal.

Fuente: Elaboración propia en base a Censos Provinciales y nacionales de Población. Dir .Gral. De Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba

Tabla 3: Cantidad de viviendas

Viviendas				Condiciones de ocupación censo 2008								
Localidad	Total		Variación Absoluta	%	Ocupadas por hogares	Comercio/oficina/consultorio.	En alquiler o venta	En construcción	Se usa para vacaciones o fin de semana	Cerrada por motivos desconocidos	Esta abandonada	Personas están temporalmente ausentes
	2001	2008										
La Granja	1035	1.723	688	66,47	922	7	21	87	574	49	27	36
Agua de Oro	939	1.379	440	46,86	670	7	27	68	488	47	33	39
Colonia Caroya	4099	6.349	2.250	54,89	5.505	63	89	275	58	124	76	159
Villa Cerro Azul	265	327	62	23,40	80	0	2	15	211	11	7	1
Tinoco	41	171	130	317,07	132	0	1	0	3	14	11	10
La esquina	65	127	62	95.4	99	3	1	1	2	4	12	5

Fuente: Elaboración propia en base a Censos Provinciales y nacionales de Población. Dir .Gral. De Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba.

En el resto de las localidades que integran la cuenca (tabla 2), los crecimientos poblacionales más elevados se concentraron en las localidades de La Granja, y Agua de Oro, con una variación relativa promedio para el periodo intercensal 1991-2001 cercana al 50%. Respecto al crecimiento urbano, estas localidades presentan el mayor incremento del número de viviendas respecto al censo 2001. En base al análisis de las condiciones de ocupación para el censo provincial 2008, se concluye que dicho crecimiento urbano está constituido mayoritariamente por edificaciones destinadas a casas de veraneo y fin de semana. Además teniendo en cuenta las viviendas que estaban en construcción al momento del censo, se verifica que esta tendencia presenta continuidad temporal. (Tabla 3)

Respecto a los estudios de caso; Tinoco y Rangel, como se mencionó anteriormente no presentan variaciones poblacionales o crecimiento significativo de su trama urbana.

Inundaciones históricas

En los veranos de los años 1989, 1992 y 2001 se produjeron inundaciones que afectaron a las localidades de Tinoco y Rangel como consecuencia del desborde del río Carnero a 8 kilómetros del desvío de la Ruta que conduce a Jesús María.

Como se explicó en apartados precedentes, este proceso se debe a los explayamientos del río Carnero cuando el mismo sobrepasa la zona de barrancos que encausan su corriente a 6 km. de la finalización del dominio de piedemonte proximal. En este sector por la disminución de pendiente se genera una pérdida de capacidad de transporte, originando explayamientos con diseño en abanico que constituyen el Abanico aluvial Subactual. En el presente esta dinámica se ha desplazado 22 km. hacia el Este, hasta las cercanías de la localidad de Tinoco, en donde explaya y desarrolla el abanico aluvial actual (Figura 3). Una vez superado el poblado de Tinoco, los derrames, en forma de flujo mantiforme, ingresan en el remanente de vegetación autóctona que se encuentra al Noroeste de dicha localidad. En décadas anteriores, los excedentes hídricos se infiltraban en su totalidad dentro del relicto, pero en la actualidad, debido al desmonte indiscriminado y al aumento de las precipitaciones, los derrames superan este obstáculo y se dirigen con rumbo Sudeste-Este (Figura 4).



Figura 4 :Imagen Landsat-5-TM 16 enero de 1992 donde se observan los explayamientos del río Carnero. (Path 229 Row 82 escena p229r082_5x19920117) Fuente: <http://changematters.esri.com/>.

De acuerdo a los registros históricos, en los derrames de los años 1989 y 1992, se inundó el cementerio de Tinoco, y el flujo de agua se dirigió por la principal vía de acceso al pueblo anegándolo. Con posterioridad a estos eventos, se construyeron vados puentes (o alcantarillas) sobre el camino a Tinoco para encausar los desbordes (Figura 5). Sumado a estas obras, productores locales, en el año 1996, construyeron bordos (defensas o terraplenes) alrededor del relicto de monte nativo, para proteger de las inundaciones a los terrenos cultivados.



Figura 5: Vados puentes realizados para mitigar los efectos de las inundaciones y zona de contacto de usos de suelo agrícola con relicto de bosque nativo

Estas defensas, se realizaron sin la dirección técnica apropiada. A causa de ellas, en la creciente acaecida durante el año 2001, los excedentes hídricos fueron canalizados hacia el Norte y terminaron explayándose a 300mts al final de la defensa (Cañada de San Antonio). Si bien, el paleocauce del río Carnero se encontraba muy próximo a los derrames, el flujo no se dirigió en este sentido y se encamino hacia el Sureste. Este fenómeno ocurrió debido a que la Cañada de San Antonio se sitúa en un sector de interfluvio de relieve positivo, plano – convexo. En consecuencia, los excedentes se derramaron en toda la zona indicada en la Figura 6, tomando direcciones preferenciales (caminos) cuando los caudales eran menores, o inundando los campos en forma areal cuando eran mayores.

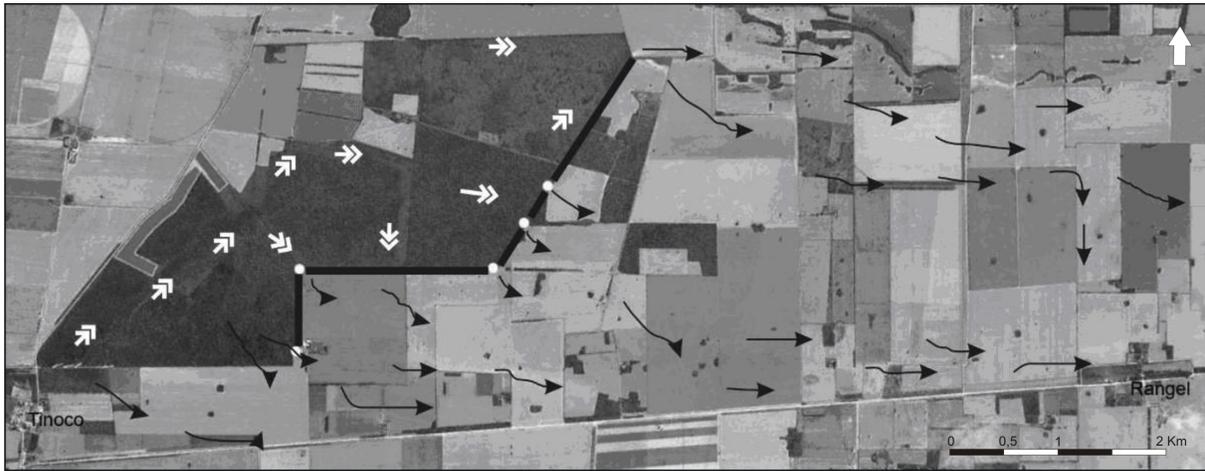


Figura 6: Escorrentamiento mantiforme en la zona de derrame actual, la línea negra señala los bordos (terraplenes), y en blanco sus puntos de rotura durante la crecida del año 2001.

En este evento, se observaron roturas de los terraplenes en sectores donde la fuerza hidráulica de los flujos era elevada, y procesos de colmatación, sedimentación y situaciones de erosión incipiente en surcos, en donde los flujos cortan el camino (Briñón, 2005).

Respecto a los daños producidos por la inundación de 2001, se puede concluir que si bien, el cementerio no fue afectado, quedó en evidencia, la ineficacia de las obras realizadas para mitigar los impactos de las crecientes estivales, ya que el agua se dirigió a la localidad de Rangel generando la inundación viviendas, campos y caminos cercanos. Este evento causó cuantiosas pérdidas económicas y dejó aislada a la población de Rangel por varios días ante la intransitabilidad de los caminos.(Fig N° 7). Se estima que, 40 mil hectáreas estuvieron bajo el agua, ya que al desborde del río Carnero se sumaron los ocasionados por los ríos Jesús María y Primero.



Figura 7: Fotografías de la inundación registrada en el año 2001. A la izquierda se observa el camino de acceso a Rangel totalmente anegado y a la derecha campos inundados.

CONCLUSIONES

El río Carnero, en el tramo estudiado, presenta características hidrogeomorfológicas que definen un importante grado de inestabilidad fluvial ante la ocurrencia de crecientes repentinas. En base a la evolución de la cuenca, Tinoco y Rangel enfrentan un grado de amenaza alta ante crecidas ordinarias, y severas ante la ocurrencia de crecidas extremas, cuyos efectos se ven agudizados por las condiciones socioeconómicas y déficits estructurales de estos poblados.

Las obras de canalizaciones, obras viales y terraplenes realizados con el fin de mitigar los impactos, en realidad favorecieron que los excedentes hídricos adoptaran una dirección de flujo preexistente ocasionando la situación actual de derrame en las proximidades de la localidad de Tinoco.

A modo de cierre, podemos enunciar que crecientes de gran magnitud han ocurrido en el pasado, y es esperable que ocurran en el futuro, por lo tanto es necesario generar un plan de manejo integral de la cuenca que contemple las áreas de riesgo identificadas, con el fin de prever los daños asociados a este tipo de eventos.

REFERENCIAS

- Agencia Córdoba Ambiente.(2004). *Áreas Naturales Protegidas. Provincia de Córdoba*. Agencia Córdoba Ambiente, Gobierno de Córdoba, Ediciones del Copista, Córdoba, Argentina. 121 pp
- Bahill-Jarsun A., Bosnero. H, et al. (1991). *Estudio de los suelos de los distritos de riego de las colonias Caroya, Vicente Agüero, La Cotita y Elena*. Consejo federal de inversiones, dirección de proyectos de infraestructura y servicios, provincia de Cba, subsecretaría de gestión ambiental. Ejecución INTA-centro regional Cba. E:E:A Manfredi.
- Barbeito, O, Ambrosino S., et al. (2001). *Análisis hidrogeomorfológico de la cuenca del río Carnero y los derrames asociados*. Informe DIPAS.
- Barbeito, O. (2004). *Estudio fotogeomorfologico de la tendencia evolutiva de los derrames de Sistema de los arroyos Los Mistoles, Macha y Simbolar desde el camino Cañada de Luque-Capilla de Siton, a la Laguna de Mar Chiquita*. Informe inédito. Consorcio de Conservación de Aguas y suelos Los Mistoles
- Bono,J, Parmuchi. M., et al . (2004). *Mapa forestal de la provincia de córdoba, actualización al año 2002*. Dirección de Bosques, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Briñon, G. (2005). *Estudio geomorfológico del río Carnero, provincia de Córdoba: cuenca alta Piedemonte y evolución de sus derrames en la llanura oriental desde el año 1970 hasta el 2001*. Trabajo final de geología FCEFYN UNC.
- Cingolani A.M., Renison D. et al. (2008). *Predicting cover types in a mountain range with long evolutionary grazing history: a GIS approach*. Journal of Biogeography 35:538-551
- Gavier G.I. & Bucher E.H. (2004). *Deforestación de las Sierras Chicas de Córdoba Argentina en el periodo 1970-1997*. Academia Nacional de Ciencias. Miscelánea N° 101
- Gerbaudo S. (1999). *Estudio geológico ambiental destinado a la selección de áreas aptas para disponer residuos sólidos urbanos en jurisdicción de Colonia Caroya, Córdoba*. Trabajo Final de Geología FCEFYN. UNC
- Giorgis M.A., Cabido M. et al (2011). *Caracterización florística y estructural del Bosque Chaqueño Serrano*. Editado por Editorial Académica Española (EAE).
- Hoyos L.E. (2011). *Factores relacionados a la deforestación en bosques del chaco seco de la Provincia de Córdoba*. Tesis Doctoral. FCEFYN. UNC.
- Lazzarini., A. (2004). *Avances en el análisis del CNA 2002 y su comparación con el CNA 1988*. Documento de

difusión sistematización y análisis del censo nacional agropecuario 2002. Instituto de Economía y Sociología. INTA BA AS.

Tamburini D.M. & Kufner M.B. (2006). *Procesos ecológicos y sociales de ocupación del espacio en la Sierra Chica de Córdoba, Argentina*. *Gestión Ambiental* 12: 41-54.

Tamburini D.M. & Kufner M.B. (2008). *Caracterización ambiental y ordenamiento de la vertiente oriental de la Sierra Chica (Córdoba, Argentina) para planificación sustentable*. S/d.

Zak, M.R. (2008). *Patrones espaciales de la vegetación de la Provincia de Córdoba*. Tesis Doctoral, FCEFYN, UNC.