

## INTEGRACIÓN DE CUENCAS DE DRENAJE EN ÁREAS DE LLANURA DURANTE LA ÚLTIMA CENTURIA. EL CASO DEL ARROYO LAS LAJAS, CÓRDOBA, ARGENTINA

Nelso Doffo; Susana Degiovanni y Mónica Villegas

Dpto. de Geología - Fac. Cs. Exac. Fco.-Qcas. y Nat. - Universidad Nacional de Río Cuarto - Ruta Nac. 36 - Km. 601 / (CP X5804BYA). Río Cuarto, Córdoba, Argentina.  
ndoffo@exa.unrc.edu.ar

### RESUMEN

En la última centuria, la integración de cuencas serranas con otras de llanura tuvo fuertes implicancias ambientales. En este trabajo se analiza la evolución morfohidrológica del arroyo Las Lajas (procesos-causas-tendencias), utilizando indicadores morfológicos-morfométricos del canal y valle, extraídos de cartografía de diferentes años y relevamiento actual. A principios del siglo XX, el arroyo, con nacientes serrana, semipermanente, descargaba en una depresión periserrana, integrándose al arroyo Santa Catalina durante la década del 50. Por retroceso y coalescencia de cabeceras de canales efímeros y discontinuos, evolucionó de régimen semipermanente-endorreico, con predominio de inundación-sedimentación, a permanente-exorreico (régimen dominante) donde prevalece la erosión-transporte. La migración de cabeceras se asocia a ciclos húmedos (1953-1968, 1972-actualidad) y canalizaciones. La longitud de canal, profundidad del valle, desbordes y cabeceras de retroceso, resultaron indicadores sensibles de los procesos de ajuste. Las obras de mitigación controlan los procesos naturales, reduciendo el peligro de erosión y estabilizando el canal.

**Palabras clave:** arroyos, integración, evolución.

### ABSTRACT

Integration between mountain and plain basins had strong environmental consequences in the last century. This paper analyses morphohydrological evolution of Las Lajas stream (processes-cause-tendency) by using morphological and morphometric indicators for channel and valley obtained from old cartography and present surveys. In early XX century, the stream began in the mountains, was semipermanent, and ended in a depressed area. In 50's decade, it joined Santa Catalina stream, by backward erosion and coalescence of multiple headcuts of ephemeral and discontinuous courses. The stream evolved from semipermanent and endoreic regime with flooding-sedimentation processes to permanent-exoreic regime with transport processes. Headcuts migrations are related to humid periods (1953-1968, 1972- present time) and channelizations. Channel length, valley depth, flooding, and backward headcuts were most sensitive indicators. Control structures control adjustment process by stabilizing the stream and reducing erosion hazard.

**Keywords:** stream, integration, evolution.

## INTRODUCCIÓN

Es conocida la respuesta que manifiestan los sistemas naturales a cambios ambientales, ya sean naturales o antrópicos. Entre ellos, los sistemas fluviales, principalmente los canales aluviales, suelen experimentar diferentes procesos de ajuste debido a modificaciones en sus variables de control, como caudal, cantidad y tipo de sedimentos y gradiente. Estas alteraciones inciden sobre la geometría de la sección transversal, perfil longitudinal y patrón del canal, por lo que estos parámetros morfológicos resultan diagnósticos de cambios en la dinámica del canal (erosión o agradación). El modo con que un canal responde a cambios en sus variables de control no es uniforme y depende de su sensibilidad, concebida por Downs y Gregory (1993) como la relación entre fuerzas de perturbación versus fuerzas de resistencia. Así, se pueden diferenciar tramos con distinto comportamiento morfodinámico y consecuentemente diferentes grados de estabilidad. (Schumm, 1969, 1977, 2005; Gregory, 2006; Macklin y Lewin, 2008).

En el Sur de la provincia de Córdoba son numerosas las contribuciones que abordan distintos aspectos morfodinámicos de los cursos de la región, todos ellos en vías de ajuste, y los problemas ambientales que de ellos se derivan (Blarasin et al., 1994; Degiovanni et. al., 2005; Degiovanni, 2008). En particular, los ajustes experimentados por el arroyo Las Lajas, durante la segunda mitad del siglo XX, han traído consecuencias nocivas para la infraestructura instalada, al destruir dos puentes carreteros y uno ferroviario, aislar importantes sectores rurales, sepultar con sedimentos suelos productivos en su cuenca baja y contribuir a la colmatación de la depresión de Tigre Muerto, área receptora de carácter regional (Doffo, 2007).

Los cambios operados presentan una marcada variabilidad en espacio y tiempo, dependiendo no sólo de la posición en la cuenca, sino del contexto geológico-geomorfológico, régimen climático y actividades humanas. En este trabajo se trata de reconstruir la evolución morfohidrológica y la integración de la red de drenaje de la cuenca del arroyo Las Lajas durante la última centuria y caracterizar los procesos de ajuste, sus causas y tendencias.

### Características generales del área de estudio

El área de estudio se sitúa en el Dpto. Río Cuarto, al Sudeste de la provincia de Córdoba, y comprende el tramo extraserrano de la cuenca del arroyo Las Lajas

(540 km<sup>2</sup>), afluente del arroyo Santa Catalina, que desagua en los Bañados del Tigre Muerto (Figura 1).

El clima de la región es Mesotermal Subhúmedo-Húmedo, con temperaturas medias del orden de 16,5 °C y precipitaciones medias anuales que varían desde 939,4 mm, en proximidades de las sierras a 856,3 mm hacia el SE, en todos los casos concentradas en primavera-verano (75-80 %). Las precipitaciones muestran una tendencia lineal de carácter ascendente desde el año 1972, muy marcada a partir de 1998 (hasta 200 mm de incremento - Doffo, 2007) y una alternancia de ciclos húmedos y secos temporalmente coincidentes en varias series (Vollenwaider – Moldes - Ea. Las Rosas – Tomaselli - Meinero). Entre los húmedos se destacan los períodos comprendidos entre los años 1912-1933, 1953-1968, 1972-actualidad y, entre los secos, 1896-1911, 1934-1954 y 1969-1971 (Doffo y Bonorino, 2008; Degiovanni et al, 2009).

El arroyo Las Lajas (Figura 1) desarrolla su cuenca alta sobre rocas de basamento ígneo-metamórfico precámbrico a paleozoico inferior del extremo meridional de las Sierras de Comechingones (Sas. Pampeanas), mientras que en su cuenca media y baja drena secuencias cuaternarias de la Llanura Pampeana, con diferente grado de diagénesis. En el sector pedemontano, el relieve es fuertemente ondulado debido a la presencia de bloques de basamento cercanos a la superficie apenas cubiertos por depósitos de antiguas bajadas y materiales loessoides. Hacia el Este, se reconoce una llanura fluvio-eólica, con paleocanales cubiertos por depósitos eólicos holocenos que, transicionalmente, se interdigita con la planicie eólica pampeana, caracterizada por mantos loésicos y formas medanosas con distinto grado de disipación y actividad (Doffo, 2007). El área presenta una tectónica de bloques asociados a fallas regionales, entre los que se destacan la depresión del arroyo Chico y el alto Santa Catalina-Golf, los cuales controlan la morfodinámica de este curso (Figura 1) y la depresión de La Olla con menor expresión topográfica. Varias de estas estructuras tienen probada actividad neotectónica y sísmica reciente, como la falla de las Lagunas (Sagripanti, 2006), que se reconoce en el tramo medio de la cuenca.

En su recorrido (aproximadamente 100 km) este curso salva un desnivel de 850 m (cota 1250-400 m.s.n.m), de los cuales, 400 m corresponden al tramo extraserrano (60 km) donde exhibe un gradiente promedio de 0,6% e importantes variantes morfológicas en su faja fluvial extraserrana.

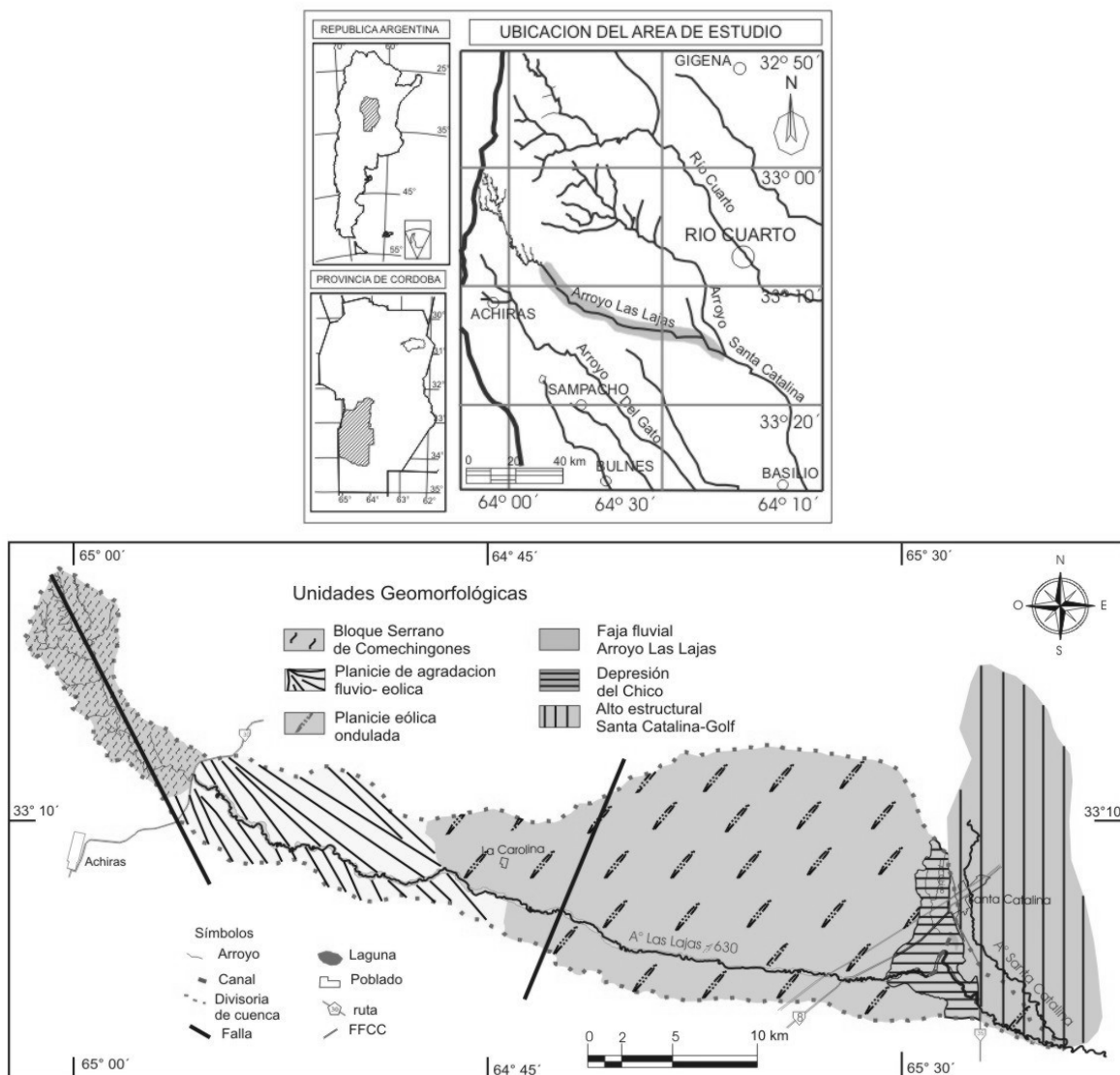


Figura 1. Mapas de ubicación y geomorfológico de la cuenca del A° Las Lajas, Provincia de Córdoba.

Doffo (2007) describe un canal sinuoso, arenoso, con tendencia a la agradación hasta el salto La Carolina (14 m), frente de retroceso que señala el inicio de un tramo muy incidido (hasta 20 m), con un nivel de terraza, canal de variada sinuosidad y sección transversal que desarrolla una importante llanura de inundación en un valle profundo, donde son muy relevantes los procesos de evolución de laderas, gravitatorios e hídricos. Aguas abajo, en la depresión del arroyo Chico, la faja fluvial se estrecha y se reduce sólo al canal exhibiendo un único frente de retroceso activo (2 m). El último tramo (sector bloque Santa Catalina-Golf) corresponde a un canal meándrico que divaga en un valle evolucionado con 3 niveles de terrazas presumiblemente sintectónicas (Doffo y Bonorino, 2006).

### Hidrología superficial

El arroyo Las Lajas, de orden 5, es el único colector y sólo recibe al arroyo Chico en la depresión homónima. Posee régimen permanente en cuenca alta, temporario en la zona periserrana y nuevamente permanente en cuenca media y baja. El sector serrano comprende solamente el 8% del área drenada, no obstante define el carácter torrencial que caracteriza a este curso, que evacua caudales mínimos de 0,2-1 m<sup>3</sup>/s y alcanza, en crecidas estivales extraordinarias, valores superiores a los 150 m<sup>3</sup>/s. Los eventos de mayor efectividad geomorfológica fueron las crecidas de 1912, 1918, 1928, 1979, 1983, 1985, (Degiovanni, 2008).

### Intervenciones humanas

Todo el sector extraserrano forma parte del agroecosistema pampeano el cual, en los pasados 50 años, ha experimentado importantes cambios en el uso del suelo (mecanización-monocultivo-siembra directa) cuya consecuencia es el aumento en la escorrentía superficial (Becker, 2006), con marcada incidencia en el régimen hidrológico del arroyo. Siguiendo la expansión de la frontera agrícola e incremento del cultivo de soja, se realizaron intervenciones directas en el curso que alteraron su morfología (longitud de canal, pendiente, sección transversal), sedimentológicos (disponibilidad de material) e hidrológicos (caudal por trasvases). Entre las de mayor impacto se destacan:

1- Canalización del área de desbordes del arroyo Las Lajas en la depresión del arroyo Chico, a mediados de la década del '50, hacia el arroyo homónimo y finalmente hacia el Santa Catalina. Para la misma época y por razones similares comenzó el drenaje artificial de los Bañados del Tigre Muerto, nivel de base regional.

2- Canalización del arroyo Chico hacia el arroyo Las Lajas, en sector puente ruta Nac. 35, por la obstrucción que se generara por la crecida de este último en 1979 y recanalización 4 km aguas arriba en el 2005, por severos problemas erosivos.

3- Control de cabecera de retroceso en salto La Carolina obra inaugurada en 2008, esta intervención no se efectuó en el frente natural, sino en una traza de bypass al curso original.

4- La puesta en funcionamiento (2007) de la Presa Las Lajas situada en el sector serrano, regula los caudales provenientes de la cuenca alta.

### METODOLOGIA

Para alcanzar los objetivos propuestos se analiza la variabilidad de diferentes aspectos del canal, como: longitud, diseño en planta, sinuosidad, ancho, profundidad, presencia de cabeceras de retroceso y algunos rasgos del valle, entre ellos, dimensiones, desbordes, áreas sedimentadas, llanura de inundación, niveles de terrazas, etc., a partir de documentación cartográfica y fotografías aéreas de diferentes años, complementando con relevamiento de campo en los últimos años. Se utilizaron: el plano general,

mapa hidrográfico y mapa catastral de la provincia de Córdoba elaborados por Brackebusch (1883), Ríos y Achaval (1906) y Dirección Provincial de Catastro (1924), respectivamente; hojas topográficas del Instituto Geográfico Militar escala 1:250.000 (1953) y 1:50.000 (1963); fotografías aéreas a diversas escalas correspondientes a los años 1963, 1970, 1989 e imágenes satelitales en soporte digital de diferentes años.

Los parámetros seleccionados son medidos, utilizando metodología convencional, en 4 tramos de canal, los cuales fueron definidos con criterio geológico y morfohidrológico tomando como punto de partida la cartografía de fines de siglo XIX. Las características de los mismos se detallan más adelante.

La profundización del canal surgió de la comparación de las cotas del canal extraídas de las hojas topográficas (escala 1:50.000, IGM, 1963) con las obtenidas con GPS referencial en 2003 (Doffo, 2007).

El análisis de los mecanismos de extensión e integración de canales se apoyó en los criterios de Bull (1997) para canales efímeros y discontinuos, análogos a cursos profundos y perennes de Packard (1974).

### EVOLUCIÓN MORFOHIDROLÓGICA

#### Análisis de los procesos involucrados

Se definieron 4 sectores de la actual cuenca (Figura 2) para efectuar el seguimiento de los indicadores seleccionados (Tabla 1).

- 1) Sector planicie fluvio eólica, entre el sector serrano y la depresión tectónica de La Olla (antigua zona de descarga). Régimen semipermanente dominante.
- 2) Tramos de canal discontinuos, localizados en paleocanales de la planicie fluvio-eólica, que se extienden desde la depresión de la Olla hasta la del Chico. Régimen efímero.
- 3) El sistema de drenaje en la depresión del arroyo Chico. Régimen permanente.
- 4) Tramo que discurre por el bloque de Santa Catalina-Golf, de régimen permanente.

Finalmente se relacionan los cambios morfológicos e hidrológicos observados con las variables de control (naturales y antrópicas) y se establecen las tendencias de cambios.

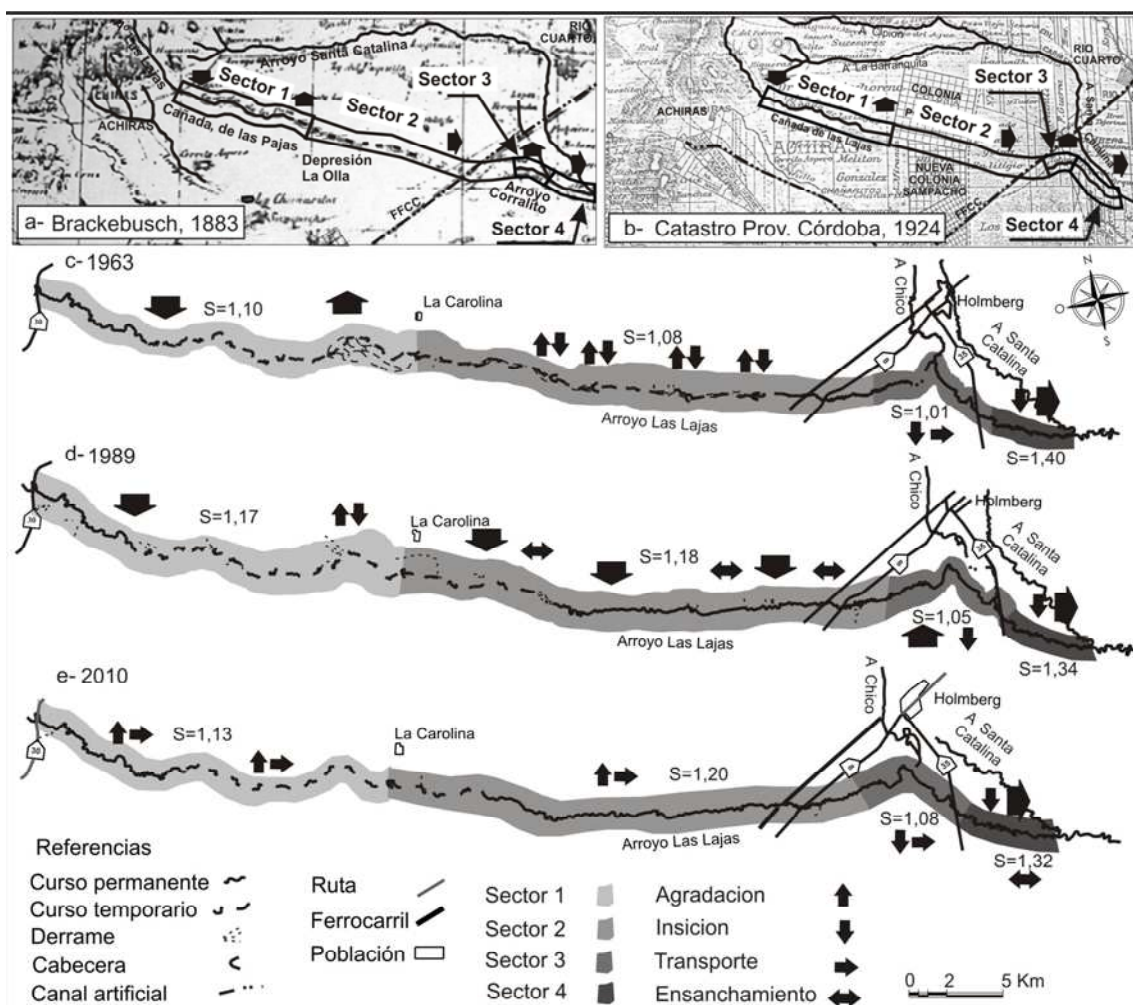


Figura 2. Comparación de distintos estadios evolutivos para los cuatro tramos definidos en el Arroyo Las Lajas entre 1883 y 2010.

Tabla 1. Variabilidad de los indicadores morfohidrológicos entre 1883-2010, para cada tramo de canal.

Sector de la cuenca	Indicadores morfohidrológicos	Años				
		1883-1924	1963	1970	1989	2010
Cuenca serrana –media alta	Longitud (km)	18	15	15	14,2	14,2
	Ancho (m)	Canal bien definido (Cañada de la Paja, Cañada de Las Lajas) con zona de descarga en la depresión de La Olla	Variable 2-7	Variable 2-7	Variable 2-7	Variable 2-7
	Profundidad de valle (m)		Poco profundo	Más profundo	Más profundo	Más profundo
	Cabeceras de retroceso		-	1 - tramo final	1 - tramo final	-
	Diseño de canal- Sinuosidad (S)		S = 1,10	S = 1,10	S = 1,17	S = 1,13
	Terrazas		1-Tercio superior	1-Tercio superior	1-Tramo completo	1-Tramo completo
	Desbordes-derrames		Importantes, finales del tramo	Moderados sector medio	Confinados a espiras de meandros	Confinados a espiras de meandros
	Régimen		Permanente-temporario	Permanente-temporario	Permanente-temporario	Permanente-temporario

Tabla 1. Variabilidad de los indicadores morfohidrológicos entre 1883-2010, para cada tramo de canal (continuación).

Sector de la cuenca	Indicadores morfohidrológicos	Años				
		1883-1924	1963	1970	1989	2010
Sector medio	Longitud (km)	Bajos inundables, parcialmente conectados, que desagaban en eventos importantes en la depresión del Chico	13 (tramo con canal)	15,5 (tramo con canal)	36,30 (tramo casi completo)	37,30 (tramo completo)
	Ancho medio canal (m)		8 -12	8 -16	7 -16	8 -16
	Profundidad de valle (m)		6 extremos 3 centro	7 extremos 3 centro	15-22 (tramo completo)	15-22 (tramo completo)
	Cabeceras de retroceso		5	4	1 (16 m)	1 (16 m)
	Diseño de canal		Secuencia frentes retroceso-canal recto-derrames entrelazado	Secuencia de tramos agradación-degradación	S = 1,18	S = 1,20
	Terrazas				1	1
	Desbordes-derrames		-	-	-	-
Régimen Dominante	Efímero-temporario	Efímero-temporario	Permanente	Permanente		
Sector Depresión del arroyo Chico	Longitud (km)	11 (estimado de cartografía antigua)	14 (incremento por canalización)	18 (extensión aguas arriba)	18 (desconexión A° Chico, 1979)	18 (conexión artificial A° Chico, 2007)
	Ancho medio canal (m)	A° Corralito (ant. a Las Lajas) que confluye en el arroyo Santa Catalina	5 - 7	5 - 7	5 - 7	5 - 7
	Profund. de valle (m)		3 - 5	6	6	15 (tercio sup. e inferior)
	Cabeceras de retroceso		-	No	1-(2,5 m), tramo final	1 - desplazó 1,5 km ag. arr.
	Sinuosidad (S)		1,01	1,01	1,05	1,08
	Terrazas		-	-	-	-
	Desbordes-derrames		Extensa área	Moderada área	Sólo en 1979	-
	Régimen		Permanente	Permanente	Permanente	Permanente
Sector Alto Estructural Santa Catalina	Longitud (km)		A° Corralito (ant. a Las Lajas) que confluye en el arroyo Santa Catalina	8,6	8,6	8,6
	Ancho med canal (m)	6 -7		6 -7	6 -7	6 -7
	Profun de valle	profundo		> profund	> profund	> profund
	Cabeceras de retroceso	-		-	-	-
	Diseño de canal (S)	1,40		1,40	1,40	1,38
	Terrazas	2		2	2	2
	Desbordes-derrames	en espiras de meandro		en espiras de meandro	en espiras de meandro	en espiras de meandro
	Régimen	Permanente		Permanente	Permanente	Permanente

En el primer sector los cambios fueron mínimos (Figura 2) tanto en el diseño en planta como sección transversal del canal y sólo se ha registrado un proceso de incisión moderado a partir de mediados de la década del '60, que implicó la progresiva desaparición de los sectores de desbordes (Figura 2c). El régimen hidrológico se mantiene semipermanente por lo que el tramo preserva su

carácter agradacional, sólo algo más confinado al canal y llanura de inundación, ambientes estabilizados por una abundante vegetación ribereña. La longitud de canal con estas características se redujo a expensas de la migración de ondas de erosión remontante, desde la depresión de la Olla hasta el frente de retroceso del salto La Carolina (Figuras 2c y d).

El sector intermedio es el de mayor variabilidad. La sucesión de canales discontinuos y efimeros precedidos por cinco frentes de retroceso de altura intermedia (Figura 2b), evolucionó por medio de coalescencia de estas cabeceras (Bull, 1997; Figura 3), a un único canal profundizado (10 a 15 m) y sinuoso (1,20), donde desaparecieron, a excepción de un reducido sector, los canales someros y las áreas de derrames asociadas. Este proceso de incisión, muy marcado ya en las fotografías de 1989 (Figura 2c), generó un valle profundo, con barrancas de hasta 22 m, cuya evolución (caídas, vuelcos, sufusión y erosión hídrica), constituyen una nueva e importante fuente de sedimentos y promueven procesos de agradación y posterior estabilización de las márgenes del valle. Otra consecuencia relevante de la profundización es la extensión aguas arriba del régimen permanente por aporte freático (Figuras 2c y d), lo cual promueve el desarrollo de vegetación en márgenes y llanura de inundación, aumentando la rugosidad hidráulica y promoviendo la agradación en la llanura de inundación. Tras el paso de la onda de retroceso mayor el canal incrementó su sinuosidad levemente, se generó un nivel de terraza y en la actualidad discurre en un valle ensanchado con marcada estabilidad morfológica.

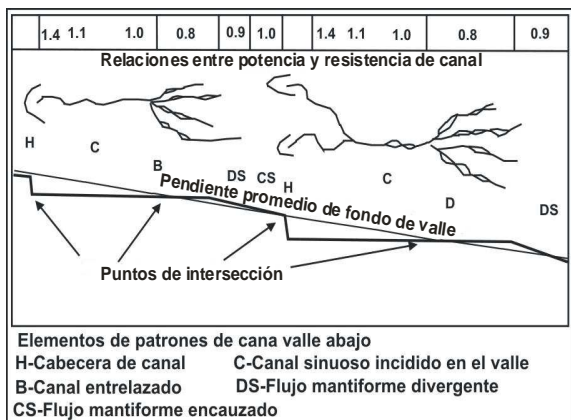


Figura 3. Diagrama en planta y perfil longitudinal de secuencia de patrones de canal efimeros y discontinuos (Bull, 1997).

En la depresión del arroyo Chico, la dinámica del canal manifiesta cambios muy importantes, ya que este sector pasó de ambiente receptor de sedimentos a uno con dominio de transporte. Los sucesivos ciclos de desbordes y sedimentación provenientes de la integración hidrológica en eventos de tormentas importantes de la cuenca de Las Lajas (naciente serrana) con la Cañada de la Paja (Figura 2a) y posterior canalización (década del 50) con el arroyo Chico-Santa Catalina, aceleró la migración de una onda de erosión retrocedente (Figura 2b). Este pro-

ceso, con algunos cambios de ritmo, continúa en la actualidad, ya que la desconexión por aluvionamiento con el arroyo Chico en 1979 y posterior canalización, nunca implicó cambios en el nivel de referencia del arroyo Santa Catalina. La sinuosidad se mantiene baja (1,01; 1,05 y 1,08) y el segmento de canal cambió de somero, dominado por desbordes y sedimentación, a un canal moderadamente profundizado, confinando los episodios de crecidas a la faja fluvial (Figuras 2c y d).

### ANÁLISIS DE LAS CAUSAS

Confrontando la magnitud y distribución espacio-temporal de los procesos de integración analizados, con las variaciones climáticas registradas en el siglo pasado y las intervenciones humanas en la red de drenaje que se llevaron a cabo durante ese período, revela notoriamente que los cambios morfohidrológicos descritos se vinculan fundamentalmente a modificaciones del perfil longitudinal (conexiones por canalizaciones), como el incremento de caudal. Las intervenciones antrópicas en las áreas de interfluvios y, fundamentalmente, las directas en el curso han iniciado y/o potenciado los procesos de ajuste en el sistema fluvial. Las sucesivas alteraciones de la cota del lecho y del nivel de base en la depresión del arroyo Chico y Tigre Muerto, sumadas a conexiones menores en la antigua Cañada de la Paja, han incrementado el gradiente del perfil longitudinal y disparado ondas de erosión retrocedente.

El aumento del caudal está marcadamente relacionado a ciclos húmedos donde las precipitaciones, muy superiores a la media, generan importantes excesos hídricos y un marcado ascenso del nivel freático. Los periodos húmedos 1953-1968 y 1972-actualidad son los más relevantes por la magnitud de los cambios asociados. El primero de ellos, debido a la magnitud de las áreas afectadas por desbordes, motivó la conexión artificial con el arroyo Chico-Santa Catalina y el segundo, especialmente las crecidas de 1979, 1983 y 1985, ocasionó la máxima tasa de incisión y erosión retrocedente de la centuria, provocando los mayores cambios morfo-hidrológicos.

A pesar que la región registra actividad tectónica cuaternaria (Sagripanti, 2006), esta no resulta relevante para explicar los procesos de ajuste detectados, no obstante condiciona el carácter y localización de los procesos fluviales (depresión del arroyo Chico y bloque Santa Catalina-Golf).

## Tendencias de cambio

Si bien el arroyo Las Lajas es un curso en vías de ajuste, con dos cabeceras de retroceso activas localizadas en cuenca media y baja, es posible señalar diferentes grados de peligro de incisión, inestabilidad de laderas y posterior divagación.

No obstante, dos obras mitigan esta tendencia. La más importante es la presa Las Lajas, que actúa como reguladora de caudales de crecida y disminuye marcadamente la amenaza, ya que los eventos de mayor peligrosidad se asocian a crecidas generadas por lluvias serranas. En segundo término, la realización de una obra de control de erosión en la cabecera de retroceso mayor, situada próxima al paraje La Carolina, también disminuye la susceptibilidad del sitio y por lo tanto la peligrosidad. La efectividad de esta obra está reforzada por la construcción de la presa Las Lajas, ya que la cabecera natural (15 m) está desprotegida y si la derivación del canal fuera superada en un evento de crecida importante ésta se activaría. No se esperan mayores cambios en el Sector 1.

Se supone que el frente de retroceso situado aguas arriba de la Ruta 35, continúe activo ya que el arroyo Las Lajas tiene un área de aporte considerable en la zona de llanura, pero por su escasa magnitud (2 m) se le asigna baja peligrosidad (Sector 3). Por su parte, no son esperables nuevas ondas de incisión a partir del arroyo Santa Catalina, ya que desde 2004, está en operación la Presa Tigre Muerto en su zona de descarga, por lo que en el Sector 4 no se prevén mayores cambios.

Los sectores de valle ya ajustados del Sector 2, presentan un grado de estabilidad elevado, los taludes están evolucionados y se ha desarrollado una extensa llanura de inundación.

## CONCLUSIONES

Aunque no fueron analizados en este trabajo, hay antecedentes (Doffo, 2007) que indican que la red serrana no presenta mayores cambios, a pesar de existir registros de incisión en la última centuria. En contraposición, para el mismo período, las modificaciones son muy notorias en el área de llanura, en respuesta principalmente a variaciones en el régimen de precipitaciones y actividad humana. Como resultado dos cuencas de drenaje (Las Lajas-Cañada de la Paja y Corralito-Arroyo Chico) se integraron en una cuenca única, incrementando área drenada,

longitud de canal, caudal líquido y sólido y morfología del canal.

La extensión del canal se efectuó por crecimiento aguas abajo y erosión retrocedente de canales discontinuos localizados en bajos, correspondientes a paleocanales del Pleistoceno. Las tasas de retroceso son variables, no sólo en función del caudal, sino de la litología.

Los indicadores morfométricos que mejor describen el proceso son la profundidad del valle, los rasgos de desbordes y las cabeceras de retroceso, mientras que la sinuosidad exhibe una escasa variabilidad, en algunos tramos por variaciones mínimas en los factores de control (Sector 1) y en otros, por permanecer los canales aún desajustados (Sector 3).

El proceso de ajuste natural está controlado por obras de mitigación por lo que el peligro de erosión está muy atenuado y se observa una tendencia a la estabilización de las condiciones actuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brackebuch, L. 1883. Plano general de la provincia de Córdoba. Ed. Dpto. Topográfico de la provincia de Córdoba.
- Becker, A. 2006. Evaluación del proceso de degradación de suelos por erosión hídrica en una subcuenca representativa de la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas Fco-Qcas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto* (Inédita).
- Blarasin M., Degiovanni, S., Cantú, M., Eric, C., Cabrera, A., Villegas, M., Doffo, N., Becker, A., Cisneros, J., Gonzalez, J. y Cholaky, C. 1994. Diagnóstico global del funcionamiento hídrico de las cuencas que afectan las trazas de la Ruta Nac. 7, entre Laboulaye y Villa Mercedes, y la Ruta Nac. 8, entre Canals y Villa Mercedes. *Convenio U.N.R.C. y Empresa Caminos del Oeste S.A.* Inédito.
- Bull, W. 1997. Discontinuous ephemeral streams. *Geomorphology* 19, 227-276.
- Degiovanni, S. 2008. Análisis geoambiental del comportamiento de los sistemas fluviales del Sur de Córdoba, en especial del A° Achiras-del Gato, como base para su gestión sustentable. Tesis Doctoral. UNRC. Inédito.
- Degiovanni, S., Villegas M. y Doffo N. 2005. Monitoreo del comportamiento del río Cuarto en un tramo del curso medio sometido a fuerte presión antrópica. Aguas superficiales y subterráneas en el



- sur de Córdoba: una perspectiva geoambiental. En Blarasin, M., Degiovanni, S., Cabrera, A. y Villegas, M. (Ed.) *Aguas Superficiales y subterráneas en el sur de Córdoba. Una perspectiva geoambiental*. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Degiovanni, S., Doffo N. y Villegas, M. 2009. Rejuvenecimiento de la red de drenaje del Sur de Córdoba como consecuencia del cambio climático durante la última centuria. En: Sayago y Collantes (Eds), *Geomorfología y Cambio Climático*. IN-GEMA (UNTuc)- I (Cap. 6):79-96. MAGNA Ediciones, Tucumán.
- Dirección Provincial de Catastro de la Provincia de Córdoba. 1924. Carta Catastral del Territorio de la Provincia.
- Doffo, N. 2007. Alteraciones en el régimen hidrológico de la cuenca del arroyo Las Lajas, Cba: causas naturales y antrópicas, umbrales de resistencia al cambio. *Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Río Cuarto* (Inédita).
- Doffo N. y González Bonorino, G. 2006. Evidencias de ajustes por tectonismo en los cauces de los arroyos Las Lajas y Santa Catalina, Dpto Río Cuarto, Córdoba. En: J. Sanabria y G. Argüello (Eds), *Actas III Cong. Cuaternario y Geomorfología*, UNC, I, 367-375.
- Doffo N. y González Bonorino, G. 2008. Modificaciones morfohidrológicas en el tramo medio del arroyo Las Lajas, Departamento de Río Cuarto, Córdoba, como respuesta a cambios climáticos. *XVII Congreso Geológico Argentino*. Jujuy. III, 1202-1203.
- Downs, P. W. y Gregory, K.J. 1993. The sensitivity of River Channels in the Landscape System. Ed. John Wiley & Sons.
- Gregory, K.J. 2006. The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79(3-4): 172-191.
- Macklin, M. y Lewin, J. 2008. Alluvial responses to the changing Earth system. *Journal of Earth surface processes and landforms*. (p 1374-1395) Published Online: Jul 25 2008 5:24AM.
- Packard, F. 1974. The Hydraulic Geometry of a Discontinuous Ephemeral Stream on a Bajada near Tucson, Arizona. Univ. Arizona, Ph.D. Thesis. En Komar, 1989. Floods: Hydrological, Sedimentological and Geomorphological Implications. Edited by Beven and P. Carling. John Wiley & Sons.
- Ríos, J. y Achaval, F. 1906. Mapa Hidrográfico, cuenca superior de los ríos Tercero y Cuarto. En Geografía de la provincia de Córdoba. Gobierno de la provincia de Córdoba.
- Sagrüpanti, G. 2006. Neotectónica y peligro sísmico de la región de Sampacho, Dpto Río Cuarto, prov. Cba. *Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto*. (Inédita).
- Schumm S. 1969. River Metamorphosis. *ASCE J.Hydraul. Div.* 95(1):255-273.
- Schumm S. 1977. The Fluvial System. Ed. John Wiley & Sons, New York-London.
- Schumm S. 2005. *River variability and complexity*. Cambridge University Press, New York.

*Artículo recibido el 12/2010 y aprobado para su publicación el 03/2011.*