



Cambios morfohidrológicos, inducidos por intervenciones antrópicas, en los sistemas lagunares de los bañados del Saladillo, Córdoba

María SANTINELLI¹, Nelso DOFFO², Susana DEGIOVANNI², Karina ECHEVARRIA² y Jimena ANDREAZZINI²

¹ Becaria Foncyt-Universidad Nacional de Río Cuarto

² Departamento de Geología-Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales-Universidad Nacional de Río Cuarto

E-mail: mariasantinelli87@gmail.com

Editores invitados: Adriana Mehl, Francisco Córdoba y Andrés Bilmes

Recibido: 7 junio, 2019

Aceptado: 17 octubre, 2019

RESUMEN

Los bañados o depresión del Saladillo constituyen una de las principales zonas de descarga regional, almacenamiento de excesos hídricos y sedimentos del sur de Córdoba. Hasta 1950 coexistían en este humedal ambientes palustres, lagunares y aluviales (cuenca del río Cuarto). A partir de esa fecha, asociado a la expansión de la frontera agrícola, esta condición morfohidrológica se ha visto notablemente alterada a través de canalizaciones y trasvases. De los tres canales principales (La Brava, Chazón y Río Cuarto), el correspondiente al río Cuarto es el que aporta la mayor cantidad de caudales líquidos y sólidos. Este efecto se potencia por el aumento en las precipitaciones desde mediados del siglo pasado. En el trabajo se analizan las alteraciones morfohidrológicas en los cuerpos lagunares de la depresión vinculados a las intervenciones realizadas en las últimas décadas. Para ello se efectuó un análisis secuencial (periodo 1950-2018) de fotografías aéreas, imágenes satelitales y cartas topográficas, complementado con relevamiento de campo e información de laboratorio (carga en suspensión, salinidad). De las alteraciones hidrológicas ocurridas, la nueva traza del canal Río Cuarto (principios del 2000) que atraviesa la mayoría de las lagunas, es la causante de la acelerada sedimentación y desecación de estos ambientes. En la actualidad, se estima que la superficie lagunar se redujo aproximadamente un 65 %, modificando profundamente las funciones de los bañados del Saladillo. Los principales procesos que conducen a la pérdida de estos ambientes son: 1-progradación de frentes deltaicos, 2-formación de abanicos de desbordes laterales, 3-decantación y 4-depresión del acuífero freático.

Palabras clave: *humedales pampeanos, canalizaciones, drenaje, colmatación, desecación.*

ABSTRACT

Morphohydrological changes induced by anthropic interventions in the lacustrine systems of the Saladillo wetland, Córdoba. In the South of Córdoba, Argentina, one of the main areas of regional discharge is the Saladillo wetland, which also receives and storage the water surplus and sediments. Until 1950, in this area coexisted a marsh environment with a lacustrine system and an alluvial sector (river Cuarto basin). However, this morphohydrological condition has been altered through channeling and transfers because of the expansion of the agricultural frontier. Three main channeled systems contribute to the Saladillo wetland in which Cuarto river is the one that provides the greatest amount of liquid and solid flows. Furthermore, the effect of these anthropic interventions is coupled to the rainfall increase since the middle of the last century. In this work, we analyze the morphohydrological alterations in the lakes of this wetland in the last decades. The methodology was based on the sequential analysis (period 1950-2018) of aerial photographs, satellite imagery and topographic maps, field study and laboratory analysis (suspended charge, salinity). The new channel of the Río Cuarto, since 2000 and cutting across the lakes, is the main cause of the accelerated lakes sedimentation and drying. At present, the

lakes surface has diminished approximately 65 %, modifying severely the Saladillo wetland natural functions. The main processes that lead to the loss of these environments are: 1-progradation of deltaic fronts, 2-formation of lateral overflow fans, 3-decantation and 4-depression of the aquifer.

Keywords: *pampeans wetlands, channeling, drained, colmatation.*

INTRODUCCIÓN

A escala mundial se asigna mucha importancia al estudio de los humedales, por la cantidad y diversidad de bienes y servicios ambientales que brindan a la sociedad, los que derivan de funciones que les son propias y distintivas, como la regulación hidrológica y también biogeoquímicas y ecológicas específicas (Kandus et al. 2010, Vilaridy et al. 2016). Como lo señalan Osterkamp y Schumm (1996), los ambientes lénticos responden rápidamente a alteraciones en sus variables de control y, en consecuencia, constituyen indicadores sensibles frente a cambios ambientales. Sin embargo, a pesar de su importancia, la existencia de estos sistemas en nuestro planeta se halla seriamente comprometida. Los humedales están disminuyendo en extensión y perdiendo calidad, principalmente por actividades humanas que indirectamente provocan cambios en el ingreso de agua y sedimentos y contaminación; o bien directamente, intervienen en la desecación de estos ambientes, mediante canalizaciones, para la obtención de suelos agrícolas principalmente, obras que habitualmente están acompañadas por terraplenados (Nakamura et al. 1997, Broothaerts et al. 2014). Se estima que la extensión global de los humedales disminuyó entre 64 y 71 % en el siglo 20 (Davidson 2014). Por este motivo, la elaboración e implementación de políticas adecuadas para la conservación y el uso sustentable de estos ecosistemas, requiere contar con información sobre su ubicación, características ecológicas, funcionamiento y estado de conservación. En tal sentido, el desarrollo de inventarios de humedales constituye un instrumento esencial para la planificación de su conservación, ya puesto de manifiesto en la Convención Internacional sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971).

En Argentina, debido a su variación latitudinal y altitudinal, existe una gran diversidad y riqueza de humedales (Canevari et al. 1999) y, según Kandus et al. (2008), la superficie ocupada por estos sistemas fue estimada en 600.000 km², lo que representa el 21.5 % del territorio nacional, muy por encima de la media mundial que varía entre 5-8 % (Junk et al. 2013). Hasta mediados del siglo pasado, la mayoría de estos ambientes presentaban mínimos impactos derivados de las actividades humanas y por lo tanto, en general, conservaban

su extensión, estructura y funciones originales. Estas condiciones comenzaron a modificarse progresivamente siguiendo la tendencia mundial, debido, principalmente, a la expansión de la frontera agrícola (nuevos usos de suelo, canalizaciones, trasvases) (Carreño y Viglizzo 2010). En este contexto, y con el propósito de sentar las bases para una gestión más sustentable de estos espacios, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación propicia la realización del Inventario Nacional de Humedales (Benzaquén et al. 2017), trabajo interdisciplinario que considera los principales aspectos que definen el funcionamiento y servicios ecosistémicos de los mismos (régimen hídrico, térmico, geomorfología, aspectos bióticos y ecológicos). Según este inventario, los sistemas lénticos del sur de Córdoba se ubican dentro de la Región Humedales de la Pampa y, la zona de estudio en particular, en la Subregión Lagunas salobres de la Pampa Interior. Estos sistemas, como lo señalan Carreño y Viglizzo (2010) para el resto de la región pampeana, desde aproximadamente la década del 50', registran marcadas modificaciones en sus características y funcionamiento, en respuesta a variaciones climáticas (aumento de las precipitaciones) y, fundamentalmente, a las numerosas intervenciones realizadas en las cuencas de drenaje. En particular, para los bañados del Saladillo, se destaca la integración de todas las cuencas comprendidas entre los ríos Tercero y Quinto (río Cuarto y arroyos menores) con el sistema Saladillo-Carcarañá-Paraná a través de una extensa red de canales, lo cual implicó un marcado aumento de los caudales líquidos y sólidos que ingresan al humedal, con la consecuente disminución de su capacidad de almacenaje. Las periódicas obras de drenaje y canalizaciones realizadas en el interior de los bañados del Saladillo, los convierten en zonas de tránsito de agua y sedimentos, perdiendo parcialmente su carácter endorreico, gran parte de los sistemas lagunares y de bañados y, en consecuencia, los bienes y servicios ambientales prestados (Blarasin et al. 1994, 2004, 2005a, b, c, Mengui 2000, Degiovanni et al. 2004, 2005, 2014, 2015, 2017, Cantero 2005, Degiovanni 2008, Brandolin 2011, Degiovanni y Cabrera 2012, Mancini et al. 2014, Doffo et al. 2016, entre otros).

Con el propósito de contribuir a la gestión más sustentable de los recursos hídricos en la provincia de Córdoba, en par-

ticular de los humedales, el principal objetivo de este trabajo es analizar las alteraciones morfohidrológicas ocurridas en las últimas décadas, en cuerpos lagunares localizados en los bañados del Saladillo.

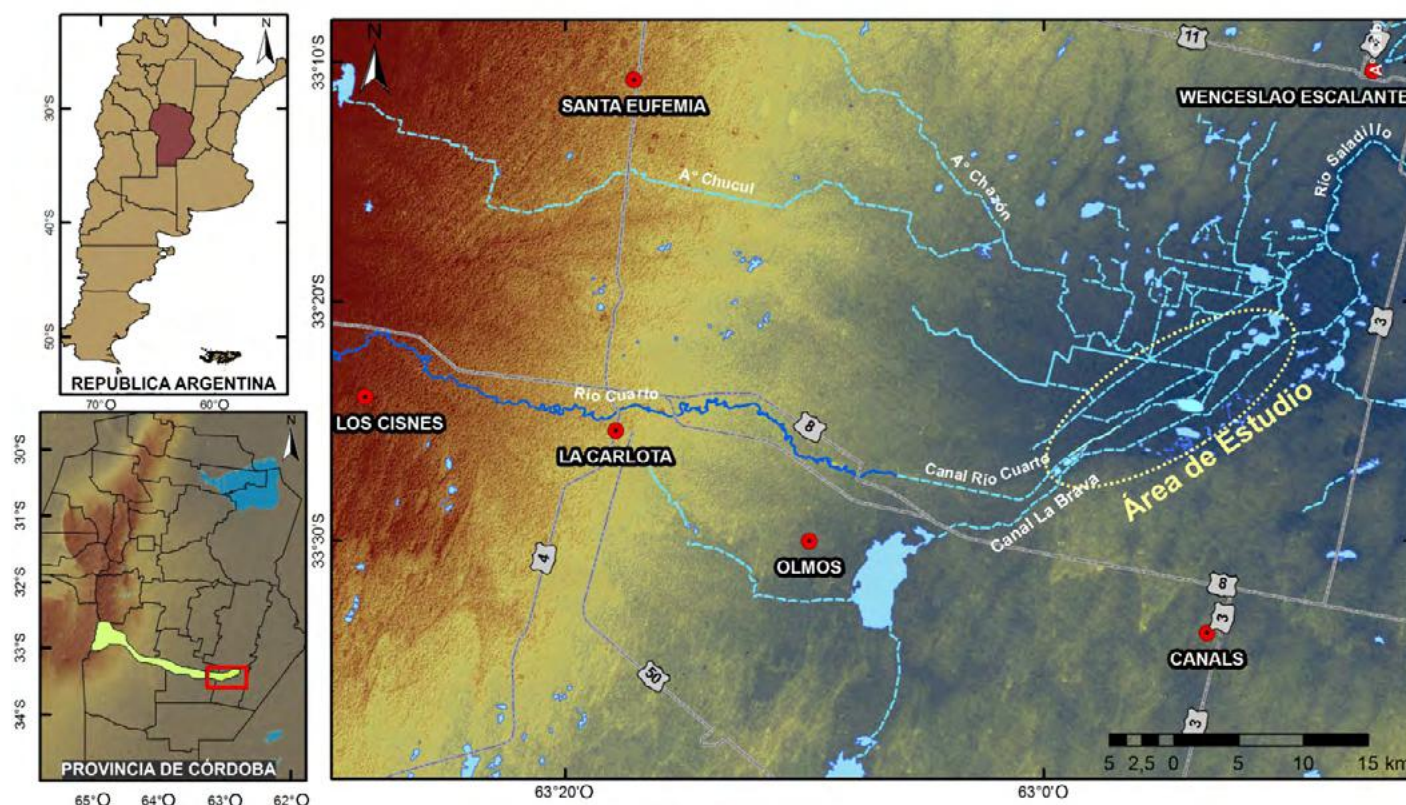
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA Y REGIÓN

Los bañados del Saladillo se ubican en el sureste de la provincia de Córdoba, en los departamentos Unión y Juárez Celman ($33^{\circ}23'07''$ y $33^{\circ}14'27''$ S y $63^{\circ}24'42''$ y $62^{\circ}44'30''$ O), en el ámbito de la Llanura Pampeana, aunque su funcionamiento también está vinculado al ambiente serrano (Sa. de Comechingones), ya que éste constituye el área de nacientes de los principales sistemas hidrológicos superficiales y subterráneos que descargan en esta depresión (Blarasin et al. 2004, 2005a, b, Degiovanni et al. 2005). Integran la cuenca del río Saladillo (39.100 km^2) que junto con el río Tercero dan

origen al Carcarañá y constituyen la zona de descarga del río Cuarto, sistema arroyo Chazón y canal la Brava (Fig. 1).

Contexto Geológico y Geomorfológico

El Sur de Córdoba comprende dos provincias geológicas, las Sierras Pampeanas y la Llanura Pampeana. Los bañados del Saladillo, se sitúan en el sector oriental de la Llanura Pampeana, la cual constituye una extensa cuenca distal de antepaís (Llanura Chaco-pampeana) en donde, desde el Paleozoico se han acumulado sedimentos continentales y marinos de espesor variable (Chebli et al. 1999). Las secuencias cenozoicas están dominadas por depósitos eólicos pleistocenos y holocenos (Sistema Eólico Pampeano, Iriondo 1990a, b, Iriondo y Kröhling 1995, Kröhling y Carignano 2014), que se interdigitan con secuencias fluviales y lagunares (Degiovanni et al. 2005, Kröhling y Carignano 2014). Esta gran cuenca está constituida por un mosaico de bloques basculados y diferencialmente ascendidos que desempeñan un rol fundamental en el control de la dinámica y calidad de las aguas su-



REFERENCIAS

- Localidades
- Rutas
- Área de estudio
- Red hidrográfica
- Río/Arroyo
- Tramo canalizado
- Lagunas
- Cotas (msnm)
High : 200
Low : 98

Figura 1. DEM que muestra la ubicación área de estudio, bañados del Saladillo, Córdoba.

perfiles y subterráneas de la región (Blarasin et al. 2005b). Posee particular importancia la falla San Francisco del Chañar-Pampayasta-Alejandro Roca (Passotti 1974, Massabie 1987), que define las llanuras deprimidas del Este provincial ("Pampa Hundida", Passotti 1974), donde se sitúa el área de estudio. Localmente, se destacan la falla del Saladillo, que genera el límite oriental del bloque deprimido que ocupan los bañados, la falla Assunta, que conforma su borde occidental (Degiovanni et al. 2005) y, la falla Chaito-Chazón, que controla el arroyo homónimo.

La Llanura Pampeana presenta un relieve que varía desde moderado/suavemente ondulado a plano-concavo desde las áreas periserranas a las planicies deprimidas orientales y sudorientales. Específicamente, el sector de estudio se incluye en estas últimas y forma parte de la Planicie Fluvio-eólica Central, integrada por los paleoabanicos aluviales de los principales cursos que nacen en los cordones serranos y de la Planicie Arenosa del Sur, que incluye

la depresión Curapaligue-Saladillo (Carignano et al. 2014) (Fig. 2a).

La depresión tectónica que ocupan los bañados del Saladillo (340 km²), es asimétrica, con borde oriental más pronunciado (al pie del cual se ubican las menores cotas) y occidental, difuso. Presenta una pendiente general hacia el NE, y su relieve interno (plano-cóncavo) exhibe geformas asociadas a procesos fluviales-palustres y eólicos. En el sector suroccidental se destacan morfologías aluviales distales, activas e inactivas, generadas por el río Cuarto, mientras que hacia el NE dominan paleocañadas, separadas por altos topográficos de escasa altura, en general no inundables. También se reconocen cuerpos lagunares y de bañados, de diversos tamaños, formas y origen, más comunes en el borde oriental y sector nor-occidental. La génesis de las lagunas se atribuye principalmente a procesos eólicos (subordinadamente fluviales y tectónicos) ocurridos durante el Holoceno medio/tardío, que desarrollaron grandes dunas parabólicas y hoyas de de-

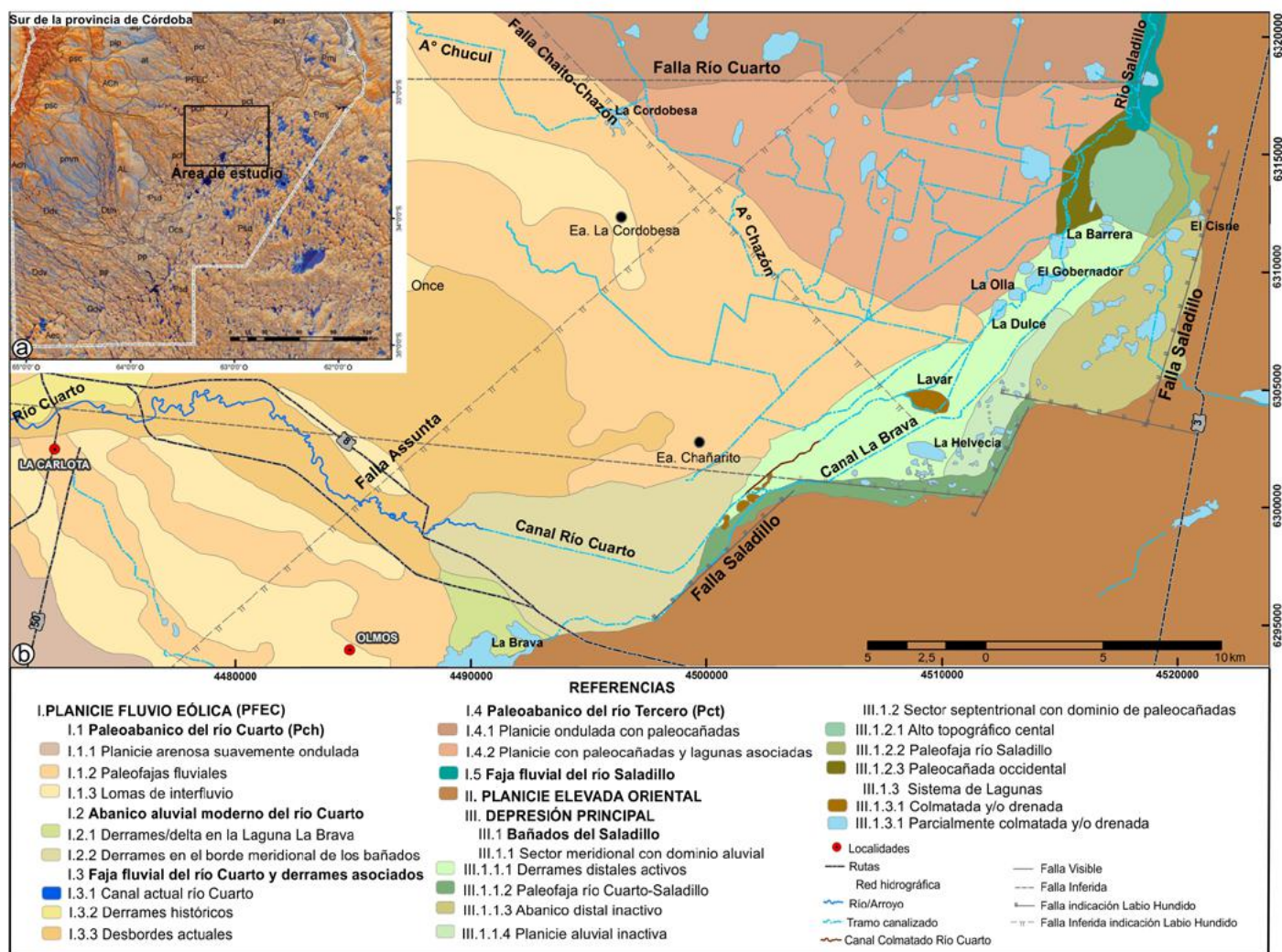


Figura 2. a) Mapa geomorfológico de sur de la provincia de Córdoba, tomado de Carignano et al. (2014); b) Mapa geomorfológico del tramo inferior del río Cuarto-bañados del Saladillo. Modificado de Doño et al. (2016).

flación, asociadas a vientos de dirección NNE hacia el SSO (Carignano et al. 2014, Doffo et al. 2016) (Fig. 2b). Esta zona de descarga hidrológica regional presenta en general aguas con altos tenores salinos y de tipo geoquímico cloruradas sódicas (Blarasin et al. 2014).

Clima

El clima en el sector oriental de la provincia de Córdoba es subhúmedo-húmedo con nula a pequeña deficiencia de agua y con excesos importantes, con temperaturas medias de 16.5 °C, de estacionalidad marcada entre los meses de otoño-invierno (media mensual mínima en julio, 9.2 °C) y los meses de primavera-verano (media máxima en enero, 22.8 °C). El valor promedio de lluvia anual es de 939.4 mm, en proximidades de las sierras, y 856.3 mm hacia el SE de la provincia, y las mismas se concentran el 82 % en primavera-verano (Blarasin et al. 2005a, Degiovanni et al. 2005). Esta

variabilidad en la distribución de las lluvias, en la cuenca de aporte de los bañados del Saladillo se observa en la figura 3. La serie integrada Las Tapias (1939-2019)-Los Chañares (1941-2005), con una precipitación media anual (Pma) de 913.5 mm (Andreazinni 2015), es representativa del sector serrano-pedemontano (Fig. 3b), la serie La Providencia-Cooperativa (1927-2009) con Pma de 789 mm, muestra las precipitaciones en las llanuras intermedias (Fig. 3c) y finalmente, la serie INTA-Canals (1935-2018), con Pma de 872 mm, refleja la distribución de las lluvias en la zona de los bañados del Saladillo (Fig. 3d). Para esta última serie, el balance hídrico seriado (Chiappero 2013), evidencia excesos en la mayoría de los años, con un valor medio anual de 130 mm. El máximo es de 308 mm en 1936, mientras que en sólo 14 años, no hubo excesos (Fig. 3e).

Las medias móviles de las tres series de precipitaciones consideradas muestran alternancias de ciclos secos y húme-

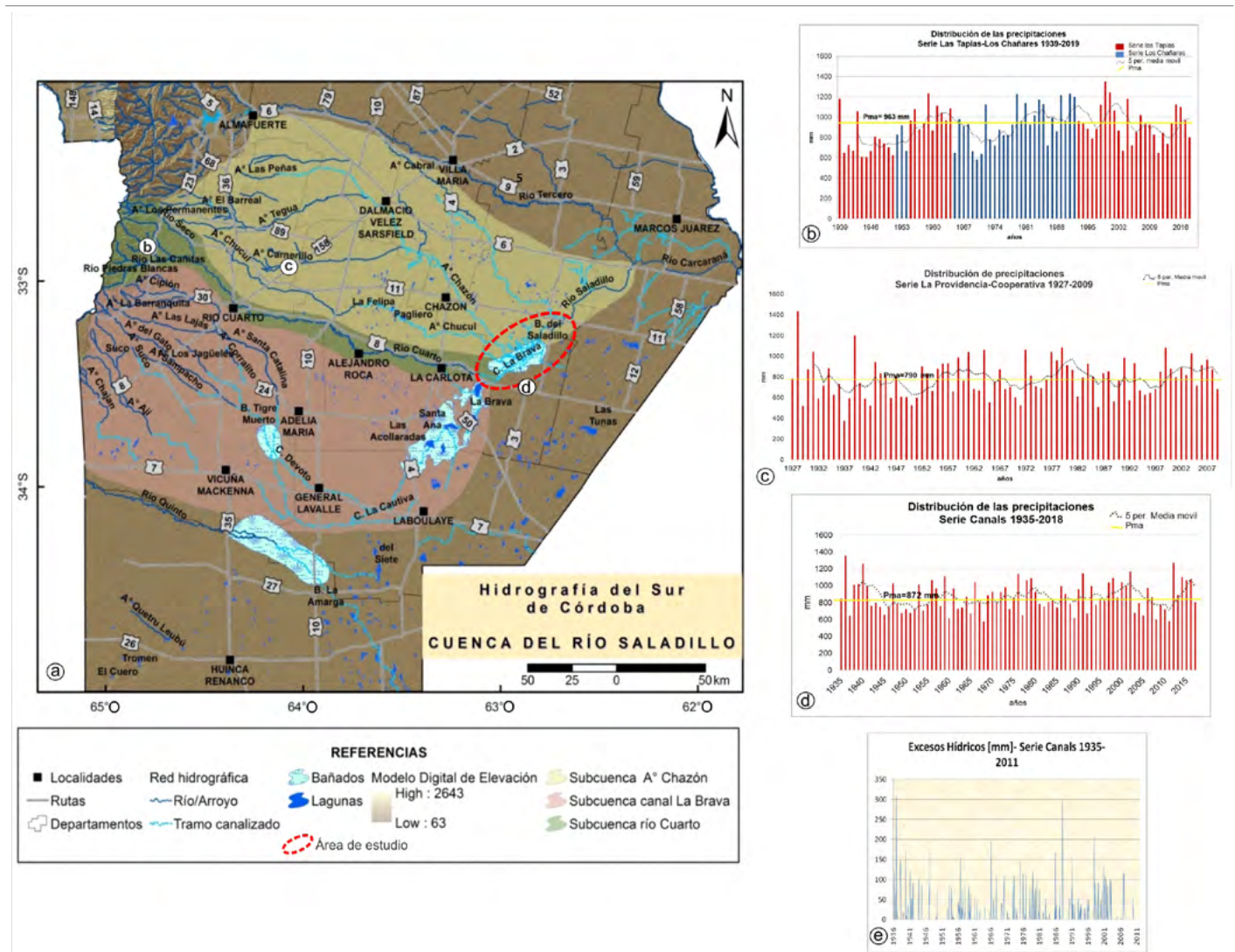


Figura 3. a) Principales subcuencas que aportan a los bañados del Saladillo, tomado de Doffo et al. (2016); b-d) Distribución de las precipitaciones en diferentes series; e) Excesos hídricos de la serie Canals.

dos. En casi todas las series, el año 1950 presenta mínimas precipitaciones e integra el ciclo de mayor sequía registrado (1939-1955). A partir de 1970 en la mayoría de las series las Pma van en aumento, destacándose los ciclos húmedos 1976-1981 y 1997-2002, donde los años 1979, 1999, 2002 son los más lluviosos en casi todas las series. Se intercalan ciclos secos, distinguiéndose los años 1994, 2003 y 2011. Desde el año 2012 se incrementaron las precipitaciones, lo que indicaría el tránsito hacia un periodo húmedo.

Hidrología superficial

Hasta mediados del siglo pasado la cuenca del río Carcarañá estaba integrada por el sistema del río Tercero y, temporariamente por el río Cuarto y arroyos menores (Tegua y Chucul) cuando estos superaban la capacidad de almacenamiento de los bañados del Saladillo y los excedentes se integraban vía río Saladillo al sistema Tercero-Carcarañá. Actualmente, y luego de las obras de trasvases y canalizaciones ya mencionadas, el río Saladillo conduce permanentemente las aguas del río Cuarto, arroyo Chazón y canal La Brava, al sistema Carcarañá (Fig. 3a).

El río Cuarto es el curso más importante de la cuenca del Saladillo y drena un área de 2200 km², desde sus nacientes en las Sierras de Comechingones hasta su zona de descarga en los bañados del Saladillo, donde ingresa canalizado. Es un curso permanente de carácter torrencial, y según datos de la Ex-Empresa de Agua y Energía Eléctrica de la Nación (1967), alcanzó un caudal máximo en 1943, de aprox. 2000 m³/s (ciudad de Río Cuarto). En las últimas décadas, en la ciudad de Río Cuarto, se registraron caudales del orden de 700 y 500 m³/s, en 1979 y 1998, respectivamente; de 300 m³/s aproximadamente en crecidas ocurridas en 1985, 1992 y 2000, y del orden de 1100, 650 y 750 m³/s, en 2007, 2014 y 2015, respectivamente (Degiovanni et al. 2005, Doffo et al. 2016 y 2017). Previo al ingreso a los bañados, en la estación Puente Olmos, el caudal medio anual promedio es de 5.86 m³/s, el mínimo medio anual de 1.77 m³/s y el máximo medio anual de 10.05 m³/s. (serie1938-1943-SSRH, 2009). Para crecidas ordinarias, se han medido valores de hasta 122 m³/s, y se estima más de 400 m³/s para eventos extraordinarios. En relación a los sólidos en suspensión, se registran valores entre 0.5 y 6-9 g/L en estiaje y crecidas extraordinarias, respectivamente y, en general, bajos valores de concentración salina (0.2-0.6 g/L). Los hidrogramas de crecidas del río Cuarto al ingreso del humedal, son los típicos de cuenca baja, más laminados, asimétricos, con una larga curva de descenso (Doffo et al. 2016 y 2017).

El sistema arroyo Chazón, integrado por las canalizacio-

nes y trasvases de los arroyos Tegua, Carnerillo y Chucul, drena un área de 16.500 km², e ingresa a los bañados de forma canalizada. Todos estos cursos son permanentes, y tienen sus nacientes en áreas de llanura, a excepción de algunos tributarios del arroyo Tegua que drenan la vertiente oriental de la sierra de Comechingones y el extremo sur de las sierra de Las Peñas. Hasta mediados del siglo pasado desaguaban en sistemas de lagunas y sólo en eventos extraordinarios los excedentes alcanzaban la zona de los bañados del Saladillo. Estos cursos evacuan caudales de crecidas extraordinarias del orden de 80-200 m³/s, presentan tenores salinos del orden de 1.5-2 g/L y poseen alta carga de sólidos en suspensión (> 2 g/L), cuya mayor parte queda retenida en numerosos cuerpos lagunares y bañados intermedios, previo al ingreso del humedal (Doffo et al. 2016).

El canal La Brava, por su parte, ingresa los excedentes hídricos de la Depresión del Tigre Muerto y de Curapaligüe (canales Devoto y La Cautiva) y del sistema de lagunas interconectadas La Chanchera-La Brava. Como se observa en la figura 3a el área de la cuenca es amplia (20.100 km²) e incluye cursos con nacimiento serrana que evacuan caudales de crecidas del orden de 100-140 m³/s (arroyos Santa Catalina, Del Gato, Aji, entre los principales). La puesta en operación de la presa Tigre Muerto, que regula desde 2004, los arroyos Santa Catalina y Del Gato, sumado a las características del relieve de la zona SE de la provincia (planicies plano-cóncavas), hacen que el canal La Brava al ingreso de los bañados, presente, una moderada variabilidad en los caudales, entre 4 y 20 m³/s en estiaje y crecidas respectivamente (hidrogramas muy achatados), un alto porcentaje de sales disueltas totales (5.9 g/L, en periodos secos), y muy baja concentración de sedimentos en suspensión (valores no registrados con la metodología empleada) (Doffo et al. 2016).

En síntesis, en base a las características hidrográficas descriptas, la cuenca del río Cuarto es la que aporta la mayor cantidad de agua y sedimentos a los bañados. Con relación a la calidad del agua, el río Cuarto ingresa aguas dulces, mientras que el sistema Chazón y el canal La Brava, salobres y salinas, respectivamente, debido a su mayor recorrido en las llanuras deprimidas orientales donde descargan aguas subterráneas de altos tenores salinos (Blarasin et al. 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar los cambios espacio-temporales en los sistemas lagunares, se recopilaron y analizaron antecedentes cartográficos (hidrográficos, de uso del territorio, de obras

hídricas, entre otros) e hidrometeorológicos. Se efectuó un análisis secuencial de las intervenciones antrópicas y de las modificaciones morfológicas, morfométricas e hidrológicas de los cuerpos de agua, utilizando cartas topográficas (1950) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), escala 1:50.000, Estancia San José (3363-28-1) y Wenceslao Escalante (3363-22-3), fotografías satelitales Corona KH-4B (Servicio Geológico de Estados Unidos, 1972). Además se utilizaron imágenes satelitales Landsat de los años 1991, 1999 y 2015 (USGS-<http://earthexplorer.usgs.gov/>), las cuales fueron analizadas y tratadas con Grass Gis 7.4.1 y Envi 4.7; como así también imágenes satelitales Bing y ESRI (SAS Planet) y de Google Earth. Para evaluar las condiciones más recientes de los bañados del Saladillo, se utilizaron fotos oblicuas obtenidas de un vuelo (marzo de 2015, durante un evento de crecida).

Se efectuó un relevamiento de campo de los principales cuerpos lagunares durante el final de la estación seca del año 2018, para reconocer cambios morfohidrológicos y sedimentológicos. También se observó el estado y funcionamiento actual de los canales principales en diferentes sectores del humedal.

Se utilizaron datos de salinidad, aforos líquidos y sólidos de Doffo et al. (2016), y se actualizaron estas mediciones al ingreso de los canales Río Cuarto y La Brava a los bañados, en períodos secos y húmedos. Para las mediciones de caudal líquido (Q_L) se empleó, un perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP). Se determinó la concentración de sólidos en suspensión (C_s) a partir de la comparación peso húmedo/peso seco de un volumen de agua conocido. La salinidad fue obtenida a partir de la conductividad eléctrica.

RESULTADOS

El período de estudio (1950-2018) fue dividido en tres estadios, en base al análisis secuencial de las intervenciones (canalizaciones y alteos) y a los cambios más relevantes en los cuerpos lagunares.

Primer estadio: mínimas intervenciones (hasta 1950)

Hasta comienzos de los '50, la depresión de los bañados del Saladillo constituía el nivel de base del río Cuarto. Este río culminaba en un abanico aluvial (Abanico aluvial antiguo del río Cuarto, Fig. 4a), cuya zona distal llegaba hasta la depresión y sólo en crecidas extraordinarias ingresaban volúmenes de agua y sedimentos al interior del humedal. Este funcionamiento se evidencia en la secuencia expuesta en el perfil 1

(Fig. 4b), donde se muestra un dominio de facies palustres compuesta por materiales arenosos muy finos y limo-arcillosos, altamente bioturbados, con alto porcentaje de materia orgánica, desarrollo de concreciones, moteados de color ocre, grietas rellenas con arena fina y rasgos pedogenéticos. En forma intercalada se presenta un banco arenoso muy fino característico de depósitos de desborde distal, provenientes de los excedentes hídricos con baja carga de sedimentos de desbordes del río Cuarto (Armas et al. 2016).

En este estadio, se reconoce el desarrollo de cuerpos lagunares que se dividen según su tamaño en sistema de lagunas menores y mayores (Fig. 4a). Las primeras poseen un área $\leq 0,3 \text{ km}^2$, son someras (1-2 m de profundidad) y tienen formas elongadas y subredondeadas, asociadas a paleocanales. Integran este grupo las lagunas La Salada ($0,2 \text{ km}^2$), Las Toscas ($0,3 \text{ km}^2$) y Los Chañaritos ($0,17 \text{ km}^2$). El segundo grupo, incluye principalmente lagunas de mayor superficie ($\geq 0,5 \text{ km}^2$) también de poca profundidad ($\leq 2,5 \text{ m}$) que presentan morfologías redondeadas y subredondeadas y, ocupan grandes cubetas o áreas de deflación. A este grupo lo conforman las lagunas La Helvecia ($0,9 \text{ km}^2$), Lavar ($1,1 \text{ km}^2$), La Dulce ($0,45 \text{ km}^2$), La Olla ($0,4 \text{ km}^2$), El Gobernador ($1,1 \text{ km}^2$), La Barrera ($0,9 \text{ km}^2$) y El Arbolito, que si bien tiene un área de $0,23 \text{ km}^2$, posee similar morfología y génesis. Por otro lado dispersos en la depresión se encuentran cuerpos lagunares irregulares, sin bordes definidos, de tamaños variables y con presencia de eflorescencias salinas, cuyo régimen hidrológico depende de aportes freáticos y anegamiento durante ciclos húmedos.

Ambos sistemas lagunares estaban desconectados entre sí, y poseían valores de salinidad muy variable (1.5 - 24 g/L), con una media de 7 g/L (Doffo et al. 2016). En general, las lagunas con menor tenor salino se ubicaban próximas al abanico distal del río Cuarto y en formas medianosas, donde se produce la recarga local del acuífero con aguas dulces. En contraste, las lagunas desconectadas de estos ambientes y en particular de los desbordes del río, en general tenían una salinidad mayor, con variaciones estacionales asociadas a evaporación o alimentación pluvial.

En las cartas topográficas del IGN (1950) (Fig. 4a), no se reconocen rasgos de canales fluviales en el interior de los bañados del Saladillo, en su lugar dominaban los ambientes de lagunas y bañados dispersos y sólo se observan trazas de escurrimientos temporarios. En la hoja Wenceslao Escalante (extremo NE de la depresión) la salida hacia el río Saladillo está referenciada como bañados del río Saladillo, afirmando el predominio de un régimen léntico, donde la escasa esorrentía estaba confinada a cañadas (depresiones elongadas)

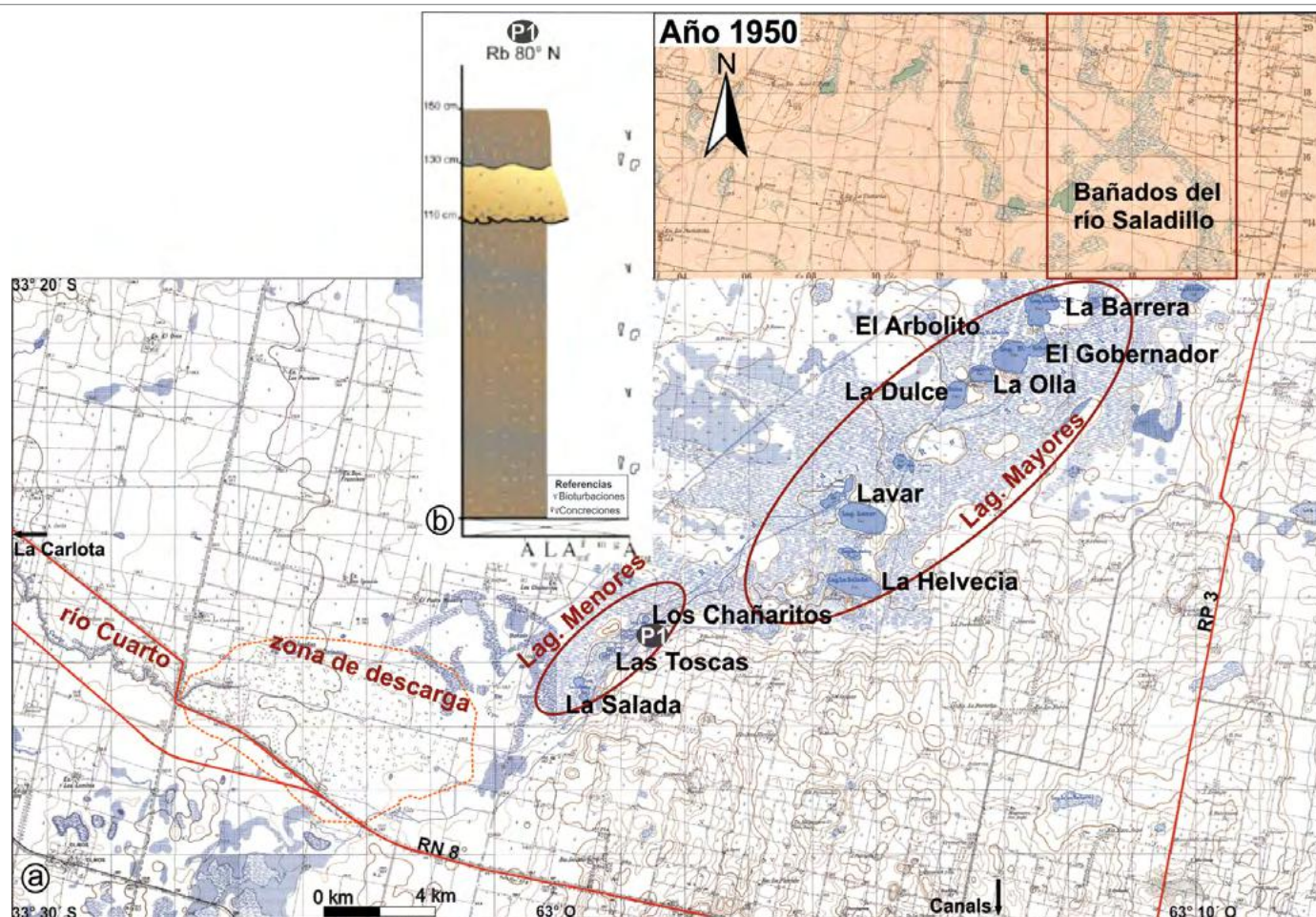


Figura 4. a) Hoja topográfica San José y Wenceslao Escalante. En los círculos se diferencian los dos sistemas lagunares, y se observa la desconexión con el régimen aluvial del río Cuarto. En el rectángulo se expresa el régimen hidrológico léntico del sistema; b) Perfil sedimentológico (P1), donde se muestra el dominio palustre del medio.

que interconectaban estos cuerpos y que principalmente conducían excedentes de origen pluvial y de crecidas extremas, las que escurrían lentamente hacia el río Saladillo. Esto fortalece la hipótesis de un funcionamiento principalmente endorreico del río Cuarto, hasta esos años.

Segundo estadio: cambios menores en el humedal (1950-2000)

A partir de mediados de la década 1950 y, asociado al advenimiento de un ciclo más húmedo, donde el río Cuarto registró crecidas importantes (SSRH 2009), comenzó la canalización de su tramo inferior a lo largo de 8 km, para desactivar el abanico de derrames y conducir los caudales de crecidas hacia el extremo meridional de los bañados. Estas obras se complementaron a principios de los '70 con albardones en las márgenes del río, aumentando la frecuencia y magnitud de los caudales de crecidas hacia el interior de los bañados.

En la fotografía satelital de comienzo de los '70 (Fig. 5),

que refleja un ciclo seco, sólo se percibe la influencia aluvial del canal Río Cuarto sobre el sistema de lagunas menores (La Salada, Las Toscas, Los Chañaritos). Las canalizaciones observadas en el interior del humedal, si bien conectan algunas lagunas, sólo conducían excedentes hídricos ya que la mayor parte de los sedimentos se depositaban en el extremo meridional.

Si bien el canal La Brava fue construido en la primera mitad de los '80, en el año 1991 (Fig. 6a) su traza se conectó con el canal Río Cuarto hasta el sistema de lagunas menores (La Salada-Los Chañaritos). Por otro lado, los cuerpos mayores (La Dulce-La Barrera) estaban vinculados mediante un canal por el que ingresaban los excedentes del sistema arroyo Chazón (arroyos Carnerillo, Chucul y Tegua), los cuales eran conducidos hacia el río Saladillo.

La figura 6b corresponde a una crecida del río Cuarto de noviembre de 1999, donde se perciben los efectos de los desbordes del canal La Brava-Río Cuarto y canales secundarios, a partir de los cambios en las tonalidad de los cuerpos de



Figura 5. Fotografía satelital (Corona H-K 1972), en línea celeste se distingue la primera canalización del río Cuarto y canales secundarios y en círculos blancos los ambientes lagunares (Lag.). Nótese la similitud con los señalados en la figura 4a.

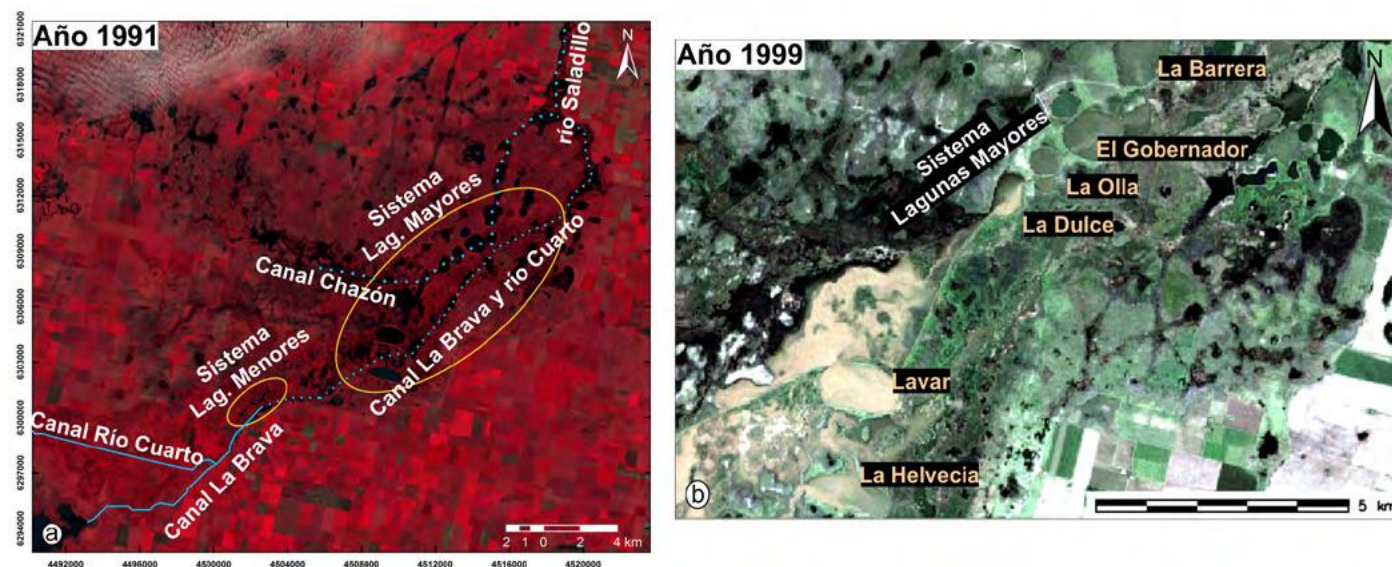


Figura 6. Caracterización del bañado en la década '90 (imágenes de satélite Landsat 7); a) Se resaltan en color celeste la extensión de los canales, en trazos continuos los tramos detectados, y en discontinuos los inferidos; b) Detalle del sistema de lagunas mayores, durante una crecida del río Cuarto. El alcance de la inundación se percibe con cambios en la tonalidad del agua en las lagunas y zonas palustres.

agua. El color marrón claro (alto contenido de sedimentos en suspensión) revela la procedencia aluvial del caudal, que afectó a la totalidad de la laguna Lavar, la mitad suroriental de la Dulce, mientras que la Helvecia recibió una concentración menor. Cabe mencionar que el año 1999 fue uno de los más

lluviosos, perteneciente a un ciclo húmedo regional (serie Las Tapias-Chañares 1348 mm; serie Canals 861 mm) y que el río Cuarto registró crecidas de gran magnitud, como la de 1998 (500 m³/s).

A pesar de la creciente influencia aluvial del río Cuarto

Cuadro 1: Resumen de los datos de aforos. Nótese los altos valores del río Cuarto tanto de Q_L como en C_s (tomados en la ciudad de La Carlota el 9 de marzo de 2016, Doffo et al. 2016). Los bajos valores de C_s sobre el canal La Brava se muestran como nulos, debido a la metodología utilizada.

Cuadro 1: Caudales líquidos y concentración de Sólidos en Suspensión de los principales ingresos a los bañados del Saladillo

	Q_L (estiaje) m ³ /s	Q_L (crecida) m ³ /s	C_s (estiaje) g/L	C_s (crecida) g/L
Canal Río Cuarto	4	50-122.5	0.5	6-9
Sistema Chazón	Chazón= 2 Chucul= 5	Chazón= 16 Chucul= 32	0.5	1,9
Canal La Brava	4.1	20	0	0

sobre el sector central-meridional de los bañados, estos aún mantenían su función y características morfológicas principales (sistemas de lagunas menores y mayores), pero las lagunas alcanzadas por los desbordes del río comienzan a disminuir paulatinamente su profundidad por procesos de decantación de sólidos en suspensión incorporados.

Tercer estadio: mayores intervenciones (2000- al presente)

Es el estadio donde se produjeron los mayores cambios antropogénicos en el humedal, el más importante es la ampliación y extensión del canal Río Cuarto atravesando ambos sistemas lagunares, y su desconexión del canal La Brava. También se ensanchan y profundizan los canales La Brava y Chazón y se canaliza el río Saladillo. Con el material extraído del dragado se construyeron albardones en las márgenes

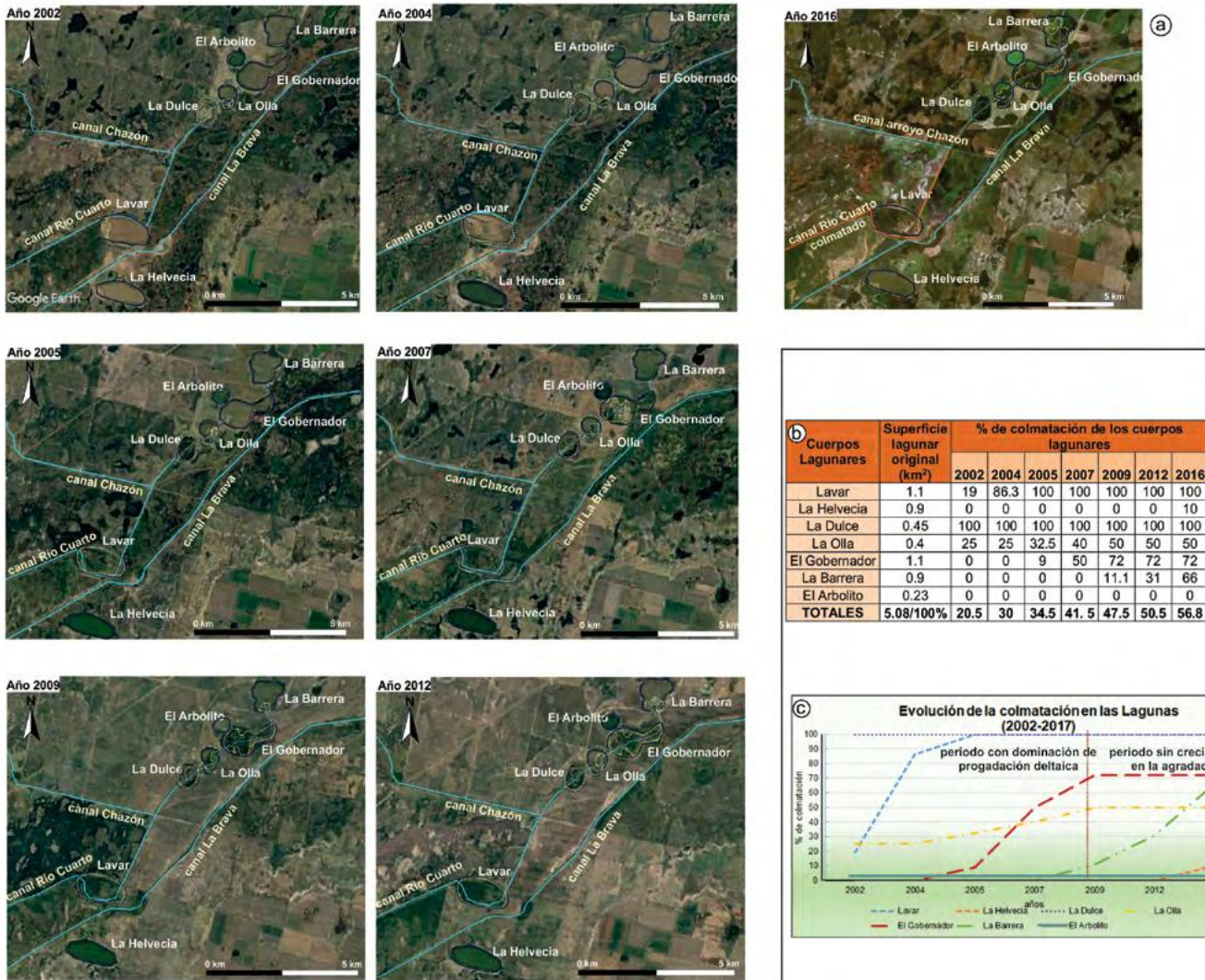


Figura 7. a) Imágenes satelitales (Google Earth), mostrando la evolución de la colmatación en el sistema de lagunas mayores, durante el periodo 2002-2017 (progradación de deltas); b) Síntesis de los porcentajes del proceso de progradación deltaica; c) Gráfico que señala la tendencia de colmatación de cada cuerpo lagunar a través de los años, donde se destacan los dos periodos con diferente grado de progradación deltaica.



Figura 8. a) En la imagen de satélite (Landsat 7), se identifican la actual configuración de canales activos en línea discontinua azul (La Brava y Chazón) e inactivos (tramo sedimentado) en línea discontinua marrón del canal Río Cuarto. En amarillo se destaca el canal de avulsión hacia el canal La Brava, también se aprecia el estado de colmatación del sistema de lagunas mayores; b) Vista del canal de desborde hacia el canal La Brava que desactiva aguas abajo el canal Río Cuarto; c) Se aprecia la laguna Lavar (línea punteada naranja) con un avanzado estado de colmatación, y el tramo re-canalizado del río Cuarto a través del perímetro de la antigua laguna (by pass); d) Vista de la coloración amarronada del agua de la laguna La Helvecia, proveniente de la crecida del río Cuarto.

de canales y perímetros lagunares, con el fin de aumentar la capacidad de conducción y almacenamiento de agua (Fig. 7).

Los valores de caudal líquido (Q_l) y concentración de sólidos (C_s) del río Cuarto (Cuadro 1), medidos previo al ingreso de los bañados (La Carlota) durante una crecida menor en 2016, dan cuenta de la importante influencia que ejerce este curso en la morfodinámica del bañado, con un caudal pico de $122.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal sólido de 1.1 Tn/s .

A comienzo del siglo XXI, los cuerpos lagunares menores (La Salada, Las Toscas, Los Chañaritos, entre otros) estaban totalmente colmatados (0.77 km^2), mientras que el grupo de lagunas mayores La Dulce-La Barrera (superficie original 5.08 km^2) inician un proceso acelerado de sedimentación, de-

bido a la nueva traza del canal Río Cuarto (2001), a excepción de las lagunas La Helvecia y El Arbolito (no atravesadas por el canal). Esta intervención, modificó la calidad del agua de las lagunas interconectadas, haciéndolas en general más dulces (mezcla de agua subterránea salobre/salina con dulce del río Cuarto).

En la figura 7a y b se presenta, para el período 2002-2017, el avance de la sedimentación progresiva desde la laguna Lavar hacia La Barrera. Se observa que en el transcurso de 15 años aumento un 36 % el porcentaje total de pérdida de estos ambientes, a partir de la rápida progradación de frentes deltaicos. Desde el inicio de este siglo hasta la actualidad, el área lagunar colmatada es de $2,8 \text{ km}^2$. Puntualmente, merece

destacarse que la laguna Lavar en el año 2004 manifiesta un fuerte incremento en la colmatación (67 %), relacionado a años lluviosos, especialmente en las series Las Tapias-Los Chañares y La Providencia, que controlan los caudales del río Cuarto y sistema arroyo Chazón. Del mismo modo, en el año 2007 (período húmedo) la laguna El Gobernador se colmata en un 41 %. En la figura 7c se grafica la secuencia de sedimentación de cada laguna por año, allí es posible reconocer dos ciclos, el primero entre 2002-2009 donde domina una tasa creciente de progradación deltaica, hasta, en algunos casos, completar la superficie lagunar y, un segundo período (2009-2018), donde a excepción de La Barrera, el resto de las lagunas no han mostrado crecimiento en la tasa de degradación.

La situación actual del bañado, está asociada principalmente a la crecida de gran magnitud de del río Cuarto en marzo del 2015. Una consecuencia de este evento aluvial, fue la avulsión del canal Río Cuarto hacia el canal La Brava (Fernández 2018), que implicó la desconexión del sistema La Dulce-La Barrera (Fig. 8a-b). Esta crecida, además afectó la mayoría de las lagunas, cuya alta concentración de sedimentos en suspensión (6-8 g/L, Doffo et al. 2017) se detecta por la coloración marrón clara de sus aguas (Fig. 8c-d) y la consecuente sedimentación por decantación.

Por otro lado, este evento aluvial provocó la llegada de significativos volúmenes de agua y sedimentos hacia la laguna La Helvecia (Fig. 8c), que no estaba conectada con el canal Río Cuarto, alterando temporalmente la salinidad, turbidez y el volumen del agua en la laguna. La salinidad de esta laguna fue de 5-6 g/L para el período octubre 2012-mayo de 2013 (Izaguirre et al. 2014), mientras que los valores medidos en marzo y septiembre de 2015, muestran una importante disminución (1.6-3 g/L) debido a la dilución inducida por el ingreso de agua dulce del río Cuarto. Por otra parte, mediciones obtenidas en octubre de 2018 muestran una salinidad de 7 g/L, similar a las concentraciones originales.

Principales procesos morfohidrológicos y secuencia evolutiva de los cuerpos lagunares

El principal proceso de sedimentación observado en las lagunas es la progradación de cuerpos deltaicos, del tipo digitado (Galloway 1975), conformados por múltiples canales que se desprenden de manera ramificada a partir del canal principal, ya que el único factor que controla el desarrollo de estos cuerpos es la acción fluvial. Este modelo deltaico es consistente con lagunas continentales de escasa superficie y profundidad como el sistema Lavar-La Barrera, donde el ingreso de importantes caudales sólidos, explica la acelerada progradación deltaica.

Otro proceso relevante, asociado a las canalizaciones a través de las lagunas, es el drenado del acuífero que producen estos canales, principalmente los que atraviesan los cuerpos deltaicos, cuya consecuencia es la desecación de las lagunas (pérdida del régimen permanente). Producto de la colmatación estos canales tuvieron que ser profundizados, en general por debajo del nivel freático. Además, durante las crecidas, también se forman abanicos de desbordes laterales ligados a la ruptura de los tramos albardados de los canales y la depositación de sedimentos en depósitos de abanico. En forma subordinada y posterior a los episodios de desbordes, se produce la consecuente decantación de sedimentos en suspensión en el fondo de las lagunas.

A partir de la información antecedente/generada, se presenta un esquema evolutivo que resume el funcionamiento original y los principales estadios/procesos que condujeron al estado de colmatación aluvial/desecación que actualmente exhiben estos sistemas lagunares (Fig. 9).

En el estadio inicial (Fig. 9a), los cambios en la profundidad del agua, estaban principalmente influenciados por la fluctuación del nivel freático, principal variable que controlaba el régimen hidrológico, no sólo de las lagunas sino de todo el bañado. El borde con eflorescencia salina que rodea al cuerpo de agua de la figura 9a indica variaciones en la profundidad de la laguna y aguas con altos contenidos salinos, aportadas fundamentalmente por el acuífero freático. En la estación lluviosa el volumen de agua se incrementaba por aportes superficiales (pluvial o fluvial), provocando la disminución en la salinidad.

En la etapa intermedia (Fig. 9b), se muestran diferentes estados de sedimentación de las lagunas por progradación de frentes deltaicos. En la laguna La Barrera se observa un delta de morfología lobulada, con dos canales distributarios mayores y múltiples menores; mientras que en la laguna La Olla el delta es de forma más triangular. En esta última se describieron depósitos del frente deltaico, conformados por un nivel de arenas finas micáceas, laminadas, bioturbadas, de color pardo claro, de 30 cm de espesor, que se apoyan sobre sedimentos limo-arcillosos muy bioturbados de colores pardo oscuro/negro, correspondientes a depósitos de fondo lagunar.

En la figura 9c se muestra el estadio de colmatación completa del cuerpo lagunar, en este caso la laguna Lavar, donde la sedimentación del canal principal del delta, obligó a su re-canalización a través de la laguna, para mantener la conectividad a lo largo del bañado. Esta obra que se hizo en la mayoría de los cuerpos lagunares, modificó el perfil longitudinal inicial del canal Río Cuarto, cuya cota descendió ubicándose por debajo

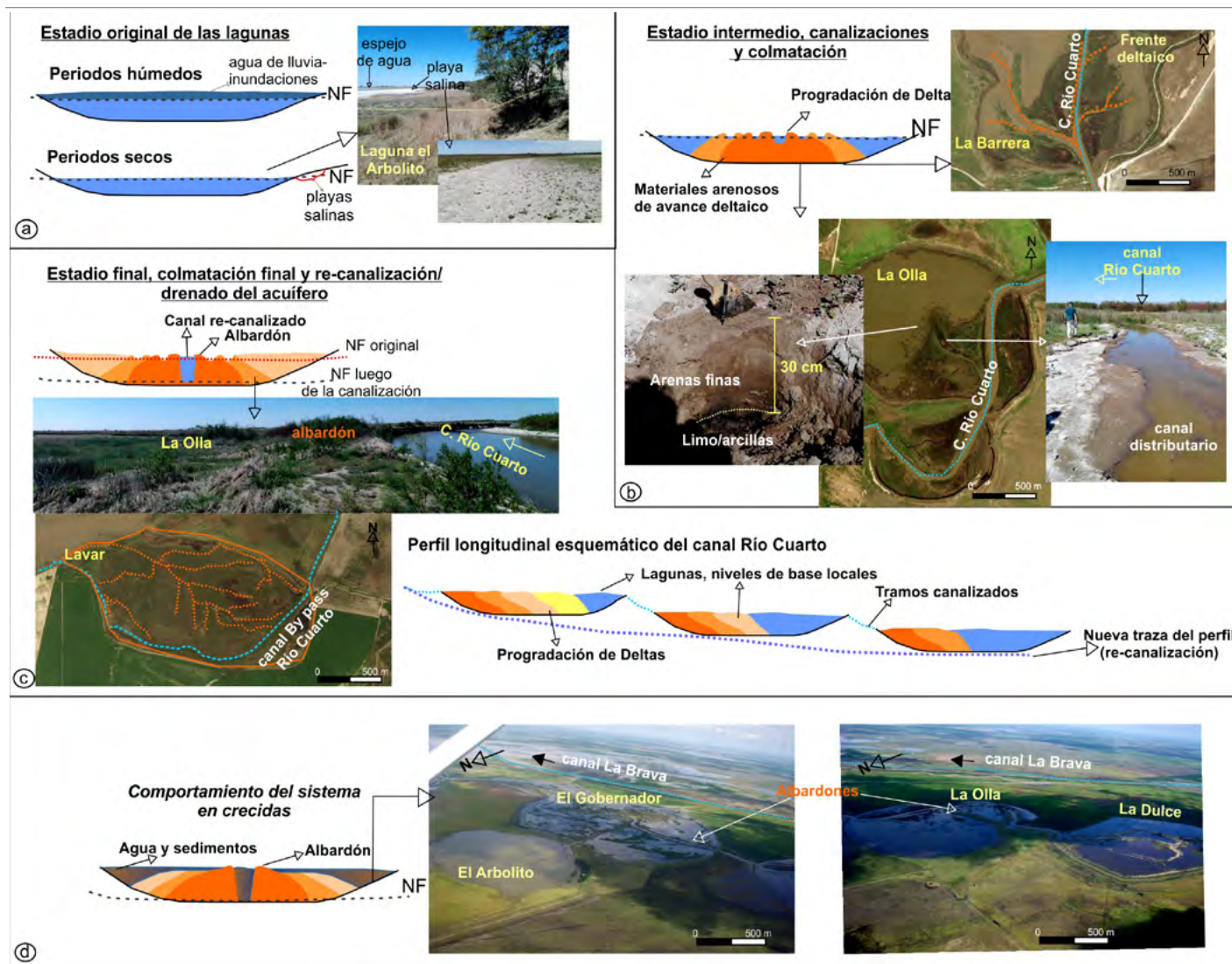


Figura 9. Modelo esquemático de los estadios de agradación aluvial en los cuerpos lagunares. a) Estadio original, dominio palustre del sistema, previo a las intervenciones humanas en los bañados; b) Estadio intermedio, comienzo de la colmatación mediante el desarrollo de ambientes deltaicos; c) Estadio final, se completa la sedimentación en las lagunas. Esquema con el nuevo perfil longitudinal del canal Río Cuarto; d) Vista durante una crecida, donde se aprecia el nivel del agua ocupando todo el cuerpo lagunar, por desbordes del Canal Río Cuarto.

del fondo de las lagunas, lo cual favorece el drenado del acuífero y produce la desecación de los cuerpos de agua. Esta nueva intervención es coincidente con el periodo de disminución de la progradación deltaica mostrado en el gráfico de la figura 7c.

Finalmente, en la figura 9d, se puede apreciar la respuesta del sistema de lagunas, durante un evento de crecida (marzo 2015), donde se destacan los contornos de las mismas, dando cuenta que aún preservan parte de su capacidad receptora, dejando emergido sólo sectores de cuerpos deltaicos y albardones. Al presente, la mayoría de los cuerpos lagunares se encuentran total o parcialmente colmatados (Fig. 7a) y sólo las lagunas El Arbolito y La Helvecia, por su grado de desconexión con el régimen aluvial del río Cuarto, preservan menores afectaciones.

CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

En concordancia con lo planteado por Carreño y Viglizzo (2010), para toda la planicie pampeana, en la región de estudio se observa como la agriculturización intensiva ha conducido al deterioro de los ecosistemas acuáticos, los cuales están siendo constantemente drenados, colmatados o convertidos en sistemas hipertróficos altamente turbios.

Particularmente en la evolución de los cuerpos lagunares de los bañados del Saladillo, merecen destacarse los siguientes procesos/etapas:

La desvinculación de aportes clásticos de origen fluvial, que originalmente presentaban las lagunas de los bañados

del Saladillo, constituyó el principal factor que favoreció la persistencia de estos cuerpos de agua de escasa superficie y profundidad.

El canal Río Cuarto, con su régimen aluvial y alta concentración de sedimentos, es el agente morfodinámico (desbordes y sedimentación) más relevante en la evolución de los bañados del Saladillo y en particular en las lagunas.

El efecto confinante (control de desbordes) que los albardones artificiales ejercen sobre las crecidas en el tramo inferior del río Cuarto, generan aumento de los volúmenes líquidos y sólidos que ingresan a los bañados, y potencian la sedimentación en un ambiente predominantemente lacustre-palustre.

-La rápida reducción de la superficie del sistema de lagunas (56.5 %), se produjo fundamentalmente a través de la formación progresiva de cuerpos deltaicos (sentido SO-NE); ya que al ser conectadas por el canal Río Cuarto se constituyeron en niveles de base locales.

-La acelerada colmatación de las mismas obligó a la recalificación, con el consecuente descenso de perfil longitudinal y traslado de la sedimentación en dirección aguas abajo.

La morfología lobulada de los deltas, da cuenta del marcado dominio fluvial en las condiciones de depositación, sin embargo la reducida superficie y la escasa profundidad de las lagunas limitó la progradación de los frentes deltaicos, provocando la sedimentación en canales distributarios y la consecuente colmatación del canal Río Cuarto, en esos tramos.

La profundización del canal Río Cuarto (nuevo perfil longitudinal) indujo el descenso del nivel freático por debajo del fondo de las lagunas, con la consecuente pérdida de su régimen permanente (deseccación). Sólo están inundadas durante las crecidas o extensos ciclos húmedos.

En síntesis, la importante reducción del ambiente de lagunas, observado en los últimos 20 años, se debe al efecto combinado de agradación aluvial y descenso del nivel del acuífero.

De manera concluyente, la traza del canal Río Cuarto a través de los sistemas de lagunas, no sólo provocó una disminución de la superficie (65 %), alteraciones en la geometría, dinámica y calidad del agua, sino también modificó profundamente la función original de este humedal, de receptor de agua y sedimentos a zona de tránsito, y la consiguiente disminución de su capacidad de regulación hidrológica (almacenamiento y amortiguación de excesos hídricos), como así también biogeoquímica y ecológica específica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Se-

cretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto, y a la Agencia Nacional de Promoción Científica (FONCYT-PICT 1552/2016) que financiaron esta investigación, así como también a Ing. Ana Heredia y Dr. Marcelo García de la UNC que realizaron las mediciones de los caudales de ríos y arroyos mediante el uso de un perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP). Especial agradecimiento a los revisores, quienes con sus sugerencias contribuyeron a la mejora de este manuscrito.

REFERENCIAS

- Andreazzini, M. 2015. Análisis de los procesos de ajuste en sistemas fluviales serranos-pedemontanos frente a cambios ambientales. Cuenca del río Las Cañitas, Córdoba, Argentina. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto (inérita), 438 p., Río Cuarto.
- Armas, P., Fernandez, P., Doffo, N., Degiovanni, S., Echevarria, K. y Criado, L. 2016. Caracterización sedimentológica y análisis de facies de depósitos del Paleobanico del río Chocancharava (Cuarto) en los bañados del Saladillo. 7° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 15° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 1-19, Santa Rosa.
- Benzaquén, L., Blanco, D., Bo, R. y Kandus, P. 2017. Regiones de humedales de la Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires, 333 p., Buenos Aires.
- 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 Nacional N° 8, entre Canals y Villa Mercedes. Convenio U.N.R.C. y Empresa Caminos del Oeste S.A (inérito), Córdoba.
- Blarasin, M., Degiovanni, S., Cabrera, A., Villegas, M., Sagripanti, G. y Cantero, J. 2004. Morfotectónica, escalas de flujo de aguas superficiales y subterráneas y antropización en los humedales pampeanos. 22° Congreso IAH- VI ALSHUD, En CD-ROM: 6 p., Zacatecas.
- Blarasin, M., Degiovanni, S., Cabrera, A. y Villegas, M. 2005a. Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba: Una perspectiva geoambiental. 1ª ed.- UNRC. ISBN: 950-665-350-X, 240 p., Río Cuarto.
- Blarasin, M. y Cabrera, A. 2005b. Aguas subterráneas: hidrolitología, hidrodinámica e hidrogeoquímica regional. En: Blarasin, M. Cabrera, A. y Matteoda E. (ed.), Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba: una perspectiva geoambiental. UNRC: 41-52, Río Cuarto.
- Blarasin, M., Degiovanni, S., Cabrera, A., Sagripanti, G. y Villegas, M. 2005c. Factores naturales y antrópicos condicionantes de los sistemas hidrológicos que sustentan los humedales del centro Sur de Córdoba. En: Blarasin, M. Cabrera, A. y Matteoda E. (ed.), Relaciones aguas superficiales-aguas subterráneas. UNRC: 101-108, Río Cuarto.

- Blarasin M., Cabrera, A. y Matteoda, E. 2014. Aguas subterráneas de la provincia de Córdoba. Argentina. UniRío <http://pid3508aguasubteranea.tk/>.
- Brandolin, P., Ávalos, M. y Martori, R. 2011. Water birds from wetlands of the southeast of the Córdoba Province, Argentina. *CheckList* 7(4): 537-541.
- Broothaerts N., Verstraeten, G., Kasse, C., Bohncke, S., Notebaert, B. y Vandenberghe, J. 2014. From natural to human-dominated flood plain geocology-A Holocene perspective for the Dijlecatchment, Belgium. *Anthropocene* 8: 46-58.
- Canevari, P., Blanco, D., Bucher, E., Castro, G. y Davidson, I. 1999. Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. *Wetlands International, Publicación* 46: 208 p.
- Cantero, J. 2005. Los humedales del centro sur de Córdoba. En: Blarasin M., Degiovanni, S., Cabrera, A. y Villegas, M., Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba. UNRC: 283-294, Río Cuarto.
- Carignano, C., Kröhling, D., Degiovanni, S. y Cioccale, M. 2014. Geomorfología. En: Martino, R. y Guerreschi, A. (ed.), *Relatorio del 19° Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*: 747-821, Córdoba.
- Carreño, L. y Viglizzo, E. 2010. Efecto de la agricultura sobre la provisión de servicios ecosistémicos. En: Viglizzo, E. y Jobbágy, E. (ed.), *Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental*. Ediciones INTA: 47-52, Buenos Aires.
- Chebli, G., Mozetic, M., Rossello, E. y Bühler, M. 1999. Cuencas Sedimentarias de la Llanura Chacopampeana. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Geología Argentina. Anales* 29 (20): 627-644, Buenos Aires.
- Chiappero, S. 2013. Hidrogeoquímica de un sector de la llanura fluvioeólica imperfectamente drenada, Bañados del Saladillo, Córdoba. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Río Cuarto (inédita), 176 p., Río Cuarto.
- Davidson, N. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Fresh water Research* 65 (10): 934-41.
- Degiovanni, S., Villegas, M., Doffo, N. y Origlia, D. 2004. Erosión Fluvial. En: González, M. y Bejerman, N. (ed.), *Peligrosidad Geológica en Argentina. Metodologías de estudio y mapeo. Estudio de casos. Publicación Especial N° 4*: 172-216, Córdoba.
- Degiovanni, S., Villegas, M., Blarasin, M. y Sagripanti, G. 2005. Hoja Geológica Río Cuarto-3263-III Secretaría Minera de la Nación—SEGEMAR, *Boletín* 49: 90 p.
- Degiovanni, S. 2008. Análisis geoambiental del comportamiento de los sistemas fluviales del Sur de Córdoba, en especial del arroyo Achiras-del Gato, como base para su gestión sustentable. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto (inédita), 506 p., Río Cuarto.
- Degiovanni, S. y Cabrera, A. 2012. Caracterización del funcionamiento hidrogeológico y morfodinámico del humedal pampeano "Laguna Pa-gliero"-Complejo lagunar La Felipa. Córdoba. Argentina. 11° Congreso Latinoamericano de Hidrogeología y 4° Congreso Colombiano de Hidrogeología ALHSUD-ACH, 4 p., Cartagena de Indias.
- Degiovanni, S., Echevarria, K., Andreazzini, J. y Doffo, N. 2014. Los sistemas fluviales del Sur de Córdoba: alteraciones históricas, procesos de ajuste y consecuencias ambientales. 19° Congreso Geológico Argentino, *Actas S13*: 2 p., Córdoba.
- Degiovanni, S., Blarasin, M., Cabrera, A., Echevarria, K., Andreazzini, J., Origlia, D., Matteoda, E., Maldonado, L., Becher, F., Giuliano, J., Eric, C., Doffo, N. y Felizzia, J. 2015. Caracterización morfodinámica e hidrogeoquímica de los sistemas hidrológicos superficiales del Sur de Córdoba. 2° Taller de Estudios Hidrológicos en Regiones Áridas y Semiáridas de la República Argentina, *Actas*: 59-60, Córdoba.
- Degiovanni, S., Doffo, N. y Echevarria, K. 2017. Aspectos geomorfológicos y morfodinámicos que controlan el peligro de inundación en La Carlota, Córdoba, Argentina. 20° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 7: 35-37, San Miguel de Tucumán.
- Doffo, N., Degiovanni, S., Echevarria, K. y Andreazzini, J. 2016. Caracterización morfohidrológica del tramo inferior del río Cuarto y los Bañados del Saladillo y determinación de la peligrosidad de inundación de la localidad de La Carlota. Informe técnico, Universidad Nacional de Río Cuarto (inédito), 136 p., Río Cuarto.
- Doffo, N., Degiovanni, S. y Andreazzini, J. 2017. Cambios morfohidrológicos por intervenciones humanas en el tramo inferior del río Cuarto y Bañados del Saladillo, Córdoba, Argentina. 20° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 7: 43-45, San Miguel de Tucumán.
- Fernandez, M. 2018. Alteraciones antrópicas en los bañados del Saladillo, Córdoba. El caso de la avulsión del canal Río Cuarto. 7° Congreso del Geomorfología y Cuaternario, *Actas*: 139-140, Puerto Madryn.
- Galloway, W. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. En: Brousard, M.L. (ed.), *Deltas, Models for Exploration*. Houston Geological Society: 87-98, Houston.
- Iriondo, M. 1990a. Map of the South America plains -Its present state. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 6: 297-308.
- Iriondo, M. 1990b. The Late Holocene dry period in the Argentina plains. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 7: 197-218.
- Iriondo, M. y Kröhling, D. 1995. El Sistema Eólico Pampeano. *Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"*. Nueva Serie 5(1): 1-68, Santa Fe.
- Izaguirre, I., Sanchez, M., Schiaffino, M., O'Farrell, I., Huber, P., Ferrer, N., Zunino, J., Lagomarsino, L. y Mancini, M. 2014. Which environmental factors trigger the dominance of phytoplankton species across a moisture gradient of shallow lakes? *Hydrobiologia* 752: 47-64.
- Junk, W., An, S., Finlayson, C., Gopal, B., Kvet, J., Mitchell, S., Mitsch, W. y Robarts, R. 2013. Current state of know ledger garding the world' swetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic Sciences* 75(1): 151-167.

- Kandus, P., Minotti, P. y Malvárez, A. 2008. Distribution of wetlands in Argentina estimated from soil charts. *Acta Scientiarum* 30 (4): 403-409.
- Kandus, P., Quintana, R., Minotti, P., Oddi, J., Baigún, C., Gonzalez Tri-lla, G. y Ceballos, D. 2010. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. En: Laterra, P., Jobbagy, E. y Paruelo, J. (ed.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA 11: 264-291.
- Kröhlhing, D. y Carignano, C. 2014. La estratigrafía de los depósitos sedimentarios cuaternarios. En: Martino, R. y Guerreschi, A. (ed.), *Relatorio del 19° Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*: 673-724, Córdoba.
- Mancini, M., Biolé, F., Salinas, V., Morra, G., Prieto, G. y Montenegro, H. 2014. Caracterización limnológica y fauna de peces de la laguna La Helvecia (Córdoba, Argentina). *Biología Acuática* 30: 141-149.
- Massabie, A. 1987. Neotectónica y sismicidad en la región de las Sierras Pampeanas Orientales, Sierras de Córdoba, Argentina. 10° Congreso Geológico Argentino, Simposio de Neotectónica: 271-274, San Miguel de Tucuman.
- Mengui, M. 2000. Reserva natural de fauna Laguna La Felipa (Ucacha), Córdoba. Un encuentro con el paisaje autóctono, sus ecosistemas y comunidades vegetales. Departamento de imprenta y publicaciones, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Nakamura, F., Sudo, T., Kameyama, S. y Jitsu, M. 1997. Influences of channelization on discharge of suspended sediment and wetland vegetation in Kushiro Marsh, northern Japan. *Geomorphology* 18: 279-289.
- Osterkamp, W. y Schumm, S. 1996. Geoindicators for river and river-valley monitoring. En: Berger, A. y Balkema, W. (ed.), *Geonicators. Assessing rapid environmental changes in earth systems*: 97-114, Róterdam.
- Passotti, P. 1974. La neotectónica en la Llanura Pampeana. *Publicaciones 58*, Instituto de Fisiografía y Geología, Universidad Nacional de Rosario, 1-32 p, Rosario.
- SSRH, 2009. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. *Estadística hidrológica 2008/2009*, Tomo I, 571 p.
- Vilardy, S., Cadena-Marin, A., Cortes-Duque, J. y Vásquez, C. 2016. El prisma del bienestar humano. En: Jaramillo, U., Cortes-Duque, J. y Florez, C. (ed.), *Colombia Anfibia, un país de humedales*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2: 42-43, Bogotá.