

3e | Humedales del río Paraná con grandes lagunas

Zuleica Y. Marchetti^a, Alejandro R. Giraudo^b, Carlos G. Ramonell^a e Ignacio M. Barberis^c

Este sistema de humedales incluye sectores de llanura aluvial pertenecientes a las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes. En Santa Fe, involucra el este de los departamentos General Obligado, San Javier, Garay, La Capital y San Jerónimo, en tanto que, en Corrientes, el oeste de los departamentos de Goya y Esquina y, en Entre Ríos, el oeste de los departamentos Paraná, Diamante y Victoria. Se corresponde con la planicie inundada por el río Paraná en su tramo medio durante sus crecidas extraordinarias (e.g. las de 1982-83, 1992 y 1998). En ellas toda su superficie es ocupada por las aguas fluviales. Las fuentes pluvial y subterránea, así como las fluviales de los tributarios locales del tramo, tienen incidencia sectorizada y en general, mucho menor que la de las crecidas regulares del sistema.

Este sistema cuenta con numerosos y valiosos antecedentes sobre sus atributos físico-ambientales, incluidos tanto en artículos científicos como en reportes técnicos y de consultoría. Los tópicos mejor desarrollados conciernen a su hidrología de superficie, morfodinámica, transporte de sedimentos, geomorfología y calidad de las aguas, sintetizados en buena medida en los textos editorializados por Paoli y Schreider (2000) e Iriondo

et al. (2007), junto a la obra más temprana de Bonetto (1976). A éstos se suman varios informes inéditos de gran valor, como distintos informes regionales de consultoría vinculados a temas de inundación y aprovechamiento del río y/o de cruces viales y energéticos de envergadura (e.g. proyectos de navegación y/o hidroeléctricos realizados por la disuelta Gerencia Proyecto Paraná Medio -de Agua y Energía Eléctrica Sociedad del Estado- entre los primeros, y para las conexiones según los ejes Santa Fe- Paraná, Coronda- Puente Alvear, Rosario- Victoria y la proyectada Goya-Reconquista, entre los segundos).

Caracterización físico-ambiental

Clima

El flujo de la enorme masa de agua a través de un sistema de múltiples cauces impone características propias a la planicie; por ello, ciertos datos meteorológicos locales de estaciones próximas tienen validez orientativa. Con este considerando, de

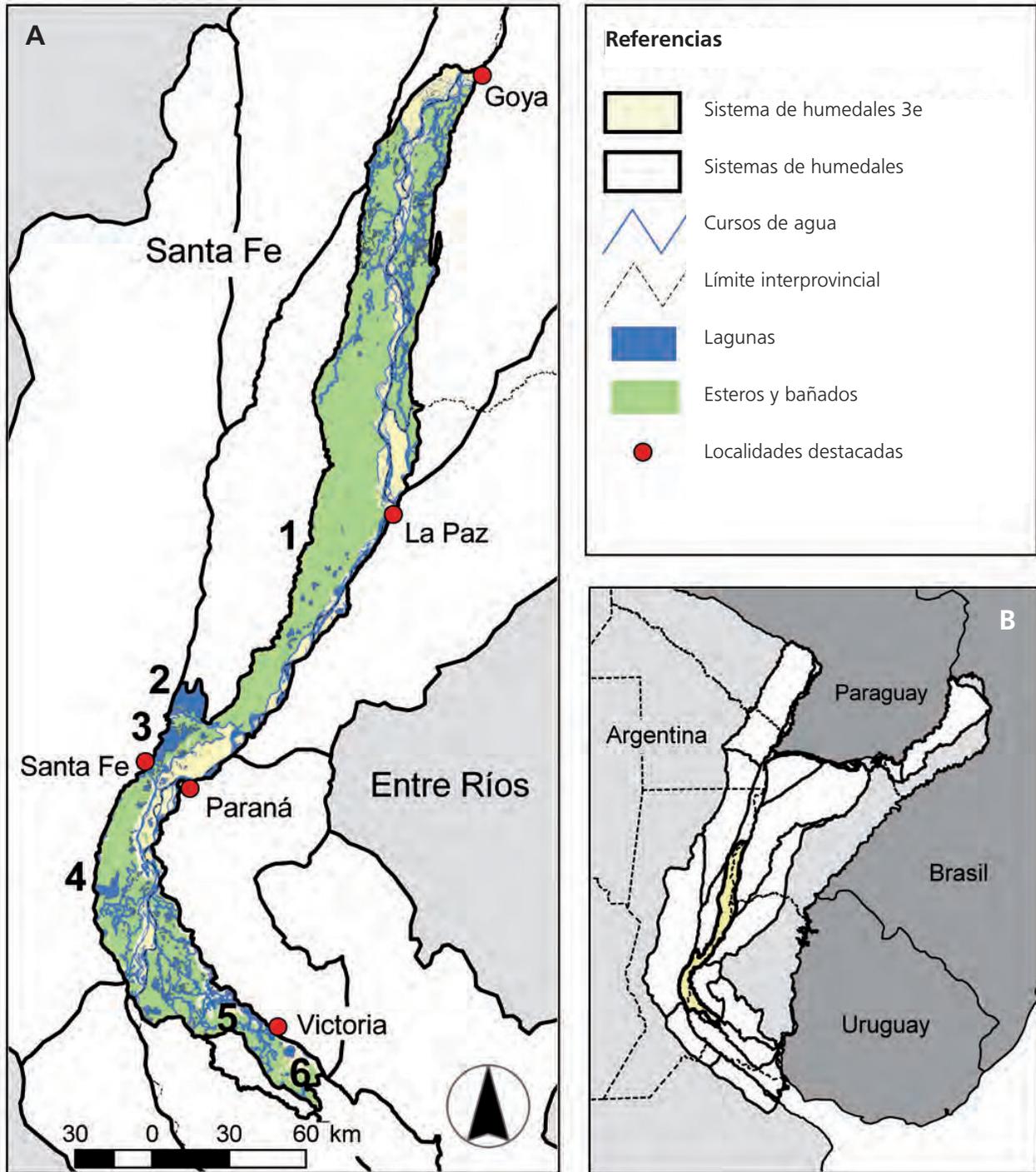
^a Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral - CONICET, Santa Fe.

^b Instituto Nacional de Limnología / INALI - CONICET, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.

^c Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario - CONICET, Santa Fe.

Humedales del arroyo Isoró, Corrientes.





Mapa del **Sistema 3e: Humedales del río Paraná con grandes lagunas**. **A)** principales humedales: 1) laguna de las Nieveas, 2) laguna el Capón, 3) laguna Setúbal, 4) laguna Coronada, 5) laguna Grande y 6) laguna del Pescado. **B)** mapa de localización del sistema.

la serie de datos meteorológicos 1961-1990 analizada por García (1994; en Paoli y Schreider 2000), se destaca que la precipitación media anual en el sistema apenas varía de norte a sur entre los 1.250 mm y 1.000 mm, con una menor concentración de lluvias en los meses de invierno (junio – agosto), en los que la precipitación promedio ronda los 120 mm. Las épocas más lluviosas se distribuyen con dos máximos, en marzo/abril y diciembre/enero. Las temperaturas medias muestran una clara distribución latitudinal, siendo algo superiores a los 25 °C en enero y de 12 °C a 15 °C en julio. Los vientos dominantes son del noreste, con una dirección de vientos secundarios del sudeste, siendo sus velocidades medias en general bajas (ca. 10 km.h⁻¹); vientos huracanados de grado F1 (en la escala FPP de Fujita-Pearson) suelen ocurrir una o dos veces al año.

Emplazamiento geológico y geomorfológico

Tanto por sus dimensiones intrínsecas como por su dinámica espacio-temporal, este sistema es de caracterización algo compleja. Téngase en cuenta para ello que, en una faja de

13 a 40 km de ancho coexisten, a mínimas distancias entre sí, cuerpos lóticos y leníticos de muy variados tamaños, conectividades y dinámicas morfológico-sedimentarias. Ramonell *et al.* (2011) refieren que la planicie de inundación del río en esta zona integra, en superficie, unidades sedimentarias de formación moderna junto a otras de antigüedad decamilenaria. Esto significa que existen áreas que han sido poco afectadas por las variables de transformación registradas en tiempos históricos (básicamente caudales líquidos y sólidos, tanto ordinarios como extremos).

Las unidades sedimentarias se corresponden en parte, con las unidades geomorfológicas, las que son mayores en número por la variedad y tamaños de los elementos morfológicos distinguibles. Estas unidades se disponen en cotas promedio diferentes entre sí, con pendientes longitudinales y transversales en ocasiones distintas a las de los cauces más grandes de la planicie. Así, un cambio en la conectividad entre ellas por la apertura o cierre de algún curso puede disparar, en pocos decenios, modificaciones locales sustantivas, como las que se ilustran en las Figuras 1 y 2, de áreas cercanas a la ciudad de Santa Fe.

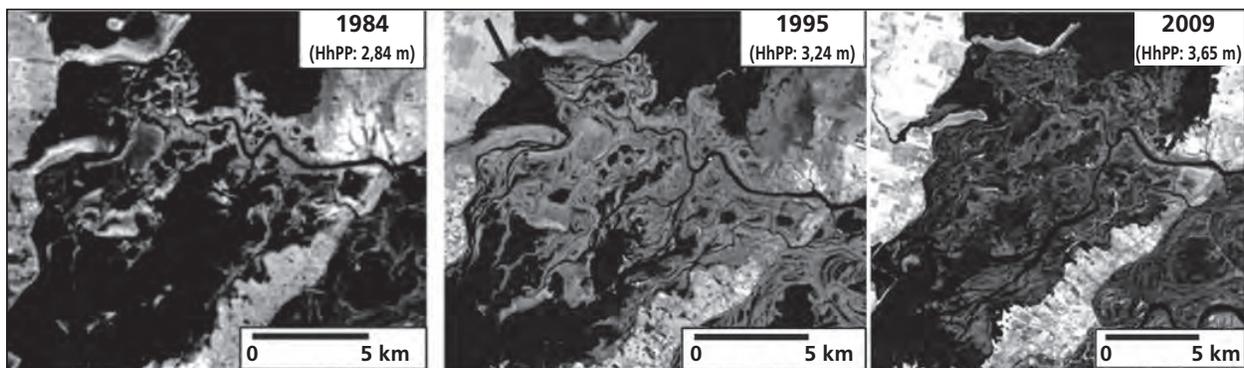


Figura 1.- Expansión del delta del arroyo Leyes dentro del sistema lagunar Setúbal-El Capón, entre 1984 y 2009 (con menor escala en la escena 2009). El lóbulo deltaico más activo tuvo un avance promedio de 550 m.año⁻¹ desde 1983 (HhPP: alturas hidrométricas en el Puerto de Paraná; extraído de Ramonell *et al.* 2011).



Figura 2.- A) Cambios de posición del río Colastiné por avulsiones (desplazamientos mayores del cauce) ocurridas en el siglo XX. **B)** Detalle del cegamiento o terrestreización del tramo encerrado por el óvalo de trazos en (A), en los años 1954 a 2002 (extraído de Ramonell *et al.* 2011).

En contraposición, existen áreas que prácticamente no se han modificado en los últimos 100 años o más, como se ejemplifica en la Figura 3.

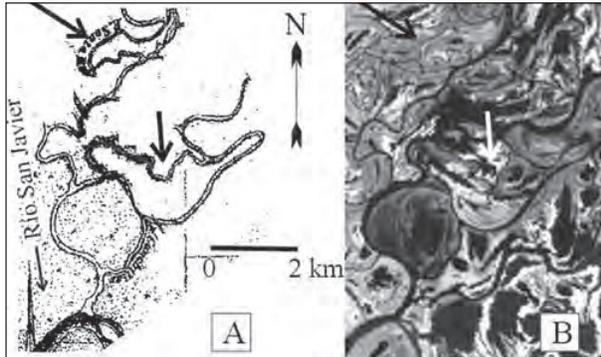


Figura 3.- Tramo del río San Javier ubicado en el extremo superior del área de la Figura 2(A): **A)** situación en 1913 y **B)** situación en 2003. Las flechas señalan los únicos cambios advertidos al cabo de 90 años (cauces que aparecen disminuidos en el presente siglo; extraído de Ramonell y Amsler 2005).

Se advierte, desde las figuras anteriores, la amplia diversidad de tamaños y densidad de cauces en distintos sectores de la planicie, siendo el cauce principal la mayor vía de transporte de agua y sedimentos en cualquier momento del año, con caudales medios históricos de entre 12.000 m³.s⁻¹ a 25.000 m³.s⁻¹, de acuerdo al tramo y serie temporal en que se lo considere (Giacosa *et al.* 2000, en Paoli y Schreider 2000; Amsler *et al.* 2005). En oportunidad de la crecida extraordinaria de 1982-83, cuyo máximo fue de 60.000 m³.s⁻¹ en todo el sistema, el cauce principal condujo, al menos, la mitad de ese caudal (Ceirano *et al.* 2000 en Paoli y Schreider 2000).

Los eventos de inundación ordinarios ocurren con máximos en los meses de febrero/marzo y una recurrencia cercana a los dos años, aunque se han advertido fuertes desviaciones sobre ello en los últimos tiempos, luego de la crecida extraordinaria de 1998. Giacosa *et al.* (2000) y Paoli y Cacik (2000; ambos en Paoli y Schreider 2000), brindan un pormenorizado análisis del régimen hidrológico del río en el siglo XX. De acuerdo a las cotas generales de las distintas unidades geomorfológicas de la planicie, las aguas de inundación pueden cubrir sus superficies con profundidades de hasta unos cinco metros, o mucho menos, durante el mismo evento.

La carga sedimentaria mayor del río la componen limos y arcillas, aportados fundamentalmente por el río Bermejo en la actualidad. Los mismos conforman el 80% de las 130-135 × 10⁶ toneladas transportadas anualmente por el cauce principal, junto a arenas medias y finas que constituyen su carga de fondo y en suspensión intermitente (Amsler *et al.* 2007, en Iriondo *et al.* 2007). Los sedimentos finos son los más importantes formando el sustrato de la mayoría de los humedales de la planicie.

Suelos

Los suelos presentan, en general, un desarrollo incipiente y, a diferencia de los suelos de tierra firme, la diferenciación de horizontes es menos clara. Tienen poca cantidad de materia orgánica aunque, en algunas ocasiones, se identifican capas orgánicas enterradas de diferentes espesores y a profundidades variables. El limo es la fracción más abundante y participa con tenores importantes de las capas franco-limosas a franco-arenosas en los albardones y de las franco-limosas a franco-arcillo-limosas de los otros ambientes. De acuerdo a algunos antecedentes (e.g. Orellana y Bertoldi de Pomar 1969), los

Sistema anastomosado de cauces en la Unidad Derrames y Albardones de los Arroyos Malo y Mendieta. Representa a los humedales de alta conectividad con la red de cauces menores del sistema.



suelos fluviales corresponden principalmente al grupo de los Entisoles y a los subgrupos de los Fluventes y los Acuentos. Los Fluventes se desarrollan generalmente en los albardones en tanto que los Acuentos representan a los suelos de las superficies más bajas (bañados y lagunas).

Tipos de humedales presentes

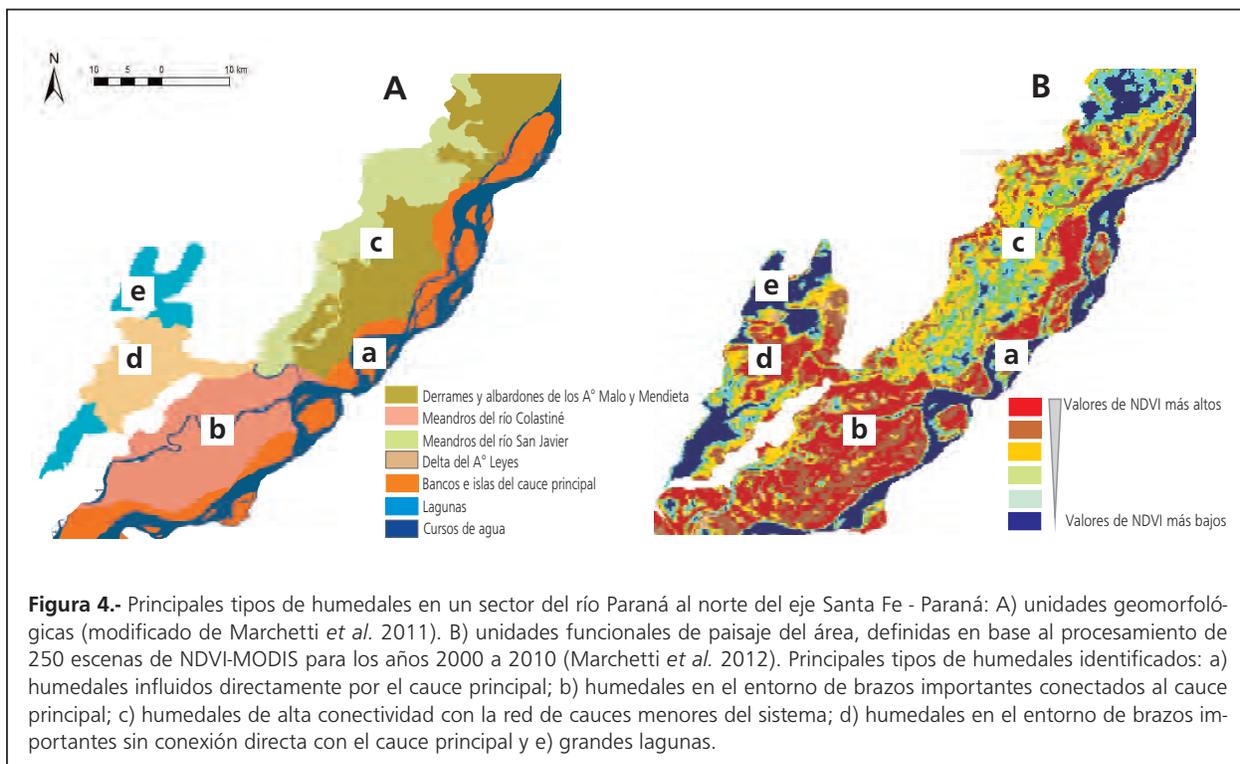
A partir de las descripciones previas, se cree más conveniente diferenciar los humedales del sistema según su pertenencia a grandes unidades de paisaje, como tipos simples de lagunas, áreas transitoriamente anegadas, etc. Tales unidades resultan de integrar sus propiedades geomorfológicas con su funcionalidad hidro-sedimentológica y de vegetación, como se ejemplifica en la Figura 4.

De acuerdo a las unidades geomorfológicas y funcionales identificadas en la Figura 4, se reconocen:

a) *Humedales influidos directamente por el cauce principal del sistema*: incluyen a los humedales constituyentes de las islas centrales del cauce principal y a los de sectores adyacentes de la planicie con geformas similares. Aquí se encuentra la mayor diversidad de bajíos según su génesis, desde depresiones inter-albardón o formadas por la coalescencia de bancos de arena, hasta cauces de dispar anchura, funcionalidad y profundidades. Además de la variedad de tipos de humedales, otros rasgos característicos son la baja permanencia del agua de inundación, y la alta tasa de cambio geomorfológico, que se manifiesta con fenómenos de erosión de márgenes y/o de formación de nuevas áreas insulares a ritmos que varían entre la decena y algunos cientos de metros por año. La permanencia del

agua de inundación puede apreciarse en la Figura 5 a partir de la curva de la unidad geomorfológica "Bancos e Islas del cauce principal", que caracteriza a los humedales de tipo "a" en la Figura 4. A pesar de que en el cauce principal se registran siempre los mayores valores de concentración de sedimentos finos transportados en suspensión (que contribuyen a la renovación de nutrientes en los humedales de su entorno durante las crecidas fluviales), es de destacar que existe una gran disparidad de aportes de estos sedimentos hacia los humedales (Figura 6), con depósitos de limos y arcillas que pueden ser de varios $\text{cm}\cdot\text{año}^{-1}$ o mucho menos hasta valores nulos aún, incluso, en sitios próximos a los mismos (Ramonell *et al.* 2011). Tanto las comunidades leñosas (bosques y arbustales) como las herbáceas (terrestres, palustres y acuáticas) son frecuentes en este tipo de humedales.

b) *Humedales en el entorno de brazos importantes conectados al cauce principal*: son los adyacentes al río Colastiné (b en Figura 4), representados por lagunas y pantanos ubicados entre espiras de meandro, meandros abandonados y segmentos de cauce aislados por avulsión. La altura topográfica que alcanzan sus geformas, junto a la escasez relativa de los cauces menores activos en tal sector de la planicie, hacen que estos humedales tengan, en general, baja conectividad con el curso mayor local. La tasa de reemplazo de la vegetación siguiendo ciclos de inundación/sequía sucesivos es baja, al igual que la recurrencia y permanencia del agua de inundación (Figura 5; curva correspondiente a "Meandros del río Colastiné", unidad geomorfológica que define este tipo de humedales). Con relación a los sedimentos finos existe afinidad entre esta unidad y lo ya comentado para la del cauce principal. Al igual que en los humedales mencionados, bosques, arbus-



tales y comunidades herbáceas son encontrados en estos humedales.

- c) *Humedales de alta conectividad con la red de cauces menores del sistema:* la unidad se caracteriza por poseer cotas inferiores a las previamente descritas, incluso con relieves locales más bajos, y por la existencia de una densa red de cauces menores con albardones que delimitan lagunas someras y pantanos sub-circulares. Otros rasgos sobresalientes son las bajas concentraciones de sedimentos finos que se transportan en cualquier momento del año (en relación con las otras unidades) y las tasas de cambio geomorfológico de su superficie, en general mínimas. Los cuerpos lóticos y los cauces están bien conectados entre sí por surcos de erosión, lo que determina, junto a su topografía general y local, gran elasticidad (entendiéndose como tal al cambio de superficie ocupada por los humedales antes y después de eventos hidrológicos como lluvias e inundaciones) de sus humedales, y una mayor permanencia y recurrencia de los eventos de inundación. La vegetación dominante es de hábito acuático-palustre y fisonomía herbáceo-arbustiva.
- d) *Humedales en el entorno de brazos importantes sin conexión directa con el cauce principal:* tiene características semejantes a la unidad anterior, diferenciándose por la actividad morfológica mucho mayor de sus cauces en tiempos recientes, lo que involucra la apertura/formación de nuevos cursos y el abandono/cegamiento parcial o total de otros (Ramonell *et al.* 2011). Posiblemente sea este aspecto, en una vía no dilucidada aún, lo que determine una funcionalidad de paisaje similar a la de las dos primeras unidades de humedales descritas. Fisonomías herbáceo-arbustivas acuático-palustres, más hidrófitas arraigadas, dominan en este tipo de humedales. Algunos parches de bosques de sauce (*Salix humboldtiana*) y aliso (*Tessaria integrifolia*) suelen también ser frecuentes.
- e) *Grandes lagunas:* son los principales humedales que distinguen a esta parte de la planicie de inundación del río Paraná, de la que se ubica más al norte (sistema 3b). Se trata de cuerpos leníticos que alcanzan varias decenas de km² de superficie, como las lagunas Setúbal, Coronda y Victoria, entre las más conocidas. Además de su extensión, es-

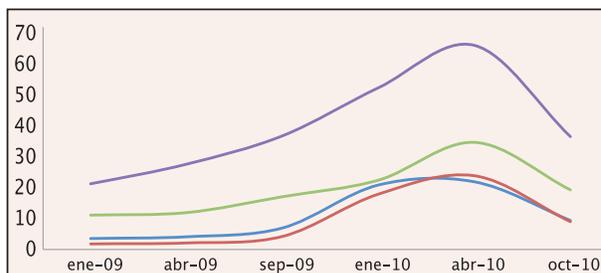


Figura 5.- Porcentaje de superficie de agua libre (sin cubierta vegetal) en las principales unidades geomorfológicas de la Figura 4, durante los años 2009 y 2010 (extraído de Marchetti *et al.* 2011). Bancos e islas del cauce principal (azul), meandros del río Colastiné (rojo), meandros del río San Javier (verde), detrames y albardones de los arroyos Maló y Mendieta (violeta).

tos humedales se caracterizan por su escasa profundidad (dos a tres metros en aguas medias) y gran elasticidad. Su alimentación se da, principalmente, a través de cauces propios del sistema, de diferentes tamaños cuyos rasgos comunes son formar deltas de distintas dimensiones y las tasas de avance en su interior.

Variables físico-químicas

Los parámetros de calidad de las aguas de estos humedales se conocen por mediciones fragmentadas en el tiempo y el espacio, compiladas y evaluadas por Bonetto (1976), de cuya obra se han extraído unos pocos datos de síntesis referidos al cauce principal y a la laguna Setúbal, en pos de ejemplificar situaciones en ese momento contrastantes. Así, mientras que para el cauce principal aquel autor refiere promedios de sólidos disueltos de 70 mg.l⁻¹, los tenores medios evaluados en la laguna fueron de 250 mg.l⁻¹, con un máximo de concentración durante una bajante del sistema de 500 mg.l⁻¹. En la composición iónica del agua lacustre predominaron el sodio, entre los cationes, y el cloruro y el bicarbonato entre los aniones, mientras que, en el cauce principal, fueron mayoritarios el sodio y el calcio (en concentraciones semejantes) y los bicarbonatos, siendo sus aguas de tipo bicarbonatado-sódico. En la laguna, por su parte, las aguas variaron sus características químicas entre los tipos clorurado-sódico y los bicarbonatado-sódico-cálcico, sulfatado-clorurado-sódico-cálcico, etc., hasta el bicarbonatado-sódico (en este último caso, asociado a la mayor influencia del cauce principal durante las situaciones de creciente). Los rangos anuales de pH fueron de 6,2 a 8,2 en el cuerpo lagunar, mientras que, para el cauce principal, se informaron valores de 7,2 a 7,7, con aproximadamente 100% de oxígeno disuelto. En este último curso, las temperaturas máximas, mínimas y medias del agua resultaron ser de 28 °C, 10,5 °C y 21,9 °C respectivamente, conociéndose que, en los cuerpos leníticos, los valores suelen ser inferiores, sobre todo en las épocas de aguas bajas.

En cuanto a los sólidos transportados en suspensión, la Figura 6 da una idea de su desigual distribución espacial en las diferentes partes del sistema, con valores aproximados a algunos medios conocidos. Las cifras incluidas en esta figura llegan a triplicarse cuando ocurren los máximos aportes del río Bermejo.

Secuencia típica de vegetación con diferentes comunidades colonizando los humedales.

Zuleica Marchetti



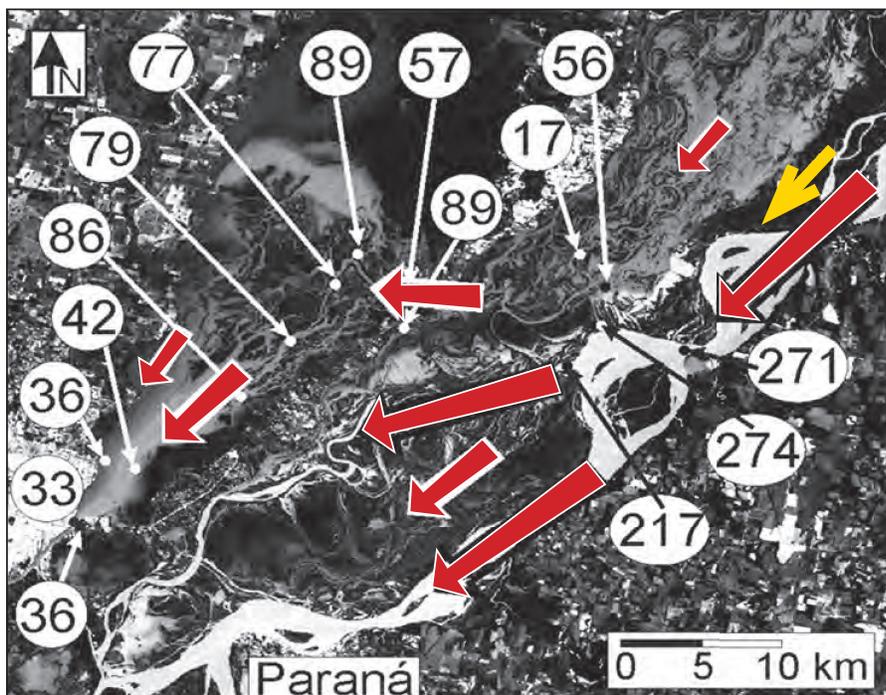


Figura 6.- Imagen Landsat del 5 de abril de 2010, correspondiente a aguas altas en el sistema. Las flechas rojas y sus tamaños indican rutas y concentraciones relativas de limos y arcillas (la flecha naranja: agua libre de sedimentos). Las cifras son concentraciones de tales sedimentos, en mg.l⁻¹, obtenidas en marzo de 2011 (extraído de Ramonell et al. 2011).

Biodiversidad

Sistema de clasificación	Nombre de la unidad	Fuente
Regiones Fitogeográficas	Región Neotropical. Dominio Amazónico. Provincia Paranaense.	Cabrera (1976)
Regiones Zoogeográficas	Subregión Guayano-Brasileña. Dominio Subtropical.	Ringuet (1961)
Regiones Ictiológicas	Provincia de los Grandes Ríos.	López et al. (2008)
Ecorregiones	Deltas e Islas del Paraná.	Brown y Pacheco (2006)

Vegetación

La configuración geomorfológica de este paisaje de humedales, la dinámica de ésta a través del tiempo, su intervención en el accionar de las fases hidrológicas del Paraná y las adaptaciones de la vegetación a los períodos de aguas altas y bajas, determinan gran parte de la organización florística, su distribución y sus principales características.

El gradiente topográfico que va desde los sectores más altos (albardones y espiras de meandro) hacia las zonas más bajas e inundables (lagunas y bañados), es generalmente acompañado por fisonomías de leñosas y herbáceas respectivamente (Figura 7). Dentro de éstas, diferentes tipos de comunidades se suceden en el gradiente según su inundabilidad, la textura del suelo y la dinámica hidro-geomorfológica (Franceschi y Lewis 1979, Lewis y Franceschi 1979).

En los sitios más elevados del gradiente y por ello menos anegables, aparecen las comunidades de mayor complejidad en términos de estructura, riqueza y diversidad (Figura 7, sitios

1), como bosques de timbó (*Albizia inundata*), de sauce (*Salix humboldtiana*), de curupí (*Sapium haematospermum*), espinillares (*Acacia caven*), selvas de ingá (*Inga uraguensis*) y bosques de dosel pluri-específico. En estas comunidades leñosas, otras especies arbóreas como el ceibo (*Erythrina crista-galli*), el canelón (*Myrsine laetevirens*), la sangre de drago (*Croton urucurana*), el laurel de la isla (*Nectandra angustifolia*), el timbó colorado (*Enterolobium contortisiliquum*), el tala gateador (*Celtis iguanaea*) y la espina colorada (*Xylosma venosa*) aportan a la riqueza y diversidad de este sistema de humedales (Malvárez y Kandus 2005, Aceñolaza et al. 2008, Marchetti y Aceñolaza 2011).

Hacia la porción intermedia del gradiente (Figura 7, sitios 2) aparecen comunidades tanto herbáceas como leñosas ya sean éstas boscosas o arbustivas. Los pajonales de paja de techar no sólo se destacan entre las comunidades herbáceas por su riqueza y diversidad, sino por la superficie que representan en el paisaje fluvial (Lewis et al. 1987). Además, cortaderas de *Cortaderia selloana*, arbustales de chilca (*Baccharis salicifo-*

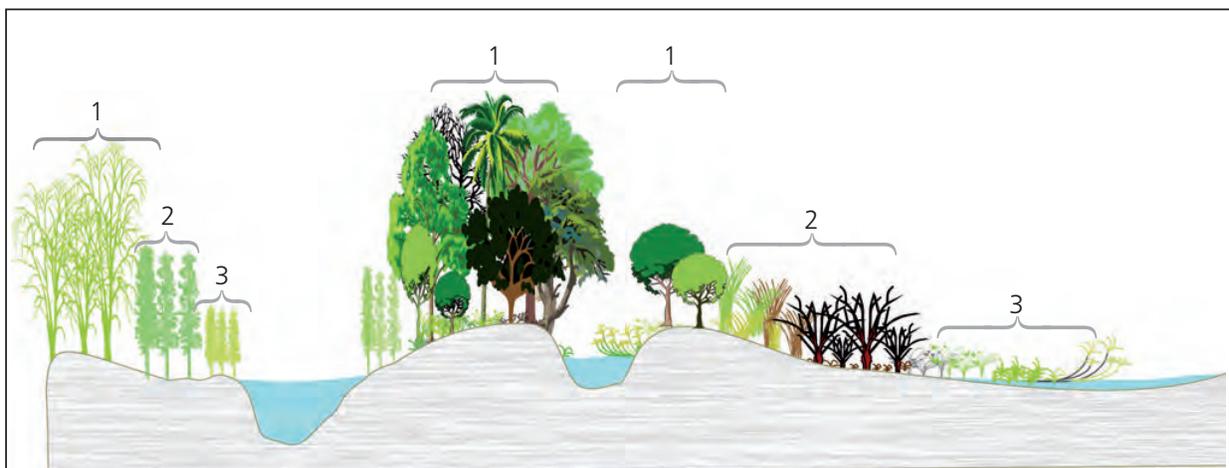


Figura 7.- Perfil esquemático de la distribución de la vegetación en un gradiente topográfico indicando tres tipos de sitios: **1)** topográficamente más elevados y de menor inundabilidad, **2)** de inundabilidad intermedia y **3)** bajos con humedales lóticos y leníticos.

lia) y artemisales de *Ambrosia tenuifolia* también aparecen en sectores de anegamiento intermedio (Aceñolaza et al. 2008).

Finalmente, la parte más baja del gradiente topográfico (Figura 7, sitios 3), ya sea porque presenta agua en forma permanente (de características leníticas o lóticas), o bien porque se corresponde con áreas deprimidas e inundadas en forma anual o bi-anual, reúne la mayor parte de los humedales de este sistema. En función de sus diferentes características (permanencia de agua, conexión a cursos principales, velocidad del agua, aporte de sedimentos, ciclos bio-geoquímicos, etc.), cada uno de éstos sustentará diferentes comunidades. Éstas van desde comunidades leñosas adaptadas a importantes fluctuaciones de los niveles de agua, hasta comunidades de hidrófitas herbáceas (Marchetti y Aceñolaza 2011).

Las áreas topográficamente deprimidas que rodean a los cuerpos de agua permanentes son colonizadas por comunidades herbáceo-arbustivas palustres. Son comunes los arbustales de café de la isla (*Sesbania virgata*), carpinchera (*Mimosa pigra*), varilla (*Solanum glaucophyllum*) y rosa de río (*Hibiscus striatus*). Estas especies pueden formar comunidades puras o agruparse con diferentes densidades formando comunidades mixtas. Cuando en estos mismos sitios el agua permanece en superficie por mayor tiempo, estas comunidades incorporan especies acuáticas arraigadas o de vida libre típicas de los cuerpos de agua.

Pocos centímetros más abajo en el gradiente de inundación, y ocupando los bordes de lagunas, aparecen comunidades de especies palustres tales como cataizales de *Polygonum punctatum*, verdolagales de *Ludwigia peploides*, saetales de *Sagittaria montevidensis*, totorales de *Typha latifolia*, juncas de *Schoenoplectus californicus* o praderas de *Echinochloa* spp. Al final del gradiente topográfico, existen cuerpos de agua de variada naturaleza. Éstos pueden presentar características lóticas o leníticas y mantener tal comportamiento en forma permanente o temporaria (Figura 7).

Los ambientes acuáticos de características leníticas se encuentran colonizados por especies acuáticas tanto de vida libre como arraigadas, tales como camalotales de *Eichhornia crassipes*, repollares de *Pistia stratiotes*, praderas de *Azolla filiculoides* y *Salvinia* sp., comunidades dominadas por *Victo-*

ria cruziana o por *Senecio bonariensis*. Las mismas pueden formar comunidades puras o agruparse ocasionalmente en respuestas a eventos hidrológicos puntuales (Marchetti 2011).

En contraposición, en los ambientes de características lóticas dominan especies arraigadas de gran porte. En tal sentido, son frecuentes los bosques pioneros de sauce y aliso, las playas de Ciperáceas, los canutillares de *Panicum elephantipes* y *Paspalum repens*, los cataizales de *Polygonum* spp. y los camalotales de *Eichhornia azurea* (Marchetti y Aceñolaza 2011). Un elenco importante de especies acuáticas flotantes de vida libre tales como *Pistia stratiotes*, *Azolla filiculoides* y *Salvinia biloba* conviven entre las especies arraigadas mencionadas.

Tanto la frecuencia como la permanencia del agua en los diferentes sectores del gradiente topográfico, como las adaptaciones de las diferentes especies a los marcados ciclos hidrológicos, determinan, en gran parte, la presencia y los límites de cada comunidad. Las mismas, en algunos casos, contribuyen a la formación y estabilidad de los sitios que colonizan, aportando a la dinámica espacio-temporal de los humedales y generando nuevos hábitat para el resto de la biota.

Con respecto al fitoplancton, éste se caracteriza por un elevado número de especies de algas (86) de pequeño volumen (< 2.000 u.m³) y pocas (25) con volumen comparativamente grande (2.000-13.500 u.m³), con una biomasa en aguas medias relativamente baja siendo, en promedio, mayor en los cauces secundarios (1,95 mg.l⁻¹) con respecto al cauce principal (0,81 mg.l⁻¹) (García de Emiliani y Anselmi de Manavella 1983). Tanto en el cauce principal como en los cauces secundarios dominan las Bacillariophyceae (*Aulacoseira granulata*) y, alternativamente, con sub-dominancia de Chlorococcales, Cryptophyceae o Cyanobacteria (García de Emiliani y Anselmi de Manavella 1983, Zalocar de Domitrovic et al. 2007).

Vertebrados

Este sistema es biogeográficamente transicional con presencia de elementos faunísticos tropicales-subtropicales que alcanzan altas latitudes por el río Paraná y se conjugan con elementos

de regiones templadas (chaqueños, pampásicos y patagónicos) (Bérnils *et al.* 2007, Arzamendia y Girauco 2009).

Este sistema presenta una gran riqueza de peces, con diferentes estrategias de vida, en relación con una elevada diversidad de hábitats y mosaicos ambientales y una fuerte dinámica espacio-temporal de crecientes y estiajes que genera gradientes de conectividad o aislamiento entre los hábitats acuáticos de la llanura de inundación y los del canal principal del río (Drago *et al.* 2003, Liotta 2005, Rossi *et al.* 2007). Distintos autores citaron entre 188 y 236 especies. López *et al.* (2002) indicaron 188 especies para el tramo del río Paraná Medio (PM) y el Bajo Paraná (PB) (desde confluencia Paraguay-Paraná hasta Villa Constitución, Santa Fe). Drago *et al.* (2003) citaron 217 especies en una extensión similar a la indicada por López *et al.* (2002), constituyendo éste, el trabajo más detallado, con el aporte de Olga Oliveros, ictióloga que durante décadas realizó varios estudios en este sistema. Por último, López *et al.* (2008) incluyeron 236 especies.

Por otro lado, un estudio intensivo realizado en el Parque Nacional Pre-Delta (2.458 ha) brindó una evidencia sobre la elevada riqueza de este sistema de humedales, reportando 141 especies de peces (11 órdenes, 35 familias) (Almirón *et al.* 2008) en la planicie de inundación del Bajo Paraná. Por lo tanto, los valores más altos de riqueza (217 a 236) serían los más precisos para el sistema entero, siendo esperable la adición de más especies en el futuro. Si consideramos la presencia de 217 especies (Drago *et al.* 2003), éstas constituyen el 50% de todos los peces continentales de Argentina (López *et al.* 2008) y un 51% de las especies conocidas para la provincia zoogeográfica Parano-Platense (Rossi *et al.* 2007). Las especies mencionadas corresponden a 11 órdenes y 35 familias, siendo más representativos los Characiformes y los Siluriformes, con 98 (31%) y 79 (25%) especies respectivamente (Drago *et al.* 2003).

Bonetto *et al.* (1969, 1970) registraron 75 especies en 18 lagunas de islas del Paraná Medio y luego de la conexión con el río, los valores de biomasa promedio fueron de 500 kg.ha⁻¹, con máximos de 2.000 kg.ha⁻¹, en lagunas con aislamiento. La colonización e interacción de estas especies favorece complejas tramas tróficas (Rossi *et al.* 2007). Los desplazamientos migratorios, principalmente de sábalo (*Prochilodus lineatus*), han sido estudiados en el PM-PB mediante métodos de marcado, liberación y recaptura de hasta 40.000 peces (Bonetto 1963, Bonetto y Pignalberi 1964, Bonetto *et al.* 1971, 1981) los cuales permitieron conocer las migraciones longitudinales entre las áreas de reproducción y los sitios de alimentación y cría. Estos y otros estudios revelaron datos de peces con importancia en las pesquerías como el dorado (*Salminus brasiliensis*), que se desplaza entre unos 737 a 1.440 km y el sábalo, que migra de 640 a 940 km, ambas con circuitos migratorios que involucran a los ríos Paraná, Uruguay y Río de la Plata (Sverlij y Espinach Ros 1986, Sverlij *et al.* 1993, Espinach Ros *et al.* 1998). En las bogas (*Leporinus obtusidens*) se reportaron desplazamientos de 540 km y los surubies (*P. corruscans* y *P. reticulatum*), son también mencionados como migrantes de largas distancias (Zaniboni Filho *et al.* 2003, Rossi *et al.* 2006, 2007).

Drago *et al.* (2003) analizan la distribución de los peces en 14 diferentes hábitats, aunque muchos son poco conocidos. En general, un número reducido de especies utiliza un sólo hábitat y la mayoría lo hace en dos o más (Rossi *et al.* 2007). Los

últimos autores consideran tres grandes unidades de hábitats: el cauce principal, los ambientes lóticos de la planicie y los leníticos. Las especies más abundantes en los tres hábitats son el sábalo y las mojarra (*Astyanax f. fasciatus*, *Odontostilbe pequirá*). Frecuentes, aunque no abundantes, son el dorado, el moncholo o bagre blanco (*Pimelodus albicans*), el amarillo (*P. clarias*) y el manduvé fino (*Ageneiosus valenciennesi*). En los ambientes lóticos los grandes siluriformes, tales como los surubies pintado y atigrado (*P. corruscans* y *P. reticulatum*) son frecuentes, así como otros siluriformes medianos, el manduvé cucharón (*Sorubim lima*) y el patí (*Luciopimelodus pati*). La tararira (*Hoplia malabaricus*), las palometas o pirañas (*Serrasalmus* spp. y *Pygocentrus* sp.), las chanchitas (*Gymnogeophagus* spp. y *Cichlasoma* spp.) y el San Pedro (*Crenicichla lepidota*) son característicos de los ambientes leníticos (Rossi *et al.* 2007).

Por último, resulta importante señalar que existen peces endémicos o quasi-endémicos de este sector del río Paraná (López *et al.* 2002, Liotta 2005), tales como el armado (*Parapterodoras paranensis*; PM-BP), la vieja del agua (*Hypostomus laplatae*; PM-BP y Delta), la mojarra (*Hyphessobrycon wajati*; PM-BP y esteros de Chaco y Formosa) y la madrecita (*Phallotorynus victoriae*; PM y esteros de Corrientes). Sin embargo, muestreos más profundos en la cuenca podrían modificar estos endemismos. Asimismo se han registrado en el área especies exóticas como la carpa (*Cyprinus carpio*) y el esturión (*Asciopencer baeri*) (Liotta 2005).

Se registraron 36 especies de anfibios: una cecilia (*Chthonerpeton indistinctum*) y 35 sapos y ranas (Anuros) (Gudynas *et al.* 1998, Peltzer y Lajmanovich 2007, Girauco obs. pers.). Los anfibios se reproducen mediante estrategias complejas principalmente en ambientes leníticos, temporarios y semipermanentes, en una relación también compleja con los factores ambientales (precipitaciones, inundaciones, temperatura, vegetación, etc.) y con la abundancia de los predadores de sus renacuajos, tales como peces e insectos acuáticos (Peltzer y Lajmanovich 2007). La rana verde esmeralda (*Hypsiboas punctatus*) está fuertemente asociada a los camalotales de *Eichhornia* spp., mostrando una coloración y un comportamiento mimético que evidencia su especialización en este micro-hábitat.

Este sistema de humedales incluye unas 63 especies de reptiles: dos tortugas, dos cocodrilos, ocho lagartos, cinco anfisbenas y 46 serpientes (modificado de Girauco *et al.* 2007). Algunos, como las tortugas y los yacarés son de hábitos acuáticos. La tortuga de laguna (*Phrynops hilarii*) es uno de los reptiles más abundantes en el área. El yacaré overo (*Caiman latirostris*) ocupa todo el sistema mientras que el yacaré negro (*Caiman yacare*) sólo se distribuye en el sector norte, siendo ocasional en el sur. La riqueza de especies de reptiles disminuye desde el norte hacia el sur en relación con la disminución de la temperatura (Girauco *et al.* 2007). Las serpientes ocupan todo tipo de hábitats, aunque las de hábitos acuáticos son muy abundantes; tal es el caso de las falsas corales de estero (*Helicops leopardinus* y *H. infrataeniatus*), la ñacaná (*Hydrodynastes gigas*) y la culebra verde acuática (*Liophis semiaureus*). Los reptiles de este sistema muestran ajustes reproductivos en relación con las inundaciones. Si bien lo habitan tanto especies ovíparas como vivíparas, las comunidades poseen el doble de especies vivíparas (18%) en relación con las registradas en toda la Argentina (9%). La viviparidad es una estrategia favorable en condiciones de inundación. La mayo-

ría de las serpientes ovíparas se reproducen tempranamente y ponen sus huevos cuando el río está en aguas bajas, mientras que las vivíparas acuáticas paren sus crías en aguas altas cuando hay mayor disponibilidad de hábitats acuáticos.

Los reptiles incluyen a algunos de los depredadores tope más abundantes del río Paraná, como los yacarés y la curiyú (*Eunectes notaeus*), ya que varios mamíferos grandes que cumplían esta función se han extinguido en este sistema (Giraudó 2009).

La aves constituyen el grupo de vertebrados más rico con unas 290 especies (29% del total de Argentina), considerando tanto las acuáticas como las de ambientes estacionalmente inundados o terrestres de su planicie (De la Peña 2006, Alonso 2008, Giraudó *et al.* 2008, Fandiño y Giraudó 2010). Las comunidades y gremios funcionales, así como la riqueza y diversidad, muestran una notable variación espacio-temporal en relación con los pulsos de inundación, las migraciones estacionales y con la disponibilidad de alimento, hábitats y sitios de nidificación (Giraudó 1992, Beltzer y Quiroga 2007). Las aves acuáticas constituyen un grupo muy numeroso en riqueza y abundancia, siendo este sistema de humedales el hábitat permanente o estacional para millares de individuos de distintas especies de biguás (dos especies de Pelecaniformes), garzas, cigüeñas, cuervillos y espátulas (17 especies de Ciconiiformes), cisnes, patos y chajás (19 especies de Anseriformes), caraus, pollas de agua, gallaretas, burritos, gallinetas y pacaás (13 especies de Gruiformes). Por otro lado, el Río Paraná constituye un corredor migratorio para chorlos y playeros neárticos (13 especies de Charadriiformes) que utilizan sus humedales como áreas de alimentación, principalmente en aguas bajas, donde se observan por centenares. Poblaciones de migrantes patagónicos también usan sus humedales en invierno, como el macá grande (*Podiceps major*), el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), el sobrepuesto (*Lessonia rufa*) y la remolinera común (*Cincludes fuscus*) (Giraudó y Moggia 2006). Muchas de sus especies son emblemáticas, claves, indicadoras y/o paraguas (como los flamencos, las rapaces, y varias aves migratorias, frugívoras, polinizadoras, etc.) y amenazadas. Otras tienen importancia cinegética tanto deportiva como de subsistencia, como patos, gallinetas y perdicés (*Nothura* y *Rynchotus*).

Se estima que unas 60 especies de mamíferos habitarían en este sistema de humedales (Massoia 1976, Olrog y Lucero 1980, Redford y Eiseberg 1992, Barquez *et al.* 1993, 2006; Giraudó y Moggia 2006). El mismo ha sufrido varias extinciones de especies de gran tamaño como el yaguareté (*Panthera onca*), el lobo gargantilla o nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*), el ciervo de los pantanos (*Blastoceros dichotomus*) y el tapir (*Tapirus terrestres*) (Giraudó 2009). Algunos depredadores acuáticos como el lobito de río (*Lontra longicaudis*) o terrestres como el puma (*Puma concolor*) aún persisten, aunque este último es sumamente escaso. Son especies características el coipo (*Myocastor coypus*), el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), los murciélagos pescadores (dos especies de Noctilionidae), los felinos pequeños como el gato montés (*Oncifelis geoffroyi*) y el yaguarundi (*Herpailurus jagouaroundi*), el zorro de monte (*Cerdocyon thous*) y el aguará popé (*Procyon cancrivorus*). Entre los roedores, se destacan las ratas coloradas (*Holochilus* sp.), excelentes nadadoras mediante una membrana interdígital en las patas traseras, que en ocasiones muestran explosiones poblacionales durante las cuales son muy abundantes y se convierten en presas de nu-

merosos vertebrados (dorados, rapaces, serpientes, etc.). El colilargo (*Oligoryzomys flavescens*), un vector del Hantavirus, presenta también explosiones poblacionales en relación con ciclos hidrológicos y de abundancia de alimento.

Invertebrados

Los estudios de zooplancton realizados en este sistema de humedales indican una riqueza de 230 especies de rotíferos, 125 de cladóceros y 87 de copépodos en el canal principal y los ambientes de la planicie de inundación (José de Paggi y Paggi 2007). Los rotíferos tienen una mayor diversidad en los géneros *Brachionus*, *Lecane* y *Trichocerca*, con muchas especies cosmopolitas y algunas Neotropicales, compartidas con la cuenca del Amazonas. La mayor diversidad de cladóceros se da en los géneros *Diaphanosoma*, seguida por *Ceriodaphnia*, *Moina*, *Bosmina* y *Daphnia* y, a diferencia de los rotíferos, son en su mayoría especies endémicas de la región Neotropical. Entre los copépodos calanoides, la mayor diversidad corresponde a *Notodiptomus* (Neotropical) mientras que los copépodos ciclopoideos tienen como géneros más ricos a *Mesocyclops*, *Thermocyclops* y *Microcyclops*. El zooplancton es más abundante y rico en lagunas y ambientes leníticos, particularmente cuando poseen una mayor heterogeneidad ambiental generada por la alternancia de sectores con abundante vegetación acuática y de aguas libres. El mayor tiempo de permanencia del agua determina una mayor abundancia de plancton, factor que es aún más importante para el zooplancton que para el fitoplancton, ya que este último presenta un tiempo de generación más corto. Lagunas conectadas directamente con cursos lóticos muestran una abundancia relativamente baja en relación con aquellas indirectamente conectadas (José de Paggi y Paggi 2007).

La composición y abundancia del bentos del cauce principal y de los cauces secundarios de la llanura de inundación con un flujo permanente, son diferentes en la franja central y en las costas (Ezcurra de Drago *et al.* 2007). La franja central con fondos arenosos muestra mayor densidad, biomasa más baja y baja riqueza y diversidad con respecto a los demás hábitats del Paraná Medio. *Narapa bonettoi* (Oligochaeta) es la especie más abundante y se encuentra asociada con densidades bajas de *Myoretronectes paranaensis*, *Itaspiella parana* (Turbellaria), *Haplotaxis aedeochaeta* (Oligochaeta) y especies de *Tobrilus* (Nematoda), *Potamocaris* spp. (Crustacea, Harpacticoida) y *Parachironomus* sp. (Diptera, Chironomidae). En general, la biomasa, diversidad y riqueza de las especies del bentos aumenta hacia los cauces secundarios y los humedales de la planicie de inundación, modificándose las comunidades con dominancia de los oligoquetos *Paranadrilus*, *Limnodrilus*, *Bothrioneurum*, *Pristina*, y los quironómidos *Cryptochironomus*, *Coelotamypus*, *Ablabesmyia* y *Axarus*. Al igual que en los otros grupos animales mencionados, los factores claves que controlan la estructura y composición de especies son los pulsos de inundación y estiaje, las condiciones hidráulicas, el grado de conectividad hidrológica, la cobertura de plantas acuáticas y la calidad del agua (Ezcurra de Drago *et al.* 2007). Por lo menos dos especies invasoras, la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) y el mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) se han registrado en este sistema (Darrigan 2004).

Bienes y servicios

El río Paraná es la vía de navegación comercial por excelencia y tanto éste, como otros cauces de menores dimensiones (e.g. río Colastiné) constituyen el principal suministro de agua para consumo humano y riego de las ciudades aledañas. Sustentan la producción de arroz del país y, tanto el agua como la oferta forrajera de las diferentes comunidades vegetales de sus humedales, sostienen gran parte de la producción ganadera extensiva practicada en el sistema. La fauna silvestre representa, muchas veces, una fracción importante de la dieta familiar de los pobladores locales, los cuales encuentran, además, tanto en algunos de sus derivados (cueros), como en algunas especies vegetales (paja de techar), pequeños ingresos económicos y materia prima para producciones familiares (como la elaboración de techos de paja).

Este sistema de humedales cumple un destacado rol como reservorio de biodiversidad aportando sitios de alimentación, refugio y reproducción tanto a diferentes especies migratorias como a las especies locales de la ictiofauna. En relación a estas últimas, su pesca no sólo constituye un aporte a la dieta y al sustento económico de numerosas familias locales, sino que especies típicas del sistema del Paraná como el sábalo y la tararira, representan una fuente de gran importancia económica debido a sus volúmenes de exportación. El atractivo económico de éstas y otras especies ha llevado al uso desmedido de las mismas, motivo por el cual medidas inherentes a los límites exportados han sido fijados en pos de proteger la fauna ictícola.

Por otro lado, el indiscutido valor escénico de este sistema, ha promovido el turismo fuertemente desarrollado en localidades de diferentes provincias como Cayastá, San Javier, Esquina, Goya y Victoria, entre otras. De igual manera, este mismo valor escénico es aprovechado para la realización de actividades recreativas y deportivas en algunas de sus grandes lagunas, tales como Setúbal y Coronda.

Demografía y uso de la tierra

No existen centros poblados dentro de los límites definidos para este sistema, la población se reduce a asentamientos familiares y a puesteros de propiedades privadas de los cuales no se cuenta con información registrada. Sin embargo los grandes centros urbanos emplazados en sus cercanías como las ciudades de Santa Fe y Rosario, imponen una importante dinámica al sistema en términos de uso de la tierra.

Aunque sólo se cuenta con algunas estimaciones (aproximadamente 1.000.000 de hectáreas), la actividad productiva por excelencia dentro del sistema es la ganadería extensiva sustentada en pastizales naturales. Asociada a esta actividad, se registran prácticas antrópicas (quema de pastizales destinada al aprovechamiento del rebrote, remoción de tierra para la construcción de bordos y ensenadas) e impactos (herbivoría, pisoteo, contaminación fecal, remoción de biomasa, erosión y profundización de canales), cuyos efectos son de magnitud desconocida en el sistema en general y en los ecosistemas acuáticos en particular.

Por otro lado, diferentes obras hídricas construidas en el sistema modificaron su dinámica local y, dado que los efectos que estas modificaciones pueden provocar se observarían a mediano y largo plazo, los impactos de tales obras hídricas son actualmente desconocidos tanto a nivel local como regional. Por su magnitud y antigüedad se destaca la obra del Canal de Acceso al Puerto de Santa Fe (principios del siglo XX), con más de 17 hm³ excavados en la planicie aluvial y la del puerto mismo, erigido sobre un meandro del brazo fluvial que desagaba la laguna Setúbal. De similar importancia son los terraplenes viales de las Rutas Nacional N° 168 y Provincial N° 1, y los anillos de defensa contra inundaciones de la ciudad de Santa Fe, los del entorno de la Ruta Provincial N° 1, y los que complementan los alteos de terreno al sur de la laguna Setúbal. El Túnel Subfluvial Hernandarias (que une Santa Fe y Paraná) constituye otra estructura de gran relevancia. Además de las obras mencionadas, existen nuevos emprendimientos proyectados

en la región: la re-ubicación completa del Puerto de Santa Fe en el centro de la planicie, y una nueva conexión vial Santa Fe-Paraná.

Conservación

Algunas de las áreas protegidas más antiguas y con un marco legal adecuado, son el Parque Nacional Pre-Delta (2.458 ha), el Parque Nacional El Rico (2.600 ha), los Parques Provinciales Cayastá (300 ha) y Del Medio-Los Caballos (2.050 ha; aunque este último no se encuentra implementado), el Monumento Natural Islote Municipal (15 ha), los Paisajes Protegidos Camping Toma Vieja (20 ha) y Las Piedras (312 ha) (SPANP 1997), además de un 10% de la superficie del Sitio Ramsar Jaaukani-gás (492.000 ha). Con excepción de los Parques Nacionales, las áreas protegidas provinciales están pobremente implementadas, sin infraestructura, personal y presupuesto, con escasa eficiencia en la preservación de la biodiversidad (Arzamendia y Giraud 2004). La mayoría son islas, con nula o escasa superficie de costa, por lo que, en inundaciones extraordinarias, la fauna debe desplazarse a sitios desprotegidos donde es fácilmente cazada. No obstante, los ciclos hidrológicos del Paraná limitan o dificultan las actividades humanas en su planicie, subsistiendo muchos hábitats naturales con distintos grados de modificación en relación con la densidad humana, la intensidad de uso ganadero en islas, la construcción de viviendas (cabañas, casas de pescadores) y de infraestructura (terraplenes, puentes) y la cercanía de centros urbanos grandes (Santa Fe, Rosario, Paraná), que emiten efluentes cloacales e industriales que contaminan.

La pesca comercial, que tiene como especie principal al sábalo (67%) seguido por el surubí (19%), aumentó notablemente en el sistema, pasando de 2.785 toneladas de sábalo en 1994 a más de 30.000 toneladas en 2004 (Del Barco 2006), a esto se deben sumar las capturas de alrededor de 300.000 pesca-



Daniel Blanco

Río San Javier.

dores deportivos. A causa de este incremento y aplicando un criterio precautorio, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación, basada en consensos alcanzados en la Comisión de Pesca Continental y Acuicultura, comenzó a fijar anualmente la cantidad de sábalo que se puede extraer para destinar a exportación (el consumo local no es significativo). Para esto, toma en cuenta estudios científicos llevados a cabo por organismos gubernamentales de la Nación y las provincias de Entre Ríos y Santa Fe ("Proyecto sábalo"). En el marco de las medidas restrictivas aplicadas a las exportaciones desde fines de 2006, las mismas bajaron de 32.000 t en 2004 a 14.027 t en 2011, de acuerdo con las certificaciones de SENASA y los registros de Aduana (Espinach Ros *et al.* 2012). La disminución y/o desaparición de vertebrados grandes como el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), yaguareté (*Panthera onca*) y ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*) por sobre-cacería es otro problema importante (Giraudó 2009).

Por otro lado, especies invasoras como la carpa (*Ciprynus carpio*), representan serios riesgos para la conservación en este sistema de humedales. Rojas-Molina y José de Paggi (2008) comprobaron también que la invasión del mejillón dorado asiático (*Limnoperna fortunei*) provoca una fuerte disminución de zooplancton y de la concentración de clorofila en cauces secundarios (riachos Santa Fe y Colastiné) durante estiajes, lo que puede acarrear importantes cambios en la producción primaria y en las cadenas tróficas del sistema.

Agradecimientos

Al staff del Instituto Nacional de Limnología por su permanente apoyo, especialmente a Susana y Tito Paggi, Vanesa Arzamendia, Adolfo Beltzer, Mercedes Marchese, Aldo Paira, Danilo Demonte, Marity García de Emiliani, Olga Oliveros, Ely Cordiviola, Inés Ezcurra de Drago, Florencia Rojas Molina, Luis Espinola, Mario Amsler, Liliana Rossi y Pablo Scarabotti que facilitaron bibliografía e información, y sus investigaciones aportaron numerosos datos sobre los sistemas. A Rafael Lajmanovich, Andrés Attademo y Paola Peltzer por su aporte de datos y publicaciones brindadas.

A los integrantes de las Cátedras de Ecología Vegetal, Botánica y Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario cuyas investigaciones permitieron obtener valiosa información sobre este sistema. En especial a Juan Pablo Lewis, quien fuera el formador de estos grupos de investigación. Al Ministerio de la Producción de la provincia de Santa Fe y a la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR por el apoyo logístico en innumerables viajes de campaña para coleccionar información sobre este sistema y a CONICET y FONCYT por el financiamiento aportado para realizar los mismos.