

Análisis de dos sistemas acuáticos: un enfoque ecohidrológico

Analysis of two aquatic systems: an ecohydrological approach

Laura de Cabo ¹
Rafael Seoane ^{2,3,4}

Silvana Arreghini ⁵
Ana Callau ²

Originales: Recepción: 08/05/2009 - Aceptación: 18/03/2010

RESUMEN

Se aplicó el concepto de ecohidrología en dos cuencas: río Paraná Inferior y arroyo Durazno con el objeto de estudiar las respuestas biogeoquímicas en ambos sistemas diferenciados por área de drenaje, magnitud de caudal y uso de la tierra. La primera presenta una amplia llanura aluvial (12.350 km²) vegetada por macrófitas. Durante las crecientes estivales, las condiciones favorecen la denitrificación en humedales y disminución de nitratos en cauce principal, siendo el intervalo de mayor frecuencia 25-108,3 µg N-NO₃⁻/l en aguas altas y 191,6-274,9 µg N-NO₃⁻/l en aguas bajas. Durante una creciente invernal (El Niño 1991-1992) se detectó correlación positiva significativa entre concentraciones de nitratos y amonio y altura hidrométrica. El arroyo Durazno (360 km²) no recibe aporte directo de contaminantes y presenta una rápida respuesta ante un evento de precipitación. En las primeras horas de la tormenta las concentraciones de nitratos y fósforo reactivo soluble (PRS) fueron mayores que al finalizar, debido al aporte por escorrentía. Los resultados revelan el efecto

ABSTRACT

The concept of ecohydrology was applied to the Lower Paraná river and the El Durazno stream catchments in order to study the biogeochemistry responses of the two systems, which differ in their drainage area, discharge and land use. The first catchment presents a vast floodplain dominated by macrophyte (12,350 km²). During summer rise, denitrification in wetlands is favoured, producing nitrate concentration reduction in the main channel. The nitrate range most frequently found in high water levels was 25-108,3 µg N-NO₃⁻/l and in low water levels was 191,6-274,9 µg N-NO₃⁻/l. During a winter rise (El Niño 1991-1992), a significant positive correlation was detected between nitrate and ammonia concentrations and hydrometric height. The El Durazno stream (360 km²) does not receive any direct polluted flow and responds rapidly to precipitation events. During the first hours of the studied storm and as consequence of runoff, nitrate and phosphorous concentrations were higher than at the beginning. The results here revealed the

- 1 Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". CONICET. Av. Ángel Gallardo 470. Buenos Aires, Argentina. C1405DJR. ldecabo@macn.gov.ar
- 2 Departamento de Hidráulica. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Buenos Aires. Av. Las Heras 2214 - Piso 3. Buenos Aires, Argentina. C1127AAR. rseoane@fi.uba.ar
- 3 Instituto Nacional del Agua. Av. Ezeiza-Cañuelas, Tramo J. Newbery km 1620 (1804) Buenos Aires, Argentina. rseoane@ina.gov.ar
- 4 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
- 5 Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. Buenos Aires, Argentina. C1417DSE. silarreghini@yahoo.com.ar silarreghini@yahoo.com.ar

del valle aluvial sobre la hidroquímica de los cauces principales. El análisis muestra que cambios en componentes del ciclo hidrológico y/o en el uso de la tierra podrían alterar la calidad de aguas aun en cuencas de extensiones y caudales diferentes.

effect of the alluvial valley on the main river bed hydrochemistry. The analysis showed that changes in water cycle and/or in land use may alter water quality, even in catchments of different extension and river discharge.

Palabras clave

ecohidrología • nitrato • fósforo • caudal • río Paraná Inferior • arroyo Durazno

Keywords

ecohydrology • nitrate • phosphorous • discharge • Lower Paraná river • Durazno stream

INTRODUCCIÓN

Ecohidrología es la ciencia que estudia las interacciones entre el ciclo hidrológico y los ecosistemas en diferentes escalas espacio-temporales. Las zonas riparias de los ríos son humedales reconocidos como interfase entre ecosistemas acuáticos y terrestres. Los humedales tienen un alto potencial para regular los flujos de agua y nutrientes en la cuenca, pero al mismo tiempo son afectados por procesos fluviales tales como inundación y sedimentación, y típicamente soportan una flora distintiva que difiere en la estructura y función de la vegetación terrestre adyacente (18). Janauer (16) sostiene que la conectividad entre el cauce principal del río y los hábitats acuáticos en el valle aluvial constituyen el factor clave para todos los procesos del sistema aluvial. La comprensión de la dinámica de las fluctuaciones en los elementos de la geoquímica fluvial permite anticipar su distribución frente a cambios en algunas componentes del ciclo hidrológico.

Richey *et al.* (19) indican que la mayor parte de la composición de la materia orgánica transportada por el cauce principal del río, está definida por procesos que operan a escalas de decenas de años. Contrariamente, las concentraciones de elementos bioactivos dependerían de procesos más rápidos, los que operan a escala semanal o estacional y que se basan especialmente en las interacciones río-valle aluvial. En este trabajo se analizan las respuestas biogeoquímicas en dos sistemas hidrológicos diferenciados fundamentalmente en la superficie del área de drenaje, magnitud de caudal, permanencia temporal y uso de la tierra: arroyo Durazno y río Paraná Inferior. Se pretende comparar el comportamiento de nitrógeno disuelto y fosfatos durante eventos de inundación en ambos sistemas. Es importante señalar que los procesos en el primer caso se desarrollan en una escala temporal de meses y en el segundo de horas.

ÁREAS DE ESTUDIO

Río Paraná Inferior

Una vez que se produce la confluencia del río Paraná con el Paraguay, se desarrollan los tramos medio e inferior del Paraná (figura 1, pág. 41). El curso del río entra en un terreno llano ampliando su valle. La llanura aluvial del río Paraná

en territorio argentino comienza en las cercanías de la ciudad de Corrientes, continuando hasta su desembocadura en el Río de la Plata. Su ancho es de alrededor de 10 km en Corrientes y va aumentando paulatinamente hasta su desembocadura, donde mide 70 km. Durante el periodo de aguas altas en el Alto Paraná (octubre a enero) las oscilaciones del nivel hidrométrico llegan a ser de 3 m provocando varios pulsos de inundación en un mismo ciclo hidrológico (22). Este patrón de variación en cortos períodos de tiempo también fue encontrado por Carignan y Neiff (8) en el Paraná Medio. Aguas abajo de la ciudad de Diamante se desarrolla una llanura aluvial deltaica, en el tramo del río denominado Paraná Inferior. La subcuenca del Paraná Inferior presenta una superficie de 12.350 km² y una longitud de 345 km. El régimen hidrológico del Paraná Inferior depende del régimen de precipitaciones en la cuenca, de la acción de mareas y de los vientos, principalmente los del sector sudeste, que afectan al Río de la Plata. El caudal medio anual en la desembocadura del Paraná es de 18.000 m³/s (11). El Paraná recibe la influencia de las mareas hasta San Pedro, y en ocasiones hasta Rosario.

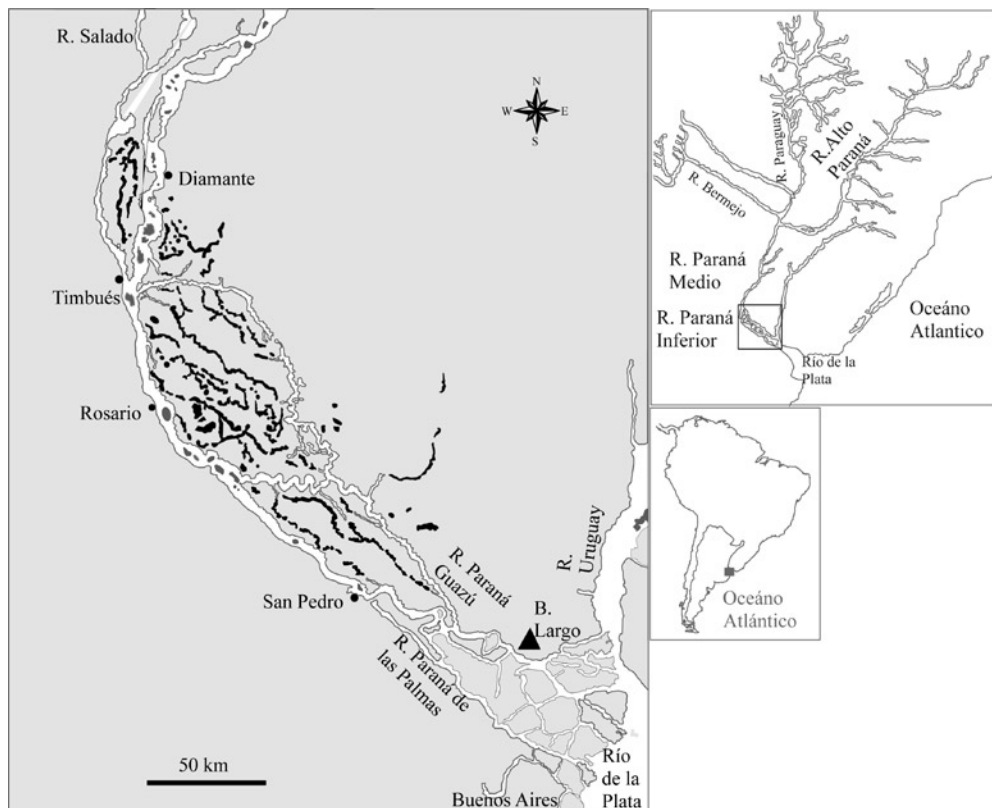


Figura 1. Cuenca del Río Paraná Inferior.
Figure 1. Lower Paraná River Basin.

En el Paraná Inferior, el valle aluvial está caracterizado por la presencia de dos unidades geomórfológicas: llanura de meandros finos asociada a la presencia de riachos y arroyos y la llanura con avenamiento dendrítico típicamente deltaico-litoral. Son áreas generalmente pantanosas, muy semejantes a las llanuras litorales de marea (15). Según Cabrera (6) la región está incluida en el "Distrito de las selvas mixtas" de la "Provincia subtropical oriental". Existe una elevada heterogeneidad vegetal que constituye distintas asociaciones: bosques y selvas en los albardones, juncuales y pajonales vegetados por ciperáceas y gramíneas en áreas subanegadas y camalotales en espejos de agua.

Arroyo Durazno

La subcuenca del arroyo Durazno pertenece a la cuenca del Río Reconquista (provincia de Buenos Aires): comprende un área de 360 km² y presenta una longitud de 32 km. El 60% del suelo está dedicado a ganado y pasturas naturales y el 20% a la agricultura (1) (figura 2). Está incluida en la Provincia Pampeana, Distrito Oriental, siendo las comunidades más conspicuas: pseudoestepa graminosa climax en los campos altos, destinados en su mayoría a la agricultura, y en los terrenos bajos y anegadizos existen juncuales, totorales, duraznillares y pajonales (7). La vegetación predominante del valle aluvial de arroyo Durazno son las Helófitas: *Schoenoplectus californicus* e *Hydrocotile bonariensis* (12). El arroyo Durazno fue definido como área de referencia para el río Reconquista (2), donde predominan los ciclos biogeoquímicos propios de cuerpos de agua lóticos naturales y no recibe descargas directas de contaminantes.

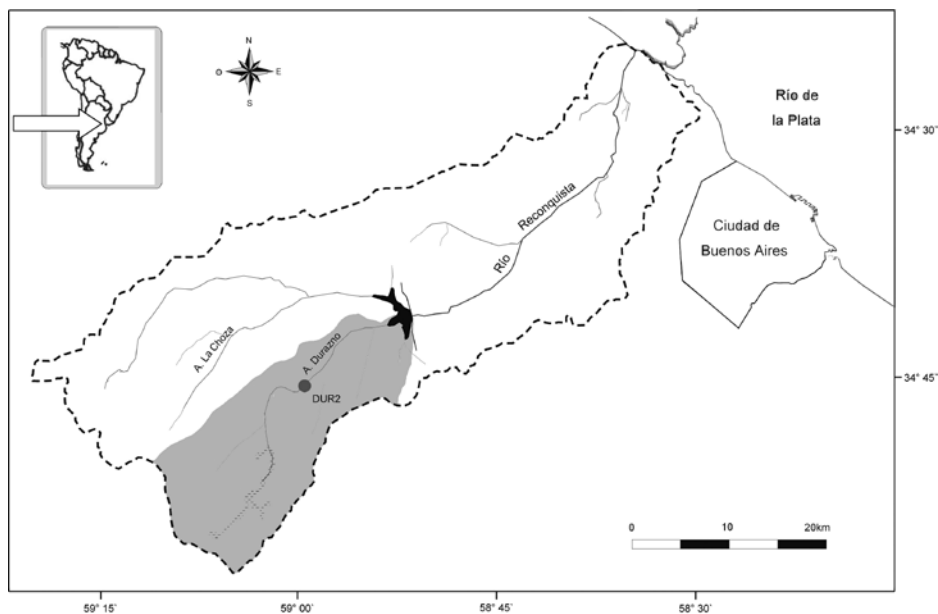


Figura 2. Cuenca del Río Reconquista.

Figure 2. Reconquista River Basin.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de agua en treinta y tres oportunidades entre octubre de 1990 y marzo de 1995 en distintas secciones del hidrograma, en el cauce principal del río Paraná a la altura de Brazo Largo (figura 1, pág. 41). El mencionado periodo incluyó una creciente invernal importante. Las muestras de agua del río fueron filtradas con Whatman GF/C y filtros de membrana Sartorius para las determinaciones de fósforo reactivo soluble (PRS por ácido ascórbico-molibdato), nitratos (N-NO_3^- por reducción en columna de cadmio) y amonio (N-NH_4^+ método de indofenol azul) según Strickland y Parsons (21).

El análisis hidrológico consistió en estudiar los caudales en Rosario en dos escalas temporales diferentes. El primer análisis, a nivel mensual, tiene como objetivo mostrar la estacionalidad del río Paraná y la importancia de la magnitud y duración de los caudales observados durante la crecida del año 1991-1992; el año hidrológico considerado fue septiembre-agosto. Para discriminar los años El Niño y La Niña se usó la clasificación publicada por el National Center for Environmental Prediction (www.cpc.ncep.noaa.gov). Se estimó la curva de duración de los caudales medios diarios para asignar una probabilidad empírica de ocurrencia al caudal máximo observado en 1992.

En el delta del río Paraná se utiliza la escala de alturas hidrométricas en San Pedro para referencia de inundación. A los 2,50 m comienza la inundación de todo el delta (4). Se estimaron los cuartiles correspondientes para la altura hidrométrica del Río Paraná en San Pedro. El análisis consistió en graficar la serie de alturas medias mensuales (1901-2006) y estimar el percentil 95, la media, el máximo y los niveles registrados durante la misma crecida en una sección muy cercana al lugar de las observaciones químicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El punto más cercano al área de estudio en el que se cuenta con datos de caudal es Rosario (figura 1, pág. 41). Se realizó el hidrograma de caudales medios mensuales en Rosario para el período 1970-2007 (figura 3, pág. 44), el cual muestra un máximo en marzo ($23.330 \text{ m}^3/\text{s}$) y un mínimo en septiembre ($15.975 \text{ m}^3/\text{s}$). Entre mayo y octubre de 1992 tuvo lugar una creciente muy importante, alcanzando en junio caudales medios en Rosario de $40.834 \text{ m}^3/\text{s}$.

El caudal máximo medio diario registrado en el año 91-92 fue de $48.496 \text{ m}^3/\text{s}$ (figura 4, pág. 44). Este caudal supera el Q_5 , indicador utilizado para caracterizar los caudales máximos y que representa el valor de caudal superado solamente por el 5% de las observaciones (figura 5, pág. 44). Esta crecida tuvo la particularidad de observarse en una típica época de estiaje y estuvo asociada con la ocurrencia del evento del El Niño de 1991-1992.

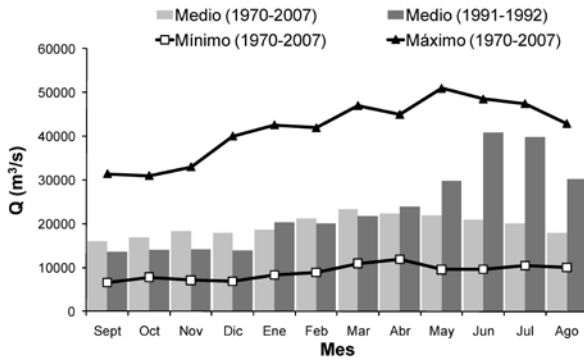


Figura 3. Caudales medios y extremos observados en Rosario, escala temporal mensual.

Figure 3. Media and extremes streamflows in Rosario, monthly timescale.

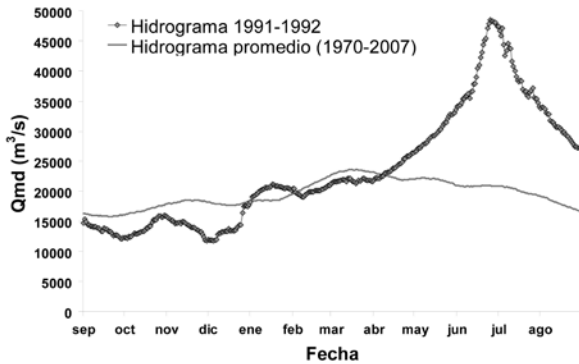


Figura 4. Comparación entre el hidrograma promedio y el hidrograma de la crecida observada durante 1991-1992, escala temporal diaria.

Figure 4. Comparison between average and maximum (1991-1992) streamflow hydrograph, daily timescale.

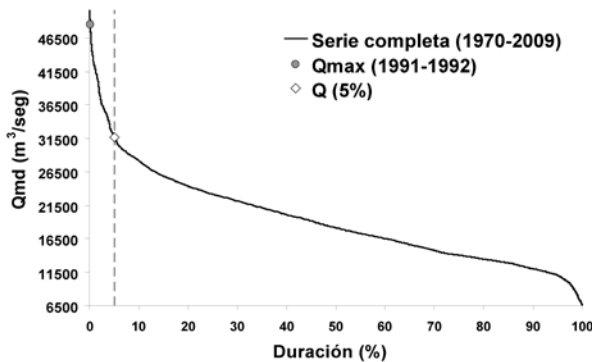


Figura 5. Curva de duración de caudales diarios en el Río Paraná (Rosario).

Figure 5. Daily streamflows in the Paraná River (Rosario) duration curve.

En el río Paraná Inferior en San Pedro (figura 1, pág. 41), las máximas alturas hidrométricas promedio tuvieron lugar en abril y las mínimas en septiembre (figura 6, pág. 45). Durante la creciente invernal de 1992 las alturas hidrométricas fueron superiores al percentil 95 entre los meses de junio a agosto.

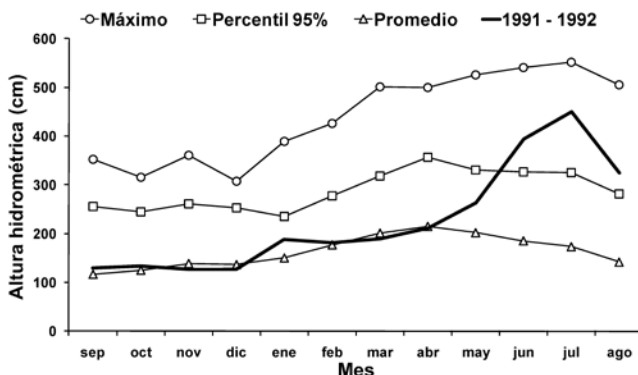


Figura 6. Comparación de las alturas observadas en Río Paraná -San Pedro- (1974-1998), escala temporal mensual.

Figure 6. Comparison of observed stages in Paraná River -San Pedro- (1974-1998), monthly timescale.

Teniendo en cuenta las alturas hidrométricas en San Pedro correspondientes al período 1974-1998, y los valores umbral de inundación para el Delta propuestos por Borús y Goniadski (4) se determinó que el promedio de inundación en el Delta es de 70 días por año. Sin embargo, durante mayo-agosto de 1992 permaneció inundado 100 días. Se graficaron histogramas de frecuencias para los nitratos (figura 7) para aguas bajas (inferiores a 1,5 m) y para aguas altas (superiores a 2,5 m) según el mencionado criterio de inundación. Para aguas altas el intervalo de valores de concentración de nitratos que presentaba mayor frecuencia era de 25-108,3 $\mu\text{g N/l}$; en cambio, para aguas bajas era significativamente superior, de 191,6-274,9 $\mu\text{g N/l}$ ($p < 0,05$).

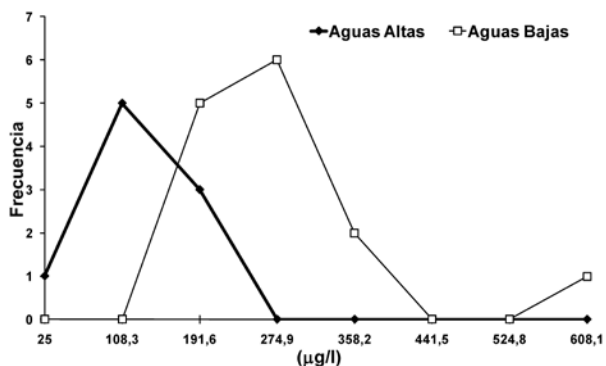


Figura 7. Histogramas de frecuencias para la concentración de nitratos en Aguas Altas y en Aguas Bajas en el Río Paraná Inferior.

Figure 7. Histograms of frequencies for the nitrates concentration in high and low water in the Lower Paraná River.

En el río Paraná inferior las formas principales de nitrógeno inorgánico son los nitratos en el río y el amonio en la columna de agua del pajonal (3, 9). Durante el periodo de aguas altas que típicamente ocurre hacia fines del verano-principios del otoño, se produce intercambio de agua entre ambos ambientes teniendo lugar un flujo neto de nitratos hacia los humedales anóxicos o suboxigenados del valle aluvial donde ocurre la denitrificación, que juntamente con la asimilación por las macrófitas produce la depleción de nitratos en el valle y por intercambio también en el río.

El comportamiento del PRS en el Paraná Inferior depende fundamentalmente de los aportes de sólidos suspendidos del río Bermejo, los cuales se depositan en el valle aluvial del Paraná durante los periodos de aguas altas. El ambiente ácido y muchas veces anóxico del valle aluvial del Paraná favorece la liberación de PRS desde los sedimentos a la columna de agua del valle y por intercambio se incrementan las concentraciones en el cauce principal (10).

Durante la importante y atípica creciente invernala de 1992, el río fue muestreado en cinco ocasiones: dos veces en el inicio de la creciente (I: 15-5-92; II: 3-6-92) dos días antes de alcanzar el máximo caudal (III: 29-6-92) y en dos ocasiones hacia el final de la creciente (IV: 23-8-92 y V: 19-10-92) (figura 8).

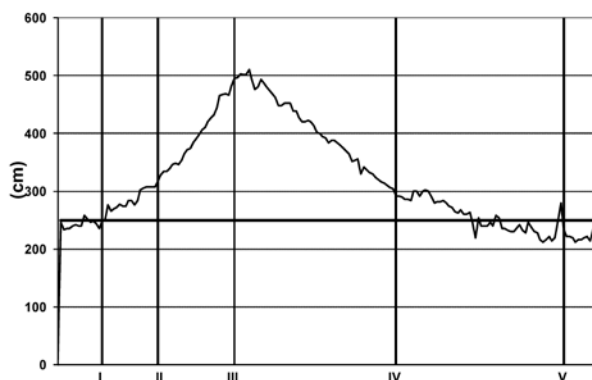


Figura 8. Altura hidrométrica del Río Paraná Inferior a la altura de San Pedro durante la creciente invernala de 1992. Se consignan las cinco fechas de muestreo y el nivel umbral de inundación (250 cm).

Figure 8. Daily stage at River Lower Paraná (San Pedro) during the winter flood of 1992. Contains five sampling dates and flood threshold level (250 cm).

Las concentraciones de nitratos y amonio mostraron una correlación significativa con la altura hidrométrica diaria en San Pedro ($r = 0,805$ y $r = 0,942$, $n = 5$, $p < 0,05$ respectivamente), llegando a un máximo en coincidencia con el máximo de altura hidrométrica (figura 9, pág. 47).

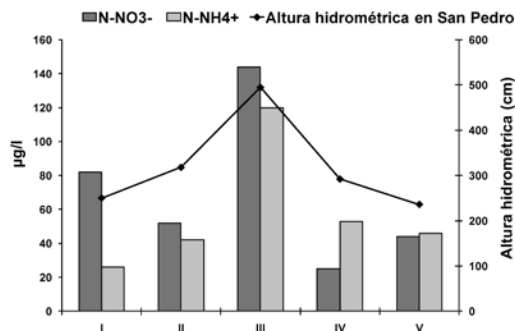


Figura 9. Concentración de amonio y nitratos en el Río Paraná Inferior durante la crecida invernal de 1992 (I, II, III, IV y V corresponden a las fechas de muestreo) en relación con la altura hidrométrica del río en San Pedro.

Figure 9. Ammonium and nitrates concentrations of Lower Paraná River during the winter flood of 1992 (I, II, III, IV and V correspond to sampling dates) in relation to stages in San Pedro.

Los máximos valores de nitratos en el río (144 µg/l), alcanzados durante la crecida invernal, fueron superiores al límite de mayor frecuencia establecido para aguas altas (25-108,3 µg N/l) de los otros períodos de aguas altas estudiados (figura 7, pág. 45).

Durante la crecida invernal de 1992, el río ocupó grandes superficies del valle aluvial teniendo lugar la descomposición de la materia orgánica y el consecuente aumento de la concentración de elementos bioactivos. Asimismo, en esta época del año las plantas asimilan poco N y la denitrificación es menor. Por lo tanto, se producen incrementos de nitratos en el valle y por intercambio con el cauce principal también en el río. Luego de un prolongado período de anegamiento en el valle, se crea un ambiente reductor, comienza la denitrificación y la disminución del nivel de nitratos y amonio en el valle y por intercambio también en el río, observándose una disminución en el nivel de ambos iones en coincidencia con la curva descendente del hidrograma.

El PRS medido en el río disminuyó notoriamente al principio de la inundación, tendiendo a incrementar sus niveles al finalizar la misma (figura 10, pág. 48). El comportamiento del fósforo disuelto sería atribuible al efecto dilutorio durante el evento de aguas altas del Paraná. Asimismo, el río Bermejo presentaba valores bajos de caudal en el mes anterior (10).

Con el propósito de comparar los procesos que ocurren a escalas temporales y espaciales diferentes se introdujo el caso del arroyo Durazno (figura 2, pág. 42) en el cual el tiempo de respuesta de la cuenca ante un evento de precipitación se encuentra en el orden de horas.

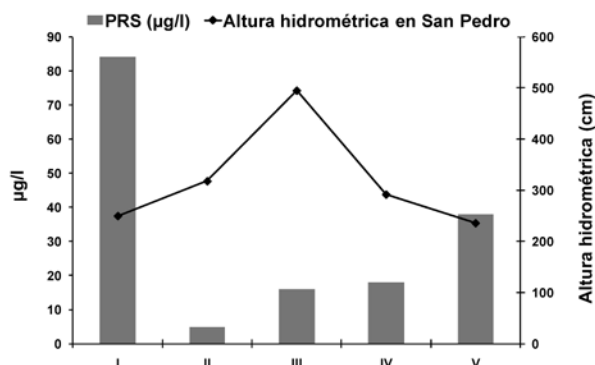


Figura 10. Concentración de PRS en el Río Paraná Inferior durante la creciente invernal de 1992 (I, II, III, IV y V corresponden a las fechas de muestreo) en relación con la altura hidrométrica del río en San Pedro.

Figure 10. SRP concentration of Lower Paraná River during the winter flood of 1992 (I, II, III, IV and V correspond to sampling dates) in relation to stages in San Pedro.

Las principales características topográficas y geomorfológicas de la subcuenca del arroyo Durazno (de aquí en adelante cuenca del arroyo Durazno) se muestran en la siguiente tabla. Dichos parámetros fueron estimados usando el procedimiento de ordenación de Strahler (5). El relieve consiste en llanuras muy planas y pequeñas lomadas (aproximadamente 20 m.s.n.m.) con una pendiente del 0,05%; los suelos son de baja permeabilidad y pobremente drenados.

Principales características topográficas y geomorfológicas de la cuenca del arroyo Durazno.

Main topographical and geomorphological features of the Durazno stream basin.

Parámetro	
Relación de área (R_A)	3,4
Relación de bifurcación (R_B)	3,2
Relación de longitud (R_L)	1,7
Longitud del arroyo de mayor orden (L_0)	27 km
Area de la cuenca de drenaje (A_n)*	257 km ²

* Área de drenaje comprendida hasta el sitio DUR2.

Las precipitaciones medias anuales fueron de 1.055 mm para el período 1961-1990. Las precipitaciones máximas y mínimas ocurren en marzo (125 mm/mes) y en junio (56 mm/mes), respectivamente. Las temperaturas máximas se registran en enero (24,3°C) y las mínimas en julio (11,1°C) (20). El período de exceso de humedad se

extiende desde marzo a noviembre (14). El sitio de muestreo (DUR2) se ubicó 27 km aguas abajo de sus nacientes (figura 2, pág. 42). Según la clasificación de Strahler, la información estudiada fue observada y estimada en un arroyo de segundo orden (13).

Arreghini *et al.* (2) estudiaron el efecto de la creciete durante el evento del 1 al 5 marzo de 2001 sobre las concentraciones de nitratos y PRS. La figura 11 muestra los hidrogramas estimados con el modelo HUI durante dicho evento de tormenta, y las concentraciones de N-NO_3^- y PRS en el agua del arroyo en distintos momentos durante dicho evento. En las primeras horas de la tormenta, en la rama ascendente del hidrograma, la concentración de nitrato era muy elevada. En la rama descendente del hidrograma, las concentraciones de nitrato disminuyeron y resultaron menores que las obtenidas antes de alcanzar el caudal pico debido al efecto dilutorio por la entrada masiva del agua al arroyo. Aunque en la rama descendente las concentraciones de PRS disminuyeron, permanecieron relativamente altas. Este comportamiento, conocido como "flushing effect" (17), sugiere que el material soluble acumulado en la cuenca de drenaje durante los períodos secos es transportado al arroyo por lixiviación y escorrentía superficial, incrementando la concentración de solutos durante las primeras horas de la tormenta.

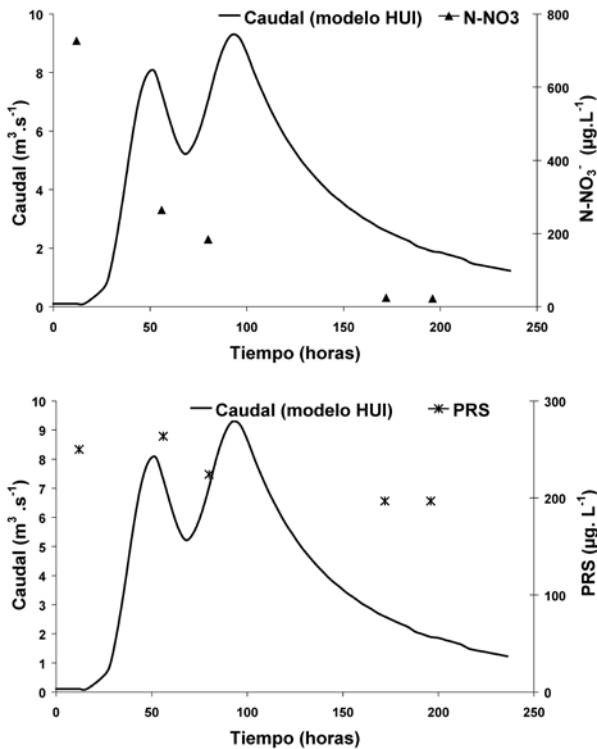


Figura 11. Hidrograma y concentración de nitrato y PRS correspondientes al evento de precipitación-caudal de marzo de 2001 en el arroyo Durazno (tomado de Arreghini *et al.*, -2-).

Figure 11. Streamflow hydrograph and nitrates and SRP concentrations for the rainfall-runoff event observed in March 2001 in event of March 2001 in Durazno stream (taken from Arreghini *et al.*, -2-).

CONCLUSIONES

El comportamiento observado en los elementos bioactivos considerados pone de manifiesto la naturaleza dinámica de las relaciones entre el cauce principal y los valles de inundación en ambas cuencas. El valle aluvial ejerció un notable efecto sobre la hidroquímica de los cauces principales aun cuando las cuencas estudiadas presentan extensiones y caudales muy distintos.

Los pajonales en el valle aluvial del Paraná Inferior ejercen un notorio efecto sobre la calidad de las aguas del cauce principal, actuando como amortiguadores del nivel de nitratos a través de los procesos biogeoquímicos que tienen lugar. Sin embargo, estos mecanismos dependen de muchos factores, entre ellos la temperatura y la actividad biológica. Por lo tanto, frente a cambios en la estacionalidad de los pulsos de inundación y en la magnitud de los mismos, tendrán lugar modificaciones en los procesos que ocurren en los humedales y en consecuencia en los roles que los mismos ejercen. El comportamiento del PRS en el río Paraná Inferior respondió fundamentalmente a los aportes de uno de sus tributarios y al efecto diluyente del aumento de caudal.

En el caso de la cuenca del arroyo Durazno, el valle aluvial ha sido modificado por acción antrópica, y los ecosistemas naturales han sido prácticamente reemplazados por la ganadería extensiva y pasturas implantadas. Los niveles de nitratos y fosfatos en el agua del río respondieron fundamentalmente al aporte por escorrentía desde la cuenca de drenaje, revelándose la importancia del uso de la tierra en la misma.

La creciente seleccionada para estudiar el Paraná Inferior presenta una curva de concentración, es decir de caudales en ascenso, que se extiende en el orden de los tres meses, mientras que para el caso del arroyo Durazno este tiempo es del orden de los tres días. Esta diferencia en la duración de las crecientes altera los procesos biogeoquímicos. Asimismo, algunos factores, como la temperatura del agua, pH, potencial redox, niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua y también en los sedimentos del valle de inundación, responden a esa diferencia en la duración de las crecientes, afectando de distinto modo la calidad de agua en los cauces principales. Además, alteraciones en algunos componentes del ciclo hidrológico como la estacionalidad de la creciente y/o cambios en el uso de la tierra del área de drenaje, podrían modificar la conectividad entre el cauce principal y el valle aluvial y en consecuencia la calidad de las aguas de los cauces principales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arreghini, S. 2008. Bases para la clasificación, monitoreo y remediación de un río de llanura. Una aproximación a nivel de cuenca. PhD Thesis, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 220 p.
2. _____; de Cabo, L.; Seoane, R.; Tomazin N.; Serafini R.; Fabrizio de Iorio, A. 2007. A methodological approach to water quality assessment in an ungauged basin, Buenos Aires, Argentina. *Geojournal* 70. p. 281-288.

3. Bonetto, C.; de Cabo, L.; Gabellone, N.; Vinocur, A.; Donadelli, J.; Unrien, F. 1994. Nutrient dynamics in the deltaic floodplain of the Lower Paraná River. *Arch. Hydrobiol.* 131 (3). p. 277-295.
4. Borús, J.; Goniadzki, D. 2002. Eventos severos del Niño y su impacto en el Delta. En: Taller: "El Niño: sus impactos en el Plata y en la región pampeana". (La Plata, Argentina, 13 de junio de 2002). p. 3-8.
5. Bras R. 1990. *Hydrology. An Introduction to Hydrological Science*, Addison-Wesley. 643 p.
6. Cabrera, A. L. 1953. *Manual de la Flora de los alrededores de Buenos Aires*. Ed. Acme, Buenos Aires. 589 p.
7. _____. 1968. *Flora de la Provincia de Buenos Aires. Parte 1. Colección científica del INTA*. Buenos Aires. 301 p.
8. Carignan, R.; Neiff, J. J. 1992. Nutrient dynamics in the floodplain ponds of the Paraná River (Argentina) dominated by the water hyacinth *Eichhornia crassipes*. *Biogeochemistry* 17. p. 85-127.
9. de Cabo L. 2001. *Dinámica de nutrientes en el valle aluvial del río Paraná Inferior*. PhD Thesis, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 130 p.
10. _____.; Seoane, R. 2005. Suspended sediments of the Bermejo river and their impact on the hydrochemistry of the Lower Paraná River. In : Heathwaite, L.; Webb, B.; Rosenberry, D.; Weaver, D.; Hayasahi, M. (eds.). *Dynamics and biogeochemistry of river corridors and wetlands*. IAHS Publ. 294. p. 151-158.
11. Drago, E. C.; Amsler, M. L. 1998. Bed sediment characteristics in the Paraná and Paraguay Rivers. *Water International* 23. p. 174-183.
12. Faggi, A. M.; Arriaga M. O.; Aliscione S. S. 1999. Composición florística de las riberas del Río Reconquista y sus alteraciones antrópicas. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s.*, 1(1): 1-6.
13. Gordon, B. N. D.; McMahon, T. A.; Finlayson, B. L. 1994. *Stream Hydrology. An introduction for ecologists*. (New York: John Wiley and Sons). 526 p.
14. INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1997. *Cartas de suelos de la República Argentina*.
15. Iriondo, M. 1972. Mapa geomorfológico de la llanura aluvial del Río Paraná desde Helvecia hasta San Nicolás. *Rev. Asoc. Geológica Argentina* 27(2): 155-160.
16. Janauer, G. A. 2000. *Ecohydrology: fusing concepts and scales*. *Ecological Engineering* 16. p. 9-16.
17. Mitchell, A. W.; Bramley R. G. V.; Johnson, A. K. L. 1997. Export of nutrients and suspended sediment during a cyclone-mediated flood event in the Herbert River catchment, Australia. *Marine and Freshwater Research* 48. p. 79-88.
18. Naiman, R. J.; Décamps, H. 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28. p. 621-658.
19. Richey, J. E.; Victoria, R. L.; Salati, E.; Forsberg, B. R. 1991. The biogeochemistry of a major River System: The Amazon Case Study. In: E. T. Degens, S. Kempe, J. E. Richey (eds.). *Biogeochemistry of Major World Rivers*, SCOPE, Publ. By J. Wiley and on, LTD. p. 57-74.
20. Secretariat of the World Meteorological Organization. 1996. *Normales climatológicas para el período 1961-1990*. Report N° 847.
21. Strickland, J.; Parsons, T. 1972. *A practical Handbook of Seawater Analysis*. Bull. N° 167. (Ottawa: Fisheries Research Board).
22. Vazzoler, A. E. de; Agostinho, A. A.; Segatti Hahn, N. (eds.). 1997. *A planície de inundação do Alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM: Nupélia. 460 p.