

**LA PUESTA EN VALOR DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE OFRECEN LOS  
ARROYOS DE LLANURA COMO UNA MEDIDA DE MITIGACIÓN DE LAS  
INUNDACIONES: EL CASO DEL A<sup>0</sup> DEL GATO EN EL PARTIDO DE LA PLATA**

Gómez Nora, Rodrigues Capítulo Alberto, Colautti Darío, Mariñelarena Alejandro, Licursi  
Magdalena, Cochero Joaquín, Armendariz Laura, Maroñas Miriam, Donadelli Jorge, Jensen  
Roberto, García de Souza J, Maiztegui Tomás, García Ignacio, Sathicq María Belén, Suarez Jimena  
Camila y Cortese Bianca.

Instituto de Limnología Dr. Raúl A. Ringuelet (CONICET-UNLP), Bv 120 CC 1900 La Plata, Prov.  
de Buenos Aires, Argentina

nora@ilpla.edu.ar

**RESUMEN**

El concepto de servicios ecosistémicos surge en la década de los 70 como una forma de dar a conocer a la sociedad y a los tomadores de decisiones el vínculo directo que existe entre el bienestar humano y el mantenimiento de las funciones básicas del planeta. Más específicamente los servicios ecosistémicos hidrológicos se relacionan con la conservación de las cuencas hidrográficas entre los que se reconocen la regulación de flujos hidrológicos, reducción del impacto de las inundaciones, de la erosión del suelo, de la sedimentación en los cursos de agua, incluyendo también el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua, de la recarga de acuíferos y de los hábitats acuáticos, entre otros. Desde el punto de vista del abastecimiento humano se pueden reconocer las principales fuentes de agua para beber, cocinar, asearse y cultivar en zonas donde las precipitaciones son insuficientes, además de generar energía eléctrica para manufacturar diversos productos, como así también ser fuente de alimentos. Asimismo, desde el punto de vista hidrológico, cumplen un rol en el ciclo global del agua ya que junto con los acuíferos subterráneos acumulan la precipitación que es conducida por escurrimientos hacia el mar, desde donde continúa el ciclo hidrológico. Cabe resaltar que los humedales y las planicies de inundación de los ríos absorben el agua de lluvia, reducen el escurrimientos disminuyendo así de los daños por inundaciones y ayudan a la recarga de aguas subterráneas contribuyendo también a mitigar las sequías. Asimismo considerando los aspectos culturales cumplen un importante rol en actividades de recreación, además de proporcionar beneficios estéticos, educativos y espirituales. Atendiendo la conservación de la biodiversidad desempeñan un papel destacado como proveedores de hábitats para diversas especies de flora y fauna, constituyendo reservorios ricos en diversidad genética (Brauman *et al.*, 2007, Brauman, 2015, Thorp *et al.*, 2013).

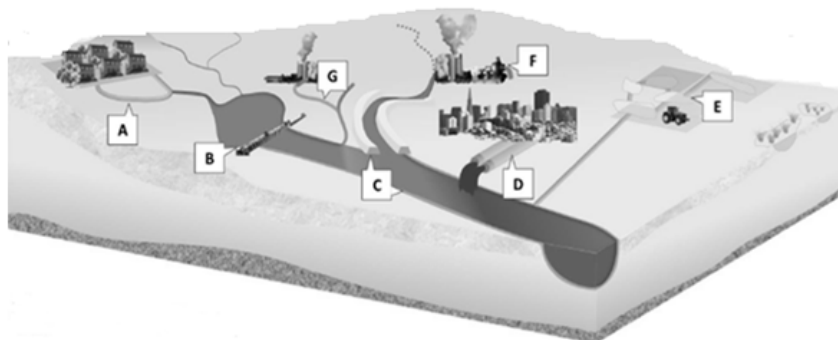
## ABSTRACT

Hydrological ecosystem services involve the regulation of water flows, the reduction of the flooding impact, the soil erosion and the sediment accumulation in the watercourses, also including the maintenance and improvement of the water quality, the aquiferous recharge and the aquatic habitats. The impermeability of the soil due to urbanization, the acceleration of drainings, the building of obstacles to the water flow in streams and rivers together with pollution are recognized as the main causes contributing to magnify the consequences of storms in urban and suburban areas. With the aim of showing the consequences of this type of interferences and the losses in services and goods of the Pampean plain water flows, the case of the Gato stream is here explained. Its basin is inhabited by over 400,000 people, with approximately 50% of urbanized area and a deficient drainage system. The occupation of the alluvial valley and the lack of an integral plan for flooding risks are acknowledged as the main causes for the recurrent floods in this basin. The extreme expression of these events was observed on 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> April, 2013, as a consequence of a meteorological phenomenon which reached over 301 mm of water in four hours with an average intensity of 100.3 mm/h, causing the death of 89 people and over 2200 evacuated people together with an immense material loss. A study carried out in three areas of the basin, in order to identify the main causes that reduce the ecological quality of the stream, revealed that in sectors of the mid and low basin there is a deficient water quality with habitat destruction and the consequent loss of biodiversity. On the other hand, a detailed analysis of a fluvial overflow swamp, located on the upper basin, demonstrated the capacity of these areas of the basin which contribute to the improvement of water quality functioning as green filters and generating a proper environment to host diverse flora and fauna. They also retain water during storms and favor the regulation of the increase of the downstream flow contributing to alleviate the effects of floods. The review of the draining management techniques of the basin is essential. It is, therefore, necessary to count with the integral knowledge of the structure and functioning of the different areas of the basin. It is also very important to make the population aware of the necessity of their contribution, in order to regain the ecosystem services which have been partially or completely lost.

### **Principales intervenciones antropogénicas en las cuencas que afectan los servicios ecosistémicos.**

Los ecosistemas fluviales son complejos en espacio y tiempo, para interpretar su funcionamiento se debe considerar cuatro dimensiones: la dimensión longitudinal (cabecera – desembocadura), la lateral (curso de agua – zona riparia), la vertical (agua superficial- agua subsuperficial) y la

dimensión temporal, que puede ser estacional y que afecta el grado de conexión entre los subsistemas.



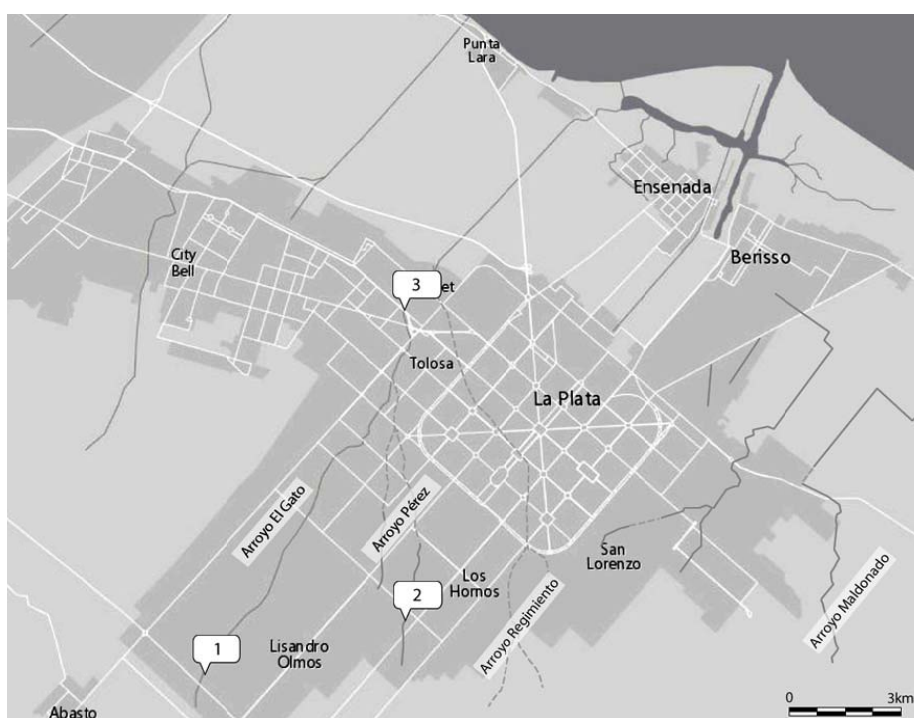
**Figura 1:** Principales intervenciones humanas que afectan el funcionamiento de las cuencas hidrográficas. Ver explicación de A-G en el texto.

Las actividades humanas frecuentemente modifican los flujos de materiales y de energía y los procesos biológicos naturales que vinculan los componentes de la cuenca, lo que resulta en un conjunto de factores de estrés con efectos aguas abajo de donde se originan. Algunas de estas actividades se ilustran en la figura 1, entre las que se destacan los entubamientos (A) que destruyen el hábitat anulando el normal funcionamiento del curso de agua y los represamientos (B) que almacenan agua atrapando sedimentos y modificando el volumen y tiempo de descarga de los ríos. Asimismo las canalizaciones (C) suelen desconectar el río de su planicie de inundación, disminuyendo el intercambio de agua, materiales y la biota entre el lecho del canal, el hiporreos y el valle aluvial. Por otra parte el drenaje de aguas pluviales urbanas (D) favorece el aporte de contaminantes de áreas impermeables que son conducidos directamente al curso de agua. El drenado y abandono de humedales naturales (E), conduce a secar y deteriorar el hábitat y consecuentemente sus funciones, favoreciendo la exportación de nutrientes aguas abajo y desconectando frecuentemente el curso de agua del hiporreos por el descenso del nivel freático. Por último, la extracción excesiva de agua y las descargas de contaminantes industriales (F y G) alteran el volumen y la estacionalidad de los caudales, aumentando también el transporte de contaminantes aguas abajo (U.S. EPA, 2015).

### **Las urbanizaciones y las inundaciones: el caso de estudio del A° del Gato.**

La impermeabilización del suelo por diferentes tipos de construcciones, la aceleración de los escurrimientos, la construcción de obstáculos al flujo de agua, la contaminación y la

"artificialización" de arroyos y ríos en áreas urbanas son reconocidas como las principales causas que contribuyen a magnificar las consecuencias de tormentas en área urbanas y periurbanas. A modo de ejemplo se expondrá el caso del A° del Gato, un curso de agua de la Provincia de Buenos Aires que forma parte de la cuenca del Río Santiago (tributario del Río de la Plata), siendo su principal afluente por extensión y caudal. A lo largo de su recorrido el curso de agua atraviesa los Partidos de la Plata y Ensenada, desembocando en un arroyo denominado El Zanjón, para finalmente desaguar en el río Santiago. Su cuenca posee una superficie total de 12.412 ha y el arroyo tiene una longitud de 25 km, (Figura 2). Dos de sus tributarios, los arroyos Pérez y el Regimiento, están entubados dentro del ejido urbano.



**Figura 2:** A° del Gato, tributarios y ubicación de los sitios de muestreo.

En el área de esta cuenca se desarrolla una intensa actividad económica y social, con sectores rurales y urbanos con un alto valor productivo, comercial, agropecuario, industrial y recreativo. En la cuenca alta predomina el uso fruti-hortícola intensivo, siendo la cuenca media la de mayor densidad poblacional, industrial y comercial. A lo largo de su recorrido se pueden observar descargas pluviales, cloacales e industriales que vuelcan sobre el curso principal y asentamientos poblacionales precarios que se encuentran en algunos sectores de su planicie de inundación. En el área de influencia descrita, ante la ocurrencia de eventos extremos de precipitaciones, los vecinos y todas las actividades que allí se desarrollan padecen frecuentemente las consecuencias de las

inundaciones. Se estima que en esta cuenca habitan más de 400.000 personas, con una superficie urbanizada de alrededor del 50 %. Como consecuencia del aumento de las edificaciones y la pavimentación progresiva de calles, ha aumentado el coeficiente de impermeabilidad y de escorrentía de la cuenca. A esta situación se suma la progresiva modificación de las conducciones y el aumento de la superficie ocupada por invernaderos. Estas intervenciones han contribuido al aumento del caudal pico, que se encuentra agravado por la falta de desagües u obras de retención adecuados. Por lo tanto la magnitud de las tormentas, la ocupación del valle aluvial, acompañadas por la inexistencia de una gestión integral del riesgo de inundaciones, son reconocidas como las principales causas de las recurrentes inundaciones en la cuenca del A°del Gato, cuya máxima expresión fue observada el 2 y 3 de abril de 2013. Durante este episodio meteorológico se registraron en cuatro horas más de 301 mm de agua, con una intensidad promedio que alcanzó los 100,3 mm/h (Romanazzi, 2014). Este evento produjo una catástrofe social que provocó la muerte de 89 personas, más de 2200 evacuados y cuantiosos daños materiales.

A partir de este suceso la Universidad Nacional de La Plata y el CONICET cofinanciaron una serie de Proyectos de Investigación Orientados (PIO) para estudiar diferentes aspectos sociales y ambientales y proponer soluciones para mitigar los efectos de estos eventos. En este contexto uno de ellos, denominado “Evaluación y Análisis de Riesgo Ambiental en el Gran La Plata”, de carácter multidisciplinario, incluyó los estudios relacionados con el estado de integridad ecológica de la cuenca. El objetivo de este análisis fue identificar las principales causas que reducen la calidad ecológica y comprometen algunos de los servicios ecosistémicos que presta este cuerpo de agua. La meta final fue proponer medidas de manejo, que a su vez resulten extrapolables a otras cuencas de la llanura pampeana de características similares, que se encuentran sometidas a los efectos de las inundaciones.

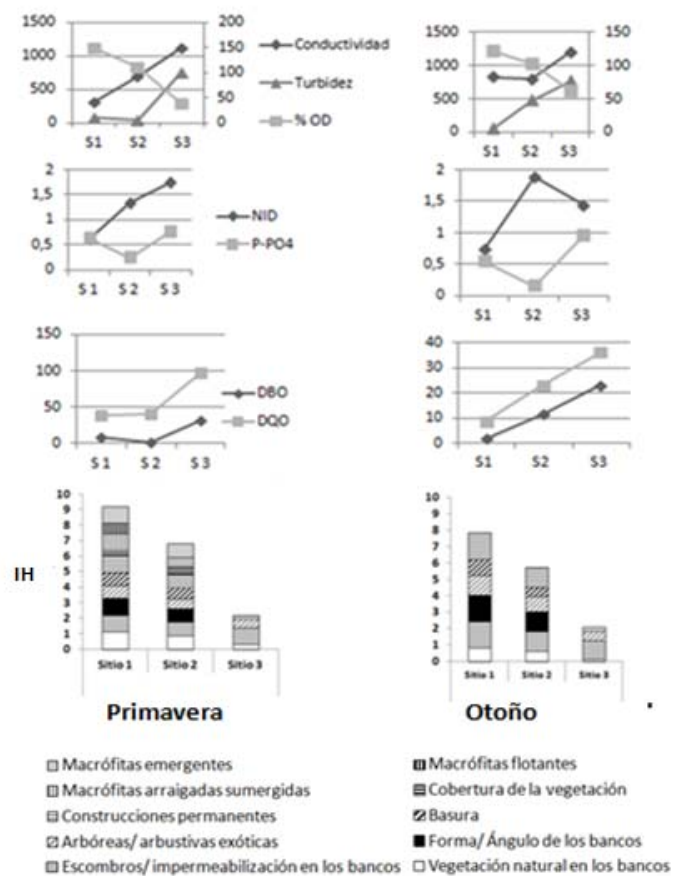
Para esta finalidad se seleccionaron tres sectores de la cuenca con distintos usos del suelo. El sitio 1 cercano a la cabecera, cuenta con un bañado de desborde fluvial y es influenciado por la actividad hortícola, el sitio 2 está ubicado en una zona periurbana y el sitio 3 localizado en un área densamente urbanizada. Este último muestra profundas modificaciones del curso, como consecuencia de rectificaciones y canalizaciones del arroyo. Los sitios 2 y 3 son los más afectados por los efectos de las inundaciones.

### **Calidad ecológica**

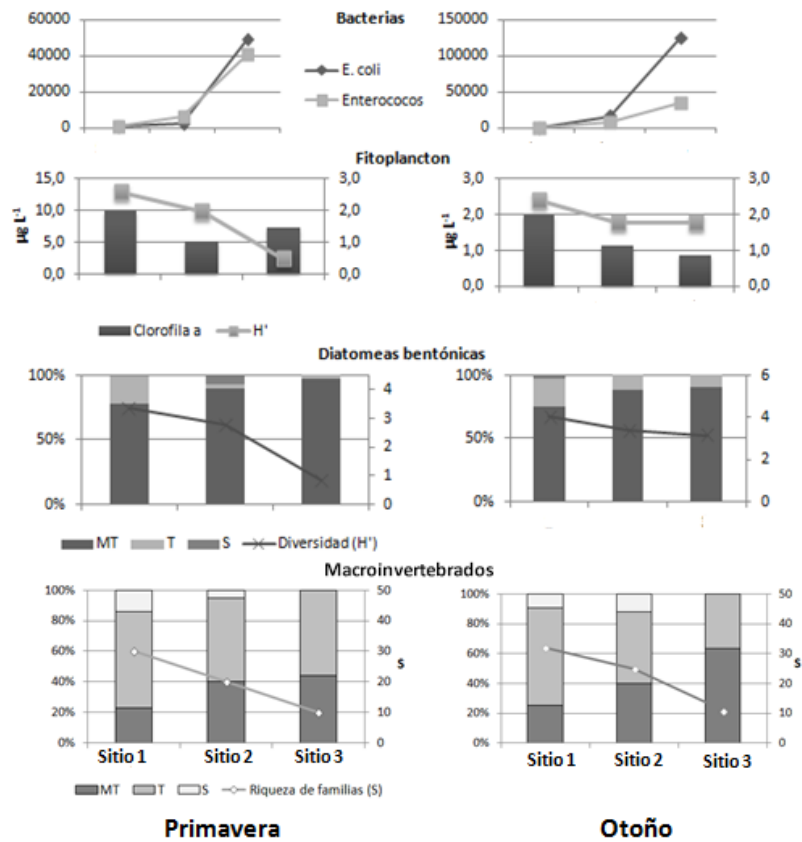
Para determinar la calidad ecológica se realizaron muestreos estacionales, en los cuales se recabó información físico-química, biológica, y del hábitat, empleando para tales fines protocolos

establecidos por APHA, 1995; Barbour *et al.*, 1999; Ralph *et al.*, 1996; Colautti *et al.* 2015. A los fines ilustrativos se seleccionaron los resultados de dos campañas de muestreo, la correspondiente a septiembre de 2013 (primavera) y la de mayo de 2014 (otoño). En la figura 3 se muestran las principales características físico-químicas, pudiendo advertirse el deterioro progresivo de la calidad del agua desde el sitio 1 al 3, demostrada por una disminución del oxígeno disuelto, el aumento en la conductividad, DBO, DQO, y nutrientes. En correspondencia con el empeoramiento progresivo en la calidad del agua también se observó el deterioro de la calidad del hábitat, evaluado a través del Índice del Hábitat fluvial para Ríos Pampeanos (Cocheo *et al.*, 2014). Este reveló una pérdida notable de vegetación acuática, alteración de las márgenes y del cauce, acompañado de un incremento de basura en el lecho y ribera. El deterioro ambiental también fue acompañado por el aumento en la concentración de los indicadores bacterianos de contaminación fecal (*Escherichia coli* y Estreptococos). Mientras en el sitio 1 los valores están en el orden de lo establecido por las normas nacionales e internacionales de aptitud para uso recreacional (126 *E. coli*/100 mL), en el sitio 2 supera el valor máximo permitido por la ley provincial de vuelco de efluentes tratados a curso de agua superficial (2000 *E coli*/100 mL) y en el sitio 3 excede entre 20 y 25 veces ese valor, demostrando una fuerte contaminación de origen cloacal (Figura 4).

El análisis de la diversidad, riqueza y grado de tolerancia de los taxa de los ensambles del fitoplancton, diatomeas bentónicas y macroinvertebrados, demuestra un claro empobrecimiento en orden decreciente desde la cuenca alta hasta la baja, en correspondencia con el incremento de especies más tolerantes a la contaminación (Figura 4). Una situación similar es revelada por la fauna íctica (Figura 5) y por los ensambles de aves (Tabla 1), que revelaron una disminución en la cantidad de ejemplares, restringiendo su presencia a especies de mayor tolerancia al deterioro ambiental desde la zona alta a la baja de la cuenca.

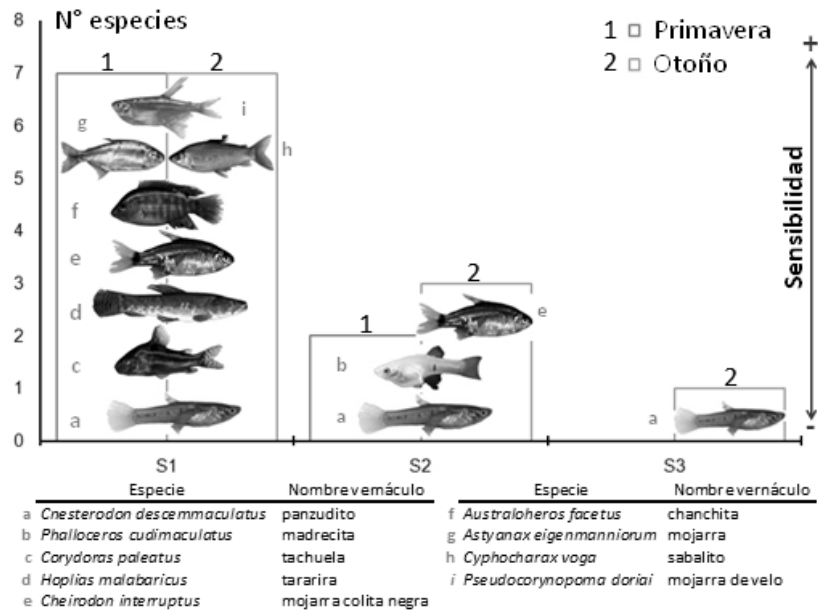


**Figura 3:** En orden descendente se observan los valores de conductividad, turbidez, % de oxígeno disuelto (OD), las concentraciones de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, las demandas bioquímicas ( $DBO_5$ ) y químicas del agua (DQO), y la calidad del hábitat (IH: índice del Hábitat), correspondientes a las campañas de primavera y otoño.



**Figura 4:** En orden descendente se observa la distribución de indicadores bacterianos de contaminación fecal, clorofila a y diversidad (H') fitoplanctónica, porcentaje de diatomeas bentónicas sensibles (S) tolerantes (T) Muy tolerantes (MT) y diversidad (H'), porcentaje de taxa de macroinvertebrados sensibles (S) tolerantes (T) Muy tolerantes (MT) y riqueza de familias de macroinvertebrados (S), de las campañas de primavera y otoño.





**Figura 5:** Especies de peces capturadas en las campañas de primavera y otoño en las tres estaciones de muestreo (S1, S2 y S3) en la cuenca del Arroyo del Gato.

### Pérdida de los servicios ecosistémicos

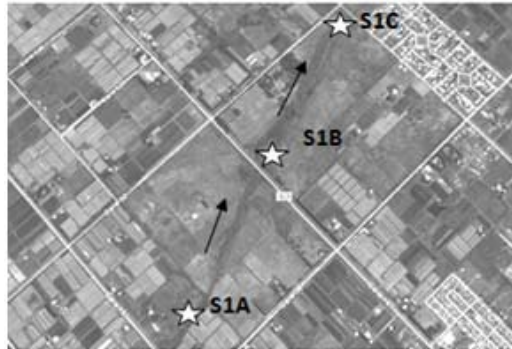
La integración de la información obtenida reveló que mientras en el sitio 1 la calidad ecológica es moderada o aceptable en los sitios 2 y 3 se torna mala a muy mala, poniendo de manifiesto que este curso de agua ha perdido, particularmente en su sección media y baja, varios de los servicios ecosistémicos que brindan los sistemas fluviales. Entre ellos cabe resaltar la pérdida de la autodepuración y consecuentemente de la calidad del agua y de hábitats como refugio y alimento para la biota. Asimismo la pérdida de la naturalidad y de la conectividad en diferentes direcciones, como resultado del deterioro de las márgenes y la ocupación del valle aluvial, ha conducido a la pérdida del control de los efectos de las inundaciones. Este deterioro ambiental ha contribuido a padecer inundaciones más riesgosas desde el punto de vista hidrológico y sanitario.

**Tabla 1:** Número de individuos correspondientes a las especies de aves identificadas en los sitios de muestreo durante los muestreos de primavera (P) y otoño (O).

Nombre específico	Nombre vulgar	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3	
		P	O	P	O	P	O
<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo	■	■	■	■	■	■
<i>Pitangus sulfuratus</i>	Benteveo común	■	■	■	■	■	■
<i>Troglodytes aedon</i>	Ratona común	■	■	■	■	■	■
<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza	■	■	■	■	■	■
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión	■	■	■	■	■	■
<i>Furnarius rufus</i>	Hornero	■	■	■	■	■	■
<i>Anas flavirostris</i>	Pato barcino	■	■	■	■	■	■
<i>Aramus guarauna</i>	Carau	■	■	■	■	■	■
<i>Sturnus vulgaris</i>	Estornino pinto	■	■	■	■	■	■
<i>Myiopsitta monachus</i>	Cotorra	■	■	■	■	■	■
<i>Dendrocygna viduata</i>	Sirií pampa	■	■	■	■	■	■
<i>Colaptes melanochloros</i>	Carpintero real	■	■	■	■	■	■
<i>Vanellus chilensis</i>	Tero común	■	■	■	■	■	■
<i>Himantopus mexicanus</i>	Tero real	■	■	■	■	■	■
<i>Patagioenas picazuro</i>	Paloma picazuro	■	■	■	■	■	■
<i>Anas sibilatrix</i>	Pato overo	■	■	■	■	■	■
<i>Plegadis chihi</i>	Cuervillo de cañada	■	■	■	■	■	■
<i>Sicalis flaveola</i>	Jilguero dorado	■	■	■	■	■	■
<i>Serpophaga subcristata</i>	Piojito común	■	■	■	■	■	■
<i>Turdus rufiventris</i>	Zorzal pecho colorado	■	■	■	■	■	■
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Zorzal chalchalero	■	■	■	■	■	■
<i>Mimus saturninus</i>	Calandria grande	■	■	■	■	■	■
<i>Sporagra magellanica</i>	Cabecita negra	■	■	■	■	■	■
<b>Referencia</b>	<b>Individuos registrados</b>	■	<5	■	>5-10	■	>10

### Revalorización de los servicios ecosistémicos de regulación

En el A° del Gato, en sectores de su cuenca alta es posible aún identificar bañados de desborde fluvial que se desarrollan en zonas deprimidas de la cuenca, como el localizado en el sitio 1 (Figura 6). Estos sectores de las cuencas, de características permanentes o semipermanentes, poseen características estructurales y funcionales propias que los diferencian de otros tramos del curso de agua (Ringuelet, 1962; Neiff, 2001).



**Figura 6:** Imagen que muestra el bañado de desborde fluvial localizado en el sitio 1, que ocupa una superficie de 0,7 km<sup>2</sup> y los puntos de muestreo donde se extrajeron muestras para análisis físico-químicos.

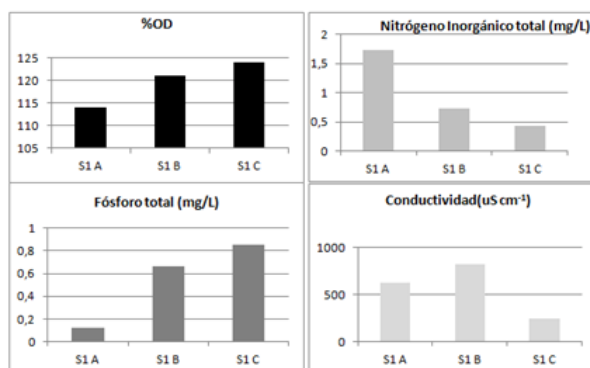
En estos sectores se desarrolla una abundante y variada vegetación acuática de plantas flotantes, semisumergidas y emergentes, que suministran hábitats variados para peces, aves, macroinvertebrados y microorganismos. Estos ambientes muestran una marcada estacionalidad (Figura 7) entre la primavera-verano, en la cual se desarrolla una exuberante vegetación, y el otoño-invierno, períodos durante la cual se reduce particularmente la vegetación acuática emergente.



**Figura 7:** Imágenes del bañado de desborde fluvial durante la primavera (izquierda) y el otoño (derecha).

Un estudio pormenorizado sobre algunas variables físico-químicas, en el ingreso, centro y salida del bañado de desborde fluvial (Figura 6), revelaron la capacidad de estos sectores de la cuenca en favorecer los procesos que contribuyen a mejorar la calidad del agua. En la figura 8 se muestran algunos de los principales cambios observados en la calidad del agua, tales como la disminución de la conductividad y por lo tanto el grado de mineralización del agua, como así también del nitrógeno total, producto de los procesos de desnitrificación. También se observa el aumento del porcentaje de

oxígeno disuelto y del contenido de fósforo total, lo cual revela la retención de este nutriente en estos sectores de la cuenca.



**Figura 8:** Características físico-químicas de la calidad del agua observada en el bañado de desborde fluvial del A° del Gato al ingreso (S1A), en el centro (S1B) y a la salida (S1C).

Por otra parte estos sitios se convierten en zonas de retención del agua durante las tormentas, retardando temporalmente el agua que fluye aguas abajo, contribuyendo así a regular y mitigar los efectos del aumento de caudal aguas abajo, contribuyendo en tal sentido a reducir los picos de creciete (Figura 9). Por lo tanto su conservación resulta fundamental en cursos de agua que atraviesan centros urbanos de la llanura pampeana.



**Figura 9:** Imágenes capturadas antes de una tormenta (izquierda) y posteriormente a la misma (derecha), en la cual se evidencia la capacidad de retención del agua en el bañado.

### Consideraciones finales

Los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación y calidad del agua resultan trascendentes para la humanidad, convirtiéndose realmente en bienes y servicios ecosistémicos cuando son valorados en términos de bienestar y desarrollo para la sociedad (MEA, 2005). La regulación del ciclo hidrológico es uno de los servicios tangibles de mayor repercusión en el mundo, y su

alteración ha aumentado el impacto sobre la población más vulnerable. Atender aspectos relacionados con la cantidad, calidad y temporalidad del recurso hídrico resultan imprescindibles para una gestión adecuada que atienda la problemática de las inundaciones. Concientizar a la población que habita en las márgenes de ríos y arroyos la necesidad de contribuir a recuperar los servicios ecosistémicos que se han perdido parcial o totalmente resulta fundamental en la prevención de las inundaciones. La revisión de las técnicas de manejo del escurrimiento en una cuenca resulta también vital, correspondiendo la mayor responsabilidad de ejecutarlas al sector público, para lo cual es primordial contar con un conocimiento integral de la estructura y funcionamiento de los distintos sectores de los cursos de agua a través de un conocimiento multidisciplinario. Por lo tanto, aplicar la información científica para impartir educación ambiental a la población y promover una gestión adecuada de los usos del suelo resulta relevante. Este abordaje permitirá afrontar la actual situación ambiental y los futuros escenarios que plantean los efectos de los cambios globales sobre los cursos de agua de la llanura pampeana, reduciendo así los riesgos y consecuencias de las inundaciones sobre la población.

### **Agradecimientos**

Este estudio fue financiado por el proyecto PIO 13420130100004CO: (CONICET-UNLP): Evaluación y análisis de Riesgo Ambiental en el área Gran La Plata.

### **Bibliografía**

- APHA, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B., 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA/841-B-99-002. U.S. EPA, Office of Water, Washington, D.C.
- Brauman, K.A., 2015. Hydrologic ecosystem services: linking ecohydrologic processes to human well-being in water research and watershed management. *WIREs Water*, 2: 345–358.
- Brauman, K.A., Daily, G.C, Duarte, T.K., Mooney, H.A., 2007. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *The Annual Review of Environment and Resources*. 2007, 32: 6.1–6.32.

- Cocheró, J., Cortelezzi, A., Jensen, R., Tarda, A., Gómez, N., 2014. Un índice para evaluar la calidad del hábitat de arroyos urbanos pampeanos. 6° Congreso Argentino de Limnología, La Plata. *Biología Acuática*, 29: 132.
- Colautti, D., Brancolini F, García, I., Garcia de Souza, J., Jensen, R., Maiztegui, T., Maroñas, M., Paracampo, A., Paredes del Puerto, J., Protogino, L., Sendra, E., 2015. Monitoreo de la ictiofauna en cursos de agua superficial de la cuenca hidrográfica Matanza Riachuelo. <http://www.acumar.gov.ar/content/documents/7/5337.pdf>
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Neiff, J.J., 2001. Humedales de la Argentina: sinopsis, problemas y perspectivas futuras. In: Cirelli A.F. (Ed.). *El Agua en Iberoamerica, Funciones de los humedales, calidad de vida y agua segura*. CYTED, Argentina, pp. 83–112.
- Ralph, C. J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E.; De Sante, D.F., Milá, B., 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Ringuelet, R.A., 1962. *Ecología Acuática Continental*. Manuales de EUDEBA. Ciencias Naturales.
- Romanazzi, P., 2014. Aproximación a la estimación estadística de la Precipitación Máxima Probable (PMP) para La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Actas del II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras Santa Fe, Argentina*.
- Thorp, J.H., Flotemersch, J.F, Delong, M.D, Casper, A.F, Thoms, M.C, Ballantyne, F., Williams B.S, Brian J., O'Neill, B.J., Haase, C.S., 2013. Understanding Spatiotemporal Lags in Ecosystem Services to Improve Incentives. *BioScience*, 63(6):472–482.
- U.S. EPA, 2015. *Connectivity of Streams and Wetlands to Downstream Waters: A Review and Synthesis of the Scientific Evidence (Final Report)*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-14/475F.