

VALORACION DE LA CALIDAD DE RIBERA EN UN ARROYO PAMPEANO Y SU RELACIÓN CON LAS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS Y PECES

C. Feijoó¹, P. Gantes¹, A. Giorgi^{2, 3}, J. J. Rosso⁴ y E. Zunino^{2, 3}

1. PIEA-Departamento de Ciencias Básicas-UNLu-INEDES.

2. PEP-Departamento de Ciencias Básicas-UNLu-INEDES.

3. CONICET.

4. CETA-Fac. Cs. Veterinarias-UBA

adonis@coopenetlujan.com.ar

ABSTRACT. An Index of Riparian Quality was applied to a Pampean stream with moderate human impact (Las Flores stream, Luján river basin) to evaluate its degree of conservation. Aquatic macrophyte cover and diversity were also registered in 12 different reaches along the stream to analyze its relationship with the riparian index. In addition, the richness and diversity of the fish community were registered in two reaches with contrasting use of riparian zones and channel morphology. The results of the survey indicate that conservation of the riparian zones is difficult in the stream due to the increase of farming activities, the development of cropland near the margins, the invasion of an alien tree *Gleditsia triacanthos* (acacio negro) and the development of urban zones. Alteration of the riparian zone also modified the structure of the macrophyte communities and could be associated with a reduction in the richness and diversity of the fish community. We consider that the needs for conservation and recuperation of the riparian zones must be transmitted to the land owners. Activities should be coordinated to maintain the water quality and habitat diversity in order to enhance the basin health.

KEY WORDS: Streams, Riparian zone, Macrophytes, Fishes, Diversity.

PALABRAS CLAVE: Arroyos, Riberas, Macrófitas, Peces, Diversidad.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, particularmente en la zona pampeana, ha habido una creciente ocupación del espacio rural por la agricultura, aumentando el empleo de agroquímicos (herbicidas, pesticidas y fertilizantes) así como la erosión del suelo (Zaimes *et al.*, 2004). En las zonas rurales, una fracción importante de los contaminantes y sedimentos son transportados por escorrentía e ingresan a los arroyos de manera difusa (Vilches *et al.* 2011).

Como consecuencia del incremento de las áreas agrícolas, se ha desarrollado o se han expandido las actividades ganaderas a las márgenes de los cursos de agua anteriormente consideradas zonas marginales. Esto provoca un pastoreo sin control en áreas ribereñas tanto por ganado vacuno como ovino. Esta situación también puede ser causa de degradación de los arroyos y de la calidad de sus aguas ya que los vacunos pueden permanecer largo tiempo dentro del agua o en sus alrededores (Trimble y Mendel, 1995). Su presencia

afecta negativamente la calidad del agua, la morfología del canal, la hidrología, la estructura del suelo adyacente y la vegetación dentro y en los alrededores del arroyo. Los impactos negativos incluyen aumento de nutrientes por deposición de orina y materia fecal dentro del arroyo, el pisoteo, con incremento de bancos de erosión y reducción de la vegetación, destrucción de las márgenes y compactación del suelo por el pisoteo (Belsky *et al.*, 1999). Otro impacto que han producido es la dispersión de semillas de acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) en las márgenes de los cuerpos de agua que produce efectos negativos ya que estos árboles reducen la luz incidente sobre el cuerpo de agua y posiblemente el incremento de materia orgánica más refractaria a la descomposición como son sus hojas y ramas. Simultáneamente han aumentado las áreas urbanizadas con la consiguiente modificación del paisaje, incluidos ensanchamiento y desvío de ríos, construcción de lagunas artificiales o interrupción de cauces (Troitiño *et al.* 2007). La disposición espacial del desarrollo urbano e industrial a lo largo de los cursos de llanura ha mostrado tener un efecto significativo en la abundancia y distribución de especies de peces (Rosso y Quirós, 2009) y la diversidad de su comunidad (Rosso y Quirós, 2010). Estos organismos se suelen usar como indicadores de la calidad del agua porque son fácilmente observables y clasificables, y porque responden muy bien a cambios en la morfología del cauce (por ejemplo, por canalización, endicamiento) y a la química de las aguas, en especial a la oxigenación. Por otro lado la presencia de plantas acuáticas contri-

buye a la diversidad de los hábitats del arroyo, lo que permite el establecimiento de numerosas especies de peces, invertebrados, anfibios, aves y mamíferos, que utilizan ese ambiente para refugio, alimentación y también para reproducirse (Giorgi *et al.*, 2005).

Las modificaciones que el hombre realiza en los ecosistemas provocan disminución de la biodiversidad (Meybeck y Helmer, 1989). Por ello, la protección de las denominadas zonas *buffer* o Zonas de Amortiguación Ribereñas (ZAR) es una medida eficaz para reducir ingresos de contaminantes a los arroyos y mantener en límites aceptables la calidad del agua (Basnyat *et al.*, 2000). Las ZAR son corredores de vida silvestre (Naimann *et al.*, 2000; Nilsson y Svedmark, 2002; Magee *et al.*, 2008), permitiendo la conservación de especies autóctonas de aves, reptiles, insectos y mamíferos, interconectando áreas de reserva y conservación e incluso refugio para polinizadores, depredadores y parasitoides de plagas agrícolas (Kauffmann y Krueger, 1984).

Faggi *et al.* (1999) han estudiado los cambios en la vegetación de ribera asociados a las modificaciones antrópicas. En nuestro país se han aplicado índices, principalmente para bosques (Siromba *et al.* 2006) y (Kutschker *et al.* 2009). Sin embargo, sólo recientemente se ha tenido en cuenta la evaluación de la calidad de zonas de amortiguación ribereñas en zonas de llanura (Troitiño *et al.*, 2010).

El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad de ribera en un arroyo pampeano por la aplicación de un índice de calidad de riberas y evaluar su grado de asociación con la presencia de macrófitos.

Se explora también la respuesta de las comunidades de peces frente a diferentes situaciones de conservación de riberas y morfología del cauce.

METODOLOGIA

Sitio de estudio

Se estudió el arroyo Las Flores ($34^{\circ} 29' - 34^{\circ} 28' S$ y $59^{\circ} 7' - 58^{\circ} 58' O$), considerado representativo de los arroyos de la cuenca del río Luján y de gran parte de los arroyos de la provincia de Buenos Aires que recorren llanuras (Feijóo y Lombardo, 2007) (Figura 1). Nace en una pequeña depresión y está alimentado directa o indirectamente por precipitaciones y por aporte de aguas freáticas. La vegetación natural de las riberas es principalmente herbácea (estepa de gramináceas), lo que permite el ingreso de la radiación solar al cuerpo de agua hasta su lecho. El arroyo tiene una profundidad media inferior a un metro y el sustrato está constituido por tosca (carbonato de calcio) sobre la que se depositan limos, arcillas y materia orgánica. En su curso, de 12 Km de largo se diferencian zonas de aguas rápidas de otras de aguas remansadas en las que predomina la sedimentación de material fino y de materia orgánica. En estos ambientes es donde se desarrollan grandes parches de macrófitas, a los que viven asociados los principales organismos pastoreadores del fitobentos: anfípodos del género *Hyaletella* y moluscos de los géneros *Heleobia* y *Uncancylus* (Giorgi *et al.*, 2005).

En este estudio se relevaron 12 tramos a lo largo del arroyo Las Flores, de 100 a

200 metros cada uno, que fueron representativos de las distintas condiciones y usos de la zona de ribera (ej, presencia o ausencia de árboles, de vacunos, cultivos, etc). Los tramos analizados recibieron la designación correspondiente al campo donde se hallaba y ordenados desde las nacientes a la desembocadura: San Jorge A, B y C (SJ A, SJ B, SJ C); Arquería (ARQ), El Trueque A y B (TRU A, TRU B); Santa María A y B (SM A y SM B); El Estribo A y B (EST A y EST B), y Las Flores (LF A y LF B).

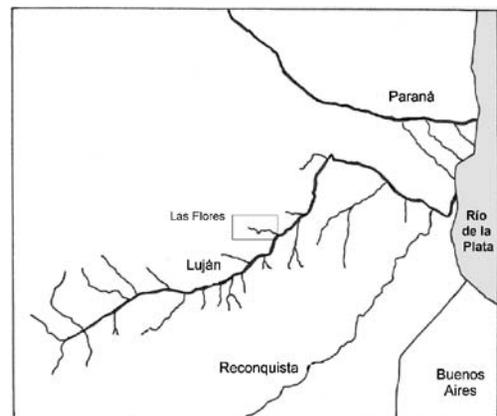


Figura 1. Localización del arroyo Las Flores en la Cuenca del río Luján.

Índice de calidad de riberas

Se aplicó el índice de calidad de riberas, desarrollado por Troitiño *et al.*, (2010) al que se le agregaron algunas variables nuevas como la densidad y especies de árboles en las márgenes para considerar a las plantas invasoras y a las implantadas. Cada uno de los atributos considerados fue calificado en una escala de 1 a 10. El valor final del índice surge de la suma de cada uno de los puntajes obtenidos dividido por la cantidad de atributos considerados que se listan a continuación:

- 1) Uso de lotes adyacentes (U): Se comparó el uso observado con el previsto por el tipo de suelos. Así, suelos sometidos a un uso inadecuado para su aptitud serán calificados con puntajes menores de acuerdo al riesgo de erosión y degradación de márgenes.
- 2) Uso de margen (M): Esta variable se refiere al uso habitual de la ribera: pastoreo ocasional, recreación, abrevaderos, etc. El valor de esta variable será menor cuanto mayor impacto negativo genera el uso sobre las condiciones de la margen.
- 3) Cobertura vegetal (C): El máximo de cobertura corresponde a la vegetación espontánea sin pastoreo evidente en los últimos meses, con pastos formando dos o más estratos y sin claros o suelo desnudo a la vista. El mínimo de cobertura es aquel donde se presenta suelo desnudo, como en los abrevaderos y zonas de tránsito de ganado.
- 4) Ingresos (I): Son definidos como sitios delimitados por donde el agua penetra al arroyo directamente sin pasar por la zona de ribera arrastrando sedimentos. Cuanto mayor es la cantidad de estos ingresos en un tramo, más bajo es el valor de conservación de la ribera.
- 5) Forma del cauce (F): El perfil natural de los arroyos pampeanos de bajo orden muestra, en general, márgenes de paredes rectas, luego una pendiente muy suave que delimita la zona de inundación durante las crecidas mayores (zona aluvial). Un cauce contenido entre paredes rectas y plano aluvial definido tiene el máximo puntaje, mientras que márgenes suavizadas y

amplias presentan los menores puntajes.

- 6) Ancho (A): Se considera el ancho ideal de las zonas de amortiguación ribereña el que se corresponde con las Unidades Cartográficas indicadas como Complejos con Capacidad de Uso VII u VIII que son suelos que sólo podrían usarse para sostener una baja densidad de ganado. (INTA, 1993)
- 7) Límites (L): El máximo puntaje para esta variable fue para lotes completamente cercados con alambrados en condiciones de frenar el acceso de animales grandes (vacas, caballos, ovejas, cerdos). El puntaje mínimo fue para lotes sin alambrar y con presencia de ganado evidente en el último año.

El puntaje que se otorga a cada atributo se realizó según el ANEXO 1 (Troitiño, 2008). La calificación promedio por atributo para ambas márgenes (izquierda y derecha) se introdujo en la fórmula para obtener el índice de calidad de ribera, en una escala de 1 a 10.

$$I.C.R. = \Sigma(U + M + C + I + F + A + L) / N$$

donde *I.C.R.* es el índice de conservación de ribera, *U*: uso de lotes adyacentes; *M*: uso de márgenes de ribera; *C*: estado de cobertura de márgenes; *I*: ingresos; *F*: forma del cauce; *A*: ancho del área ribereña; *L*: límites de márgenes; *N*: número de atributos.

Se agregaron además mediciones de ancho y profundidad realizadas cada 10 metros. La relación de anchos y profundidades brinda información sobre la heterogeneidad morfológica del cauce.

También se calculó el promedio de árboles por tramo y las especies presentes. Se consideró que los árboles que afectan negativamente la ribera, son principalmente los que se encuentran a menos de 3 metros de la margen, pues dan sombra sobre el cauce además de aportar hojas y ramas que pueden modificar el flujo natural del agua.

Se eligieron dos biocenosis para relacionar el estado de las riberas con la calidad del agua: las macrófitas y los peces.

Las plantas acuáticas

En los mismos tramos en que se relevaron las características de la ribera, se estimó la cobertura por especie de las macrófitas. Se establecieron 4 clases de cobertura: Rara (R) < 5 %; Baja (B) entre 5-30 %; Media (M) entre 30 -70% y Alta (A) > a 70 %. Se hizo la distinción entre cobertura total de macrófitas y cobertura total de sumergidas, puesto que se considera que las plantas acuáticas sumergidas son las más importantes en generar hábitats para invertebrados acuáticos y peces y además, aunque todas pueden ser afectadas por la modificación de las riberas, las sumergidas son más sensibles a la turbidez. Las especies se identificaron de acuerdo a Cabrera (1963-70), Haynes y Holm-Nielsen (2003) y Lahitte y Hurrell (1996).

Los peces

Estudiamos la comunidad de peces en dos tramos con nivel de impacto antrópico contrastante como una primera aproximación a la comprensión de los

efectos sobre las comunidades de peces en arroyos de la región pampeana que puedan derivar de la intervención humana en estos ambientes. Para ello, los peces sólo se muestrearon en dos tramos del arroyo: uno natural, que no presentaba grandes impactos por la actividad humana para utilizarlo como sitio de referencia (Santa María B) y otro ubicado en una zona con cultivos aguas abajo de un endicamiento artificial del cauce (El Estribo B). Ambos tramos se localizan al promediar el recorrido del arroyo. El Santa María B se encuentra aguas arriba del tramo El Estribo B. Para capturar los peces se usaron trampas, arrastres y trasmallos. El esfuerzo de pesca para cada sitio de muestreo fue el mismo. La unidad de esfuerzo de pesca por sitio consistió en dos arrastres de entre 15 y 20 metros de recorrido, 8 horas de calado de trasmallos y 2-3 horas de trampa embudo con cebo. La red de arrastre fue del tipo cornalito de 20 metros de longitud, con malla de 10 mm entre nudos en las alas y bolsa de 1,8 metros con malla de 5 mm entre nudos. Los trasmallos están construidos con paños externos de 120 mm entre nudos y paño interno de 15 mm entre nudos. Todos los ejemplares colectados fueron identificados a los menores niveles taxonómicos posibles y contados. Con esta información se calculó la riqueza de especies y la diversidad de la comunidad de peces en cada sitio.

Análisis de datos

En cada tramo se calculó el índice de Shannon-Wiener para la comunidad de macrófitas. Se realizaron correlaciones

lineales (*r* Pearson) entre el índice de calidad de riberas, cada uno de sus componentes, el índice de Shannon-Wiener, la cobertura de sumergidas y la cobertura total de macrófitas. El índice de Shannon-Wiener se calculó también para las comunidades de peces.

RESULTADOS

Los 12 tramos de arroyo recorridos en los que se realizó una valoración de la calidad de ambas riberas se grafican en la Figura 2. Puede observarse que la calidad en todos los tramos es entre buena y muy buena, variando el índice entre 6 y 9. Esto indica que muchas de las modificaciones realizadas en las riberas no alcanzan un alto grado de impacto. Aún así, estas variaciones de calidad relativamente pequeñas parecen tener influencia sobre la comunidad de macrófitas.

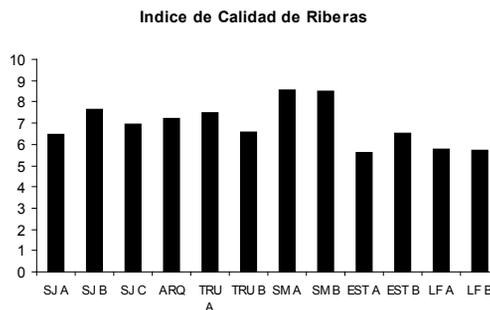


Figura 2. Resultado del Índice de Calidad de Ribera para los distintos tramos muestreados. San Jorge A, B y C (SJA, SJB, SJC); Arquería (ARQ), El Trueque A y B (TRU A, TRU B); Santa María A y B (SMA y SMB); El Estribo A y B (EST A y EST B), y Las Flores (LFA y LFB).

Se encontraron 22 especies de macrófitas, la mayoría de las cuales son nativas, sin embargo debe destacarse la presencia de *Iris pseudacorus* (iris amarillo), una planta exótica que invade rápidamente ambientes naturales (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de macrófitas halladas durante el muestreo en el arroyo Las Flores.

| ESPECIE | ORIGEN | GRUPO BIOLÓGICO |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|
| <i>Stuckenia striata</i> | nativa | sumergida |
| <i>Ceratophyllum demersum</i> | nativa | sumergida |
| <i>Egeria densa</i> | nativa | sumergida |
| <i>Elodea callitricboides</i> | nativa | sumergida |
| <i>Lemna gibba</i> | cosmopolita | sumergida |
| <i>Althernanthera philoxeroides</i> | nativa | flotante libre |
| <i>Bacoppa monieri</i> | nativa | emergente |
| <i>Commelina diffusa</i> | nativa | emergente |
| <i>Cynodon dactylon</i> | introducida | emergente |
| <i>Cyperus eragrostis</i> | nativa | emergente |

| | | |
|------------------------------------|------------|-----------|
| <i>Eleocharis bonariensis</i> | nativa | emergente |
| <i>Hydrocotyle modesta</i> | nativa | emergente |
| <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> | nativa | emergente |
| <i>Hygrophyla costata</i> | nativa | emergente |
| <i>Leersia hexandra</i> | nativa | emergente |
| <i>Lilaeopsis attenuata</i> | endémica | emergente |
| <i>Ludwigia peploides</i> | nativa | emergente |
| <i>Polygonum punctatum</i> | nativa | emergente |
| <i>Nasturtium officinale</i> | adventicia | emergente |
| <i>Sagittaria montevidensis</i> | nativa | emergente |
| <i>Schoenoplectus californicus</i> | nativa | emergente |
| <i>Iris pseudacorus</i> | adventicia | emergente |

La cobertura de las macrófitas sumergidas se correlacionan linealmente con el índice de calidad de ribera, el uso de márgenes de los lotes adyacentes y el ancho del área ribereña (Tabla 2 y Figuras 3, 4, y 5). Se observa en la Figura 3 que hasta valores del índice de 6, la cobertura permanece baja y es máxima cuando el índice supera el valor de 8. La relación con el uso de las márgenes y el ancho de la

zona ribereña, es más clara en los valores extremos (Figuras 4 y 5), La cobertura total de macrófitas se relaciona en forma lineal y positiva con la cobertura vegetal de lotes adyacentes y negativamente con la abundancia de árboles en la ribera, haciéndose clara la relación negativa cuando el porcentaje de árboles toma los valores más altos y cuando el uso del lote tiene un valor bajo (Figuras 6 y 7).

Tabla 2. Coeficiente de correlación (*r* de Pearson) entre el Índice de Calidad de Ribera (ICR); sus componentes (1: uso de lotes adyacentes; 2: uso de márgenes; 3: cobertura lotes adyacentes y márgenes; 4: ingresos; 5: forma del cauce; 6: ancho del área ribereña; 7: límites de márgenes; 8: ancho húmedo; 9: profundidad estimada; 10: árboles); índice de Shannon-Wiener; riqueza observada; cobertura total de macrófitas y cobertura de especies sumergidas. Se señalan con asterisco (*) las correlaciones significativas.

| | ICR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Shannon | -0,09 | 0,49 | -0,08 | 0,19 | 0,05 | -0,22 | -0,20 | -0,09 | -0,37 | 0,48 | -0,15 |
| Cobertura total | 0,23 | 0,01 | 0,43 | 0,70* | -0,06 | -0,26 | 0,30 | -0,15 | -0,26 | -0,21 | -0,65* |
| Cobertura sumergidas | 0,71* | 0,25 | 0,76* | 0,38 | 0,25 | 0,17 | 0,70* | 0,09 | 0,06 | -0,44 | -0,34 |
| Riqueza | 0,19 | 0,11 | 0,24 | 0,47 | -0,12 | -0,31 | 0,23 | -0,19 | 0,02 | 0,17 | -0,43 |

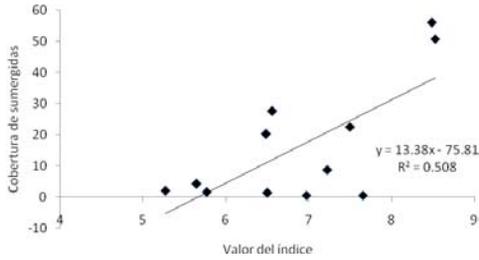


Figura 3. Relación entre cobertura de plantas sumergidas (%) y valores del ICR

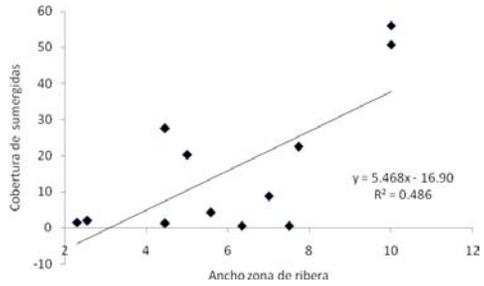


Figura 5. Relación entre cobertura de plantas sumergidas (%) y valores de la componente Ancho de la zona de ribera del ICR.

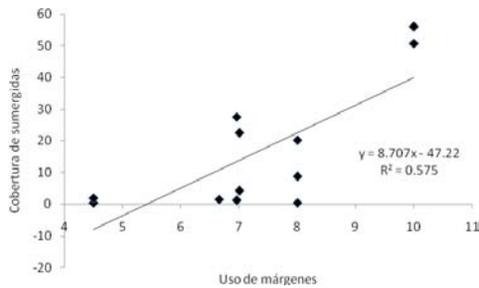


Figura 4. Relación entre cobertura de plantas sumergidas (%) y valores de la componente Uso de márgenes del ICR.

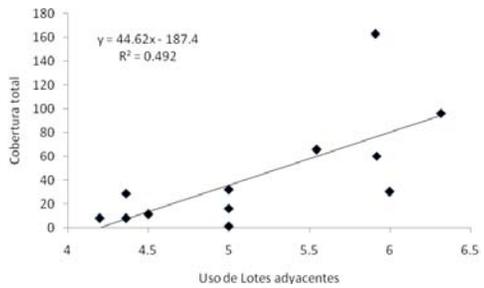


Figura 6. Relación entre cobertura de total de plantas acuáticas (%) y valores de la componente Estado de cobertura de lotes adyacentes del ICR.

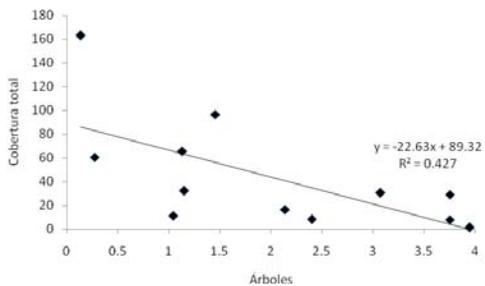


Figura 7. Relación entre cobertura de total de plantas acuáticas (%) y densidad de árboles.

Se colectaron en total 12 especies de peces agrupadas en 6 familias y 3 órdenes. Cuatro especies, *Characidium rachovii*, *Cyphocharax spilatus*, *Gymnogeophagus meridionales* y una especie no identificada de *Rineloricaria*, representan el primer registro para el arroyo Las Flores debido a que no habían sido previamente reportadas por el único estudio previo existente. (Di Marzio *et al.* 2003). El número de especies en el tramo de referencia fue casi el doble (Tabla 3) respecto al tramo impactado (9 especies vs 5 especies). Además, la diversidad de la comunidad de peces fue notoriamente superior en el tramo de referencia. Es destacable que algunas especies presentes aguas abajo del

endicamiento como *Cyphocharax spilatus*, *Gymnogeophagus meridionales* y la vieja de agua del género *Rineloricaria*, no fueron colectadas en el sitio de referencia

Tabla 3. Lista de especies de peces registradas en los relevamientos. SM B: Sitio de muestreo en la estancia Santa María (ambiente de referencia). EST B: Sitio de muestreo en la estancia El Estribo (ambiente con perturbaciones antrópicas). Para ambos sitios se indica el número de individuos capturados por unidad de esfuerzo para cada especie. Se presentan los únicos antecedentes existentes para la ictiofauna de este arroyo (Di Marzio, 2003).

| Orden | Familia | Taxa | Di Marzio 2003 | SM B | EST B |
|--------------------|----------------|------------------------------------|----------------------------|------|-------|
| Cyprinodontiformes | Anablepidae | <i>Jenynsia multidentata</i> | X | | |
| | Poeciliidae | <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> | X | | |
| | | <i>Phalloceros caudimaculatus</i> | X | | |
| Characiformes | Crenuchidae | <i>Characidium fasciatum</i> | X | | |
| | | <i>Characidium rachovii</i> | | 1 | |
| | Curimatidae | <i>Cyphocharax voga</i> | X | | |
| | | <i>Cyphocharax spilotos</i> | | | 3 |
| | Characidae | <i>Astyanax eigenmanniorum</i> | X | 2 | 1 |
| | | <i>Astyanax fasciatus</i> | X | | |
| | | <i>Bryconamericus iheringii</i> | X | 6 | |
| | | <i>Charax stenopterus</i> | X | | |
| | | <i>Cheirodon interruptus</i> | X | 8 | |
| | | <i>Diapoma terofali</i> | X | 12 | |
| | | <i>Hyphessobrycon anisitsi</i> | X | | |
| | | <i>Hyphessobrycon meridionalis</i> | X | 10 | |
| | | <i>Oligosarcus jenynsii</i> | X | 1 | 2 |
| | | <i>Pseudocorynopoma doriae</i> | X | | |
| | Perciformes | Erythrinidae | <i>Hoplias malabaricus</i> | X | |
| Cichlidae | | <i>Australoheros facetus</i> | X | | |
| | | <i>Crenicichla sp</i> | X | | |
| | | <i>Gymnogeophagus australis</i> | X | | |
| | | <i>Gymnogeophagus meridionalis</i> | | | 1 |
| Siluriformes | Callichthyidae | <i>Corydoras paleatus</i> | X | | |
| | Heptapteridae | <i>Heptapterus mustelinus</i> | X | | |
| | | <i>Pimelodella laticeps</i> | X | | |
| | | <i>Rhamdia quelen</i> | X | 1 | |
| | Loricariidae | <i>Ancistrus cirrhosus</i> | X | | |
| | | <i>Hypostomus commersoni</i> | X | 3 | |
| | | <i>Loricariichthys anus</i> | X | | |
| | | <i>Rineloricaria sp</i> | | | 1 |
| Synbranchiformes | Synbranchidae | <i>Synbranchus marmoratus</i> | X | | |
| | | Diversidad | | 1,85 | 0,58 |
| | | Riqueza | 27 | 9 | 5 |

DISCUSIÓN

El arroyo Las Flores sufre distintas alteraciones detectadas durante los muestreos:

1) Avance de los árboles sobre las riberas:

En varios tramos se observó una im-

portante invasión de especies exóticas de árboles, especialmente acacia negra y álamo. También hay árboles tanto autóctonos como exóticos que han sido plantados por los propietarios. El sombreado por los árboles reduce o hace

desaparecer a la vegetación acuática, y cuando se trata de árboles caducifolios, en el otoño ocurre una importante entrada de materia orgánica al arroyo cuya descomposición puede producir déficits de oxígeno en el agua.

- 2) **Ingreso de ganado:** Se observó la presencia de distinto tipo de ganado en el arroyo (búfalos, vacas y caballos), que produce contaminación por nitrógeno a causa de las heces y orina y por sedimentos debido al pisoteo, la alteración de la estructura física del cauce (también debida al pisoteo), y la pérdida de la vegetación ribereña y acuática. Cabe aclarar que el ganado equino produce un impacto menor debido a que no suele entrar en el curso.
- 3) **Presencia de diques y embalsados en el curso:** Se observaron diques creados o formados por la caída de árboles, y embalsados que se han construido para que pueda abreviar el ganado. Los diques y embalsados alteran el flujo de agua y actúan como barrera para los peces, limitando y a veces impidiendo su desplazamiento sobre el eje longitudinal del sistema.
- 4) **Invasión de una planta exótica (lirio amarillo):** Esta especie altera el flujo del agua al avanzar sobre el cauce y es una posible competidora de las plantas acuáticas autóctonas.
- 5) **Presencia de basura en el cauce:** La basura altera el flujo y produce contaminación del agua.
- 6) **Contaminación por agroquímicos:** Se hallaron indicios de la aplicación de agroquímicos como envases de los productos aplicados así como zonas de pastizal seco en época de crecimiento.

Pueden producir la declinación de las poblaciones de peces y anfibios, y afectar el crecimiento de plantas acuáticas y de la comunidad microbiana.

- 7) **Contaminación por materia orgánica:** La principal fuente de contaminación por materia orgánica disuelta parece ser una industria láctea. Las entradas de materia orgánica producen un aumento de la turbidez y una disminución de los niveles de oxígeno disuelto en agua.
- 8) **Creación de una laguna en el cauce:** Cerca de la desembocadura del arroyo se ha creado una laguna en el medio del cauce y se ha anexado un canal regulador. Esta laguna ha producido la destrucción total del cauce y de los hábitats que albergaba para las especies acuáticas, además de disminuir el caudal del arroyo. El tramo con esta laguna artificial no fue calificado ya que la modificación del cauce y su ribera es total.

La mayoría de los valores del ICR revelan reducción de la calidad de la ribera aunque en un grado de avance mucho menor a las registradas en otros arroyos de la zona donde la mayoría de los puntajes estuvo por debajo de 5 puntos (Troitiño *et al.*, 2010).

Varios de los problemas registrados pueden resolverse con el mantenimiento de una zona ribereña que remede la situación natural; es decir, manteniendo la vegetación herbácea natural y sin árboles (Szpeiner *et al.*, 2007). Las ZAR actúan reduciendo el ingreso por escorrentía de sedimentos, nitrógeno, fósforo y pesticidas. (Bastian *et al.*, 2002).

Se encontró que los valores más altos del índice de calidad de ribera coincidían con la abundancia de plantas sumergidas (aquellas que favorecen el desarrollo de invertebrados y peces). La cobertura de macrófitas en general se ve favorecida por áreas de riberas más anchas, cobertura de pastizal con varios estratos en la ribera y menor uso de la tierra, en tanto que se ve perjudicada por la presencia de árboles. La cobertura de sumergidas y en menor medida la cobertura del conjunto de plantas acuáticas mostraron una correlación significativa con los valores del ICR y algunos de sus atributos; la diversidad de plantas acuáticas por el contrario, no parece un indicador adecuado del estado de la ribera.

Los componentes del índice que se correlacionan positivamente con la cobertura de macrófitas son la cobertura de los lotes adyacentes y márgenes, el uso de márgenes y el ancho del área ribereña, mientras que la presencia de árboles se relaciona negativamente con la cobertura. Resultados similares ya fueron reportados por Flecher *et al.*, (2000) en arroyos con distinto grado de canopy en la vegetación ribereña. En general las relaciones entre los atributos del índice y las coberturas son más claras para valores extremos, y muestran alta dispersión en los valores medios por lo que probablemente, se podría perfeccionar el índice incorporando una mayor diferenciación entre los valores de calificación utilizados. Sin embargo, el mismo refleja un gran rango de variaciones encontradas en otros arroyos pampeanos y su escaso rango de variación en el arroyo estudiado se debe a que es uno de los que tienen ma-

yor calidad de ribera en comparación con otros de la zona (Troitiño *et al.*, 2010).

Existe una relación entre la calidad de ribera y el incremento de la cobertura y riqueza de macrófitas sumergidas. La presencia de estas macrófitas ayuda a proteger, mejorar o recuperar un tramo porque también ayuda a mejorar la diversidad de hábitat y probablemente contribuya a mejorar la calidad del agua de toda la cuenca. Es probable que los resultados observados sobre la riqueza y diversidad de las comunidades de peces estén siendo regulados, al menos en parte por la conservación del curso original del arroyo y el uso de la tierra y sus efectos sobre las macrófitas. Precisamente entre las principales variables que participan en la zonación longitudinal de los peces en los ecosistemas lóticos se encuentran la distribución de los parches de vegetación (Araujo-Lima *et al.*, 1986; Gowns *et al.*, 2003; Pelicice *et al.*, 2008) y la conectividad hidrológica del sistema (Amoros & Bornette, 2002; Petry *et al.*, 2003).

Los resultados obtenidos indican que el arroyo Las Flores es un sistema altamente fragmentado, con distintos usos e impactos ocasionados por la actividad humana, que se superponen a lo largo de su recorrido. Estas condiciones representan un desafío para la conservación de las características ecológicas del arroyo, debido a que los impactos múltiples representan los conflictos que existen entre los distintos "usos" que hace del arroyo cada vecino (recreacional, como abrevadero para el ganado, vuelco de efluentes, etc.). Los impactos múltiples también son más difíciles de remediar debido a que requieren diferentes medidas de manejo que

deben complementarse entre sí.

Este trabajo es una aplicación del ICR a un arroyo del que se conocen pormenorizadamente las características limnológicas y los usos del suelo en su cuenca. Para evaluar el funcionamiento del índice, el relevamiento realizado tiene el inconveniente de la falta de independencia de las comunidades del arroyo, pues necesariamente están afectadas por los tramos situados aguas arriba, pese a esto se observaron relaciones significativas entre las macrófitas y el valor del índice en ese tramo. La aplicación a otros cuerpos de agua de la región permitirá mejorar su evaluación y ajustarlo.

AGRADECIMIENTOS

A los dueños y encargados de los establecimientos rurales que permitieron el ingreso a los campos para la realización de los muestreos. A los revisores que mejoraron sustancialmente la versión presentada. Este proyecto fue financiado parcialmente por la Fundación BBVA (España).

BIBLIOGRAFIA

- Amoros, C. y G. Bornette.** 2002. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater Biology*, 47: 761-776.
- Araujo-Lima, C. A., L. Portugal y E. Ferreira.** 1986. Fish-macrophyte relationship in Anavilhanas Archipelago, a black water system in the central Amazon. *Journal of Fish Biology*, 29: 1-11.
- Basnyat, P., L. D. Teeter, B. G. Lockaby y K. M. Flynn.** 2000. The use of remote sensing and GIS in watershed level analyses of non-point source pollution problems. School of Forestry, Auburn University, M.W. Smith Hall, Auburn University, USA.
- Bastian, C. R., D. M. McLeod, M. J. Germino, W. A. Reiners y B. J. Blasko.** 2002. Environmental amenities and agricultural land values: a hedonic model using geographic information systems data, *Ecological Economics*, 40: 337-349.
- Belsky, A. J., A. Matzke y S. Uselman.** 1999. Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the western United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 54: 419-431.
- Cabrera, A. L.** (ed.) 1963-1970. Flora de la provincia de Buenos Aires. Col. Científica INTA 4. Partes 1 a 6., Buenos Aires
- Di Marzio, W. D., M. C. Tortorelli y L. R. Freyre.** 2003. Diversidad de peces en un arroyo de llanura. *Limnetica*, 22: 71-76.
- Faggi, A. M., M. Arriaga y S. Aliscioni.** 1999. Composición florística de las riberas del río Reconquista y sus alteraciones antrópicas. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 1 (1): 1-6.
- Feijoó, C. y R. R. Lombardo.** 2007. Baseline water quality and macrophyte assemblages in Pampean streams: a regional approach. *Water Research*, 41, 1399-1410.
- Fletcher, D. E., S. D. Wilkins, J.V. McArthur y G. K. Meffe.** 2000. In-

- fluence of riparian alteration on canopy coverage and macrophyte abundance in Southeastern USA blackwater streams. *Ecological Engineering* 15: S67-S78.
- Giorgi, A., C. Feijoó y H. G. Tell.** 2005. Primary producers in a Pampean stream: Temporal variation and structuring role. *Biodiversity and Conservation*, 14(7):1699-1718.
- INTA.** 1993. Carta de suelos de la República Argentina. INTA, Buenos Aires.
- Growns, I., P. C. Gehrke, K. L. Astles y D. A. Pollard.** 2003. A comparison of fish assemblages associated with different riparian vegetation types in the Hawkesbury-Nepean River system. *Fisheries Management and Ecology*, 10: 209-220.
- Haynes, R. R. y L. B. Holm-Nielsen.** 2003. Potamogetonaceae. *Flora Neotropica Monograph* 85. Organization for Flora Neotropica by The New York Botanical Garden.
- Kauffman, J. B. y W. C. Krueger.** 1984. Livestock Impacts on Riparian Ecosystems and Streamside Management Implications. A Review. *Journal of Range Management*, 37 (5): 430-438.
- Kutschker, A., C. Brand y M. L. Miserendino.** 2009. Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral*, 19 (1): 19-34.
- Lahitte, H. B. y J. A. Hurrel.** 1996. Plantas hidrófilas de la Isla Martín García (Buenos Aires, República Argentina) CIC, 236 pp.
- Magge T. K., P. L. Ringold y M. A. Bollman.** 2008. Alien species importance in native vegetation along wadeable streams. John Day River basin, Oregon, USA, *Plant Ecology*, 195:287.307.
- Meybeck, M. y R. Helmer.** 1989. The quality of rivers: From pristine stage to global pollution. *Global and Planetary Change*, 1 (4): 283-309.
- Naiman, R. J., R. E. Bilby y P. A. Bisson.** 2000. Riparian ecology and management in the Pacific Coastal Rain forest. *BioScience* 50: 996-1011.
- Nilsson, C. y M. Svedmark.** 2002. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities. *Environmental Management*, 30: 468-480.
- Pelicice, F. M., S. M. Thomaz y A. A. Agostinho.** 2008. Simple relationships to predict attributes of fish assemblages in patches of submerged macrophytes. *Neotropical Ichthyology*, 6 (4): 543-550.
- Petry, A. C., A. A. Agostinho y L. C. Gomes.** 2003. Fish assemblages of tropical floodplain lagoons: exploring the role of connectivity in a dry year. *Neotropical Ichthyology*, 1 (2): 111-119.
- Rosso, J. J. y R. Quirós.** 2009. Interactive effects of abiotic, hydrological and anthropogenic factors on fish abundance and distribution in natural run-of-the-river shallow lakes. *River Research and Applications*, 25 (6): 713-733.
- Rosso, J. J. y R. Quirós.** 2010. Patterns in fish species composition and assemblage structure in the upper Salado River

- lakes, Pampa Plain, Argentina. *Neotropical Ichthyology*, 8 (1):135-144.
- Sirombra, M. G., O. M. Grimolizzi y A. M. Frenzel.** 2006. Riberas de cursos de agua y calidad ecológica: una herramienta informática. XXII Reunión Argentina de Ecología, Córdoba. Libro de Resúmenes. pp. 214.
- Szpeiner, A., M. Alejandra Martínez Ghersa, C. Ghersa.** 2007. Agricultura pampeana, corredores biológicos y biodiversidad. *Ciencia Hoy*, 17 (101): 38-46.
- Trimble, S. W. y A. C. Mendel.** 1995. The cow as a geomorphic agent: A critical review. *Geomorphology*, 13: 233-253.
- Troitiño, E.** 2008. Evaluación del estado de conservación de las zonas ribereñas de arroyos pampeanos. Trabajo Final de Aplicación. Ingeniería Agronómica, UNLu, 70 pp.
- Troitiño, E., A. Giorgi y C. Costa.** 2007. ¿Es importante proteger los afluentes del río Reconquista?. *En: Tancredi, E. y N. Da Costa Pereira (Coord.) Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental en Argentina.* ANCYPT-UNLu: 267-274.
- Troitiño, E., M. C. Costa, L. Ferrari y A. Giorgi.** 2010. La conservación de las zonas ribereñas de arroyos pampeanos. *Actas del Congreso de Hidrología de Llanuras:* 1256-1263.
- Vilches, C., A. Giorgi, M. Mastrángelo y L. Ferrari.** 2011. Non-point Contamination Homogenizes the Water Quality of Pampean streams. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87:147-151.
- Zaimes, G. N., R. C. Schultz y R. M. Isenhardt.** 2004. Stream bank erosion adjacent to riparian forest buffers, row-crop fields, and continuously-grazed pastures along Bear Creek in central Iowa, *Journal of Soil and Water Conservation*, 59 (1): 19-27.

Anexo 1. Calificación del Índice de Calidad de Riberas (ICR) de acuerdo a Troitiño (2008).

- 1 **Uso de lotes adyacentes**
- 10 Conservado. Área protegida
- 9 Ganadería extensiva con baja carga animal
- 8 Ganadería extensiva con alta carga animal
- 7 Ganadería intensiva/engorde, pasturas plurianuales
- 6 Ganadero agrícola
- 5 Agrícola ganadero
- 4 Agricultura conservacionista/cobertura permanente
- 3 Agricultura tradicional
- 2 Agricultura intensiva (horticultura, fruticultura)
- 1 *Feed lot*, pastoreo en pasturas muy degradadas
- 2 **Uso de márgenes**
- 10 Conservación de biodiversidad/Área protegida
- 9 Conservación con uso recreativo ocasional
- 8 Uso y manejo controlados
- 7 Uso ocasional (recreativo)
- 6 Pastoreo controlado ocasional
- 5 Pastoreo ocasional no controlado
- 4 Pastoreo frecuente y aguada
- 3 Aguada controlada
- 2 Aguada degradada
- 1 Aguada permanente
- 3 **Estado de cobertura lotes adyacentes y márgenes**
- 10 Zona de reserva, área protegida (vegetación nativa). Cobertura 100%
- 9 Vegetación nativa + adventicia, altura > 2m. 2 estratos
- 8 1,5m < Altura vegetación < 2m, colchón vegetal
- 7 1m < Altura vegetación < 1,5m, colchón vegetal
- 6 0,5m < Altura vegetación < 1m, algún sendero. Cobertura 100%
- 5 0,3m < Altura vegetación < 0,5m, senderos varios 1 estrato
- 4 0,15m < Altura vegetación < 0,3m, escaso pisoteo. Media densidad
- 3 0,15m < Altura vegetación < 0,3m, cobertura > 75% Cobertura < 100%
- 2 0,05m < Altura vegetación < 0,15%, 75% < cob < 50% 1 estrato
- 1 Altura < 0,05m, cobertura < 50% Baja densidad
- 4 **Ingresos**
- 10 100% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 9 90% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 8 80% del lecho libre de sedimentos
- 7 70% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 6 60% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 5 50% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 4 40% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 3 30% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 2 20% del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 1 10% o menos del lecho del arroyo libre de sedimentos
- 5 **Forma del cauce**
- 10 Márgenes verticales sin terrazas

- 9 Márgenes verticales, pendiente muy suave
- 8 Márgenes verticales, pendiente suave
- 7 Márgenes verticales, pendiente apreciable
- 6 Márgenes verticales, terrazas aluviales conservadas
- 5 Márgenes segmentados en pocos sitios
- 4 Márgenes segmentados en muchos sitios
- 3 Márgenes profundamente segmentados
- 2 Márgenes aplanados, cauce poco profundo
- 1 Aplanado, cenagoso, pisoteado, sin límites definidos
- 6 Ancho del área ribereña**
- 10 100% o más de ancho suelo ribereño
- 9 90% de ancho suelo ribereño
- 8 80% de ancho suelo ribereño
- 7 70% de ancho suelo ribereño
- 6 60% de ancho suelo ribereño
- 5 50% de ancho suelo ribereño
- 4 40% de ancho suelo ribereño
- 3 30% de ancho suelo ribereño

- 2 20% de ancho suelo ribereño
- 1 10% o menos de ancho suelo ribereño
- 7 Límites de márgenes**
- 10 Área protegida, alambrada, señalizada y controlada
- 9 Alambrado continuo sin accesos/Agricultura con setos vivos
- 8 Alambrado continuo con accesos controlados
- 7 Alambrado continuo con accesos limitados
- 6 Límites netos, acceso difícil o poco probable, sin tránsito ribereño
- 5 Límites netos, acceso ocasional a las márgenes y al arroyo
- 4 Límites netos con accesos amplios, discontinuidad de márgenes
- 3 Límites algo difusos, con acceso y tránsito frecuente
- 2 Límites difusos, con accesos y tránsito permanente
- 1 Límites muy difusos, tránsito permanente, pasos y abrevaderos notables