Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis Doctoral

Aplicación y optimización de índices de estado ecológico en arroyos de la provincia de Buenos Aires

Casset, María Andrea

2013-07-30

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Casset, María Andrea. (2013-07-30). Aplicación y optimización de índices de estado ecológico en arroyos de la provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:
Casset, María Andrea. "Aplicación y optimización de índices de estado ecológico en arroyos de la provincia de Buenos Aires". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2013-07-30.

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Aplicación y optimización de índices de estado ecológico en arroyos de la provincia de Buenos Aires

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Biológicas

MARÍA ANDREA CASSET

Director de tesis: **Dr. Fernando R. Momo**

Consejero de estudios: **Dra. Graciela Esnal**

Lugar de Trabajo: Universidad Nacional de Lujan (UNLu)

Buenos Aires, Año 2013

INDICE

Resumen

Abstract

Introducción 1 - 7

Capítulo 1 - Área de estudio 8 - 12

1.1 Características generales de la provincia de Buenos Aires.
1.2 Regionalización hidrológica.

Capítulo 2 - Metodología de trabajo 13 - 25

2.1 Selección de los sitios de muestreo.
2.2 Obtención y procesamiento de las muestras.
2.3 Tratamiento estadístico de las variables ambientales y biológicas.

Capítulo 3 - El ensamble de invertebrados e importancia de las variables ambientales en arroyos pertenecientes a las regiones hidrológicas de la provincia de Buenos Aires 26 - 41

Resultados preliminares.
3.1 Estructura de la comunidad de invertebrados.
3.2 Variables ambientales (físicas y químicas) de los sitios.
3.3 Índices de Calidad Biótica.

Capítulo 4 - Análisis estacional y regional de sitios de arroyos de la provincia de Buenos Aires 42 - 69

Estado de Calidad en base al estudio del ensamble de invertebrados.
4.1 Descripción de las características ambientales.
4.2 Descripción y clasificación de las regiones en base al ensamble de invertebrados.
4.2.1 Análisis estacional de las variables estructurales.
4.2.2 Análisis regional de las variables estructurales.
4.2.3 Reconocimiento de taxa sensibles y su variación estacional y regional.
4.3 Análisis de la variación temporal y regional de los Grupos Funcionales Alimentarios (GFA).
4.4 Aplicación de Índices de Calidad Biótica. Análisis de la variación estacional y regional.
4.4.1 Análisis de la variación estacional.
4.4.2 Análisis de la variación regional.
4.4.3 Índices de Calidad Biótica y la relación con las variables ambientales físicas y químicas.

Capítulo 5 – Discusión 70 - 74

Bibliografía 75 - 89

ANEXOS

Capítulo 2 - Metodología de trabajo *I - VII*

Capítulo 3 - El ensamble de invertebrados e importancia de las variables ambientales en arroyos pertenecientes a las regiones hidrológicas de la provincia de Buenos Aires *VIII - XXIV*

Capítulo 4 - Análisis estacional y regional de sitios de arroyos de la provincia de Buenos Aires *XXV - LVIII*

Capítulo 5 – Discusión *LIX - LXII*

Índices de Estado Ecológico en arroyos de la provincia de Buenos Aires

RESUMEN

En la presente tesis se describe la estructura de la comunidad de invertebrados epibentónicos y asociados a macrófitas de arroyos poco alterados por actividad humana y su relación con variables ambientales. Mediante los análisis de componentes principales (ACP) y análisis de discriminantes (AD) se detectaron gradientes asociados al eje oligotrofia-eutrofia (ACP) y al grado de oxigenación física y contenido de materia orgánica perifítica (AD), ambos de utilidad en la clasificación de ecorregiones de la provincia. El análisis pormenorizado de las variables (físicas, químicas y biológicas) mostró que los arroyos de cada región son homogéneos y que los valores altos de nutrientes, conductividad y materia orgánica no están asociados a la perturbación antrópica, sino a características ambientales constitutivas de estos arroyos.

Aplicando índices de calidad biótica en base a invertebrados (IBMWP, IMRP, IBPamp, ASPT, IBF) y las métricas (% ETO/total, Grupos Funcionales Alimentarios) se definió el estado ecológico de los sitios y se calcularon valores de referencia para algunos índices de calidad biótica con aplicación a nivel provincial brindando información de referencia para monitoreo.

Nuestros resultados demuestran claramente que existe una línea de base única para la provincia de Buenos Aires sin efectos producidos por la región que confundan su respuesta al impacto. También permiten seleccionar aquellos índices y métricas que son más útiles para monitorear estos ambientes.

Palabras clave: *índices de calidad biótica – comunidad de invertebrados acuáticos – arroyos bonaerenses – líneas de base – estado ecológico.*

Ecological State Index of streams in the Province of Buenos Aires

SUMMARY

In this thesis the structure of the epibenthic invertebrates' community associated to macrophytes of streams with low impact due to human activities is described, along with its relationship to environmental variables. By means of a Principal Components Analysis (PCA) and a Discriminant Analysis (DA), gradients were detected associated with the oligotrophy-eutrophy axis (PCA), and the physical oxygenation degree and peryphitic organic material (DA) content, both useful to classify the ecoregions of the province. A thorough analysis of the variables (physical, chemical, and biological) showed that, within each region, streams are homogeneous and the high values of nutrients, conductivity, and organic matter are not associated to the anthropogenic perturbation, but to intrinsic environmental characteristics of these streams.

By applying invertebrates based biotic quality indexes (IBMWP, IMRP, IBPamp, ASPT, IBF) and metrics (% ETO/total, Feeding Functional Groups) the sites' ecological state was defined. Reference values for some biotic quality indexes applied on a provincial level were calculated, providing reference information for monitoring.

Our results clearly demonstrate that there is a unique base line for the Province of Buenos Aires, with no confounding effects produced by the region on their impact response. They also allow for the selection of those indexes and metrics that are more useful for the monitoring of those environments.

Tags: *biotic quality indexes – aquatic invertebrates community – streams in Buenos Aires – base lines – ecological state.*

Agradecimientos

GRACIAS!! … a Beby y Tito, mis papás, que con su simple ejemplo me enseñaron los valores de la vida… Por permitirme estudiar, por acompañarme con entusiasmo y fortaleza… con una sonrisa… y los silencios… A mis hermanos Mónica, Patricia, Verónica, Javier, Andrés… incondicionales en las aventuras y desventuras… A la familia "grande" de tíos, sobrinos, cuñados, primos que me apoyan con su cariño y acompañan en las decisiones, aún cuando no entienden mi entusiasmo por los invertebrados y las campañas aunque ocupen los fines de semana!!

¡Gracias Leo por haberme invitado a participar de tu mundo de la ecología en UNLu desde sus inicios, y brindarme el tema de la tesis de grado sobre la migración de microcrustáceos en el río Luján…. ¡qué épocas aquellas!! ..jaja… Gracias por tenerme siempre en cuenta!

Gracias Fernando, mi *mágico director*… por tu paciencia y grandeza… ¡cuánto he aprendido y cuánto aprenderé!!.

A Claudia, por haberme invitado a recorrer los arroyos bonaerenses que me entusiasmaron e hicieron posible el inicio de esta tesis..

A los amigos "ecolocos" Liliana, Patricia, María Eugenia, Carlos, Aníbal, Adonis.. Sin su disposición y acompañamiento no habría llegado a esta instancia. En particular Lili, Luciana, Patricia y Mariu que estuvieron presentes en mi carrera contrarreloj..! A Santi, Analía, Laura, Anita y Matías que me acompañaron en las campañas… y alumnos y pasantes que con sus horas en la lupa colaboraron con la ardua tarea de limpieza de las muestras…. Marianela, Analía, Rosa, Carolina, Lucianas, Regina y Agustín.

A las compañeras de tareas de docencia Tere, Luciana y "Lucianita" por su paciencia y buena disposición.

¡Cuánta gente me ha acompañado en este proyecto!… fue largo…. Deseo no olvidar a nadie, y en todo caso les pido me perdonen porque seguramente es producto de la emoción del momento..

Dejo un lugar especial a mis hijos José, Ana, Francisco… que me facilitaron el camino para realizar esta gran travesura… y a Julia, que con su dulzura estuvo mezclada entre papers, tablas, gráficos y borradores.

Ma. Andrea

INTRODUCCION

"El ecosistema natural es capaz de proveer y mantener todos los servicios, pero la posibilidad de satisfacer las necesidades crecientes del hombre es más limitada" – de la Fuente y Suárez, 2008

El volumen de agua en la hidrósfera se ha mantenido casi constante a través del tiempo aunque las corrientes marinas y el desplazamiento de masas de aire modifican las características climáticas, pero no ha sucedido lo mismo con la distribución espacial y temporal del agua dulce (Auge 2004). Asimismo, el uso del agua a nivel mundial se incrementó en más de 7 veces durante el período 1900-2000 y los ríos, arroyos, embalses, lagos y lagunas fueron los humedales más explotados (Vergara Olaya 2009) a consecuencia del crecimiento poblacional, del aumento de la complejidad de los centros urbanos y del incremento en la calidad de vida de algunas poblaciones (F.A.O. 2012).

Varios autores informan que las actividades agropecuarias emplean el equivalente al 70% de la extracción mundial, y la agricultura es la actividad preponderante (Massobrio 1999, Auge 2004, de la Fuente y Suárez 2008, Vergara Olaya 2009, Jayawickreme et al. 2011). Si bien su desarrollo satisface las necesidades de alimentos y bienes, estas actividades modifican las características físicas, químicas y biológicas de las cuencas provocando el deterioro de la calidad del agua por contaminación puntual ó difusa y por fragmentación de hábitats, con la consecuente pérdida de biodiversidad y alteración del funcionamiento de los ecosistemas fluviales (Vannote et al. 1980, Viglizzo 2006, Feijoó 2007, Gualdoni et al. 2011, F.A.O. 2012).

En Argentina la agriculturización de la región Pampeana ha ido incrementándose suavemente a expensas de las áreas dedicadas a la ganadería en los años´60 (Fig. 1) extendiéndose hacia la región extrapampeana, favorecida por los avances tecnológicos y los nuevos planes de cultivo. Asimismo el uso de la tierra se vio afectado con la introducción e incremento del cultivo de soja genéticamente modificada. El incremento de urbanización hasta las márgenes de los ríos modificó su curso con la construcción de diques y puentes, canalización y modificación de la vegetación ribereña mediante el arbolado, la quema y el pastoreo que

alteran la calidad y biodiversidad de los arroyos (Viglizzo 2006, Troitiño et al. 2007, Corigliano et al. 2008, Manuel-Navarrete et al. 2009).

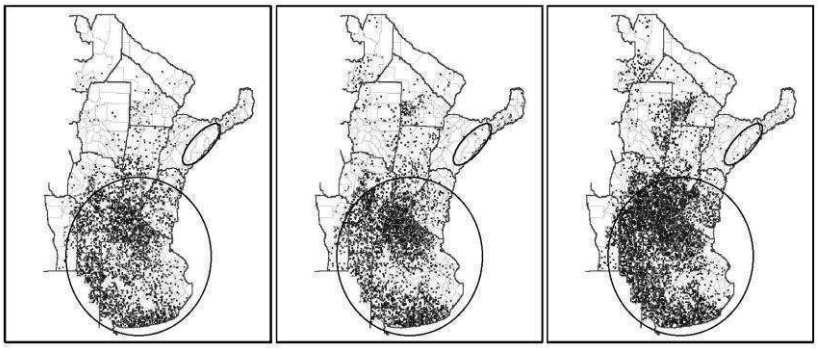

Fig. 1 Incremento de la actividad agrícola en la región pampeana (círculo) entre 1960 y 2002 (1 punto = 3000 ha) (Viglizzo et al. 2006).

Las consecuencias socioeconómicas, ambientales y ecológicas de la presión antrópica sobre estos recursos naturales plantean la necesidad de un diagnóstico de situación y el conocimiento de algunos parámetros de base que faciliten su monitoreo.

En la provincia de Buenos Aires se han estudiado diversas cuencas y algunos arroyos en particular, que permitieron comparar ambientes alterados con otros que no lo son (Fernández y Schnark 1977, Claps y Skrupka 1991, Feijoó et al. 1999, de Cabo et al. 2000, Giorgi et al. 2000, Tangorra et al. 2000, Bauer et al. 2002, Rodrígues Capítulo et al. 2001, 2002, 2003, 2004, Licursi y Gómez 2003, Mugni et al. 2003, Gabellone et al. 2000, 2001, 2002, Vilches 2005 y Ferreiro 2012). Sin embargo, el conocimiento de los sistemas fluviales a una escala mayor como lo es el nivel de provincia, es escaso; sólo trabajos de Feijoó y colaboradores han aportado información en el contexto de ecorregiones estudiando la química del agua y las macrófitas (Feijoó et al. 2005, Feijoó y Lombardo 2007, Gantes et al. 2007).

Evaluación de las perturbaciones en los sistemas acuáticos

Detectar cambios en algunos parámetros es crítico para el mantenimiento de una buena calidad de los sistemas acuáticos, en particu-

lar en aquellos que presentan poco tiempo de residencia, en los que muchas veces se requiere de un seguimiento con muestreos continuados en el tiempo, lo que implica un costo y esfuerzo elevados.

Es conocido que actualmente los estudios de impacto poseen herramientas de monitoreo biológicas además de las físicas y químicas, dado que estas últimas pueden no percibir las fluctuaciones difusas ó aquellas fuertes y puntuales cuando los factores alterados no coinciden con el tiempo de muestreo. Dado que los cambios alteran los ensambles bióticos y sus efectos pueden persistir mucho tiempo después de la restauración ambiental, el uso de bioindicadores ha sido uno de los métodos alternativos para detectar cambios (Rosemberg y Resh 1993, Bjørn y Gunnar 2005).

Los ensambles más apropiados y utilizados en un programa de biomonitoreo de los sistemas fluviales son: el perifiton, los peces y los invertebrados. Las algas del perifiton poseen ciclos de vida cortos y alta tasa de reproducción, y por ser productores primarios son rápidamente afectadas por los factores físicos y químicos; asimismo, son sensibles a contaminantes que no son percibidos por otros organismos ó que requieren altas concentraciones. La comunidad de peces también es ampliamente utilizada dado sus ciclos de vida largos, su capacidad de movilidad, fácil colecta e identificación a nivel específico; aunque su distribución es limitada, sus requerimientos son vastamente conocidos y, por la variedad de niveles tróficos que comprende, el estudio de este ensamble refleja una integración de la calidad ambiental.

La comunidad de invertebrados tiene una amplia distribución geográfica, es abundante y variada en la mayoría de los cuerpos lóticos y en particular en los arroyos de 1º y 2º orden. Estos sistemas actúan como parches con variables ambientales donde los invertebrados reflejan la condición de los recursos alimentarios y de refugio, mostrando los efectos integrados de los diferentes impactos en los cuerpos de agua (Pringle et al. 1988, Wetzel 2001). Asimismo, al ser fuente primaria de alimento de peces de importancia comercial, la comunidad de invertebrados es relevante; su valor se ve reflejado en el interés de la mayoría de las agencias de calidad de aguas que focalizan sus encuestas ó información en esta comunidad (Barbour et al. 1999).

Las características que permiten considerar a los invertebrados de la comunidad del bentos como bioindicadores locales de calidad del agua son diversas (Resh et al. 1995, Bonada 2006, Prat et al. 2009):

*Poseen patrones de migración bajos o son sésiles, permitiendo localizar sitios específicos como también la magnitud del impacto mediante estudios antes y después del punto de disturbio integrando el efecto de las variaciones del ambiente.

*Algunas etapas del ciclo vital responden al estrés más rápidamente que la respuesta de toda la comunidad. Si bien varias especies tienen ciclo de vida de un año o más, integran el efecto de las variaciones en corto tiempo y se conoce la sensibilidad de muchos taxones a diferentes tipos de contaminación. En nuestro país esta información es escasa.

*Es posible identificar condiciones de degradación mediante un examen relativamente rápido dado que algunos grupos "intolerantes" (ó "sensibles") pueden ser identificados con facilidad a niveles taxonómicos de baja resolución (familia).

*El ensamble de invertebrados está compuesto de especies que constituyen un amplio rango de niveles tróficos y tolerancia; esto provee una fuerte información para interpretar efectos acumulativos.

*El muestreo es relativamente sencillo, requiere de poco personal y bajo costo además de tener un mínimo detrimento sobre la biota residente.

Analizar la estructura y composición de los ensambles de invertebrados permite comparar cambios en la calidad del agua de un sitio a otro ó durante un período de tiempo, ya sea con comunidades de referencia elegidas a partir de las características propias del cuerpo de agua (Friedrich et al. 1992, Alba- Tercedor 1996), o bien con un estado de referencia hipotético donde la biodiversidad y funcionalidad del sistema estarían influenciadas sólo por las perturbaciones naturales (Munné et al. 1998).

Desde los inicios de los estudios de los cuerpos de agua se utilizaron índices de diversidad como métricas de evaluación puntual (Shannon-Wiener, Simpson, Margalef) que actualmente se han extendido a análisis a diferentes escalas (α, β, γ diversidad), y se han aplicado para evaluar casos de deforestación, contaminación orgánica y minera (Domínguez y

Fernández 2009); Pavé y Marchese (2005) señalaron que estos índices sólo son sensibles en altos niveles de contaminación o no son sensibles a niveles de contaminación industrial intermedia. Su uso se va restringiendo debido a que utiliza sólo riqueza y abundancia de especies sin considerar el tipo de organismos, tolerancia y capacidad de adaptación a cambios en el ambiente.

También la riqueza específica, o la riqueza de taxa como el índice EPT (que expresa el número de taxa de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), o la relación tolerantes/intolerantes son métricas que responden bien a perturbaciones fuertes, pero cuando son difusas los cambios pueden no apreciarse, incluso si ocurre un decrecimiento natural de los mismos desde la cabecera a la desembocadura, por lo tanto, estas métricas pueden no ser adecuadas para una evaluación (Prat et al. 2009). Otras métricas muy utilizadas como herramientas de monitoreo son los Índices de Calidad Biótica: BMWP (British Biological Monitoring Working Party score system) de Armitage et al. (1983) y sus adaptaciones en diferentes países (Alba-Tercedor & Sánchez–Ortega 1988, Alba-Tercedor et al. 2002, Rodrigues Capítulo et al. 2003); el IB (Índice Biótico) de Woodiwis (1978) y sus adaptaciones (Ghetti 1986, Prat et al. 1986, Rodrigues Capítulo et al. 2001); o el IBF (Índice Biótico de Familia) de Chutter (1972), originalmente aplicado a ríos de Sudáfrica y modificado por Hilsenhoff (1978) para ríos de climas templados.

Actualmente en condiciones de monitoreo es más adecuado utilizar el concepto de *Estado Ecológico* como herramienta útil de calidad integral ya que incluye datos sobre características físicas y químicas del agua, la situación de las riberas (Munné et al. 1998), el uso de la tierra en la cuenca (Directiva 2000/60/CE) y las comunidades biológicas que en ella se desarrollan (Barbour et al. 1999, Oberdoff et al. 2002).

El estado de calidad de arroyos de la provincia de Buenos Aires

Integrando las diferencias regionales que se observan en la hidrología, geomorfología y características físicas y químicas de los sistemas fluviales (Frengüelli 1956, Ringuelet 1962, Sala 1983, Feijoó et al. 2005, 2007), analizando los cambios en el uso de las tierras

(agriculturización) y valorando la importancia de la comunidad de invertebrados en el biomonitoreo, consideramos que es escaso su conocimiento a una escala regional (provincia) y que no existen líneas de base de Estado Ecológico en los arroyos bonaerenses.

A partir de estas observaciones nos hemos planteado algunas preguntas:

- *¿Cómo está estructurada la comunidad de invertebrados en arroyos poco alterados por actividad humana en la provincia de Buenos Aires?*
- *¿Cuál es el Estado Ecológico de estos arroyos?*
- *¿Influyen las diferencias regionales en la estructura comunitaria y en los Índices de Estado Ecológico?*

Estas preguntas nos llevaron a plantear el objetivo de la presente tesis.

Objetivo general

A partir de la comunidad de invertebrados epibentónicos y asociados a macrófitas, obtener información de base sobre el Estado Ecológico de arroyos poco alterados en las diferentes ecorregiones de la provincia de Buenos Aires.

Objetivos específicos

- Describir la estructura de la comunidad de invertebrados epibentónicos y asociados a macrófitas de arroyos poco alterados por actividad humana de diferentes cuencas de la provincia de Buenos Aires, estacionalmente, durante el período 2003-2004.
- Estimar cuáles son las variables físicas y químicas de mayor influencia en la comunidad de los mesoinvertebrados de los arroyos.
- Describir y clasificar el Estado Ecológico de esos arroyos en base a la comunidad de mesoinvertebrados mediante índices que resulten prácticos a la hora de monitoreo realizado por personal no científico.
- Analizar si existen diferencias regionales en la estructura comunitaria de los invertebrados que se manifiesten en cambios de los valores de los Índices de Estado Ecológico.

- Establecer valores de referencia de Estado Ecológico para los arroyos estudiados, volcarlos en un mapa de base provincial, y generar un conjunto de información de referencia de utilidad para monitoreo.

Capítulo 1

ÁREA DE ESTUDIO

"Hay una hora de la tarde en que la llanura está por decir algo; nunca lo dice o tal vez lo dice infinitamente y no lo entendemos, o lo entendemos pero es intraducible como una música…"
J. L. Borges, El Fin.

1.1 Características generales de la provincia de Buenos Aires

La provincia de Buenos Aires cubre una superficie de aproximadamente 307.000 km^2 entre los 33º y 30º de latitud sur, e integra en su mayor parte la ecorregión Pampa, así como las ecorregiones del Espinal en su porción sur y Delta en el extremo noreste (Brown et al. 2006).

Por su *topografía* se encuentra en una planicie de altitud próxima a los 100 msnm con una leve inclinación desde el oeste hacia el océano Atlántico, destacándose dos áreas serranas en el sudeste: los sistemas de Tandilia y Ventania. En tanto que las sierras de Tandil poseen una altura media de 450 m, el grupo de Sierra de la Ventana tiene una media de 700 m de altitud, siendo su altura máxima el cerro Tres Picos de 1239 m (Gómez y Toresani 1999).

Geológicamente la planicie se formó a partir de una gran cuenca de sedimentación de origen terrestre y marino (períodos Cretácico y Terciario) entre la cordillera de los Andes y el macizo de Brasilia, y posteriormente fue rellenada por sedimentos del Cuaternario. Durante este período se sucedieron alternativamente ciclos húmedos y secos; en los primeros predominaron procesos fluviales erosivos en los que se depositaron limos; durante los períodos secos tuvieron importancia los procesos eólicos que condujeron a la acumulación de sedimentos (loess) responsables de la fertilidad de sus suelos (Gómez y Toresani 1999, Giorgi et al. 2005, Amato y Silva Busso 2010). Los cauces fluviales se hallan excavados en los sedimentos pampeanos y postpampeanos en cuyas vaguadas afloran bancos de tosca, y se nutren de los acuíferos Pampeano y el Puelche enclavados en sedimentos del cuaternario y mioceno respectivamente (Sala 1970, Auge 2006).

El *clima,* según la clasificación de Köppen, es templado en la mayor parte del territorio y templado oceánico o de transición en la región costera

sur, con escasa amplitud térmica y una temperatura media entre 8°C y 23°C. La irradiancia varía en un rango de 6,5 a 7 KWh/m^2 en verano y de 1,5 a 2 kWh/m^2 en invierno; los *vientos* predominantes son del SO-NE (Pampero), SE (Sudestada) y el N y NE proveniente de Brasil, y las *precipitaciones* medias anuales (1100 mm en verano - 700 mm en invierno) siguen un gradiente NE a SO (Fig. 1.1.1) (Ceballos et al. 2005, Viglizzo et al. 2006).

Fig. 1.1.1 Gradiente de precipitaciones y temperatura en la región pampeana (adaptado de Viglizzo et al. 2006).

La *vegetación nativa* corresponde a un pastizal dominado por gramíneas, con algunos parches de arbustos bajos y árboles aislados como el tala y el sauce. Actualmente la vegetación natural ha sido en gran parte reemplazada por el desarrollo de cultivos y la introducción de árboles exóticos. La *fauna nativa*, que incluía abundantes mamíferos, variedad de aves, como también anfibios, reptiles y numerosas especies de peces se ha visto disminuida por acción antrópica (Viglizzo et al. 2006).

La fertilidad del suelo, las características climáticas y los rindes económicos favorecieron la producción agrícola y ganadera en la provincia de Buenos Aires, reemplazando la vegetación prístina por cultivos y ganadería intensiva que declinan en sentido NE-SO coincidiendo con las precipitaciones anuales. El incremento de estas actividades como también el de las áreas industriales y de urbanización, generaron grandes cambios en la red

hidrográfica: regulación de los arroyos, canalizaciones y desecamiento de áreas anegadizas; cambios que, al favorecer la erosión y la sedimentación, han podido contribuir a la eutrofización y contaminación de los sistemas fluviales (Quirós et al. 2005, Feijoó 2007).

La *red hídrica superficial* se alimenta de aguas subterráneas (acuíferos Pampeano y Puelche) y es más definida en sus nacientes. El relieve, de pendiente suave hacia el océano Atlántico genera velocidades de corriente bajas, lo que favorece los anegamientos y la generación de cuerpos de agua con predominio de deposición de sedimentos más que de arroyos de exportación. La variabilidad climática estacional con períodos secos y de lluvias copiosas provoca frecuentes inundaciones en áreas extensas de la provincia conectando cuencas y haciendo permanentes los bañados y lagunas temporarias, de manera que se altera la morfología de los sistemas acuáticos (Ameghino 1884, Olivier 1959). En este sentido, Frenguelli (1956) destacó la desigualdad entre ambientes lénticos y lóticos: los primeros, de gran desarrollo de aguas estancadas, se dilatan durante los períodos lluviosos, y los ríos y arroyos, durante los períodos de sequía reducen sus cauces o permanecen secos.

El lecho de los arroyos se caracteriza por un sustrato homogéneo duro, cubierto de sedimento fino de arena y arcilla sin rocas o grandes guijarros y con alto contenido de carbonato de calcio.

Las aguas de los arroyos son alcalinas, con alta conductividad y elevados oxígeno disuelto y nutrientes. La conductividad se incrementa hacia el oeste con variaciones de hasta 2 órdenes de magnitud y se correlaciona con los cloruros; los bicarbonatos tienden a superar a los carbonatos, y los valores de los nutrientes son altos respecto de otros sistemas lóticos en el mundo, mostrando características de arroyos eutróficos por las concentraciones de fósforo, y mesoeutróficos de acuerdo a los valores de nitratos (Feijoó et al. 2005, Feijoó y Lombardo 2007). La vegetación ribereña es mayormente herbácea y permite una alta irradiancia sobre los cuerpos de agua.

Las condiciones descriptas favorecen el desarrollo de macrófitas y algas epifíticas especialmente en las cabeceras y tramos medios de los arroyos, lo que conduce a una alta productividad primaria y una relación P/R autotrófica (Vilches 2005). Asimismo, las macrófitas reducen la velocidad de

la corriente, acumulan sedimentos y producen cambios en los parámetros físicos y químicos que aumentan la heterogeneidad del hábitat y facilitan el asentamiento de invertebrados y peces (Westlake 1975, Sand-Jensen et al. 1989, Giorgi et al. 2005, Ferreiro 2012).

1.2 Regionalización hidrológica

El conjunto de arroyos de la provincia de Buenos Aires conforma una red hídrica con características geológicas, geomorfológicas, y climáticas que permiten delimitar regiones hidrogeológicas. Frenguelli (1956) realizó la primera clasificación de cuerpos lénticos y lóticos de la provincia que luego fue revisada y actualizada en diferentes aspectos por otros autores como Ringuelet (1962), Sala et al. (1983), Gómez y Toresani (1999), Auge (2004) y Giraut (2007).

En el presente trabajo, que tiene por finalidad relacionar índices de calidad biótica con características de base de los sistemas fluviales a escala provincial, se seleccionaron sitios de muestreo distribuidos conforme a las grandes regiones geomorfológicas delimitadas por Frenguelli: (A) Sistema del río Salado y sus afluentes, (B) Sistema del arroyo Vallimanca, (C) Tributarios del río Paraná y estuario del Río de la Plata y (D) Tributarios directos del océano Atlántico (Fig. 1.2.1).

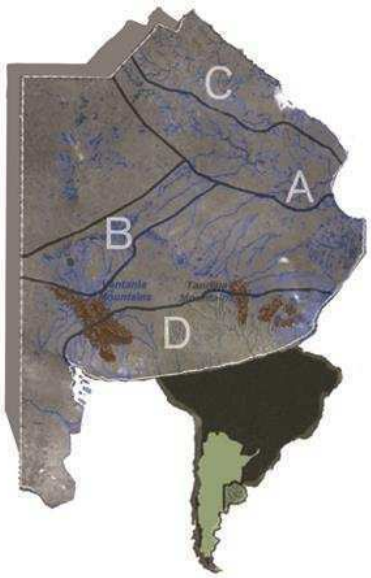

Fig. 1.2.1 Regiones geomorfológicas de la provincia de Buenos Aires (adaptado de Frenguelli, 1956).

Las regiones A y B corren a lo largo de depresiones tectónicas cuyos cauces forman ríos complejos de valles amplios, con meandros y terrazas bajas. El río Salado (región A) cruza parajes de lluvias abundantes y su caudal favorece la desembocadura en el océano Atlántico aún en períodos secos. El arroyo Vallimanca (región B) corre por parajes áridos; presenta caudal escaso que se estanca y evapora en diferentes trayectos y tiene una exigua comunicación con el río Salado mediante el arroyo Saladillo y el arroyo Las Flores.

Los arroyos de la región C descienden cruzando la llamada "pampa baja". Poseen cauces definidos, encajonados entre barrancas principalmente en el trecho inferior y en gran número corren casi paralelos entre si y sin anastomosarse. En esta región son frecuentes los canales artificiales.

Los arroyos del sistema Tributarios del océano Atlántico (región D) corren en el sector denominado "pampa interserrana", presentan cabeceras de riberas medianamente empinadas. En su zona media apenas se marcan sobre la llanura y hacia la desembocadura fluyen encajonados, paralelos y sin ramificaciones, excepto aquellos provenientes de las regiones montañosas de Ventania y Tandilia que son torrenciales.

Sobre estas cuatro regiones y sus sistemas fluviales se desarrolló la presente tesis.

Capítulo 2

METODOLOGIA DE TRABAJO

"Las ideas se enfocan en su justo medio, en la medida que se "vive" el problema". J. Schwoerbel, 1980

2.1 Selección de los sitios de muestreo

Localizar sitios prístinos en la provincia de Buenos Aires para estudiar índices de calidad biótica relacionados con las características de base de los sistemas fluviales no es tarea fácil, por el desarrollo de la actividad agrícola-ganadera desarrollada desde la conquista española y por el incremento de la urbanización y la actividad industrial en los últimos años (Feijoó 2007, Troitiño et al. 2007).

En el marco del Proyecto *Regionalización ecológica de los arroyos de la provincia de Buenos Aires,* del Programa de Ecología Acuática del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Luján, y mediante cartas topográficas en escala 1:100.000 y 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar, se localizaron arroyos en áreas poco disturbadas (sin forestación en las riberas, aguas arriba de centros urbanos y alejados de zonas industriales) que cubrían las cuatro regiones hidrológicas delimitadas por Frenguelli (1956):

Región A. Sistema del río Salado y sus afluentes

Región B. Sistema del arroyo Vallimanca

Región C. Tributarios del río Paraná y del Río de la Plata

Región D. Tributarios directos del océano Atlántico

Una visita preliminar (enero-febrero de 2003) permitió evaluar las características ambientales y la accesibilidad de los arroyos preseleccionados, pues debían recorrerse en su totalidad en un período no mayor a 10 días por razones logísticas; de acuerdo a esto se establecieron 31 sitios de muestreo que cubrían todas las regiones: nueve sitios en la región A, siete sitios en la región B y ocho en las regiones C y D (Fig. 2.1.1).

Se realizaron cuatro muestreos en los meses de mayo (otoño), julio (invierno) y noviembre (primavera) de 2003 y febrero (verano) de 2004.

Se procesó la totalidad de las muestras de otoño (31 arroyos) y una fracción menor (cuatro por región) de primavera y verano. Esta decisión se basó en que el análisis de las muestras de mayo no mostró diferencias significativas entre regiones para los índices de calidad IBMWP (Alba-Tercedor et al. 2002) e IBPamp (Rodrigues Capítulo et al. 2001) aplicados (ver Cap. 3 Resultados preliminares – Mayo 2003).

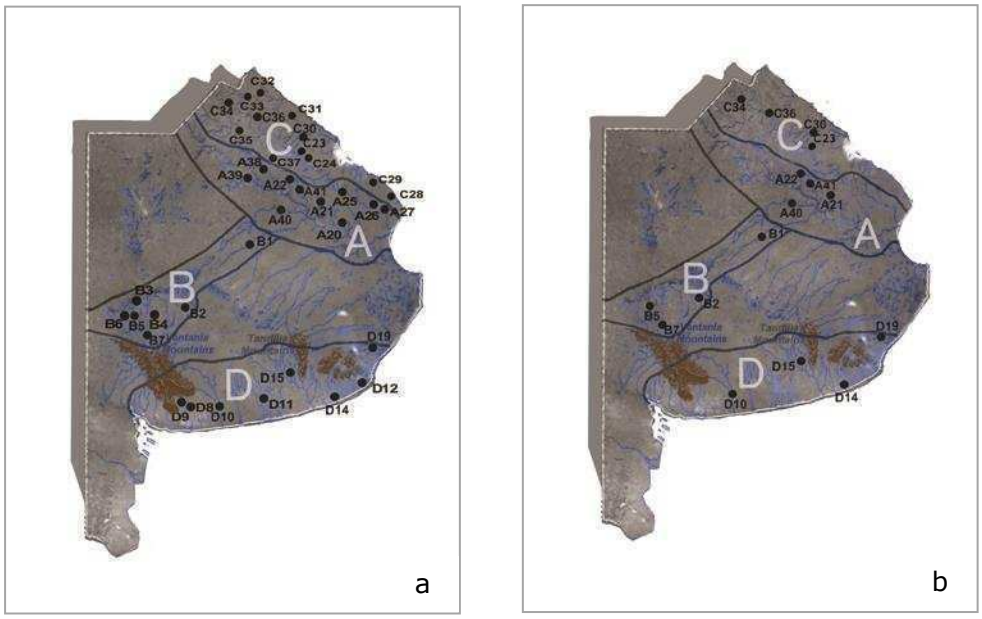

Fig. 2.1.1 (a) Ubicación de los arroyos muestreados y (b) ubicación de los 16 arroyos seleccionados (4 por región) para el tratamiento de las muestras de otoño, primavera y verano.

2.2 <u>Obtención y procesamiento de las muestras</u>

- **Variables ambientales**

En cada ocasión de muestreo se midieron a campo variables ambientales hidrológicas (físicas) y químicas de acuerdo al detalle de la tabla 2.2.1 y figuras 2.2.1. En laboratorio se midieron nutrientes, materia orgánica perifítica y en sedimento, y se identificaron las macrófitas colectadas.

Nutrientes: Se determinaron Fósforo Reactivo Soluble (PRS) (mg/l), Nitritos (mg/l), Nitratos (mg/l), Amonio (µg/l), Cloruros (mg/l), Carbonatos (meq/l) y Bicarbonatos (meq/l) según APHA (1995), datos que fueron aportados por el grupo de trabajo del proyecto "Regionalización ecológica de

los arroyos de la provincia de Buenos Aires" del Programa de Ecología Acuática, del Dpto. de Cs. Básicas de la Univ. Nac. de Luján.

Tabla 2.2.1 Variables físicas y químicas medidas a campo e instrumental utilizado.

Variable	Instrumental
Ancho (m)	Cinta métrica
Profundidad (cm)	Vara graduada
Velocidad del agua (cm/seg)	Velocímetro de hélice G.O.ENVIRONMENTAL (General Oceanics)
Transmitancia (%)	Luxímetro LI – COR Sensor subacuático tipo SA
Temperatura (ºC)	HANNA HI 9023
Conductividad (µS/cm)	HANNA HI 9033
Oxígeno disuelto (OD) (mg/l)	HANNA HI 9142
pH	HANNA HI 9023

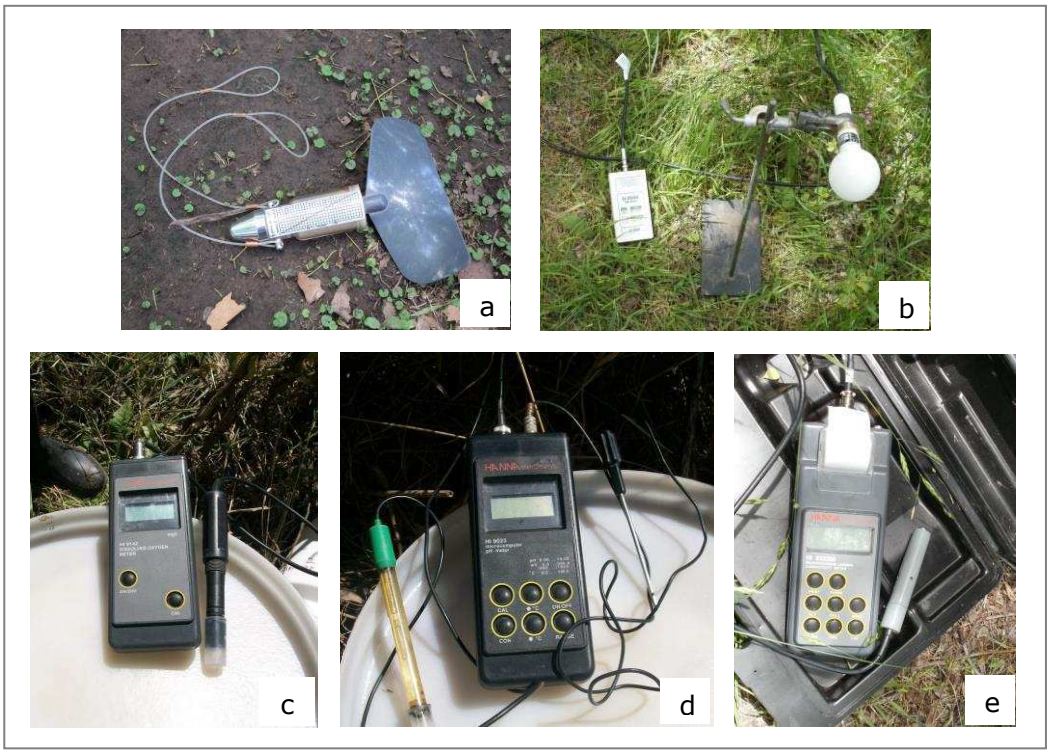

Fig. 2.2.1 Instrumental de campo: (a) Velocímetro, (b) Luxímetro, (c) Conductímetro, (d) peachímetro y termómetro y (e) Oxímetro.

Materia orgánica perifítica (MOpe): Se estimó mediante el método de calcinación a partir de la proporción entre la materia orgánica perifítica de macrófitas sumergidas y el peso seco de las plantas (APHA 1995).

En cada sitio y en cada microambiente (ver más adelante en este mismo capítulo), se colocó un marco de 0,25 x 0,25m de donde se extrajo la porción sumergida de las macrófitas presentes, que fueron colocadas y lavadas con cepillado suave en una bandeja blanca con 5 l de agua del arroyo (sin restos orgánicos). Las plantas lavadas se preservaron en frío y oscuridad hasta ser secadas y pesadas en laboratorio. La solución resultante se homogeneizó y se extrajo una alícuota de 0,5 l para la extracción del perifiton (Fig. 2.2.2.a).

La muestra resultante se filtró a campo, cuando fue posible, mediante bomba de vacío portátil (Fig. 2.2.2.b) y en los casos restantes se llevaron las alícuotas de 0,5 l al laboratorio (bajo condiciones de frío y oscuridad) donde se filtraron mediante embudo de metal inoxidable y bomba de vacío SCIENCE (Fig. 2.2.2.c). En ambos casos se utilizaron filtros Whatman GF/C calcinados a 500ºC durante 5 hs, prepesados y envueltos en papel aluminio.

El material filtrado se secó en estufa a 60ºC por 2 días, se pesó (**PS**) y se calcinó en mufla a 500ºC durante 5 hs (**PM**). La muestra de plantas se secó en estufa a 60ºC hasta peso constante (**PSp**).

La materia orgánica perifítica libre de cenizas (**MOpe**) se estimó según:

$$\% \text{ MOpe} = (PS - PM)*5/VF/PSp*100$$

Siendo PS = peso seco de la muestra de perifiton

PM = peso calcinado de la muestra de perifiton

VF = volumen de agua filtrado

PSp = peso seco de plantas

5 = constante que remite la alícuota filtrada a un volumen de 5 l

Materia Orgánica libre de cenizas en sedimento (MOs): Se extrajeron 3 muestras de sedimento con sacabocados de 5 cm de diámetro y 3 cm de profundidad. La muestra se homogeneizó y secó a temperatura ambiente. Cuando se encontró grava se retiró, cepilló y pasó por tamices de 1 cm y 0,2 cm; el producto obtenido se agregó al sustrato inicial.

La muestra se rompió con tijera o mortero y se procesó en molinillo durante 20 segundos (molinillo de cuchillas planas HQ analyzer MC modelo MC-I, MC-IF y MC-II) (Fig. 2.2.2.d), se pasó por tamiz de 100 µm y luego se llevó a estufa a 105ºC durante 48 hs. En cápsulas se pesaron 8 g de la muestra (**PSs**) y se calcinaron en mufla a 500ºC por 5 horas (**PSc**).

De donde

$$\% \text{ MOs} = 100 * (\text{PSs} - \text{PSc})/\text{PSs}$$

Siendo MOs = materia orgánica del sedimento, libre de cenizas

PSs = peso seco del sedimento (materia orgánica + inorgánica)

PSc = peso del sedimento calcinado (cenizas)

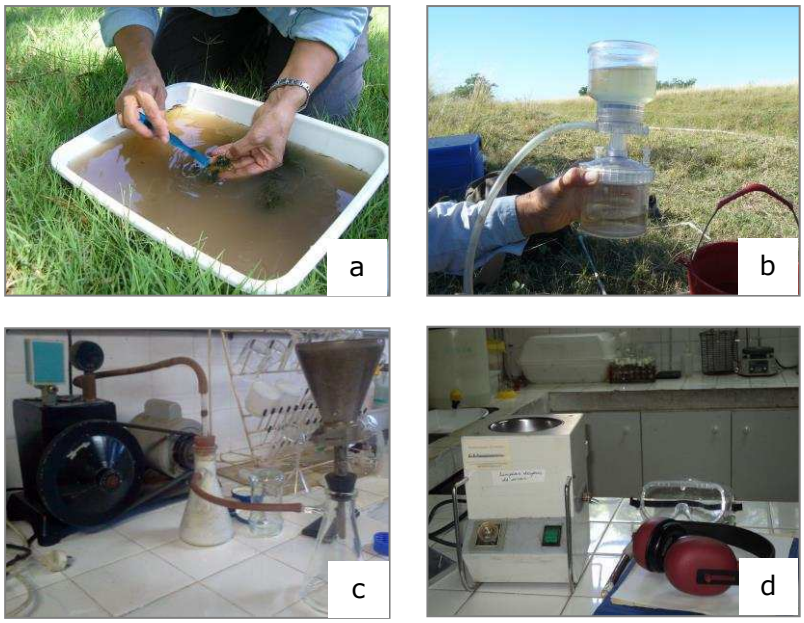

Fig. 2.2.2 (a) Lavado de plantas y obtención de la materia orgánica perifítica, (b) Kit de filtrado a campo, (c) Bomba de vacío, (d) Molinillo, HQ analizer.

Macrófitas: Se tomaron muestras e identificaron las especies de macrófitas presentes. En base a ello se estimó la riqueza de cada sitio (Riqueza= S), y se las asignó a los distintos grupos biológicos: flotantes, sumergidas, arraigadas y emergentes (anfibias).

- **Invertebrados**

Obtención de las muestras

Se realizó un muestreo de tipo multihábitat (Barbour et al. 1999, Prat et al. 1999) en el que fueron considerados todos los microambientes presentes en cada estación de muestreo (orilla, centro del cauce cuando fue posible y entre los diferentes tipos de macrófitas). Meso y macroinvertebrados epibentónicos y asociados a macrófitas fueron colectados con una red tipo "D" con marco de 30 cm de base, 30 cm de altura máxima y malla de 180 µm de abertura de poro, la que siempre fue arrastrada a contracorriente mediante suaves golpes en el lecho, durante 15 a 20 minutos cubriendo la heterogeneidad ambiental y caminando aguas arriba (Fig. 2.2.3).

Fig. 2.2.3 Muestreo multihábitat de invertebrados con red "D".

En aquellos sitios donde había grava o rocas se tomaron 5 de ellas y se sacudieron dentro de la red y frotaron suavemente para desprender a los organismos. Cada muestra de invertebrados, con el agua del arroyo, fue trasvasada a un recipiente con cristales de mentol para relajar a los organismos blandos, y al final del muestreo se le agregó gotas de formol hasta alcanzar una concentración 4% en la muestra.

Procesamiento de las muestras

En laboratorio las muestras fueron lavadas pasándolas por tamiz de 200 µm para retirar el formol y conservadas en alcohol 70%.

Antes del procesamiento, y para una mejor visualización de los invertebrados y evitar pérdidas de material, fueron coloreadas con eritrosina B. Los invertebrados presentes fueron observados y separados de restos de vegetación y sedimento en su totalidad bajo microscopio estereoscópico, excepto en aquellos casos ("muy sucias") en que presentaban mucho sedimento (C23, C30, C34 y C36 de febrero 2004); en dichas muestras se utilizó un submuestreador Folson y se analizó sólo la mitad de la misma (Fig. 2.2.4). Todas las muestras fueron preservadas en alcohol 70% para su identificación.

Fig. 2.2.4 Submuestreador Folson.

Identificación y asignación a grupos biológicos

Los invertebrados fueron identificados utilizando las claves de Lopretto y Tell (1995), César et al. (2000), Fernández y Domínguez (2001), Lozano et al. (2008), Domínguez y Fernández (2009) y por medio de consultas a especialistas cuando fue necesario. Se alcanzó el nivel taxonómico de familia en los taxa de uso habitual en técnicas de monitoreo: Insecta, Mollusca y Malacostraca; Phylum en Platyhelmintes, Nematoda, Tardígrada y Gastrotrica; Clase en Annelida y Orden en Acari. Sólo se alcanzó el nivel de género en aquellos taxa de las muestras en que se aplicó el índice IBPamp (Rodrígues Capítulo et al. 2001) (Tabla 2.2.2).

Todos los organismos fueron contabilizados excepto Copepoda, Ostracoda y Cladocera en los que se registró sólo la abundancia en forma

cualitativa (escaso, abundante y muy abundante). Las muestras se encuentran conservadas en el Laboratorio de Ecología de la UNLu.

Luego de la identificación, los invertebrados fueron asignados a los grupos funcionales alimentarios (GFA) de acuerdo a Barbour et al. (1999) y Cummins et al. (2005): **F**iltradores **C**olectores (FC); **Pr**edadores (PR); Raspadores (**Sc**raper = SC); Pastoreadores Colectores (**G**atherer **C**ollectors = GC); **Om**nívoros (OM) y Desmenuzadores (**Sh**redder = SH); y por medio de consultas a especialistas cuando fue necesario (Ver Anexo, Tabla 2.2.3).

Tabla 2.2.2 Nivel taxonómico de los invertebrados requerido por diferentes índices de calidad biótica.

	Nivel taxonómico alcanzado		
Índice	**Género**	**Familia**	**Clase /Orden**
IBMWP		todos los taxa	
IMRP		Oligochaeta	Otros
		Diptera	
IBPamp	Ephemeroptera	Trichoptera	
	Odonata	Coleoptera	
	Mollusca	Diptera	
	Crustacea	Tricladida	
	Heteroptera	Hirudinea	
		Oligochaeta	

Tratamiento de los datos de los ensambles de invertebrados

Para analizar la comunidad de invertebrados se utilizaron métricas que describen la función y estructura de la comunidad. Se estimaron la riqueza de taxa (S), el número total de individuos (Nº Ind.) y las abundancias relativas (Ab. Rel.). Con estos datos se calcularon el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y la abundancia relativa de grupos funcionales alimentarios (GFA).

Índices de diversidad

Riqueza de taxa (S): Se contabilizó como la sumatoria de taxa presentes en cada sitio de acuerdo a la identificación taxonómica más fina a la que se arribó.

Diversidad de Shannon- Wiener (H´):

$$H' = - \sum p_i * \ln p_i$$

Siendo p_i: n_i/N

n_i: número de individuos del taxa i

N: número de todos los individuos de todos los taxa

Equitatividad de Pielou (J´):

$$J' = H'/\ln S$$

Índices de Calidad Biótica

Se estimaron los índices de calidad más utilizados en la bibliografía:

IBMWP: Actualización realizada por Alba-Tercedor et al. (2002) para ríos mediterráneos a partir del índice **BMWP´**(**B**iological **M**onitoring **W**orking **P**arty (Armitage 1983)) que realiza la sumatoria del número total de taxa de invertebrados (identificados en general a nivel de familia) con un valor de tolerancia ó sensibilidad (intolerancia) asignado, siendo

$$BMWP' = \Sigma V_x$$

donde V_x = valor de tolerancia (sensibilidad) de cada taxón.

Los organismos tolerantes tienen valor (mínimo) de 1 y los más sensibles (máximo) de 10. Este índice otorga una escala de colores representativa del estado de calidad; valores del índice mayores a 120 indican buena calidad (Ver Anexo, Tabla 2.2.4).

IMRP: El **Í**ndice de **M**acroinvertebrados para **R**íos **P**ampeanos corresponde a una adaptación realizada por Rodrígues Capítulo et al. (2003) del índice BMWP´ (Alba-Tercedor y Sánchez Ortega 1988) para aplicar en la provincia de Buenos Aires considerando los invertebrados de la región Neotropical. Los valores de sensibilidad varían entre 0 (tolerantes) a 2 (sensibles). Este índice otorga una escala de colores representativa del

estado de calidad; valores cercanos a 20 indican buena calidad (Ver Anexo, Tabla 2.2.4).

$$IMRP = \Sigma V_x$$

donde V_x = valor de tolerancia (sensibilidad) de cada taxón.

IBPamp: Índice **B**iótico para ríos y arroyos **Pamp**eanos (Rodrígues Capítulo et al. 2001) es adaptación del Índice Biótico Extendido (IBE, Ghetti 1986) que combina la riqueza de taxa y la sensibilidad de invertebrados mediante una tabla de doble entrada en la que se establece una calificación de Calidad, considerando familias y géneros regionales y el número de unidades sistemáticas totales presentes para las zonas rhitral y potamal; en este trabajo se utilizó la tabla correspondiente a potamal. Este índice otorga una escala de colores representativa del estado de calidad; valores del índice cercanos a 13 indican buena calidad (Ver Anexo, Tabla 2.2.5).

ASPT (**A**verage **S**core **P**er **T**axon) (Walley y Hawkes 1997): Este índice es una variación del BMWP´ en que se logra la independencia de la estacionalidad, del esfuerzo de muestreo y de la destreza del colector al dividir IBMWP por la riqueza (S). En esta ocasión ASPT se calculó como $ASPT_{\mathbf{B}}$ (utilizando el índice de calidad IBMWP) y como $ASPT_{\mathbf{M}}$ (utilizando el índice IMRP):

$$ASPT_{\mathbf{B}} = IBMWP/S$$

$$ASPT_{\mathbf{M}} = IMRP/S$$

IBF: Índice **B**iótico de **F**amilias (Hilsenoff 1977). Su valor es un promedio ponderado de la abundancia de los diferentes taxa, que en el presente trabajo fueron identificados hasta el nivel de familia. Este índice es muy utilizado en estudios espaciales (diferentes tramos de un curso de agua) ó temporales (en un mismo sitio en diferentes tiempos) porque muestra el aumento o disminución de familias a cambios del ecosistema. Se calcula como:

$$IBF= 1/N * 2 \Sigma n_i * t_i$$

Siendo N: número total de individuos en la muestra

n_i: número de individuos de la familia i

t_i: tolerancia asignada a la familia i

Esta métrica se estimó utilizando los índices IBMWP (IBF_B) e IMRP (IBF_M) debido a que éste último no considera el nivel de familia en algunos taxa.

% TOL (Abundancia relativa de organismos **tol**erantes): Se elaboró un índice en función de la valoración que las métricas IBMWP (op cit.) e IMRP (op cit.) otorgan a la sensibilidad ecológica (Ver Anexo, Tabla 2.2). Este índice se realizó definiendo rangos de tolerancia para los taxa de invertebrados de la provincia de Buenos Aires identificados en este trabajo (Tabla 2.2.6).

% ETO/Total (modificado de Prat et al. 2009): Índice que mide contaminación en general y perturbaciones. Considera la presencia de los taxa más sensibles: **E**phemeroptera, **T**richoptera y **O**donata, éste último en reemplazo de Plecoptera que está ausente en la provincia de Buenos Aires.

ETO/(Ch+Ol+Nem) (modificado de Prat et al. 2009): Este índice relaciona a los organismos más sensibles (**E**phemeroptera, **T**richoptera y **O**donata) con los taxa más tolerantes (**Ch**ironomidae, **Ol**igochaeta y **Nem**atoda).

Índice de diversidad (H´): Wilhm y Dorris (1968) generaron rangos de calidad biótica en base a los valores de H´ para sitios contaminados con materia orgánica (Tabla 2.2.6 en Anexo Capítulo 2).

Tabla 2.2.6 Rangos de tolerancia asignados a los taxa Tolerantes y Sensibles considerando la valoración asignada por los índices IMRP e IBMWP.

Según IMRP	**Taxa TOLERANTES** **Puntaje entre 0,1 y 0,5**	**Taxa SENSIBLES** **Puntaje mayor que 1**
	Turbellaria	Hydroida
	Temnocephala	Ephemeroptera
	Nematoda	Odonata
	Gastrotrica	Diptera: Simuliidae
	Tardigrada	Trichoptera
	Oligochaeta	Decapoda
	Acari	
	Collembola	
	Coleoptera	
	Diptera (excepto Simuliidae)	
	Microcrustáceos (Cladocera, Copepoda, Ostracoda)	
Según IBMWP	**Taxa TOLERANTES** **Puntaje entre 1 y 4**	**Taxa SENSIBLES** **Puntaje entre 7 y 10**
	Nematoda	Ephemeroptera: Leptohyphidae
	Mollusca: Ampulariidae Hydrobiidae Lymnaidae Planorbidae Sphaeriidae	Odonata: Aeschnidae Gomphidae
	Hirudinea	Trichoptera: Ecnomidae Glossosomatidae Leptoceridae Limnephilidae Philopotamidae
	Oligochaeta	
	Acari	Decapoda: Aeglidae Palaemonidae
	Collembola	
	Ephemeroptera: Baetidae Caenidae	
	Heteroptera: todos	
	Coleoptera: Curculionidae Dytiscidae Gyrinidae Hydrophilidae Staphylinidae	
	Diptera: excepto Simuliidae y Tipulidae	

2.3 Tratamiento estadístico de las variables ambientales y biológicas

En una *primera etapa* (análisis preliminar) a partir de los 31 sitios muestreados en mayo de 2003, se realizó un análisis de ordenamiento, **A**nálisis de **C**omponentes **P**rincipales (ACP) con la finalidad de determinar de manera exploratoria la importancia de las variables ambientales (físicas y químicas), las variables biológicas (los grupos funcionales alimentarios, riqueza de taxa y diversidad) y los Índices de calidad biótica (IBMWP e IBPamp). Asimismo, y a fin de detectar si se presenta un agrupamiento de los sitios en función de las mismas variables ambientales y biológicas se realizó un **A**nálisis de **D**iscriminantes (AD).

En una *segunda etapa*, seleccionados los sitios definitivos de estudio, se realizó el ACP para las variables ambientales y para las biológicas de los 16 sitios muestreados en 3 ocasiones (mayo y noviembre´03 y febrero´04, lo que hace un total de 48 muestras).

La variabilidad estacional y entre regiones de las variables biológicas: Riqueza (S), Abundancia numérica (Nº Ind. de cada taxa/Nº Ind. total), Índice de Shannon-Wiener (H') y Equitatividad (J'), se analizó mediante la aplicación del test ANOVA de Kruskal-Wallis. Las diferencias encontradas se analizaron con la prueba *post hoc* de Tukey (Zar 1999, McCune y Grace 2002).

Los análisis estadísticos se realizaron con el software STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

Capítulo 3

EL ENSAMBLE DE INVERTEBRADOS E IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN ARROYOS PERTENECIENTES A LAS REGIONES HIDROLÓGICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Resultados preliminares

En este capítulo se presentan los resultados del muestreo exploratorio (*primera etapa)* realizado en el mes de mayo de 2003 (otoño) en 31 sitios de arroyos distribuidos en las regiones hidrológicas definidas por Frenguelli (1956) (Fig. 3), y cuya ubicación cartográfica se detalla en la Tabla 3, a fin de obtener una primera información de los objetivos planteados en el plan de tesis.

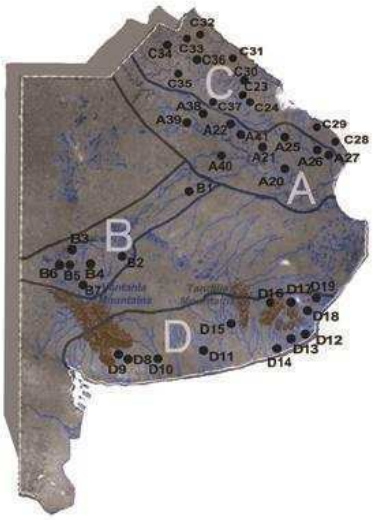

Fig. 3 Mapa de la distribución de los sitios muestreados en las cuatro regiones hidrológicas.

3.1 Estructura de la comunidad de invertebrados

Los invertebrados epibentónicos y asociados a las macrófitas sumergidas colectados en mayo de 2003 (otoño) fueron identificados y contabilizados; en la Tabla 3.1.1 de Anexo Capítulo 3 se presentan sus abundancias.

Tabla 3 Localización de las estaciones de muestreo, código de identificación e indicación de las muestras procesadas en cada fecha de muestreo.

REGIÓN	NOMBRE	CÓDIGO	UBICACIÓN		MUESTRAS PROCESADAS		
					OTOÑO´03	PRIMAVERA´03	VERANO´04
Sistema del río Salado y sus afluentes (A)	Los Poronguitos	A20	35°51'38.59"S	58°24'43.40"O	▪		
	Sin Nombre	A21	35°25'42.90"S	58°47'27.80"O	▪	▪	▪
	Cañada Navarro	A22	34°52'24.34"S	59°20'30.28"O	▪	▪	▪
	Saladillo II	A26	35°23'58.15"S	57°38'01.75"O	▪		
	Todos los Santos	A27	35°21'11.66"S	57°25'02.62"O	▪		
	Las Saladas	A38	34°49'28.10"S	59°52'39.59"O	▪		
	Cda. del Tío Antonio	A39	35°02'22.79"S	60°13'50.09"O	▪		
	Saladillo I	A40	35°27'37.10"S	59°34'32.02"O	▪	▪	▪
	Las Garzas	A41	35°13'21.89"S	59°08'29.19"O	▪	▪	▪
Sistema del arroyo Vallimanca (B)	Las Flores II	B1	36°01'23.12"S	60°04'17.26"O	▪	▪	▪
	Salado (brazo)	B2	36°58'58.74"S	61°23'42.24"O	▪	▪	▪
	Pescado	B4	37°07'13.21"S	62°02'06.32"O	▪		
	Guaminí	B5	37°10'46.19"S	62°26'00.84"O	▪	▪	▪
	Venado	B6	37°11'11.15"S	62°31'08.99"O	▪		
	Curamalal Grande	B7	37°30'29.29"S	62°05'21.68"O	▪	▪	▪
Tributarios del río Paraná y del Río de la Plata (C)	Pereyra	C23	34°36'08.58"S	59°09'21.90"O	▪	▪	▪
	Juan Blanco	C28	35°08'30.39"S	57°26'27.34"O	▪		
	Sin Nombre III	C29	34°59'18.66"S	57°43'00.93"O	▪		
	Las Flores	C30	34°27'31.08"S	59°03'16.57"O	▪	▪	▪
	Cda. Honda	C31	33°57'13.88"S	59°23'52.78"O	▪		
	Pergamino	C34	33°52'15.59"S	60°38'25.98"O	▪	▪	▪
	Saladillo chico	C35	34°18'42.18"S	60°17'01.38"O	▪		
	Helves	C36	34°04'44.40"S	60°01'36.07"O	▪	▪	▪
Tributarios directos del océano Atlántico (D)	de Las Cortaderas	D8	38°27'04.09"S	61°27'40.72"O	▪		
	de las Mostazas	D9	38°39'21.10"S	61°19'37.28"O	▪		
	Indio Rico	D10	38°36'11.49"S	60°38'46.49"O	▪	▪	▪
	Cristiano Muerto	D11	38°30'17.74"S	59°43'46.45"O	▪		
	de la Carolina	D12	38°12'25.19"S	58°03'07.82"O	▪		
	El Moro	D14	38°25'41.42"S	58°27'41.20"O	▪	▪	▪
	Calaveras	D15	38°03'54.48"S	59°19'24.69"O	▪	▪	▪
	Dulce	D19	37°37'23.19"S	57°40'47.40"O	▪	▪	▪

Se registraron 50 taxa representados por Cnidaria, Platyhelmintes (Tricladida), abundantes Nematoda, Gastrotricha (sólo en C34), Tardigrada (en C23 y abundantes), *Ampullariidae*, *Ancylidae*, *Chilinida*e, *Hydrobiidae*, *Lymnaeidae*, *Planorbidae,* y *Succineidae* (éste solo en A21) (Mollusca Gasteropoda), *Sphaeriidae* Mollusca Bivalvia), Oligochaeta (siempre presentes y muy abundantes) e Hirudinea (Annelida). Entre los Arthropoda las larvas de Insecta se encuentran siempre presentes; entre las familias de Diptera predominó *Chironomidae*, *Simuliidae* fue abundante en A39 y fueron escasas las familias *Culicidae*, *Dixidae, Dolichopodidae, Ephydridae, Muscidae, Sciomyzidae, Stratiomyidae, Syrphidae* y *Tipulidae*; en Odonata predominó la familia Coenagrionidae y fueron raras *Aeshnidae* y *Gomphidae*; Trichoptera, cuando presente, estuvo más representado por *Hydroptilidae* y también se encontró *Leptoceridae*; las familias *Baetidae* y *Caenidae* fueron las más representativas de Ephemeroptera y se encontraron ejemplares de *Leptohyphidae*; Collembola estuvo bien representado en particular en algunas estaciones de muestreo; del orden Coleoptera se encontraron pocos representantes de las familias *Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Hydrochidae, Noteridae, Staphylinidae;* entre los Heteroptera de identificaron representantes de *Belostomatidae, Corixidae, Hebridae, Mesoveliidae* y *Notonectidae*; entre los Crustacea*,* la familia *Hyalellidae* (Amphipoda) fue abundante en algunas estaciones de muestreo, la presencia de *Palaemonidae* varió entre sitios y fue rara la observación de *Aeglidae* (C34).

Sólo unos pocos grupos resultaron comunes a todas las regiones estudiadas y ellos son en orden de importancia:

Los oligoquetos, organismos muy característicos de ambientes con sedimentos finos, superficiales, con abundante materia orgánica y colonizados por bacterias y otros organismos (Wetzel 2001); son escasos en ambientes oligotróficos (Marchese 2009). En las redes tróficas son recurso de otros invertebrados.

Los quironómidos, comparten con el grupo anterior el recurso alimenticio; son bioindicadores utilizados para tipificar diferentes ríos y arroyos (Paggi 2003, 2009). Habitualmente son utilizados para evaluar el estado trófico en ambientes de agua dulce en Argentina y los estudios realizados en nuestro país permiten contar con información de su distribución espacial y temporal

desde los humedales de la Mesopotamia hasta ambientes fluviales de la Patagonia (Paggi 2009).

El tercer grupo en importancia son los nematodes, su densidad está relacionada al tipo de sustrato y se encuentran desde las nacientes hasta las desembocaduras (Bonetto y Wais 1995) en los distintos cuerpos de agua del país.

Podemos decir que estos tres taxa están vinculados entre sí a través de su relación con los sedimentos finos y presencia de materia orgánica.

Entre los insectos se han encontrado simúlidos (filtradores) típicos de ambientes oxigenados y aguas rápidas que son utilizados en biomonitoreo y test de toxicidad del agua dada su sensibilidad a contaminantes acuáticos (Coscarón-Arias 2009); no se los encuentra sobre limo ni tampoco sobre hojas muertas; la misma autora destaca que las especies argentinas se asientan sobre vegetales (el 53%) y sólo unas pocas especies toleran agua con turbidez. Las especies de llanura pueden vivir en ambientes de muy baja velocidad.

Los efemerópteros endémicos de Brasil y Argentina viven en aguas corrientes hasta estancadas en todos los microambientes disponibles (Domínguez et al. 2009). En general se los encuentra en aguas con buena oxigenación y distribuidos también en aguas con abundante materia orgánica; predominan en las orillas pocos profundas (Wetzel 2001) y se asocian a las macrófitas y a sedimentos livianos (removidos por la velocidad del agua). El género *Americabaetis* sp. (*Baetidae*) está asociado a la vegetación marginal (Domínguez et al. 2009) y la familia *Caenidae* se encuentra en ambientes lénticos o lóticos, generalmente asociada a sedimento muy fino en zonas con corriente de agua lenta a moderada. *Baetidae* y *Caenidae* fueron las familias más abundantes y *Leptohyphidae* estuvo representada sólo en B2, C34 y D8.

Los moluscos estuvieron mejor representados en las Regiones C y D. La familia *Sphaeriidae* habita cuerpos de agua de fondos blandos, en general limos con alto contenido de materia orgánica, lénticos o lóticos de gran porte o pequeños (Ituarte 2009). Es importante acotar que la presencia de esta única familia de bivalvos está asociada a la técnica de muestreo utilizada (epibentónica y asociada a macrófitas). *Ampullariidae* e *Hydrobiidae* fueron

los gasterópodos más representativos. Es conocido que los gasterópodos juegan un rol vital en el procesamiento de la materia orgánica y el detrito, en el consumo de vegetales y del perifiton que cubre sustratos duros y macrófitas en ríos, lagos y lagunas. Este grupo se encuentra restringido a aguas con alto contenido de sales (especialmente CO_3Ca) y oxígeno disuelto (aunque pueden tolerar cambios en los niveles de oxígeno) (Cuezzo 2009).

De los decápodos, la familia *Palaemonidae* fue muy abundante en la Región A, menos abundante en C y ausente en las regiones B y D; la familia *Aeglidae* fue rara en todas las regiones, a pesar de ser conocida su presencia en los cuerpos de agua dulce en la provincia de Buenos Aires. *Hyalellidae,* se registró en todas las regiones en número variable.

A partir del registro de los invertebrados, en este análisis exploratorio, se estimaron las variables estructurales y funcionales: Riqueza de invertebrados (**S**), Diversidad (**H'**) y los Grupos Funcionales Alimentarios: **D**esmenuzadores (SH), **Pr**edadores (PR), **Om**nívoros (OM), **R**aspadores (SC), **F**iltradores **C**olectores (FC), y **P**astoreadores **C**olectores (GC), que se detallan en la Tabla 3.1.2 de Anexo Capítulo 3. Esta información se utilizó para analizar aquellas variables que mejor describen las regiones y marcar sus diferencias.

La riqueza de invertebrados (S) varió entre 12 y 22 taxa y la diversidad (H') entre 0,61 y 3,17. En todas las regiones los organismos Pastoreadores Colectores (GC) siempre fueron superiores en abundancia al resto de los grupos funcionales alimentarios.

En la Región A los SH y los PR predominaron sobre el resto. La abundancia de SH estuvo dada por la presencia de *Hyalellidae* en tanto que la de PR estuvo representada por diversos taxa.

En la Región B predominaron los PR (riqueza entre 3 y 5) y los SC representados por *Chilinidae*, *Hydrobiidae* (Mollusca) e *Hydroptilidae* (Trichoptera). Asimismo, debe notarse la abundancia de Filtradores Colectores (FC) respecto de las otras regiones, destacándose la presencia de *Simuliidae* e *Hydropsychidae* (sensibles a los niveles de oxígeno disuelto).

El predominio de PR en la Región C se relaciona con alta riqueza (entre 2 y 9 taxa) por sobre los otros grupos funcionales que estuvieron poco representados.

En la Región D, se contabilizó predominancia de SC, menos de PR y escasos FC y SH. Esta distribución estaría relacionada a las características hidrológicas de la región (sustrato pedregoso, presencia de macrófitas y velocidad de agua) favoreciendo la presencia de SC.

El grupo funcional de los omnívoros (OM) estuvo presente sólo en las regiones A y C con escasa representación, dada por la familia *Palaemonidae*.

Como método exploratorio para interpretar la relevancia de las variables estructurales y funcionales de la comunidad se utilizó el Análisis de Componentes Principales.

Los resultados muestran que los dos primeros ejes explican el 61,01% de la varianza (Fig. 3.1.1). En el primer eje (42,48% de variación) las variables con mayor importancia se encuentran en el sentido negativo del eje: la riqueza de taxa (S) (variable estructural) y los grupos funcionales predadores (PR) y raspadores (SC) (que caracterizan tanto la estructura como el funcionamiento del sistema). En un segundo eje (18,63% de la variación) tienen mayor importancia los organismos omnívoros (OM), los pastoreadores colectores (GC) y la diversidad (H´) en sentido positivo y los desmenuzadores (SH) en sentido negativo (Tabla 3.1.3). En la Fig. 3.1.2 presentamos la proyección de los casos en el plano formado por los dos primeros factores del análisis de componentes principales.

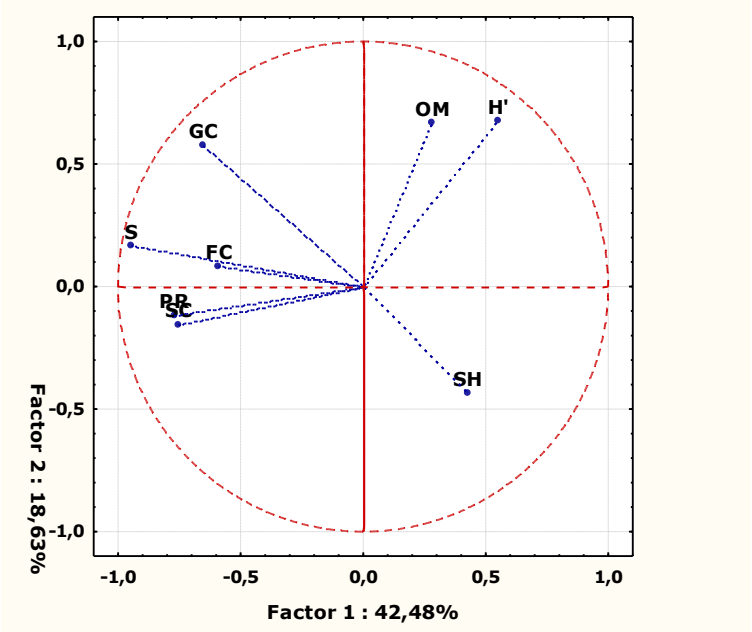

Fig 3.1.1 Análisis de Componentes Principales para las variables: Diversidad (H´), Riqueza (S) y Grupos Funcionales Alimentarios (PR: predador; GC: pastoreador colector; FC: filtrador colector; SH: desmenuzador; SC: raspador; OM: omnívoro). Mayo´03.

Tabla 3.1.3 Análisis de Componentes Principales de variables biológicas.

Variable	Coordenadas de los componentes principales	
	Factor 1	**Factor 2**
Riqueza de invertebrados (S)	-0,94	0,08
Diversidad (H')	0,55	0,55
Predador (PR)	-0,76	-0,16
Omnívoro (OM)	0,25	0,73
Pastoreador/Colector (GC)	-0,66	0,47
Filtrador/Colector (FC)	-0,57	-0,08
Raspador (SC)	-0,76	-0,10
Desmenuzador (SH)	0,45	-0,50

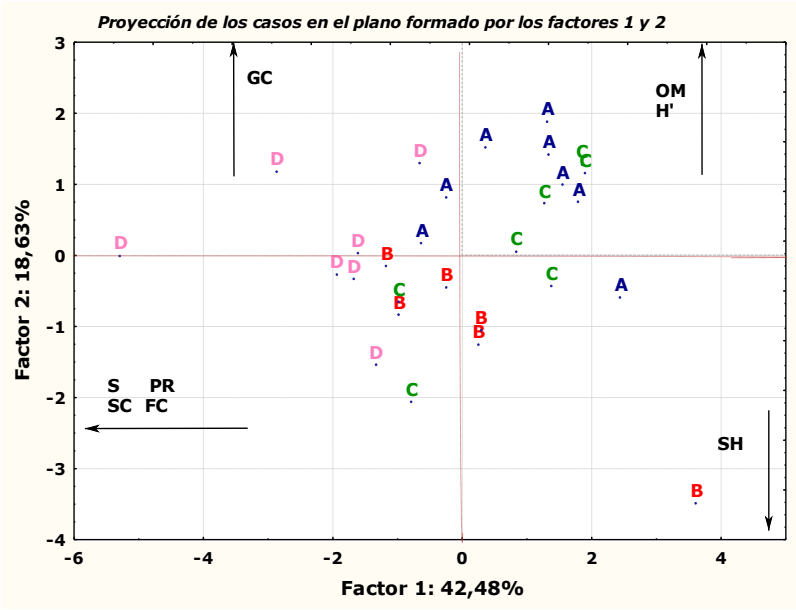

Fig 3.1.2 Distribución de los sitios estudiados en otoño en función de las variables biológicas (Análisis de Componentes Principales).

El **A**nálisis de **D**iscriminantes (AD, Fig. 3.1.3) asocia a los arroyos de las regiones del Vallimanca (B) y Tributarios del océano Atlántico (D), separándose de las otras regiones por presentar una mayor cantidad de filtradores colectores (FC). Las diferencias entre ambas regiones están determinadas por la riqueza de taxa y los pastoreadores colectores (GC) (factor 2).

Las regiones Tributarios del Salado (A) y Tributarios al río Paraná y Río de la Plata (C) se agrupan por la diversidad (H´) y la presencia de omnívoros (OM) (Fig. 3.1.3). Sin embargo, las variables analizadas no muestran diferencias significativas (Tabla 3.1.4).

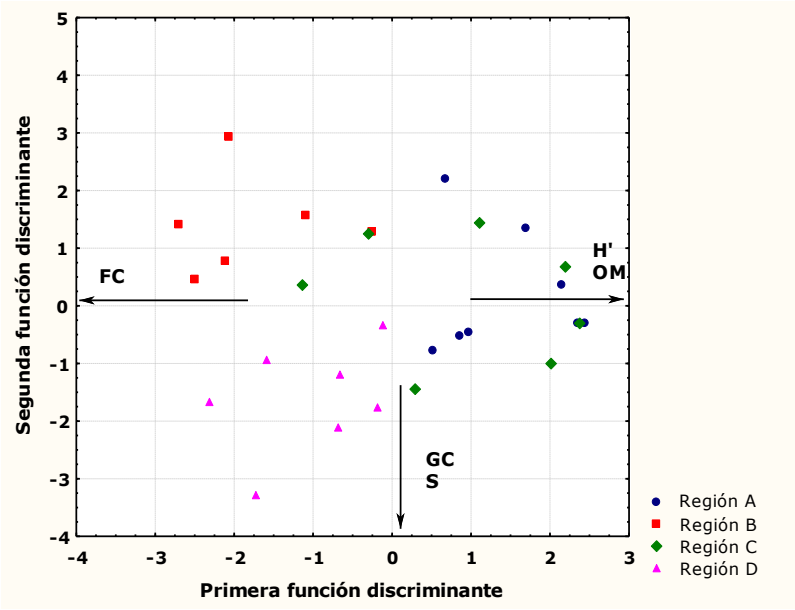

Fig. 3.1.3 Diagrama del AD generado por las dos primeras funciones discriminantes que agrupa los sitios estudiados. Referencias: OM: omnívoro, GC: pastoreador colector, FC: filtrador colector, S: riqueza de taxa; H': Diversidad.

Tabla 3.1.4 Análisis Discriminante de variables biológicas.

Variable	P
Riqueza de invertebrados (S)	0,772
Diversidad (H')	0,270
Predador (PR)	0,802
Omnívoro (OM)	0,622
Pastoreador/Colector (GC)	0,922
Filtrador/Colector (FC)	0,619
Raspador (SC)	0,679
Desmenuzador (SH)	0,603

Conclusión1.-

El análisis de los ensambles de invertebrados para el muestreo exploratorio, expresó que las variables: riqueza de taxa (S), diversidad (H') y los grupos funcionales alimentarios no permiten separar regiones hidrológicas.

3.2 Variables ambientales (físicas y químicas) de los sitios

En esta sección se analizaron las variables ambientales a fin de integrar esta información al ensamble de invertebrados. Se utilizaron los parámetros temperatura, velocidad, transmitancia, conductividad, oxígeno disuelto, pH, nitritos, nitratos, amonio, fósforo reactivo soluble (PRS), bicarbonatos, carbonatos, cloruros, materia orgánica perifítica y riqueza de macrófitas (Tabla 3.2.1 Anexo Capítulo 3).

En el **A**nálisis de **C**omponentes **P**rincipales (ACP) como método exploratorio, los dos primeros ejes explicaron el 45,7% de la varianza (Fig. 3.2.1); en el primer eje (24,78 % de variación) las variables con mayor peso fueron velocidad y transmitancia en el sentido negativo del eje y PRS, nitritos, amonio, temperatura y en menor proporción la riqueza de macrófitas, en el sentido positivo. Esto sugiere que el primer eje separa arroyos eutróficos de oligotróficos. El segundo eje (19,94%) se correlaciona en el sentido creciente con la conductividad asociada a cloruros y la materia orgánica, indicando que este componente principal separa los arroyos con mayor alteración por aporte de materia orgánica. Un eje diagonal estaría representando un gradiente de disturbio (eutrofia) versus oxigenación por turbulencia (oligotrofia relativa) (Fig. 3.2.2 y Tabla 3.2.2).

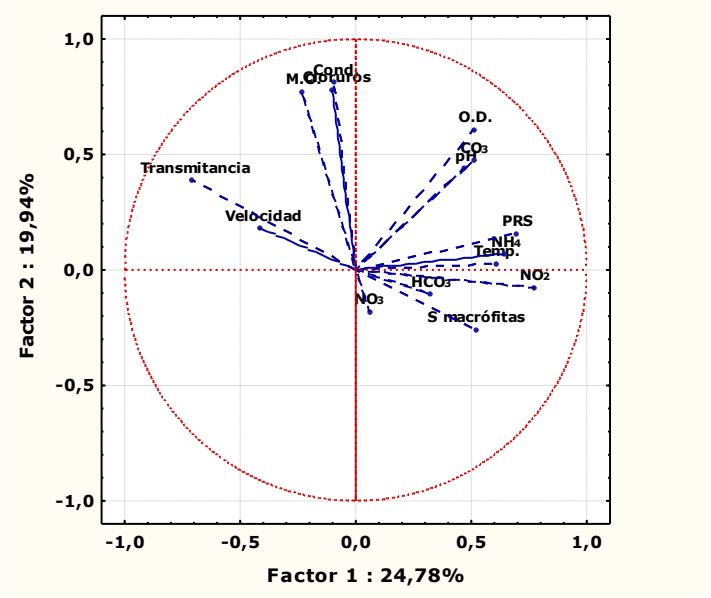

Fig. 3.2.1 Gráfico del Análisis de Componentes Principales para las variables físicas y químicas de los sitios (mayo de 2003).
Referencias Fig. 3.2.1: Temp: temperatura; Cond: conductividad; O.D.: oxígeno disuelto; M.O: materia orgánica; S macrófitas (riqueza); NO_2: nitritos; NO_3: nitratos; PRS: fósforo reactivo soluble; NH_4: amonio; CO_3: carbonatos; HCO_3: bicarbonatos.

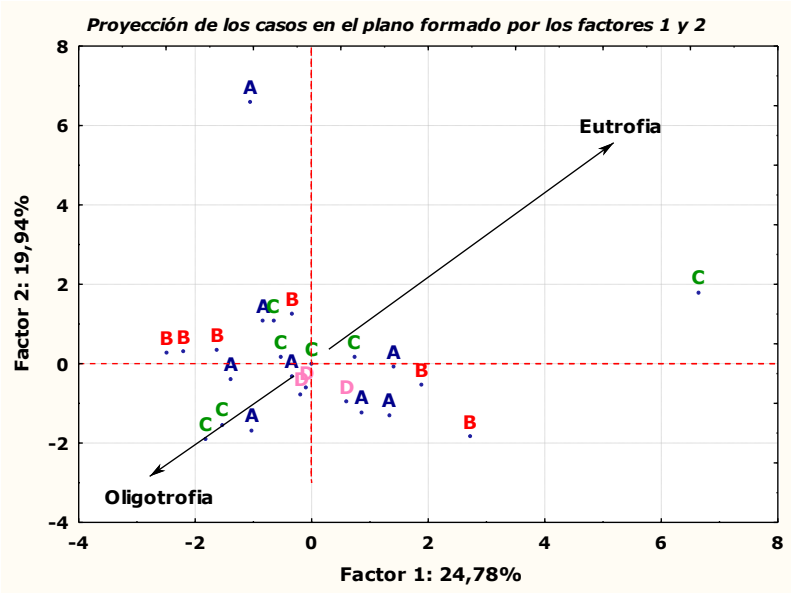

Fig.3.2.2 Gráfico del ACP que muestra la importancia de las variables físicas y químicas entre los sitios analizados (mayo 2003).

Tabla 3.2.2 Valores que asumen las variables en el Análisis de Componentes Principales.

Variable	Coordenadas de los componentes principales	
	Factor 1	Factor 2
Temperatura	0,605	0,026
pH	0,465	0,439
Conductividad	-0,098	0,812
Oxígeno disuelto (OD)	0,509	0,609
Transmitancia	-0,707	0,388
Velocidad	-0,414	0,181
Materia orgánica (MO)	-0,234	0,772
Fósforo reactivo soluble (PRS)	0,694	0,159
Nitritos (NO_2)	0,774	-0,075
Nitratos (NO_3)	0,057	-0,181
Amonio (NH_4)	0,641	0,066
Cloruros (Cl^-)	-0,104	0,784
Carbonatos (CO_3)	0,513	0,476
Bicarbonatos (HCO_3)	0,318	-0,107
Riqueza de macrófitas	0,519	-0,256

Para optimizar una clasificación de las regiones en base a las variables ambientales (físicas, químicas y riqueza de macrófitas) se realizó un **A**nálisis de **D**iscriminantes (AD) que mostró una separación neta de las regiones (Fig. 3.2.3). En particular la región B (Sistema del arroyo Vallimanca) se separa del resto debido a su mayor contenido relativo de la **M**ateria **O**rgánica (M.O.). Es interesante observar que la riqueza de macrófitas en esta región es alta (Tabla 3.2.3, Ver Anexo Capítulo 3), por lo tanto se deduce que la mayor cantidad de materia orgánica se debe al aporte autóctono. Las regiones A, C y D presentan más oxigenación, mayor velocidad y menor contenido de M.O. Los sitios de la región Sistema Tributarios del Salado (A) se separan de los sitios de la región de los arroyos Tributarios al océano Atlántico (D) (Fig. 3.2.3).

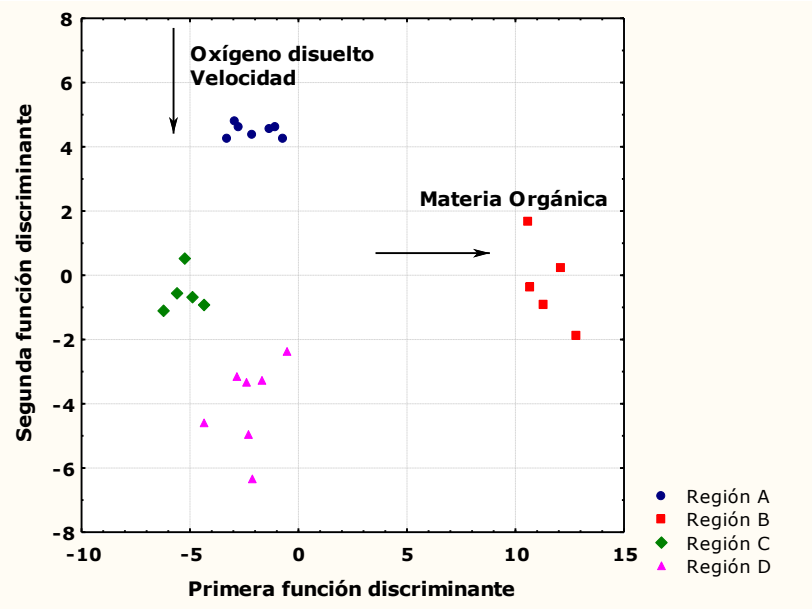

Fig. 3.2.3 Resultados del Análisis de Discriminantes de las variables ambientales (físicas, químicas y riqueza de macrófitas).

Conclusión 2.-

Las variables ambientales agrupan a los sitios de estudio en regiones hidrológicas coincidiendo con los resultados obtenidos por Feijoó et al. (2005) y las regiones geomorfológicas de Frenguelli (1956).

Los sitios de la región del Atlántico (D) se agrupan por la transparencia y turbulencia (velocidad del agua que favorece la oxigenación) y se separan de los sitios de la región del Salado (A) con más conductividad. Los sitios más eutróficos y relacionados a menor concentración de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos y carbonatos separan a la región B.

Cuando se relacionan las variables ambientales con las variables biológicas, coinciden los ambientes más turbulentos con oxigenación física y más transparentes (condiciones más heterotróficas) con la región Tributarios del océano Atlántico (D) que presenta mayor riqueza de taxa y presencia de Raspadores (SC), y se separa de la región de Vallimanca (B) que presenta alta materia orgánica y menor riqueza. Las regiones A y C presentan similitud en las variables biológicas (grupos funcionales) mostrando una leve separación por sus características ambientales (físicas y químicas).

3.3 Índices de Calidad Biótica

Hasta aquí las variables tal como fueron vinculadas describen regiones cuyas características están indicadas en el apartado anterior. En esta sección se analizó la información obtenida a partir de índices de calidad biótica.

El índice de diversidad (H´) de Wilhm y Dorris (1968) indicó un estado de contaminación moderada para todas las regiones (Fig. 3.3.1).

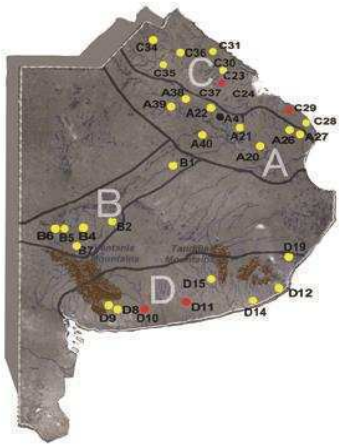

Fig. 3.3.1 Valores de calidad de los sitios de acuerdo al índice de diversidad (Wilhm y Dorris 1968).
Ref.: amarillo = contaminación moderada;
rojo = contaminación severa.

La aplicación del índice IBPamp (Rodrigues Capítulo et al. 2001) a los sitios A21, A27, B7, C36 y D15 mostró condiciones de contaminación moderada; B7 y D15 presentaron mejor estado de calidad (contaminación ligera) (Fig. 3.3.2).

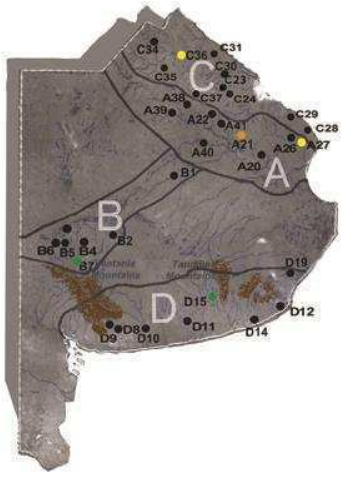

Fig. 3.3.2 Valores de calidad de los 5 sitios en los que se aplicó el índice IBPamp.
Ref.: negro = no estimados; amarillo = moderadamente contaminado; naranja = contaminado; verde= ligeramente contaminado

El índice IBMWP (Alba–Tercedor et al. 2002) indicó un estado de calidad deficiente (aguas contaminadas) para todos los sitios (Fig. 3.3.3).

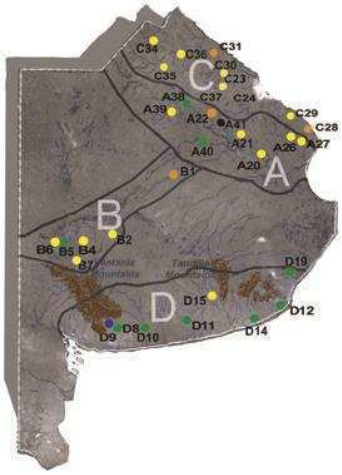

Fig. 3.3.3 Valores de calidad de los sitios de acuerdo al índice IBMWP.
Ref.: verde = aceptable (ligeramente contaminada); amarillo = deficiente (aguas contaminadas); naranja = malo (aguas muy contaminadas).

Comparando estos resultados podemos concluir que el índice IBMWP y el índice de diversidad H' tienen la misma lectura de calidad de los sitios, en tanto que IBPamp diferenció a los sitios B7 y D15 como de mejor calidad. Esto se corresponde a la forma en que está construido el índice; este último trabaja con una valoración de sensibilidad mayor por diferenciar algunos taxa a nivel de género, mejorando la calidad de la información utilizada.

Mediante un Análisis de Discriminante se testeó la significación de la respuesta de los índices (IBPamp e IBMWP) y ninguno de ellos mostró diferencias significativas entre las regiones (p>0,01) (Fig. 3.3.4).

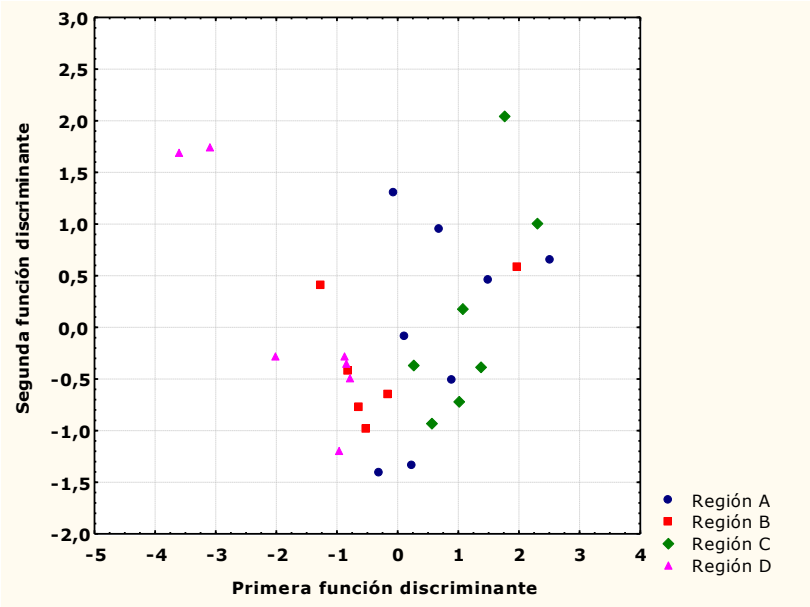

Fig. 3.3.4 Análisis de Discriminantes para los índices de calidad IBMWP e IBPamp.

Conclusión 3.-

El estado de calidad biótica no muestra asociación a la región hidrológica. Esto indicaría que estos índices no son sensibles para discriminar regiones, por lo tanto pueden aplicarse indistintamente en toda la provincia de Buenos Aires.

Los arroyos de las diferentes regiones presentan semejanzas permitiendo que se considere a todos ellos como un pool de muestras. Asimismo, los índices de calidad biótica aplicados responden de manera independiente a las regiones. A partir de estos resultados preliminares, y a fin de absorber las variaciones estacionales del ensamble de invertebrados en la aplicación de índices de calidad biótica, se decidió realizar una comparación temporal, y se consideró adecuado analizar cuatro sitios por región seleccionados al azar, en tres estaciones del año (otoño, primavera y verano). En el capítulo 4 se desarrollarán los análisis referidos a ese subconjunto de 16 arroyos.

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Biblioteca Digital FCEN-UBA

El capítulo 4 fue retirado a pedido del autor

At author's request chapter 4 has been withdrawn

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Biblioteca Digital FCEN-UBA

El capítulo 5 fue retirado a pedido del autor

At author's request chapter 5 has been withdrawn

BIBLIOGRAFÍA

Alba-Tercedor J. y A. Sánchez Ortega. 1988. **Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978)**. Limnética 4: 51-56.

Alba-Tercedor J. 1996. **Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos**. IV Simposio del Agua en Andalucía, Almería. II: 203-213**.**

Alba-Tercedor J., P. Jáimez-Cuellar, M. Alvarez, J. Avilés, N. Bonada, J. Casas, A. Mellado, M. Ortega, I. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, S. Robles, C. E. Sáinz-Cantero, A. Sánchez-Ortega, M. L. Suárez, M. Toro, M. R. Vidal-Abarca, S. Vivas y C. Zamora–Muñoz. 2002. **Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP´).** Limnética 21 (3 – 4): 175 -185. ISSN: 0213-8409.

Amato S. y A. Silva Busso. 2010. **Análisis Hidroestratigráfico y Arquitectura de Acuíferos de la Subregión Hidrogeológica Periserrana de Tandilia**. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Azul, Buenos Aires. Argentina. Actas Tomo I, 87-94.

Ameghino F. 1884. **Las secas y las inundaciones en la Provincia de Buenos Aires.** Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires (5º edición, 1984). La Plata. 52 pp.

A.P.H.A. 1995**. Standard Methods for the Examination of water and wastewater.** American Public Health Association. Washington D.C. 1268 pp.

Aristegui R., R. Righini y F. Taddei. 2011. **Influencia de la frontera marítima en trazado de isolíneas representativas de la distribución de la radiación solar en el sur de Sudamérica.** Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 15. Argentina.

Armitage P.D., D. Moss, J.F. Wright y M.T. Furse. 1983. **The perfomance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites.** Water Research 17: 333-347.

Auge M. 2008. **Regiones hidrogeológicas – República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza, Santa Fe.** http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/HidroGeoAmb.pdf. 289 pp.

Auge M. 2006. **Agua subterránea. Deterioro de calidad y reserva.** HidroRed-RedIRIS (Red Académica y Científica de España en Internet). http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/indexm.html. 1-169.

Bauer D. E., J. L. Donadelli, N. Gómez, M. Licursi, C.S. Ocón, A.C. Paggi, A. Rodrígues Capítulo y M. Tangorra. 2002. **Ecological status of pampean plain**

streams and rivers. Verhandlungen des International en Verein Limnologie 28: 259-262.

Barbour M. T., J. L. Plafkin, B. P. Bradley, C. G. Graves y R. W. Wisseman. 1992. **Evaluation of EPA's rapid bioassessment benthic metrics: metric redundancy and variability among reference stream sites.** Environmental toxicology and chemistry 11: 437-449.

Barbour M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder y J. B. Stribling. 1999. **Rappid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, EPA 841-B-99-002**. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Washington, D.C.

Bjørn W. y H. Gunnar. 2005. **Littoral microcrustaceans as indices of trophy.** Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 29: 827-829.

Bonada N., N. Prat, y (+ 21 autores). 2002. **Intercalibración de la metodología GUADALMED. Selección de un protocolo de muestreo para la determinación del estado ecológico de los ríos mediterráneos.** Limnética 21: 13-33.

Bonada N., N. Prat, V. H. Resh y B. Statzner. 2006. **Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis Of Recent Approaches**. Annual Review of Entomology 51: 495–523.

Bonetto A. A. y I.R. Wais. 1995. **Southern South American Streams and Rivers.** Chapter 9, pp 257-293. En: River and Stream Ecosystems. Ecosystems of the World. Vol. 22. Cushing, C.E., Cummins, K.W. & Minshall, G.W. [Eds.] Elsevier Sci. Publ. Amsterdam, Holanda.

Brown A., U. Martinez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (Eds.). 2006. **La Situación Ambiental Argentina 2005.** Fundación Vida Silvestre. Buenos Aires, Argentina. 587 pp.

Cabrera A.L. y E.M. Zardini. 1993. **Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires**. Acme. Buenos Aires. 755 pp.

Casset A., M.E. García, L. Fueyo Sánchez, L. Rocha, F. Momo y C. Feijoó 2007. **Estructura de la comunidad de invertebrados y estado ecológico de arroyos de la provincia de Buenos Aires (Argentina)**. III Reunión Binacional de Ecología. "Ecología: la teoría y sus aplicaciones". La Serena, Chile.

Casset M.A., M.E. García, L. Rocha y F. Momo. 2008. **¿Son necesarias líneas de base regionales para aplicar índices de Estado Ecológico?.** IV Congreso Argentino de Limnología. Bariloche (RN) Argentina.

Ceballos J.C., M.J. Bottino y R. Righini. 2005. **Radiación solar en Argentina estimada por satélite: algunas características espaciales y temporales.** www.gersolar.unlu.edu.ar

César I.I., C. Ocón, A.C. Paggi, A. Rodrigues Capítulo, F. Spaccesi, M. Tangorra y M.P. Tassara. 2000. **Diversidad de invertebrados bentónicos del Río de la Plata**. En: Biodiversidad en la franja costera sur del Río de la Plata: Fitoplancton, Zoobentos, Peces de la zona portuaria de la ciudad de Buenos Aires. Gómez, N. y A. Rodrigues Capítulo (Eds). 27-63.

Chutter F. M. 1972. **An empirical biotic index of the quality of wáter in south African streams and rivers.** Water Research 6: 19 – 30.

Claps M. C. y C. N. Skrupka. 1991. **Ambientes lóticos pampásicos (subcuenca Delta, Argentina). Algunos aspectos ecológicos.** Revista Brasileira de Biología 51: 65-70.

Collins P.A. 1999. **Feeding of *Palaemonetes argentinus* (Decapoda: Palaemonidae) from an oxbow lake of the Paraná river, Argentina.** Journal of Crustacean Biology 19 (3): 485-492.

Collins P. A. 2005. **A coexistence mechanism for two freshwater prawns in the Paraná river floodplain, Argentina**. Journal of Crustacean Biology 25 (2): 219-225.

Corigliano M. del C., A.M. Oberto, R.E. Príncipe, G.B. Raffaini y C.M. Gualdoni. 2008. **Calidad del espacio ribereño en el tramo urbano del Río Chorancharava (Río Cuarto, Prov. de Córdoba).** Revista Univ. Nac. Río Cuarto 28 (1-2): 55-66.

Cascarón-Arias C. 2009. **Diptera Simuliidae**. En: Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología**.** Cap.12. Domínguez, E. y H.R. Fernández (Eds). 1er Ed. Fundación Miguel Lillo. 365-381 pp. Tucumán.

Covich A., M.A. Palmer y T.A. Crowl. 2008. **The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems**. BioScience 49 (2): 119-127.

Cuezzo M.G. 2009. **Mollusca Gastropoda**. En: Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Cap.19. Domínguez, E. y H.R. Fernández (Eds.)1er Ed. Tucumán, Fundación Miguel Lillo. 595-629pp.

Cummins K.W., R.W., Merritt y P.C.N. Andrade, 2005. **The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil.** Studies on Neotropical Fauna and Environment 40 (1): 69-89.

Cummins K.W. y Klug M.J. (1979). **Feeding ecology of stream invertebrates**. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10: 147-172.

de Cabo L., S. Arreghini, A. Dorio, A. Rendina, M. Gargiela, R. Vella y C. Bonetto. 2000. **Impact of the Morón stream on water quality of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina).** Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales 2 (2): 123-130.

de la Fuente E.B. y S.A. Suárez. 2008. **Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura.** Ecología Austral 18 (3): 239-252.

Depetris P.J. 1995. **Los sedimentos fluviales y lacustres: granulometría y contenido de materia orgánica**. En: Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo I: 67-77. E. Lopretto y G. Tell, Directores. Ediciones Sur.

Directiva Marco del agua. 2000. **Indicadores de calidad para la clasificación del estado ecológico de las masas de aguas superficiales según la Directiva Marco del agua 2000/60/CE**

D.O.C.E. 2000**. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.** D.O.C.E. L 327 de 22.12.00. 69 pp.

Domínguez E. y H.R. Fernández. 1998. **Calidad de los ríos de la Cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico.** En: Serie Conservación de la Naturaleza (12) 39 pp.

Domínguez E., C. Molineri, y C. Nieto. 2009. **Ephemeroptera**. En: Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Cap. 3. Domínguez, E. y H.R. Fernández (Eds.) 1er Ed., Fundación Miguel Lillo. Tucumán. 55-93 pp.

Domínguez E. y H.R. Fernández. 2009**. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología.** 1er Ed. Tucumán, Fundación Miguel Lillo. 654 pp.

Food and **A**griculture **O**rganization (F.A.O). 2012. **Manual for Local Level Assessment of Land degradation and sustainable land management (Part. 1): El agua en el mundo.** www.fao.org

Feijoó C., A. Giorgi, M.E. García y F. Momo. 1999. **Temporal and spatial variability in streams of a pampean basin.** Hidrobiología 394: 41-52.

Feijoó C., L. Rigacci y S. Doyle. 2005. **Ecological regionalization of pampean streams in Argentina**. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 29: 748-753.

Feijoó C. 2007. **La destrucción morfológica y biológica de los arroyos pampeanos.** En: Dimensiones humanas del cambio ambiental en Argentina: hacia la construcción de una agenda científica ambiental interinstitucional. Resultados del 1º Taller sobre Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental en Argentina. E. Tancredi y N. Da Costa Pereira, Coord. Dpto. de Cs. Sociales, UNLu. 1º Ed. www.ihdp-argentina-unlu.edu.ar

Feijoó C.S. y R.J. Lombardo. 2007. **Baseline water quality and macrophyte assemblages in Pampean stream: A regional approach**. Water Research 41: 1399–1410.

Fernández H.R. y E. Domínguez, Eds. 2001. **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos.** Ed. Univ. de Tucumán, pp 282.

Fernández H., E. Domínguez, F. Romero y G. Cuezzo. 2006. **La calidad del agua y la bioindicación en ríos de montaña del Noroeste Argentino.** Serie Conservación de la Naturaleza Nº 16. Fundación Miguel Lillo. Tucumán Argentina. 36pp.

Fernández L. y J.A., Schnack. 1977. **Estudio preliminar de la fauna bentónica en tramos poluídos de los arroyos Rodríguez y Carnaval (Provincia de Buenos Aires).** Ecosur, Argentina 4: 103-115.

Fernández L.A. 2008. **The annual life history of a population of *Derallus angustus* Sharp (Coleoptera, Hydrophilidae).** Revista de Biología Tropical. San José de Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 56 (1): 345-348. ISSN 0034-7744.

Ferreiro N. A., 2012. **Influencia de la heterogeneidad ambiental de los lechos de macrófitas en los organismos acompañantes en un arroyo pampeano.** Tesis doctoral. Biblioteca digital FCEN–UBA, 171 pp.

Figueroa R., C. Valdovinos, E. Araya y O. Parra. 2005. **Simplificación en el uso de macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de las aguas en sistemas fluviales**. *INCI*. [online] 30 (12): 770-774.

Frenguelli J. 1956. **Rasgos generales de la hidrografía de la provincia de Buenos Aires.** LEMIT serie II: 1-19.

Friedrich G., D. Chapman y A. Beim, 1992. Chapter 5: **The use of biological material.** In Chapman, D., (Ed). Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Chapman & Hall London.

Gabellone N. A., L.C. Solari, M.C. Claps, M.E Mac Donagh, H.Benitez, M. Ardohain y G. Ruiz. 2000**. Estado trófico de la laguna San Miguel del Monte, Bs. As. (Pdo. De San Miguel del Monte, Bs. As.**) Diversidad y ambiente 1: 29-35.

Gabellone N. A., L.C. Solari y M.C. Claps. 2001**. Planktonic and physical dynamics of a markedly fluctuate backwater pond in a plain basin (Salado river, Buenos Aires, Argentina)**. Lakes & Reservoirs: Research and Management 6 (2): 133-142.

Gabellone N.A., L.C. Solari y M. Ardohain. 2002. **Change of the trophic status of a pampean shallow lake: causes and consequences.** Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 28: 1626-1629.

Gabellone N.A., L.C., Solari, M.C., Claps y N., Neschuk. 2008. **Chemical classification of the water in a lowland river basin (Salado River, Buenos Aires, Argentina) affected by hydraulic modifications**. Environmental Geology. Springer 53 (6): 1353-1363.

Gantes P., A. Sánchez Caro, A. Torremorell y M. Sciorra. 2007. **Una herramienta para la evaluación del funcionamiento de los cursos de agua**. En: Tancredi, E. y N. Da Costa Pereira (Coord.) Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental Interinstitucional. 233-238 pp

García M.E., A. Rodrigues Capítulo y L. Ferrari. 2009. **El ensamble de invertebrados y la calidad del agua: indicadores taxonómicos y funcionales en arroyos pampeanos**. Biología Acuática (26):109-120.

Gardolinski P.C.F.C., G. Hanrahan, E.P. Achterberg, M. Gledhill, A.D. Tappin, W.A. House y P.J. Worsfold. 2001. **Comparison of sample storage protocols for the determination of nutrients in natural waters**. Water Research 35: 3670–3678.

Ghetti P.F. 1986. **I macroinvertebrati nell´analisi di qualitá dei corsi d´acqua. Trento: Provincia Autonoma di Trento.** Manuale di applicazione. Volume allegato agli atti del convegno "esperienze e confronti nell´applicazione degli indici biotici in corsi d´acqua italiani", 169 pp.

Giorgi A. y B. Tiraboschi. 1999. **Evaluación experimental del efecto de dos grupos de macroinvertebrados (anfípodos y gasterópodos) sobre algas epífitas.** Ecología Austral 9: 35-44.

Giorgi A., M.E. García, C. Feijóo, W. Cuevas y A. Gómez Vázquez. 2000. **Estudio comparativo de los principales arroyos afluentes del río Luján (Argentina).** Ecología Latinoamericana. Pefaur J.E. (eds.) Mérida. 99-105.

Giorgi A., C. Feijoó y G. Tell. 2005. **Primary producers in a Pampean stream: Temporal variation and structuring role.** Biodiversity and Conservation 14: 1699-1718.

Giorgi A. 2007. **Problemática del Arroyo Gutiérrez**. En: Dimensiones humanas del cambio ambiental en Argentina. Hacia la construcción de una Agenda Científica Ambiental Interinstitucional. 1º Taller sobre dimensiones Humanas del Cambio Ambiental en Argentina. Univ. Nac. De Luján, Dpto. de Cs. Básicas.

Giraut M.A., R. Aguglino, C. Lupano, E. Bozzarello, J. Cornejo y C. Rey. 2007. **Regiones hídricas superficiales de la provincia de Buenos Aires – Actualización cartográfica digital**. Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Mar del Plata, Argentina.

Goethals P.L.M., A.P. Dedecker, W. Gabriels, S. Lek y N. De Pauw. 2007. **Applications of artificial neuronal networks predicting macroinvertebrates in freshwaters.** Aquatic Ecology 41: 491-508.

Gómez S.E. y N.I. Toresani. 1999. **Región 3–Pampas.** En: Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. Canevari, P., Blanco, D.E., Bucher, E., Castro, G. y Davidson, I. 1999. Wetlants Internacional. 46 (XIII). 208 pp.

Gómez N., M. Licursi y J. Cochero. 2009. **Seasonal and spatial distribution of the microbenthic communities of the Rio de la Plata estuary (Argentina) and possible environmental controls***.* Marine Pollution Bulletin. 58 (6): 878-887.

Grossi Gallegos H. y R. Righini. 2007. **Atlas de Energía solar de la República Argentina.** www.gersol.unlu.edu.ar/pagina3.htm.

Gualdoni C.M., C.A. Duarte y E.A. Medeot. 2011. **Estado Ecológico de dos arroyos serranos del sur de Córdoba, Argentina.** Ecología Austral 21:149-162.

Hakenkamp C.C. y A. Morin. 2000. **The importance of meiofauna to lotic ecosystem functioning**. Freshwater Biology 44: 165-175.

Harding J. S., E.F. Benfield, P.V. Bolstad, G. S. Helfman y E. B. D. Jones III. 1998. **Stream biodiversity: The ghost of land use past.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United states of America. 95: 14843-14847.

Hauer F.R. y V.H. Resh. 1996. **Benthic Macroinvertebrates**. Cap. 16. En: Methods in Streams Ecology. Second Edition. Hauer, F.R. and Lamberti. G.A. Academic Press. San Diego, California. USA. 339-369 pp.

Hilsenhoff W.L. 1977. **Use of arthropods to evaluate water quality of streams.** Wisconsin Department of Natural Resource, Technical Bulletin 132, 22 pp.

Ituarte C. 2009. **Mollusca: Bivalvia**. En: Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología**.** Cap. 18. Domínguez, E. y H.R., Fernández (Eds.). 1er Ed. Fundación Miguel Lillo. 567-594 pp. Tucumán.

Jayawickreme D., C.S. Santoni, J.H. Kim, E.G. Jobbăgyand y R.B. Jackson. 2011. **Changes in hydrology and salinity accompanying a century of agricultural conversion in Argentina.** Ecological Applications 21: 2367-2379.

Jergentz S., H. Mugni, C. Bonetto y R. Schuls. 2004. **Runoff-Related Endosulfan Contamination and Aquatic Macroinvertebrate Response in Rural Basins Near Buenos Aires, Argentina.** Archives of Environmental Contamination and Toxicology 46: 345–352.

Lahitte H.B., J.A. Hurrell, M.J. Belgrano, L.S. Jankowski, K. Mehltreter y otros. 2004. **Biota Rioplatense I. Plantas de la Costa.** Ed. L.O.L.A. Buenos Aires. 200 pp.

Licursi M. y N. Gómez. 2003. **Aplicación de Índices bióticos en la evaluación de la calidad del agua en sistemas de la llanura pampeana a partir del empleo de diatomeas.** Biología Acuática 21: 31-49.

Lopretto E.C. y G. Tell. 1995. **Ecosistemas de aguas continentales.** Tomos I, II y III. Ediciones Sur, La Plata. 1401 pp.

Lounaci A., S. Brosse, A. Thomasand y S. Lek. 2000. **Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian streams: the Sébaou wadi.** Annales de Limnologie 36 (2): 123-133.

Lozano F., J. Muzón y S. Torres. 2008. **Clave ilustrada para la identificación del último estadío larval del suborden Zygoptera (Odonata) de la provincia de Buenos Aires, Argentina**. VII Congreso Argentino de Entomología. Huerta Grande, Córdoba, Argentina.

Manuel-Navarrete D., G.C. Gallopín, M. Blanco, M. Díaz Zurita, D.O. Ferraro, H. Herzer, P. Laterra, M.R. Murmis, G.P. Podestá, J. Rabinovich, E.H. Satorre, F. Torres y E.F. Viglizzo. 2009. **Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas**. Environment Development and Sustainability 11: 621-638.

Marchese M., A. R. Rodríguez, P.J. Pavé y M.R. Carignano. 2008. **Benthic invertebrates structure in wetlands of a tributary of the middle Parana River (Argentina) affected by hydrologic and anthropogenic disturbances.** Journal of Environmental Biology 29 (3): 343-348.

Marchese M. 2009. Cap. 17. **Annelida Oligochaeta**. En Domínguez, E. y H.R., Fernández (Eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. 1er Ed. Tucumán, Fundación Miguel Lillo. 551-565 pp

Margalef R. 1982. **Ecología**. Ed. Omega. Barcelona. 951 pp.

Margalef R. 1983. **Limnología.** Ediciones Omega. Barcelona. 1010 pp.

Margalef R. 1994. **El río planetario**. Tankay 1: iii-xi.

Massobrio M. J., M.G. Castiglioni, C.I. Chagas y O.J. Santanatoglia. 1999. **Análisis de sensibilidad de un modelo predictivo distributivo de producción de sedimentos y nutrientes asociados (agnps), en una microcuenca del arroyo del Tala, Argentina**. Terra 16 (4): 371-377.

McCune B. y J.B. Grace. 2002. **Analysis of ecological communities.** MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, 300 pp.

Miserendino M.L. y L.A. Pizzolón. 1999. **Rapid assessment of river water quality using macroinvertebrates: a family level biotic index for the patagonic andean zone.** Acta Limnologica Brasiliensia 11 (2): 137-148.

Miserendino M.L. 2007**. Macroinvertebrate functional organization and water quality in a large arid river from Patagonia (Argentina)**. Ann. Limnol. 43 (3):133-145.

Modenutti B., R. Albariño, M. Bastidas Navarro, V. Díaz Villanueva, M.S. Souza, C. Trochine, C. Laspoumaderes, F. Cassolo, G. Mariluán, L. Buria y E. Balseiro. 2010. **Structure and dynamic of food webs in Andean North Patagonian freshwater system: organic matter, ligth and nutrient relationships.** Ecología Austral 20: 95-114.

Momo F., M.A. Casset, P. Gantes, A.M. Torremorell y R.M. Perelli. 2006. **Relationship between micro-invertebrates and macrophytes in a wetland: Laguna Iberá (Corrientes, Argentina), implications for water quality monitoring.** Environmental Monitoring and Assessment. 112: 271-281.

Mugni H., S. Jergentz, R. Schulz y C. Bonetto. 2003. **Contaminación por pesticidas y su efecto sobre macroinvertebrados acuáticos en cuencas agrícolas (Buenos Aires, Argentina).** Toxicología y química Ambiental. Contribuciones para un desarrollo sustentable. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Buenos Aires, 54-56.

Munné A., C. Solá y N. Prat. 1998. **QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera.** Artículos técnicos. En: Tecnología del Agua 175: 20-37.

Oberdorff T., D. Pont, B. Hugueny y J.P. Porcher. 2002. **Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France**. Freshwater Biology 47 (9): 1720-1734.

Ocón C. S. y A. Rodrigues Capítulo. 2004. **Presence and abundance of Ephemeroptera and other sensitive macroinvertebrates in relation with habitat conditions in pampean streams (Buenos Aires, Argentina).** Archiv Fur Hydrobiologie 159 (4): 473-487.

Olivier S.R. 1959. **Sequías, inundaciones y aprovechamiento de las lagunas bonaerenses, con especial referencia al desarrollo futuro de la piscicultura.** Agro 1 (2): 1-94.

Paggi A. 2009**. Diptera Chironomidae**. Cap. 13. En Domínguez E. y H.R. Fernández (Eds.)**.** Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. 1er Ed. Tucumán, Fundación Miguel Lillo. 383-409 pp.

Paggi A. 2003. **Los quironómidos (Diptera) y su empleo como bioindicadores.** Biología Acuática 21: 50-57.

Palmer M.A. y D.L. Strayer. 1996. **Meiofauna**. Chap. 15. En: Methods in Stream Ecology. Ed. F.R. Hauer/ G.A. Lamberti. Accademic Press. 415-433.

Pavé P. y Marchese M. 2005. **Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina)**. Ecología Austral. 15: 183-197.

Poff N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegaard, B.D. Richter, R.E. Sparks y J.C. Stromberg. 1997. **The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration.** Bioscience 47: 769-784.

Poi de Neiff A. y J.J. Neiff. 2006. **Riqueza de especies y similaridad de los invertebrados que viven en plantas flotantes de la planicie de inundación del río Paraná (Argentina).** Interciencia 31 (3): 220-225.

Prat N., A. Munné, M. Rieradevall, C. Solá y N. Bonada. 1999. **ECOBILL. Un protocolo para determinar el ESTADO ECOLOGICO de los ríos Mediterráneos.** Departament d´Ecologia. Universitat de Barcelona. 44 pp.

Prat N., B. Ríos, R. Acosta y M. Rieradevall. 2009. **Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas**. Cap 20. En: Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología**.** Domínguez, E. y H.R., Fernández, 2009. Eds. Tucumán, Fundación Miguel Lillo. 631- 654pp.

Príncipe R.E., C.M. Gualdoni, A.M. Oberto, G. Raffaini y M.C. Corigliano. 2010. **Spatial-temporal patterns of functional feeding groups in mountain streams of Córdoba, Argentina**. Ecología Austral 20: 257- 268.

Quaíni K.P., L.C. Solari y G.C. Ruiz. 2008. **Fitoplancton de una laguna Pampásica (Buenos Aires): Grupos funcionales***.* Biología Acuática. La Plata 24: 157-164. ISSN 0326-1638.

Quirós R., M.B. Boveri, C.A. Petracchi, A.M. Rennella, J.J. Rosso, A. Sosnovsky y H.T. von Bernard. 2005. **Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. En Eutrofização na América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologías de gestão.** Rede EUTROSUL, PROSUL, São Carlos, Brasil. Second Draft, 1- 15.

Radwell A.J. y A.V. Brown. 2008. **Benthic meiofauna assemblage structure of headwater streams: density and distribution of taxa relative to substrate size**. Aquatic Ecology 42: 405-414.

Resh V.H., R.H. Norris y M.T. Barbour. 1995. **Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates.** Australian Journal of Ecology 20: 108-121.

Ringuelet R.A., 1962. **Ecología acuática continental.** Ed. Eudeba, Buenos Aires, 138 pp.

Righini R., H., Grossi Gallegos y C., Raichijk, 2005. **Approach to drawing new global solar irradiation contour maps for Argentina.** Renovable Energy 30: 1241-1255.

Rocha L., M.A. Casset, L. Sabatté, M. Piscitelli, A. Sfeir y M. Massobrio. 2010. **Indices bióticos: su uso para el diagnóstico de la calidad ecológica y capacidad metabólica de un sistema fluvial**. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, Argentina 689-696.

Rodrigues Capítulo A., M. Tangorra y C. Ocón, 2001. **Use of benthic macroinvertebrates to assess the biological status of Pampean streams in Argentina.** Aquatic Ecology 35: 109-119.

Rodrigues Capítulo A., A. C. Paggi y C.S. Ocón. 2002. **Zoobenthic communities in relation with the slope, substrate heterogeneity and urban disturbances in pampean hills streams (Argentina).** Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 28: 1267-1273.

Rodrigues Capítulo A., C.S. Ocón y M. Tangorra. 2003. **Una visión bentónica de los ambientes lóticos del NE de la provincia de Bs. As.** En: Diatomeas y macroinvertebrados bentónicos en el monitoreo de sistemas lóticos bonaerenses. Rodrigues Capítulo, A. y N. Gómez (Eds.). Biología Acuática 21: 1-18. ISSN 1668- 4869**.** Instituto de Limnología Dr. R.A. Ringuelet.

Rodrigues Capítulo A. y N. Gómez (Eds.). 2004. **Diatomeas y macroinvertebrados bentónicos en el monitoreo de sistemas lóticos bonaerenses**. Biología Acuática 21: 1-18. ISSN 1668- 4869**.** Instituto de Limnología Dr. R.A. Ringuelet.

Rodrigues Capítulo A., N. Gómez, A. Giorgi y C. Feijoó. 2010. **Global changes in pampean lowland streams (Argentina): implications for biodiversity and functioning.** Hidrobiologia 657: 53-70.

Rosemberg D.M. y V.H. Resh (Eds), 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** Chapman and Hall, New York. 488 pp.

Rueda J., G. Tapia, R. Hernández y F. Martínez López. 1998. **El Río Magro, Parte I: Evaluación de su calidad Biológica mediante la aplicación del BMWP´ y del ASPT´.** Ecología 12: 135-150.

Sala J.M. y M.P. Auge. 1970. **Algunas características geohidrológicas del noreste de la provincia de Buenos Aires.** Actas de las Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas 2: 321–336.

Sala J.M., N. González y E. Krause. 1983. **Generalización hidrológica de la Provincia de Buenos Aires.** Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras: 974-1009. Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional. Olavarría, Bs. As, Argentina.

Sand-Jensen K., E. Jeppensen, K. Nielsen, L. Van Der Bijl, L. Hjermind, L.W. Nielsen y T.M. Iversen. 1989. **Growth of macrophytes and ecosystem consequences in a lowland Danish stream.** Freshwater Biology 22:15-32.

Solimini A.G., G. Singer, E. Marti, T.J. Battin, S. Gafny, M. Gerino, M. Morais, M.A. Puig, M.Push, A. Ruggiero, C. Voreadou y F. Sabater. **Nutrient transient storage by the invertebrate assemblage in streams with contrasting nutrient loads**. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 29: 807-810. 2005.

Spaccesi F. y A. Rodrigues Capítulo. 2009. **Benthic invertebrate assemblage along a brackish plain river in South America (Samborombón river, Argentina).** Aquatic Ecology 43 (4): 1011-1022.

StatSoft Inc. 2001. **STATISTICA (data analysis software system), version 6.** www.statsoft.com

Tangorra M., C. Ocón y A. Rodrigues Capítulo. 2000. **Aplicación de indices bióticos en cuerpos lóticos Pampásicos**. Actas XVIII Congreso Nacional del Agua. Santiago del Estero, Argentina 101-109.

Tripole E.S. y M. del C. Corigliano. 2005. **Acid stress evaluation using multimetric índices in the Carolina stream (San Luis, Argentina).** Acta Limnologica Brasiliensia 17 (1): 101-114.

Triska F.J., J.H. Duff, E. Warren, E.M. Godsy, A.P. Jackman y R.J. Avanzino. 2006. **High and low flow nitrate distrubution and its implications for nitrate retention in Navigator Pool 8, Upper Mississippi River (UMR), and high-nitrate tributary, the Root River, USA.** Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 29: 1729-1735.

Troitiño E., A. Giorgi y C. Costa. 2007. **¿Es importante proteger los afluentes del río Reconquista?.** En: Dimensiones humanas del cambio ambiental en Argentina: hacia la construcción de una agenda científica ambiental interinstitucional. Resultados del 1º Taller sobre Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental en Argentina. E. Tancredi y N. Da Costa Pereira, Coord. Dpto. de Cs. Sociales, UNLu. 1º Ed. 267-274.

Vannote R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell y C.E. Cushing. 1980. **The River Continuum Concept.** Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences 37:130-137.

Vergara Olaya, D.L. 2009. **Entomofauna lótica bioindicadora de la calidad del agua.** Tesis de grado para optar el titulo de Magister Scientiae de la Universidad Nacional de Colombia, 88 pp.

Viglizzo E., A.J. Pordomingo, M.G. Castro y F.A. Lértora. 2002. **La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad ó pesadilla?** Ciencia Hoy 12 (68): 38-51.

Viglizzo E.F., F.C. Frank y L. Carreño. 2006. **Situación ambiental en las ecorregiones pampa y campos y malezales.** En: La situación ambiental argentina 2005 (on-line). Brown, A., U., Martínez Ortiz, M., Acerbi y J., Corcuera (Eds.). Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, 587pp.

Vilches C.S. 2005.**Comparación del metabolismo en productores del arroyo Las Flores.** Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Luján, 63 pp.

Walley W.J. y H.A. Hawkes. 1997. **A Computer-Based Developement of the Biological Monitoring Working Party Score System Incorporating Abundance Rating, Site Type and Indicator Value.** Water Research 31 (2): 201-210.

Westlake D.F. 1975. **Macrophytes.** En: Whitton, B.A. (Ed.), River Ecology. Studies in Ecology. Volume 2, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, 106-128.

Wetzel R.G. 2001. **Limnology, Lake and River Ecosystems.** Ed Elsevier. 3º Ed. 1006 pp.

Wilhm J.F., T.C. Dorris. 1968. **Biological parameters of water quality**. Bioscience 18: 447-481.

Woodiwiss F. S. 1978. **Biological Water Assessment Methods. Sevem-Trent River Authorities**. U.K.

Zar J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall. 663 pp.

ANEXO CAPÍTULO 2

Tabla 2.2.3 Grupos Funcionales Alimentarios asignados a cada taxa según [(1)]Barbour et al. 1999, [(2)]Cummins et al. 2005. Referencias: PR: predador, OM: omnívoro, SH: desmenuzador, FC: filtrador colector, GC: colector recolector, SC: raspador.

Taxa	**Grupo Funcional Alimentario**	
	EPA[(1)]	**Cummins[(2)]**
Ph. Cnidaria		
Cl. Hydrozoa		
Or. Hydroida	PR	
Ph. Platyhelminthes		
Cl. Tricladida	OM	PR
Cl. Temnocephala	PR	PR
Ph. Nematoda	PR	
Ph. Gastrotricha	GC	
Ph. Tardígrada	PR	
Ph. Mollusca		
Cl. Gastropoda		
Fam. Ampullaridae	SC	SC
Fam. Ancylidae	SC	SC
Fam. Chilinidae	SC	SC
Fam. Hydrobiidae	SC	SC
Fam. Lymnaeidae	SC	SC
Fam. Physidae		
Fam. Planorbidae	SC	SC
Fam. Succineidae	SC	SC
Cl. Bivalvia		
Fam. Corbiculidae	FC	FC
Fam. Hyriidae		
Fam. Sphaeriidae	FC	FC
Ph. Annelida		
Cl. Hirudinea	PR	PR
Cl. Oligochaeta	GC	GC
Ph. Arthropoda		
Subph. Cheliceriformes		
Cl. Chelicerata		
Or. Acari	PR	PR
Subph. Hexapoda		
Cl. Entognatha		
Or. Collembola	GC	
Cl. Insecta		
Or. Ephemeroptera		

Fam. Baetidae	GC	GC
Fam. Caenidae	GC	GC
Fam. Euthyplociidae	GC	GC
Fam. Leptohyphidae	GC	GC
Or. Odonata		
Fam. Aeschnidea	PR	PR
Fam. Coenagrionidae	PR	PR
Fam. Gomphidae	PR	PR
Fam. Lestidae	PR	PR
Fam. Libellulidae	PR	
Or. Heteroptera		
Fam. Belostomatidae	PR	PR
Fam. Corixidae		SC
Fam. Gelastocoridae	PR	
Fam. Hebridae	PR	
Fam. Mesoveliidae	PR	
Fam. Notonectidae	PR	
Fam. Pleidae	PR	PR
Fam. Veliidae	PR	
Or. Coleoptera		
Fam. Curculionidae	SH	
Fam. Dityscidae	PR	PR
Fam. Elmidae	GC	GC
Fam. Gyrinidae	PR	PR
Fam. Hidrochidae	PR	
Fam. Hydrophilidae	PR	PR
Fam. Noteridae	PR	PR
Fam. Psephenidae	SC	SC
Fam. Scirtidae		SC
Fam. Staphylinidae	PR	PR
Or. Diptera		
Fam. Ceratopogonidae	PR	PR-GC
Fam. Chironomidae	GC	GC
Fam. Culicidae	GC	FC
Fam. Dixidae	GC	FC
Fam. Dolichopodidae	PR	PR
Fam. Dryopidae	SH	SH
Fam. Empididae		PR
Fam. Ephydridae	GC	
Fam. Muscidae	PR	
Fam. Psychodidae	GC	SC-GC
Fam. Sciomyzidae	PR	
Fam. Simuliidae	FC	FC
Fam. Stratiomyidae	GC	GC
Fam. Syrphidae	GC	FC
Fam. Tipulidae	SH	PR
Or. Trichoptera		
Fam. Glossosomatidae	SC	SC

Fam. Hydrobiosidae	PR	PR
Fam. Hydropsychidae	FC	FC
Fam. Hydroptilidae	SC	SC
Fam. Leptoceridae	GC	SH-PR-FC
Fam. Limnephylidae		SH
Fam. Philopotamidae	FC	FC
Subph. Crustacea		
Cl. Malacostraca		
Subcl. Eumalacostraca		
Or. Amphipoda		
Fam. Hyalellidae	GC	SH
Or. Decapoda		
Fam. Aeglidae	GC	SH
Fam. Palaemonidae	OM	SH
Subcl. Copepoda		
Or. Calanoidea	GC	
Or. Ciclopoidea	FC	
Or. Harpacticoidea	GC	
Subcl. Ostracoda	GC	GC
Cl. Branchiopoda		
Or. Diplostraca		
Suborden Cladocera	FC	

Tabla 2.2.4 Puntuación asignada a cada taxa en los índices bióticos utilizados para la evaluación del estado ecológico ([1]Alba-Tercedor et al. 2002, [2]Rodrigues Capítulo et al. 2003).

Taxa	**IBMWP[1]**	**IMRP[2]**
Ph. Cnidaria		
Cl. Hydrozoa		
Or. Hydroida		1
Ph. Platyhelminthes		
Cl. Tricladida	5	0,5
Cl. Temnocephala	5	0,5
Ph. Nematoda		0,1
Ph. Gastrotricha		0,35
Ph. Tardígrada		0,25
Ph. Mollusca		
Cl. Gastropoda		0,5 - 0,6
Fam. Ampullaridae	3	
Fam. Ancylidae	6	
Fam. Chilinidae	6?	
Fam. Hydrobiidae	3	

Fam. Lymnaeidae	3	
Fam. Physidae		
Fam. Planorbidae	3	
Fam. Succineidae		
Cl. Bivalvia		0,5 - 0,6
Fam. Corbiculidae	6	
Fam. Hyriidae		
Fam. Sphaeriidae	3	
Ph. Annelida		
Cl. Hirudinea	3	0,5 – 0,6
Cl. Oligochaeta	1	
Fam. Enchytraeidae		0,13 - 0,15
Fam. Lumbriculidae		0,2 - 0,3
Fam. Naididae		0,2 - 0,3
Fam. Tubificidae		0,13 - 0,15
Ph. Arthropoda		
Subph. Cheliceriformes		
Cl. Chelicerata		
Or. Acari	4	0,3
Subph. Hexapoda		
Cl. Entognatha		
Or. Collembola	4	0,2
Cl. Insecta		
Or. Ephemeroptera		1,1 – 1,9
Fam. Baetidae	4	
Fam. Caenidae	4	
Fam. Euthyplociidae		
Fam. Leptohyphidae	10	
Or. Odonata		1,2 - 1,6
Fam. Aeschnidea	8	
Fam. Coenagrionidae	6	
Fam. Gomphidae	8	
Fam. Lestidae	8	
Fam. Libellulidae	8	
Or. Heteroptera		0,7 – 0,9
Fam. Belostomatidae	3?	
Fam. Corixidae	3	
Fam. Gelastocoridae		
Fam. Hebridae	4?	
Fam. Mesoveliidae	3	
Fam. Notonectidae	3	
Fam. Pleidae	3	
Fam. Veliidae		
Or. Coleoptera		0,3 – 0,4
Fam. Curculionidae	4	
Fam. Dityscidae	3	
Fam. Elmidae	5	
Fam. Gyrinidae	3	

Fam. Hidrochidae	5	
Fam. Hydrophilidae	3	
Fam. Noteridae		
Fam. Psephenidae		
Fam. Scirtidae		
Fam. Staphylinidae	4?	
Or. Diptera		
Fam. Ceratopogonidae	4	0,4
Fam. Chironomidae	2	0,3 – 0,6
Fam. Culicidae	2	0,3
Fam. Dixidae	4	
Fam. Dolichopodidae	4	
Fam. Empididae		
Fam. Ephydridae	2	0,2
Fam. Muscidae	2	
Fam. Psychodidae	4	0,1
Fam. Sciomyzidae	4	
Fam. Simuliidae	5	1,7
Fam. Stratiomyidae	4	0,2
Fam. Syrphidae	1	
Fam. Tabanidae		0,3
Fam. Tipulidae	5	0,3
Or. Trichoptera		1,5 – 2,0
Fam. Ecnomidae	7	
Fam. Glossosomatidae	8	
Fam. Hydrobiosidae		
Fam. Hydropsychidae	5	
Fam. Hydroptilidae	6	
Fam. Leptoceridae	10	
Fam. Limnephylidae	7	
Fam. Philopotamidae	8	
Subph. Crustacea		
Cl. Malacostraca		
Subcl. Eumalacostraca		
Or. Amphipoda		0,9
Fam. Hyalellidae	6	
Or. Decapoda		1,5
Fam. Aeglidae	7?	
Fam. Palaemonidae	7	
Subcl. Copepoda		
Or. Calanoidea		0,35
Or. Ciclopoidea		0,35
Or. Harpacticoidea		0,4
Subcl. Ostracoda	3	0,4
Cl. Branchiopoda		
Or. Diplostraca		
Suborden Cladocera		0,5 - 0,6

Tabla 2.2.4.a Clases de calidad de agua basadas en el índice IBMWP.

Valor	Calidad del agua (*)
> 120	Muy buena (Aguas muy limpias)
101 – 120	Muy buena (Aguas limpias)
61 – 100	Aceptable (Aguas ligeramente contaminadas)
36 – 60	Deficiente (Aguas contaminadas)
16 – 35	Malo (Aguas muy contaminadas)
< 16	Aguas fuertemente contaminadas

*() Calidad del agua según BMWP'

Tabla 2.2.4.b Clases de calidad de agua basadas en el índice IMRP.

Valor	Calidad del agua
12,1 – 20	Contaminación leve a nula
8 – 12	Contaminación escasa
4 – 7,9	Contaminación débil
2,6 – 3,9	Contaminación moderada
1,1 – 2,5	Contaminación fuerte
0 – 1	Contaminación muy fuerte

Tabla 2.2.5 En página VII.

Tabla 2.2.6 Clases de calidad de agua basadas en el índice H'.

Valor	Calidad del agua
> 3	Agua limpia
1 a 3	Contaminación moderada
< 1	Contaminación severa

Tabla 2.2.5 Puntuación asignada a cada taxa en el índice IBPamp para arroyos pampeanos con condiciones lénticas(Rodrigues Capítulo et al. 2001).

Grupo faunístico		Número total de Unidades Sistemáticas (U.S) presentes						
		0-1	**2-5**	**6-10**	**11-15**	**16-20**	**21-25**	**>26**
1. Trichoptera con estuche (Leptoceridae)	> 1 U.S	-	-	9	10	11	12	13
	Solo 1 U.S	-	-	8	9	10	11	12
2. Otros Trichoptera, Lestidae, Elmidae, Gomphidae, Unionidae	> 1 U.S	-	6	7	8	9	10	11
	Solo 1 U.S	-	5	6	7	8	9	10
3. Ancylidae, Decapoda, Aeshnidae, Simuliidae	> 1 U.S	-	4	5	6	7	8	9
	Solo 1 U.S	-	3	4	5	6	7	8
4. Otros Coleoptera, Ephemeroptera (excepto Caenidae), Libellulidae	Todas las U.S anteriores (1,2,3) ausentes	-	3	4	5	6	7	-
5. Coenagrionidae, Caenidae, Heteroptera, Amphipoda	Todas las U.S anteriores (1,2,3,4) ausentes		2	3	4	5		
6. Tubificidae, Chironomidae rojos, Physidae, Culicidae	Todas las U.S anteriores (1,2,3,4,5) ausentes	1	1	2	3			
7. Syrphidae, Enchitraeidae, Psychodidae	Todas las U.S anteriores (1,2,3,4,5,6) ausentes	-	0	1	2			

Valor	**Calidad del agua**
10 – 13	No contaminado
8 – 9	Ligeramente contaminado
6 -7	Moderadamente contaminado
4 – 5	Contaminado
1 – 3	Muy contaminado

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Biblioteca Digital FCEN-UBA

El Anexo 3 fue retirado a pedido del autor

At author's request Anexo 3 has been withdrawn

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Biblioteca Digital FCEN-UBA

El Anexo 4 fue retirado a pedido del autor

At author's request Anexo 4 has been withdrawn

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Biblioteca Digital FCEN-UBA

El Anexo 5 fue retirado a pedido del autor

At author's request Anexo 5 has been withdrawn