

## ***Limnoperna fortunei* (DUNKER 1857) EN EL SISTEMA DE EMBALSES DEL RÍO NEGRO, URUGUAY**

Ernesto Brugnoli<sup>1\*</sup>, María Jesús Dabezies<sup>2</sup>, Juan M. Clemente<sup>2</sup> & Pablo Muniz<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de la República, Facultad de Ciencias, IECA, Oceanografía & Ecología Marina, Iguá 4225, CP 11200, Montevideo, Uruguay.

<sup>2</sup>Laboratorio Tecnológico de Uruguay (LATU), Departamento Medio Ambiente. Av. Italia 6201, CP 11500, Montevideo, Uruguay.

Email: ebo@fcien.edu.uy, mdabez@latu.org.uy, jcleme@latu.org.uy, pmmaciel@fcien.edu.uy

### **RESUMEN**

*Limnoperna fortunei* es una especie de molusco invasor reportado en la cuenca del Plata desde 1991, invadiendo los principales sistemas hídricos de la región, afectando las infraestructuras humanas y ocasionando alteraciones ecológicas. En Uruguay se reporta en cinco de las seis principales cuencas hidrográficas, incluyendo el sistema de embalses del Río Negro desde 1999. El desarrollo de estrategias de control poblacional para mitigar los efectos ocasionados por esta especie requiere de estudios básicos sobre su ciclo biológico. El presente trabajo describe el ciclo anual de las fases pelágicas y el asentamiento larval de *L. fortunei* en el embalse Palmar, Río Negro. Los muestreos se realizaron durante 2006-2008, utilizando sistemas de muestreos continuos, estratificados y estáticos, mediante una periodicidad estacional o mensual. Los parámetros ambientales determinados, fueron similares a estudios previos en el sistema, la comunidad zooplanctónica presentó componentes del holo (Rotifera, Crustacea) y merozooplancton (larvas de *L. fortunei*) y mostró un comportamiento estacional. Las larvas del mejillón dorado mostraron un comportamiento estacional con máximos durante primavera y otoño y ausencia durante invierno; no se encontraron diferencias entre los estratos analizados y los diferentes estadios no mostraron un patrón de variación temporal definido. La temperatura no mostró asociaciones significativas con las abundancias larvales, pero un conjunto de variables ambientales (temperatura, Kd y tiempo de residencia), explicaron la variación de la comunidad zooplanctónica y larvas de *L. fortunei*. Las abundancias de los individuos asentados de *L. fortunei* presentaron variación espacio-temporal; los mínimos se encontraron en febrero y marzo y máximos durante diciembre. Se encontraron diferencias significativas entre las abundancias de organismos asentados en sustratos ubicados en superficie (0,5m) y fondo (10m). El tamaño máximo observado de un organismo asentado fue 22mm, presentando diferencias en el crecimiento entre superficie y fondo. Los patrones de reclutamiento mostraron dos máximos anuales: enero-febrero y setiembre-octubre, coincidente con el ciclo anual pelágico, evidenciado por dos cohortes anuales, resultados similares a otros estudios de la región. La identificación del comportamiento larval y patrones de asentamiento del mejillón dorado en el embalse Palmar, permitirá diseñar estrategias para su control en el sistema de embalses del Río Negro.

**Palabras clave:** Mejillón dorado; zooplancton; larvas; embalses; Uruguay.

### **ABSTRACT**

***Limnoperna fortunei* (DUNKER 1857) IN THE RESERVOIR NEGRO RIVER SYSTEM, URUGUAY.** *Limnoperna fortunei* is an invasive mollusk species reported in the Plata Basin since 1991, invading the major water systems in the region, affecting human infrastructure and causing ecological alterations. In Uruguay it is reported in five of the six major river basins, including the system of reservoirs in Río Negro since 1999. The development of population control strategies to mitigate the effects caused by this species requires basic studies of their life cycle. This contribution describes the annual cycle of pelagic stages and larval settlement of *L. fortunei* in the reservoir Palmar, Río Negro. Sampling was conducted during

2006-2008, using continuous sampling systems, static or stratified ones, by seasonal or monthly intervals. Environmental parameters were similar to previous studies in the system, the zooplankton community showed holo (Rotifera, Crustacea) and merozooplankton (*L. fortunei* larvae), showing a seasonal behavior. The golden mussel larvae showed a seasonal pattern with peaks during austral spring and autumn and absence during winter, and did not differ between strata analyzed and the various stages did not show a clear temporal variation. The temperature did not show significant associations with larval abundances but was a set of environmental variables (temperature, Kd and residence time) which explained the variability of the zooplankton community and larvae of *L. fortunei*. The abundance *L. fortunei* individuals settled showed spatial and temporal variations, the minimum was found in February and March and the maximum in December. Significant differences were found between the abundance of organisms settled on substrates located at surface (0.5m) and bottom (10m). The observed maximum size of an individual settled was 22mm body large, showing differences in growth between surface and bottom. Recruitment patterns showed two peaks per year: January-February and September-October, coinciding with pelagic annual cycle, as evidenced by two annual cohorts, results similar to other studies in the region. The identification of larval behavior and settlement patterns of the golden mussel in the reservoir Palmar make possible the design of control strategies for the Río Negro reservoirs.

**Keywords:** Golden mussel; zooplankton; larvae; reservoir; Uruguay.

## INTRODUCCIÓN

### CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS Y ECOLÓGICAS DE *Limnoperna fortunei*

*Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) es un molusco bivalvo de la Familia Mytilidae, originaria de los sistemas de agua dulce del sureste asiático; fue introducido accidentalmente en la Cuenca del Plata a principios de 1990 por medio de las aguas de lastre (Darrigran & Pastorino 1995). Es una especie dulceacuícola y en la región se lo encuentra en sistemas de agua dulce y/o salobres con salinidades no mayores a 3 (Darrigran 2002, Brugnoli *et al.* 2005, Gonçalves & Sanches 2009). Es dioica, con fecundación externa, desarrollo indirecto rápido, estadios larvales planctónicos de vida libre y bentónicos epifaunales (Boltovskoy & Cataldo 1999, Cataldo & Boltovskoy 2000, Darrigran & Ezcurra de Drago 2000, Darrigran & Damborenea 2006). Las distintas fases del desarrollo larval presentan un tamaño reducido (hasta 200µm) y un bicho permanente en su estadio larval plantigrado que le permiten explorar y conquistar nuevos hábitats en diferentes niveles verticales (Cataldo & Boltovskoy 2000, Ituarte 2000). Presenta pequeña a mediana talla, durante su primer mes desarrolla un tamaño de 3mm, al año alcanzan los 20mm y a los tres años de edad presentan un crecimiento máximo teórico de 35mm (Boltovskoy & Cataldo 1999, Darrigran & Damborenea 2006). Posee un elevado potencial

reproductivo, comportamiento gregario y los adultos alcanzan elevadas densidades poblacionales (80000-150000ind m<sup>-2</sup>) al adherirse a sustratos duros mediante la secreción de una glándula bisógena (Darrigran & Ezcurra de Drago 2000).

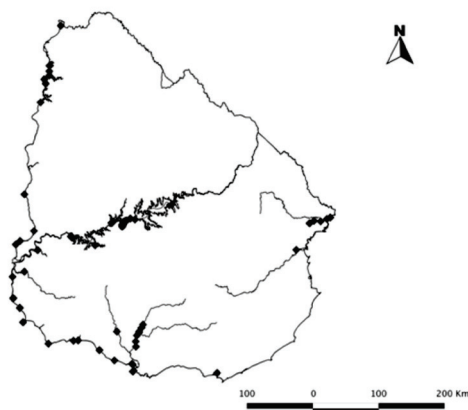
Desde su ingreso a la región esta especie se encontró asociada a una diversidad de sustratos duros, naturales y artificiales, incrementó sus abundancias poblacionales, ocasionó modificaciones en las comunidades bentónicas, en los hábitos alimenticios de peces autóctonos y generó problemas de macrofouling en instalaciones hidráulicas ocasionando gastos en medidas de prevención, mitigación y erradicación (Darrigran *et al.* 1998, Darrigran & Ezcurra de Drago 2000, Penchaszadeh *et al.* 2000, Clemente & Brugnoli 2002, Darrigran 2002, Mansur *et al.* 2003, Boltovskoy *et al.* 2006, Brugnoli *et al.* 2006, Karatayev *et al.* 2007). Estas características determinan que *L. fortunei* sea considerado en la Cuenca del Plata como una especie exótica invasora, afectando la biodiversidad local y las economías de las empresas afectadas por esta problemática ambiental (Darrigran 2002, Darrigran & Damborenea 2006).

### DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE *Limnoperna fortunei* EN URUGUAY

El mejillón dorado se reportó por primera vez para Sudamérica en la costa del Río de la Plata, provincia de Buenos Aires (Pastorino *et al.* 1993). Actualmente

se encuentra ampliamente distribuido en la Cuenca del Plata existiendo registros en los principales sistemas hídricos de la región: Paraguay, Paraná, Paranaíba, Salado, Uruguay, Iguazú y Tiete (Darrigran & Ezcurra de Drago 2000, Agudo 2006, Boltovskoy *et al.* 2006, Pestana *et al.* 2008), Lago Guaíba, Laguna Merin (Mansur *et al.* 2004, Langone 2005, Burns *et al.* 2006), cuerpos menores sin conexión directa con sistemas invadidos como Laguna del Sauce (Uruguay) (García *et al.* 2008) o el embalse de Río Tercero (Argentina), situado aguas arriba de un sistema invadido (Boltovskoy *et al.* 2006), al igual que en sistemas salobres como Laguna de los Patos y Río de la Plata (Mansur *et al.* 2003, Brugnoli *et al.* 2005, Dabezies *et al.* 2005, Gonçalves & Sanches 2009).

En Uruguay, se reporta por primera vez en 1994 en las costas de la zona interna del Río de la Plata (Scarabino & Verde 1995). Actualmente existen registros de la especie en cinco de las seis principales cuencas hidrográficas: ríos Uruguay, Negro, Santa Lucía y de la Plata, así como en Laguna Merín (Figura 1) (Scarabino & Verde 1995, Darrigran & Ezcurra de Drago 2000, Brugnoli *et al.* 2005, Langone 2005). En todas estas cuencas se encontraron organismos bentónicos (juveniles y adultos), detectándose los diversos estadios larvales en el Río de la Plata, Río Negro y Uruguay (Conde *et al.* 2002, Dabezies *et al.* 2005, Brugnoli *et al.* 2005).



**Figura 1.** Distribución actual de *Limnoperna fortunei* en Uruguay. Datos tomados de <http://inbuy.fcien.edu.uy>.

**Figure 1.** Current distribution of *Limnoperna fortunei* in Uruguay. Data from <http://inbuy.fcien.edu.uy>.

En el sistema de embalses del Río Negro, *L. fortunei* se registró por primera vez en 1999 en los sistemas de refrigeración de las turbinas de la represa de Palmar (Gorga & Clemente 2000, Clemente & Brugnoli 2002). En el año 2002 se encontraron larvas y organismos adultos de la especie en el río Yí, zona litoral del embalse Palmar y en las instalaciones de la presa Baygorria (Brugnoli *et al.* 2005). Desde 2004 se encuentran asiduamente larvas de mejillón dorado en muestras zooplánctónicas del embalse Baygorria (Brugnoli *obs. pers.*). En el año 2007-2008 se reportaron organismos adultos y estadios larvales en el embalse Rincón del Bonete y pueblo San Gregorio (D. Fabián & M. Mandiá *comunicación personal*), detectándose a la fecha una invasión de la especie en los tres embalses que integran el sistema en cadena del Río Negro. Estos resultados confirman lo sugerido por Conde *et al.* (2002) quienes predijeron que *L. fortunei* presentaría una ampliación en el rango de distribución geográfica en la cuenca del Río Negro constituyendo un riesgo económico para las represas situadas aguas arriba del embalse Palmar.

Las especies invasoras son consideradas como la segunda causa de pérdida de biodiversidad en sistemas acuáticos y terrestres (D'Antonio *et al.* 2001), responsables de ocasionar efectos negativos en los sistemas ecológicos invadidos o gastos indirectos en las empresas afectadas (Pimentel *et al.* 2000). Un abordaje que aporte soluciones a esta problemática debe incluir estudios de patrones generales de la biología de estas especies que incluya estudios del ciclo de vida, dinámica poblacional, distribución y dispersión (Arim *et al.* 2006, Darrigran *et al.* 2007). Estos estudios permitirán generar conocimiento para la elaboración de medidas de manejo y control poblacional con bajo costo económico y mínimos efectos ambientales.

En las diferentes empresas hidroeléctricas de la Cuenca del Plata afectadas por el mejillón dorado se han ocasionado gastos indirectos debido a tareas de mantenimiento (limpieza, desobstrucción, aplicación de pinturas anti-incrustantes), obstrucción parcial de los sistemas de refrigeración de las turbinas o daño de sensores hidráulicos (Darrigran 2002, Boltovskoy *et al.* 2006). El ingreso de *L. fortunei* a las mencionadas instalaciones ocurre durante los estadios larvales y primeros estadios juveniles planctónicos que aún no se han fijado (200µm), que por su tamaño

no son retenidas por los filtros de acceso a los sistemas hidráulicos. Una vez ingresadas a las diferentes infraestructuras, las larvas se asientan y desarrollan poblaciones bentónicas acumulando progresivamente las conchillas generando disminución en la luz interna de los sistemas hidráulicos y un potencial incremento en las temperaturas del agua de refrigeración. Es necesario conocer los momentos en el año en que son emitidas las larvas al medio acuático (máximos reproductivos) y su posterior asentamiento larval, para iniciar estrategias de control ambientalmente sustentables, basadas en estudios básicos de la biología de este organismo.

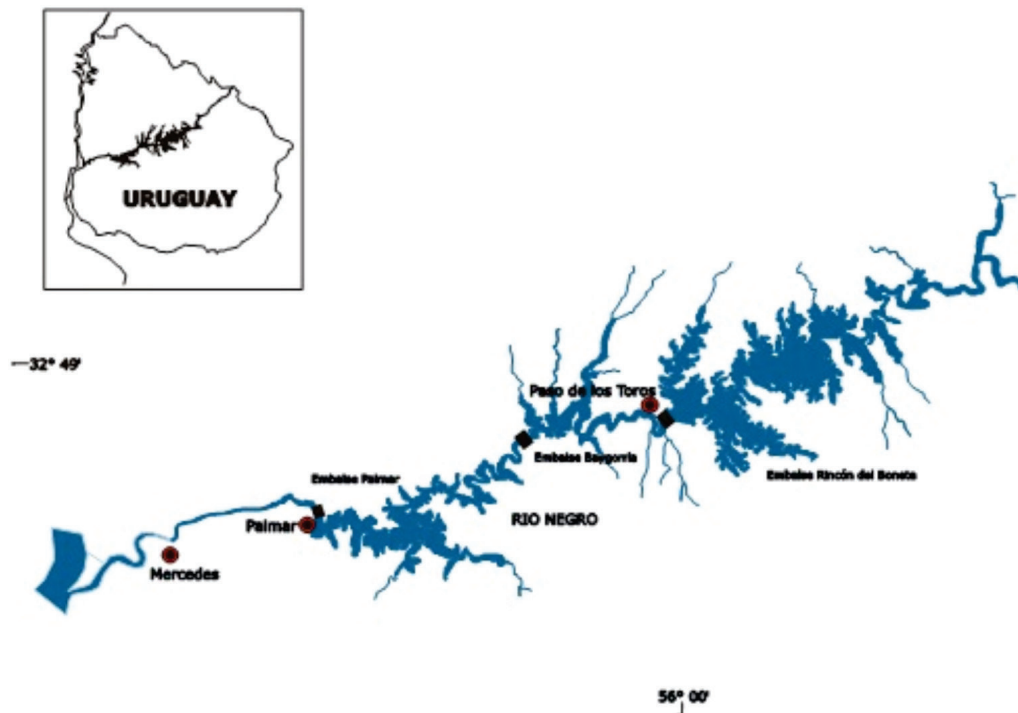
El presente trabajo sintetiza el conocimiento generado durante 2006-2008 sobre estudios del ciclo de vida (fases pelágica, asentamiento larval y reclutamiento) de *Limnoperna fortunei*, en los embalses del Río Negro, con énfasis en el embalse Palmar como caso de estudio.

## ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

### SISTEMA DE EMBALSES DEL RÍO NEGRO Y EMBALSE PALMAR

El Río Negro es el principal curso de agua interior de Uruguay. Nace en Río Grande del Sur (Brasil) y corre en dirección NE-SW a lo largo de 810km. Su cuenca de 72000 km<sup>2</sup>, de los cuales 68875km<sup>2</sup> se ubican en territorio uruguayo. Presenta tres grandes embalses construidos en cadena (Bonete-1070km<sup>2</sup>, Baygorria-100km<sup>2</sup> y Palmar-320km<sup>2</sup>) para la producción de energía eléctrica, con una capacidad de generación de 600MW (Conde & Sommaruga 1999) (Figura 2). Los tres embalses son dendríticos, con importante desarrollo de la línea de costa (Conde *et al.* 2002).

El embalse Palmar fue construido con fines hidroeléctricos en 1982 y tiene una generación de energía eléctrica de 333MW. Presenta un área de la



**Figura 2.** Embalse Palmar en el sistema de embalses del Río Negro, Uruguay. Modificado de Conde *et al.* 2002.  
**Figure 2.** Palmar reservoir in the system of reservoirs in the Río Negro, Uruguay. Modified from Conde *et al.* 2002.

la cuenca es de 62950km<sup>2</sup> y su principal tributario es el río Yí. La superficie es de 320km<sup>2</sup> y el volumen 2,86km<sup>3</sup>; el tiempo de residencia promedio es de 16d<sup>-1</sup> y la profundidad máxima es de 33m. Muestra valores de saturación de oxígeno de 112.6%, conductividad

136,7μScm<sup>-1</sup> y presenta un estado trófico clasificado como eutrófico (según Índice de Carlson), con concentraciones de fósforo total que oscilan entre 9,9-9,8μgL<sup>-1</sup> y concentraciones de clorofila *a* con valores entre 3-18,1μgL<sup>-1</sup> (Conde *et al.* 2002).



## METODOLOGÍA PARA EL ABORDAJE DE LOS ESTUDIOS

La zona de estudio correspondió a la cabecera del embalse Palmar (Figura 2), considerando una estación de muestreo para el análisis de la fase pelágica y una zona protegida para el desarrollo de los estudios de asentamiento larval. Los estudios se realizaron durante 2006-2008 utilizando muestreadores convencionales para los estudios de la fase pelágica y sustratos metálicos para el análisis del asentamiento larval, acompañando ambos estudios con registros de parámetros ambientales físico-químicos e hidrológicos.

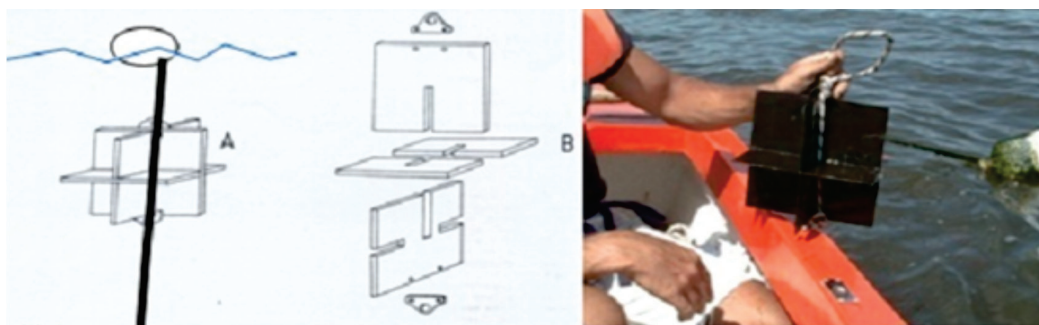
### Comunidad zooplanctónica

Las comunidades zooplanctónicas se colectaron mediante muestreos en una estación en la zona central de la cabecera del embalse Palmar (33°03'58,7''S, 57°26'58,3''W). Durante 2006, la periodicidad de las colectas consideró estudios estacionales mediante arrastres verticales por duplicado de fondo a superficie, con una red de 30cm de diámetro y malla de 60µm de poro; durante 2007-2008, se realizaron colectas mensuales con una trampa Schindler-Pattlas de 20L, en tres estratos 0-3m, 3-6m y 9-12m, considerando tres réplicas/estrato, acompañado de arrastre vertical con red 60µm para determinaciones taxonómicas. Las muestras se calentaron (80°C) y se fijaron con formaldehído al 4% final. Los organismos se identificaron y cuantificaron en una lupa Olympus SZ-ST, microscopio binocular Olympus BH y microscopio invertido Arcano. Para la identificación de los taxa zooplanctónicos se utilizaron claves de Ringuelet (1958), Ruttner-Kolisko (1974), Grothe

& Grothe (1977), Stemberg (1979), Reid (1985), El Moor-Loureiro (1997); la clasificación de los estadios larvales de *L. fortunei* se realizó según Cataldo & Boltovskoy (2000). Se cuantificaron al menos 300 individuos por muestra y las abundancias se expresan como número de ind.m<sup>-3</sup>.

### Asentamiento larval

Para la determinación del asentamiento larval de *L. fortunei*, se utilizaron sustratos metálicos compuestos por 3 placas de acero inoxidable de 1cm de espesor y 20cm de lado con un área expuesta total de 0.24m<sup>2</sup> (Figura 3). Se ubicaron sustratos a una profundidad de 0.5m y 10m (zonas eufótica y afótica) suspendidos desde la superficie mediante una boya, denominando estructura al mencionado dispositivo; se suspendieron un total 72 sustratos (3 líneas con 12 estructuras cada una). Cada línea presentó un dispositivo para adecuar la profundidad de los sustratos de acuerdo con las variaciones en la cota del embalse; este sistema permitió evaluar el asentamiento larval durante un año considerando la zona eufótica y afótica en condiciones similares a las existentes en el embalse. Se realizaron visitas al sitio de trabajo cada 57 días, iniciando en enero y finalizando en diciembre de 2006. Durante cada visita se rasparon *in situ* tres estructuras (seis sustratos) escogidas por números aleatorios. Las muestras se fijaron con alcohol 60% y en el laboratorio se filtraron a través de un tamiz de 50µm. Los organismos de mejillón dorado retenidos en el tamiz y menores a 1mm se cuantificaron y se determinó el largo mayor de la valva (Morton 1977) utilizando una lupa binocular (Leica MZ8); los organismos mayores a 1mm se cuantificaron y se determinó el largo total mediante un calibre manual (1.0±0.1mm).



**Figura 3.** Diseño de sustratos utilizados para el asentamiento larval (modificado de Morton 1977). A). Estructura suspendida, B) - Detalle de las placas y vista de sustrato en el campo después de 1 mes de sumergido.

**Figure 3.** Design substrates for larval settlement (modified from Morton 1977). A) Suspended structure, B) - Detail of the substrate plate and view in the field after 1 month of submersion.

### Parámetros ambientales (físico-químicos e hidrológicos)

En cada uno de las visitas se registró *in situ* temperatura y oxígeno disuelto (oxímetro YSI 57, Horiba OM-14), conductividad (Horiba ES-12), pH (Cole-Parmer Basic LCD III) y transparencia (disco de Secchi). Adicionalmente durante 2007-2008 se determinó el coeficiente de extinción de luz utilizando un sensor LiCor (LI-250 4π). Se realizaron determinaciones mediante perfiles verticales y se reportan como promedios para la columna de agua. Para ambos períodos se calcularon los tiempos de residencia a partir de las caudales aportados (turbinados y vertidos), quince días antes de cada muestreo, según datos hidrológicos suministrados por la empresa hidroeléctrica UTE.

### Análisis de datos

Comunidad zooplanctónica: durante el período 2006, se realizaron correlaciones de Spearman (rs) para determinar asociaciones entre variables ambientales y biológicas (abundancias larvales). Para identificar una variación temporal en el zooplankton, se realizó un análisis multivariado (non metric multidimensional scaling, n-MDS) transformando los datos biológicos mediante raíz cuarta y utilizando índice de similaridad de Bray Curtis mediante el programa PRIMER (Clarke & Warwick 2001). Para el análisis de datos del período 2007-2008 se realizaron análisis no paramétricos de varianza (ANOSIM) para evaluar diferencias espaciales (entre estratos) y temporales (entre muestreos). Las asociaciones entre los datos biológicos y las variables ambientales se realizaron mediante un BIO-ENV (Biotic Environment, Clarke & Warwick 2001); para los datos ambientales se utilizaron matrices de similitud mediante distancias Euclidianas, utilizándose el índice de Bray Curtis para las matrices de similitud de los datos biológicos.

Asentamiento larval: para explorar diferencias espaciales (zona eufótica y afótica) y temporales (mensualmente) del asentamiento larval, se realizaron análisis de Kruskal-Wallis a un nivel de significancia del 95%. Para identificar períodos de reclutamiento y presencia de cohortes anuales, se realizaron histogramas de frecuencia del largo total de la valva

a intervalos de 0,5mm considerando el conjunto de datos para ambas profundidades/mes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E HIDROLÓGICOS

Durante ambos períodos, la temperatura del agua mostró un comportamiento estacional con valores mínimos en invierno (julio 2006: 13,2°C; julio 2007: 12,3°C) y máximos durante verano (febrero 2006: 26,7°C y diciembre 2007: 25,5°C). La conductividad presentó oscilaciones entre un mínimo de 86,0mScm<sup>-1</sup> (noviembre 2007 y mayo 2008) y máximo de 143,3mScm<sup>-1</sup> en diciembre 2006. El oxígeno disuelto no mostró mayores variaciones verticales para el total del periodo de estudio con un promedio de 7,1±1,4mg L<sup>-1</sup> para 2006 y de 6.4±1.3mg L<sup>-1</sup> durante 2007-2008; estos valores denotan una columna de agua con tenores de oxígeno aptos para la vida acuática. El pH osciló entre valores cercanos a la neutralidad (6,9) en marzo 2006 a alcalinos (diciembre 2006: 8,7 y abril 2008: 8,3). La transparencia de la columna de agua osciló durante 2006 entre un mínimo en julio y setiembre (0,8m) y un máximo en abril (2,5m); durante 2007-2008, mostró una variación entre 0,5m en octubre 2008 y 1m en noviembre 2007. En este período, el coeficiente de extinción de luz mostró valores mínimos durante mayo y noviembre (0,38m<sup>-1</sup>) y máximos en octubre 2007 (1.35m<sup>-1</sup>). Al igual que en estudios anteriores el embalse mostró condiciones de mezcla en la columna de agua durante ambos períodos de estudio y los valores de los diferentes parámetros determinados, fueron similares a los encontrados en estudios anteriores (Conde *et al.* 2002). Los diferentes valores de las variables ambientales determinadas se encuentran dentro de las tolerancias ecológicas para el desarrollo de *L. fortunei* según Karatayev *et al.* (2007).

El tiempo de residencia durante 2006 presentó una variación entre un mínimo de 35d<sup>-1</sup> (febrero) y máximos en abril (1223d<sup>-1</sup>); en el período 2007-2008, mostró oscilaciones entre un valor mínimo de 19d<sup>-1</sup> en octubre y máximo de 1700d<sup>-1</sup> durante abril. Los tiempos de residencia mostraron una variación inter e intranual, con promedios anuales (2005: 99d<sup>-1</sup>; 2006:

356d<sup>-1</sup>; 2007-2008: 294d<sup>-1</sup>), mayores al promedio histórico (16d<sup>-1</sup>), que reflejarían años hidrológicos secos, con bajos aportes.

## COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA

### Características cuali-cuantitativas

Durante el período de estudio (2006-2008), la comunidad zooplanctónica estuvo compuesta por organismos característicos del holozooplankton de agua dulce (Rotifera, Crustacea), merozooplankton (larvas de Mollusca Bivalvia), así como organismos típicamente de hábitos bentónicos (Gastropoda, Chironomidae y Nematoda). Se encontraron un total de 50 taxa zooplanctónicos, correspondiendo 33 a Rotifera, 13 a Crustácea, 2 Mollusca y 2 taxa al grupo “otros” (Tabla 1). Las especies zooplanctónicas identificadas, corresponden a organismos reportados en muestreos previos realizados en los embalses del Río Negro (Conde *et al.* 1999, 2002).

El grupo dominante en número de taxa fue Rotifera, siendo organismos oportunistas, con generaciones de vida cortas, que les permite minimizar la pérdida por advección y presentar una mejor adaptación a sistemas lóticos (Pourriot *et al.* 1982, Gulyas 2002, Lanzac-Tôha *et al.* 2004). El predominio de rotíferos es el patrón dominante en el Río Negro y otros ríos de la región tales como el Paraná, Paraguay y Uruguay (Frutos 1998, Conde *et al.* 1999, 2002, Chalar *et al.* 2002, Frutos *et al.* 2006).

En las comunidades zooplanctónicas del sistema de embalses del Río Negro la presencia de larvas de *L. fortunei* se observa a partir de 1999, reportándose por primera vez en el embalse Palmar (1999) y río Yí (Conde *et al.* 2002, Brugnoli *et al.* 2005). Posteriormente se reportan en el embalse Baygorria (2004) (Brugnoli *et al.* 2005) y recientemente (enero 2008), en el embalse Rincón del Bonete (D. Fabián *comunicación personal*). De esta manera, a partir de 1999 las larvas de *L. fortunei* en el sistema de embalses del Río Negro, integran un nuevo componente zooplanctónico, generando una modificación al patrón general del zooplankton de agua dulce, donde existía alternancia en las dominancias de los grupos Rotifera y Crustacea (Conde *et al.* 1999).

Las abundancias zooplanctónicas totales durante 2006-2008, mostraron variación estacional con mínimos durante meses de otoño e invierno (abril

2006: 646ind.m<sup>-3</sup>, julio 2007: 170ind.m<sup>-3</sup>) y máximos en primavera y verano (enero 2006: 21009ind.m<sup>-3</sup>; noviembre 2007: 43660ind.m<sup>-3</sup>). Durante 2006, las abundancias relativas mostraron una co-dominancia de Crustacea y larvas de Mollusca durante octubre y un importante aporte de Rotifera dominando la comunidad durante enero, julio y setiembre o co-dominando con Crustacea durante febrero y diciembre. Este comportamiento estaría asociado a variables ambientales que regulan las poblaciones de estos organismos y favorecen incrementos poblacionales de determinadas especies o grupos de especies; como ejemplo, la abundancia de Rotifera mostró durante este período, una asociación inversa significativa con el tiempo de residencia ( $rs=-0,87$ ,  $p<0,01$ ,  $t=-3,7$ ,  $n=7$ ). En enero 2006, Rotifera presentó una riqueza de 15 especies, donde las abundancias de *Polyarthra vulgaris*, *Filina* sp., *Conochilus coenobasis* y *Hexarthra* sp., representaron el 90 % del total de la abundancia de este grupo; por otro lado, en julio las abundancias fueron menores en los diferentes grupos zooplanctónicos y durante este mes, el grupo Rotifera estaría beneficiado por los bajos tiempos de residencia. Los rotíferos presentan la capacidad de mantener sus poblaciones en sistemas lóticos debido a las elevadas tasas de reproducción que presentan (Marzolf 1990). Los resultados del análisis n-MDS (Figura 4) realizado con las abundancias totales de las especies zooplanctónicas durante 2006, muestra cuatro grupos; estos grupos corresponden a meses de verano (diciembre, enero, febrero), otoño (marzo y abril), invierno (julio) y primavera (setiembre), que sugieren el carácter estacional de la composición de la comunidad zooplanctónica en el embalse Palmar durante los estudios desarrollados en 2006.

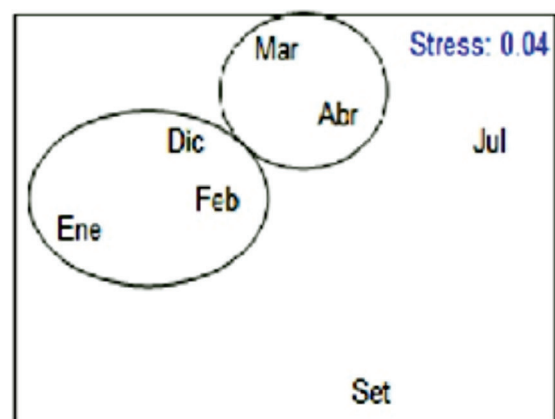


Figura 4. Análisis n-MDS de la comunidad zooplanctónica durante 2006.  
Figure 4. N-MDS analysis of the zooplankton community during 2006.

Durante 2007-2008, predominaron las larvas de *L. fortunei* en marzo, abril y mayo, en noviembre y julio dominaron los copépodos, en enero y mayo los tres grupos presentaron abundancias similares. En octubre dominaron las larvas en el estrato superficial y los copépodos en profundidad. Los parámetros ambientales que regularon la comunidad zooplanctónica en el mencionado período fueron la

temperatura, transparencia del agua y el tiempo de residencia (BIOENV:  $r = 0,6$ ). Tanto el tiempo de residencia, como la temperatura y transparencia del agua son parámetros que definen las condiciones de cada muestreo, por lo que la variación de estos factores podrían explicar las diferencias significativas entre los muestreos ( $R_{global} = 0,398$ ;  $p = 0,3\%$ ).

**Tabla 1.** Taxa zooplanctónicos identificados durante 2006-2008.  
*Table 1.* Zooplanktonic taxa identified during 2006-2008.

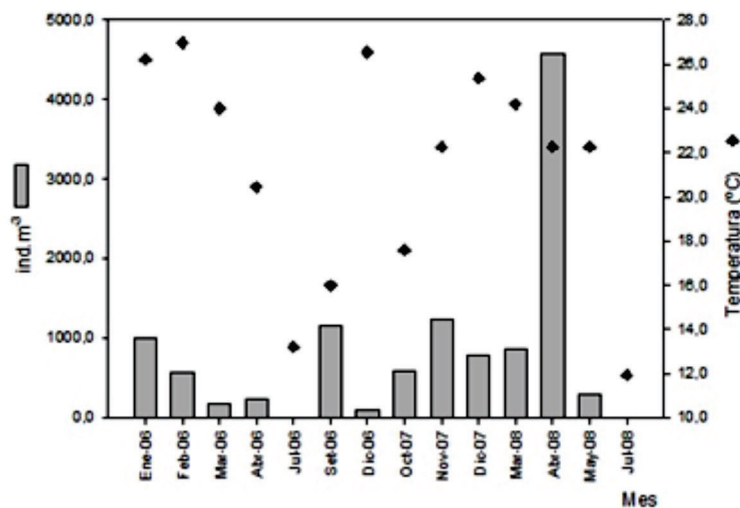
<p><b>Phylum Rotifera</b>  <b>Clase Monognata</b>  <b>Orden Ploima</b>  <b>Familia Brachionidae</b>  <i>Brachionus bidentatus</i>  <i>Euchlanis</i> sp.  <i>Keratella cochlearis cochlearis</i>  <i>K. cochlearis tecta</i>  <i>K. cochlearis</i> sp.  <i>K. tropica</i>  <i>Kellicotia longispina</i>  <b>Familia Lecanidae</b>  <i>Lecane luna</i>  <i>L. tenuiseta</i>  <i>Lecane</i> sp.  <b>Familia Notomatidae</b>  <i>Cephalodella</i> sp.  <b>Familia Trichocercidae</b>  <i>Trichocerca capucina</i>  <i>Trichocerca</i> sp.  <b>Familia Synchaetidae</b>  <i>Ploesoma truncatum</i>  <i>Ploesoma</i> sp.  <i>Polyarthra remata</i>  <i>P. vulgaris</i>  <i>Polyarthra</i> sp.  <i>Synchaeta styllata</i>  <i>Synchaeta</i> sp.  <b>Familia Gastropodidae</b>  <i>Ascomorpha ovalis</i>  <i>Ascomorpha</i> sp.  <i>Asplachna</i> sp.  <b>Orden Flosculariacea</b>  <b>Familia Testudinellidae</b>  <i>Filina longiseta</i>  <i>F. opoliensis</i>  <i>Filina</i> sp.  <i>Pompholyx complanata</i>  <b>Familia Conochilidae</b>  <i>Conochilus unicornis</i>  <i>C. coenobasis</i>  <i>Conochilus</i> sp.  <b>Familia Hexarthridae</b>  <i>Hexarthra mira</i>  <i>Hexarthrasp.</i>  <b>Orden Collothecacea</b>  <b>Familia Collothecidae</b>  <i>Collotheca</i> sp.</p>	<p><b>Phylum Artropoda</b>  <b>Clase Crustacea</b>  <b>Orden Cladocera</b>  <b>Suborden Calyptomera</b>  <b>Familia Sididae</b>  <i>Diaphanosoma fluviatile</i>  <i>D. birgei</i>  <i>Diaphanosoma</i> sp.  <b>Familia Bosminidae</b>  <i>Bosmina hagmanni</i>  <i>B. huaronensis</i>  <i>B. longirostris</i>  <i>B. deitersi</i>  <b>Familia Daphnidae</b>  <i>Ceriodaphnia cornuta</i>  <b>Familia Moinidae</b>  <i>Moina minuta</i>  <b>Chydoridae</b></p> <p><b>Orden Copepoda</b>  Nauplios  <b>Suborden Calanoida</b>  <b>Familia Diaptomidae</b>  <i>Notodiaptomus incompositus</i>  Copepoditos  <b>Suborden Cyclopoida</b>  <i>Acanthocyclops robustus</i>  <i>Tropocyclops prasinus</i>  Copepoditos</p> <p><b>Phylum Mollusca</b>  <b>Clase Bivalvia</b>  <b>Familia Mytilidae</b>  <i>Limnoperna fortunei</i> ( larvas)  <b>Clase Gastropoda</b></p> <p><b>Otros:</b>  <b>Phylum Artropoda</b>  <b>Clase Insecta</b>  <b>Familia Chironomidae</b></p> <p><b>Phylum Nematoda</b></p>
--	---



### Comportamiento larval de *L. fortunei*

Al igual que lo observado para el total de la comunidad zooplanctónica, las abundancias larvales de *L. fortunei* presentaron un comportamiento estacional durante ambos períodos de estudio (2006, 2007-2008); mostraron mínimos, con ausencia de larvas durante invierno (julio) y máximos durante primavera (setiembre 2006: 1166ind.m<sup>-3</sup> y noviembre 2007:1228ind.m<sup>-3</sup>) y otoño (abril 2008: 4570ind.m<sup>-3</sup>) (Figura 5). El comportamiento estacional encontrado es similar a estudios en diferentes ríos de la región de la Cuenca del Plata (Cataldo & Boltovskoy 2000, Boltovskoy & Cataldo 2003, Pestana *et al.* 2008); sin embargo los valores encontrados, difieren entre ambos períodos de estudio y con los realizados en otros sistemas hídricos de la región (Boltovskoy &

Cataldo 2003, Pestana *et al.* 2008). Las variaciones de las abundancias larvales observadas entre ambos períodos de estudio (Figura 5), estaría relacionada con los muestreadores utilizados (arrastres verticales con red durante 2006, estratos definidos mediante trampa durante 2007-2008); según Chalar *et al.* (2002), en muestreos en el embalse de Salto Grande, las abundancias zooplanctónicas colectadas con trampa en estratos definidos, son mayores que las colectadas con red mediante arrastres verticales. Por otro lado, las diferencias encontradas en las abundancias larvales con otros estudios de la región, podría estar relacionado con diferencias entre las fechas de inicio de la invasión en el Río Paraná (inicios de 1990 según Cataldo & Boltovskoy 2000, Pestana *et al.* 2008) y el comienzo de la invasión en el embalse Palmar reportado a fines de 1990 según Clemente & Brugnoli (2002).



**Figura 5.** Abundancias larvales de *L. fortunei* y variación de la temperatura durante 2006-2008 en el embalse Palmar.  
**Figure 5.** Larval abundances of *L. fortunei* and temperature variation during 2006-2008 in the reservoir Palmar.

Otros estudios realizados en la región encontraron que la temperatura del agua es la variable que mayormente explica la variación en las abundancias larvales de *L. fortunei* a lo largo del año (Boltovskoy & Cataldo 1999, Cataldo & Boltovskoy 2000, Cataldo *et al.* 2005). Durante ambos períodos del presente estudio, no se encontraron asociaciones significativas ( $p > 0.05$ ) entre las abundancias larvales y las diferentes variables ambientales por separado (temperatura, conductividad, disco de Secchi, pH, tiempo residencia). La Figura 5 muestra las variaciones de

las abundancias larvales y la temperatura promedio de la columna de agua durante los diferentes meses de estudio, donde se observa una correspondencia entre ambas variables; se destaca la ausencia de larvas en julio y los máximos larvales en setiembre 2006 y abril 2008. En estudios realizados en el Río de la Plata, durante 17 meses con una periodicidad mensual, Cataldo & Boltovskoy (2000) encontraron que *L. fortunei* se reproduce continuamente entre agosto y abril, y que la producción de larvas decrece entre mayo y julio cuando la temperatura es menor. Estos autores,

sugieren un umbral de temperatura (16–17°C) por debajo del cual la actividad reproductiva del mejillón dorado es interrumpida. En el presente estudio durante meses que presentan temperatura superiores a este umbral, se observa la presencia de larvas de *L. fortunei* y los máximos se encontraron durante primavera y otoño, con variaciones interanuales. Estos resultados sugieren que en el embalse Palmar, *L. fortunei* presenta un comportamiento reproductivo similar al encontrado en otros estudios de la región de la cuenca del Plata con reproducción continua entre agosto-abril y máximos larvales durante primavera e inicio de otoño.

Durante 2007-2008, al igual que la comunidad zooplanctónica, la temperatura del agua, el Kd y el tiempo de residencia, son las variables ambientales que regulan las abundancias larvales del mejillón dorado en el embalse Palmar (BIOENV:  $r=0,7$ ). La ausencia de una relación significativa entre las abundancias larvales y la temperatura por separado, sugieren que el Kd y el tiempo de residencia juegan un rol fundamental en la regulación del ciclo reproductivo de *L. fortunei* en el sistema. Los estudios de Cataldo & Boltovskoy (2000) sugieren que a partir del umbral de temperatura 16-17°C ocurre reproducción continua de la especie; estos estudios fueron realizados para sistemas lóticos, donde el tiempo de residencia y Kd no jugarían un rol importante en la regulación del mismo. Pestana *et al.* (2008), asocia diferencias en las abundancias larvales de *L. fortunei* con diferencias en el comportamiento léntico del embalse de Itaipú y lótico del Río Paraná. La transparencia del agua afecta al zooplancton de forma indirecta ya que la turbidez del agua limita el crecimiento y la distribución de las partículas de fitoplancton, principal alimento del zooplancton (González *et al.* 2002). En octubre 2008, el tiempo de residencia y la zona eufótica son mínimos y la distribución de larvas está limitada al estrato superficial, apoyando que ambas variables son factores determinantes del mantenimiento de las larvas en la zona eufótica.

#### *Variación vertical de los estadios larvales de L. fortunei*

Las colectas realizadas durante 2007-2008, permitieron analizar la distribución vertical de

larvas de *L. fortunei*; aunque el mayor promedio de organismos se encontró en el estrato superior (0-3m: 720ind.m<sup>-3</sup>, 3-6m: 350ind.m<sup>-3</sup> y 9-12m: 120ind.m<sup>-3</sup>), no se encontraron diferencias significativas en las densidades larvales ( $R_{\text{global}} = -0,008$ ;  $p = 47,6\%$ ) entre los distintos estratos estudiados. Durante el período de estudio, la mayor profundidad de la capa eufótica fue 2,40m, encontrándose la mayoría de las larvas dentro de la zona eufótica. Los resultados no coinciden con estudios realizados por Wacker & Eler (2003) con *Dreissena polymorpha* quienes encontraron densidades larvales máximas a 4m; sin embargo Morton (1977) indica que los asentamientos de *L. fortunei* ocurren a profundidades mayores.

Igualmente, no se encontró un patrón definido de distribución estacional y espacial de los distintos estadios larvales de *L. fortunei*. Tanto en octubre como en noviembre 2008, dominaron las larvas en estadio preumbonado y en el resto de los meses, el menor estadio (“D”); mayo mostró la dominancia de larvas umbonadas. Este patrón concuerda parcialmente con el observado en los ríos Paraná e Iguazú donde las larvas “D” y umbonadas predominaron en julio, setiembre y noviembre y las preumbonadas en octubre (Pestana *et al.* 2008).

#### ASENTAMIENTO LARVAL

##### *Variación espacio-temporal del asentamiento de L. fortunei*

Los valores de transparencia durante 2006, permiten determinar que la zona eufótica presentó una variación entre 2-6m; estos resultados indican que los sustratos ubicados en ambas profundidades (0,5m, 10m), permanecieron dentro de la zona eufótica y afótica respectivamente, durante la totalidad del período de estudio.

Las abundancias de organismos asentados de *L. fortunei* mostraron una variación espacio-temporal; los mínimos se encontraron durante los meses iniciales del experimento (febrero y marzo <100ind. m<sup>-2</sup>) en los sustratos de la zona eufótica, incrementándose en el transcurso del estudio, reportándose los máximos al finalizar el estudio en ambas profundidades (diciembre: 3864-3886ind.m<sup>-2</sup>) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Abundancias (ind.m<sup>-2</sup>) de individuos asentados de *L. fortunei* en sustratos de zona eufótica (0,5m) y afótica (10m).  
**Table 2.** Abundance (ind.m<sup>-2</sup>) individuals settled on substrates of *L. fortunei* in euphotic (0.5m) and aphotic (10m) zone.

Mes-días exposición	Zona eufótica	Zona afótica
Feb-06 (27)	72,2 ± 26,8	Extraviadas
Mar-06 (63)	44,4 ± 31,4	400,0 ± 495
Abr-06 (113)	405,6 ± 587	4183,3 ± 2251,2
Jul-06 (180)	154,2 ± 100,2	1504,2 ± 383,0
Set-06 (265)	20,8 ± 5,9	2908,3 ± 106,1
Dic-06 (340)	3863,9 ± 1724,5	3886,1 ± 4783

Las abundancias reportadas al finalizar el experimento (340 días: 3864-3886ind.m<sup>-2</sup>) son inferiores a las encontradas por Boltovskoy & Cataldo (1999); dichos autores analizaron el asentamiento de *L. fortunei* en monitores de PVC colocados en el Río Paraná de las Palmas, Argentina y encontraron que luego de 331 días de incubación, los monitores presentaron una densidad de 122004ind.m<sup>-2</sup>. Durante el presente estudio, los valores inferiores de organismos asentados, podrían estar relacionados con el desfase entre el inicio de las incubaciones de los sustratos en el embalse Palmar (enero) con uno de los máximos anuales de asentamiento larval del mejillón dorado en el sistema, en conjunto con un potencial efecto con la velocidad de formación del biofilm. Previo al asentamiento larval de los organismos, se desarrolla un proceso de colonización que incluye la fijación de macromoléculas orgánicas (proteínas, polisacáridos), bacterias y la adherencia de algas unicelulares (diatomeas), complejo que se denomina biofilm; una vez completado este proceso, la superficie es apta para la colonización de macroorganismos. La tasa a la cual ocurre este proceso varía de acuerdo con la estación del año y puede variar entre horas y días; durante primavera y verano pueden observarse macroorganismos en una o dos semanas, sin embargo este proceso puede ser aún más largo (Wahl 1989). Otra posible explicación a las diferencias encontradas, es la disponibilidad larval en el embalse Palmar con las observadas por Cataldo & Boltovskoy (2000). El presente estudio reporta variaciones en las abundancias larvales de *L. fortunei* entre 0 y 1166ind.m<sup>-3</sup>, mientras que en los estudios de Cataldo

& Boltovskoy (2000) se encontraron abundancias larvales con un rango entre 1000-33000ind.m<sup>-3</sup>. Estos resultados reflejarían una mayor disponibilidad larval en el Río Paraná que en el Río Negro, condicionando las abundancias finales de los organismos asentados en los sustratos artificiales del presente estudio.

Considerando la totalidad del estudio, las abundancias de reclutas encontrados en los sustratos de 0,5m y 10m, presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con mayores abundancias en los sustratos correspondientes a la zona afótica (Figura 6). Estas diferencias significativas coinciden con Morton (1977) y Codina *et al.* (1999); estos autores estudiaron respectivamente la densidad de *L. fortunei* en un sistema de embalse en Hong Kong (Plove Cover) y en el interior de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Morton (1977), encontró diferencias en el asentamiento larval en profundidad en paneles similares a los utilizados para el presente estudio, indicando que las larvas del mejillón dorado prefieren para su asentamiento estas profundidades a diferencia de *Dreissena polymorpha* que prefiere profundidades menores. Este comportamiento potencialmente estaría relacionado con variables ambientales (temperatura, oxígeno, penetración y disponibilidad de luz). Complementariamente Codina *et al.* (1999) encontraron que la densidad y estructura de las tallas del mejillón dorado presentaron diferencias según los niveles considerados en las paredes de hormigón de la toma de agua de cada unidad generadora de energía de Yacyretá. En estos últimos estudios se observó que la densidad máxima del mejillón dorado se encontraba a una profundidad de 10m, disminuyendo

aproximadamente un 65% a los 20m de profundidad y un 80% a los 30m. Este comportamiento, potencialmente podría estar asociado con la presencia

de un fototactismo negativo de la especie o con la evasión de predación por peces (mayor en capas iluminadas).

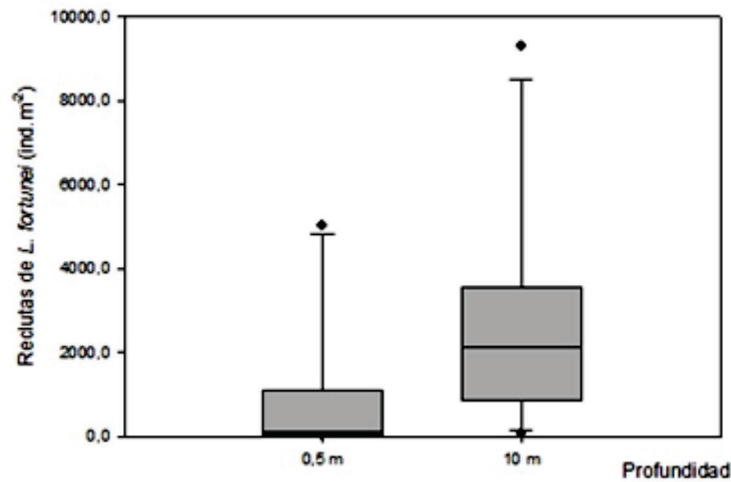


Figura 6. Densidad de individuos (ind.m<sup>-2</sup>) asentados de *L. fortunei* en los sustratos de 0,5 y 10 m durante 2006.

Figure 6. Density (ind.m<sup>-2</sup>) settled for *L. fortunei* in the substrates of 0.5 and 10m in 2006.

### Reclutamiento y Crecimiento

Los patrones de reclutamiento identificados mediante análisis de histogramas de frecuencia del largo total de la valva sugieren la presencia de dos máximos de reclutamiento anual. El primero corresponde a los meses de verano (diciembre-febrero-marzo), y el segundo ocurre durante primavera (setiembre) (Figura 7), con la presencia durante estos meses de un elevado porcentaje de organismos menores a 2mm. Morton (1977) encontró 2-3 máximos de desove a lo largo del año, coincidiendo con los máximos y mínimos de temperatura. Estudios realizados en el Río de la Plata por Maroñas *et al.* (2003), reconocen tres cohortes anuales, definidas para las tallas menores a 22mm. Los resultados del presente estudio, sugieren la presencia de dos cohortes anuales, la primera se observa durante los meses iniciales del experimento (febrero-abril) y la segunda a partir del segundo máximo de reclutamiento (setiembre-octubre), donde se observan los mayores organismos del experimento (primera cohorte) y organismos menores a 2mm correspondientes a nuevos reclutas, recientemente asentados (Figura 7). El reconocimiento de más de una cohorte anual en este bivalvo es coherente con lo observado en los estudios de biología reproductiva realizados en climas templados por Darrigran *et*

*al.* (1999) y Maroñas *et al.* (2003). Por otro lado, los períodos de reclutamiento identificados en el presente estudio coinciden con máximos larvales observados durante primavera e inicios de verano en el presente estudio. Estos máximos larvales presentarían un desarrollo planctónico 15/20 días de acuerdo con la temperatura del agua (Cataldo *et al.* 2005), ocurriendo posteriormente el asentamiento larval y reclutamiento en las poblaciones bentónicas.

A lo largo del experimento en los sustratos de ambas profundidades, se observó una variación en la longitud valvar de los organismos asentados (Figura 8). Existió un incremento del tamaño promedio de los organismos asentados del inicio al final del estudio, tanto para los sustratos de superficie (febrero: 0,38mm - diciembre: 7mm) como para el fondo (0,58mm en marzo a 9,3mm en diciembre). El tamaño máximo observado de un organismo asentado fue 22mm coincidiendo con el observado para organismos de un año de edad (20mm), en estudios realizados para la región (Boltovskoy & Cataldo 1999).

### CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO

En el presente estudio, se observó un comportamiento estacional de la comunidad zooplanctónica, máximos larvales anuales de *Limnoperna fortunei* (ausencia durante julio y



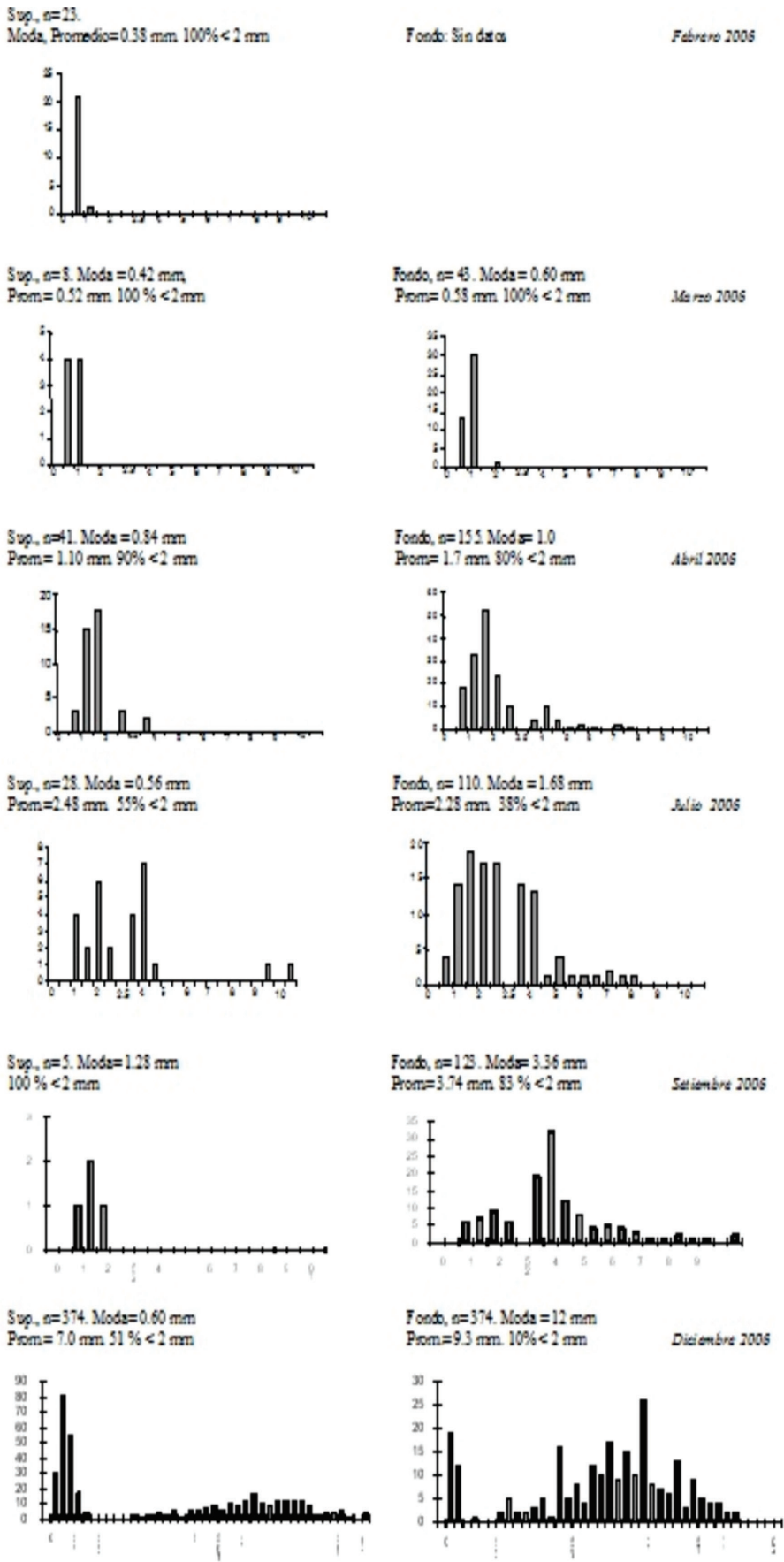
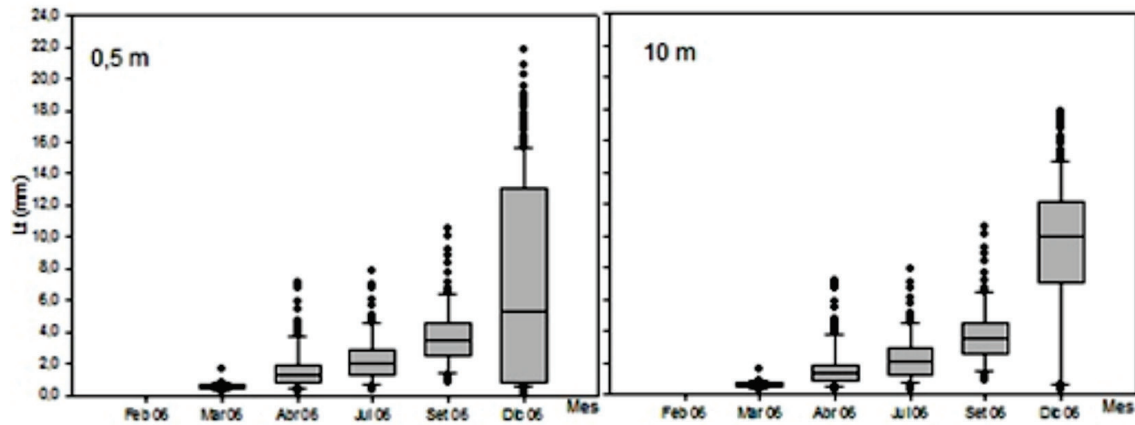


Figura 7. Histograma de frecuencia de tamaño de *L. fortunei* asentados en sustratos de 0.5 m y 10 m.  
Figure 7. Frequency histogram size *L. fortunei* settled on substrates 0.5 and 10m.



**Figura 8.** Largo total (Lt) de la valva de *L. fortunei* en los sustratos de 0,5 y 10m durante el periodo de estudio.  
**Figure 8.** Total length(Lt) of the valve of *L. fortunei* in the substrates from 0.5 and 10m during the study period.

máximos durante primavera, inicios de verano y otoño) asociado con variables ambientales y de manejo. Concordante con el ciclo larval anual, se encontraron máximos de asentamiento larval durante meses de primavera y verano, diferencias en las abundancias de los organismos asentados de acuerdo con la profundidad, así como la presencia de dos cohortes anuales. El comportamiento encontrado en el embalse Palmar, coincide con estudios realizados en otros sistemas hídricos de la región (Cataldo & Boltvskoy 2000, Darrigran *et al.* 2007, Pestana *et al.* 2008) y es de esperar que en los restantes embalses invadidos del sistema del Río Negro (Baygorria y Rincón del Bonete), el mejillón dorado presente un comportamiento poblacional similar.

Los patrones identificados de la dinámica poblacional del mejillón dorado en el embalse Palmar, podrían ser utilizados para implementar alternativas de manejo poblacional en el sistema de embalses del Río Negro. De acuerdo con los resultados del presente trabajo, existe un conjunto de variables ambientales (temperatura, Kd y tiempo de residencia), responsables del comportamiento larval del mejillón dorado en el embalse Palmar; para la diagramación de acciones de mitigación de la especie en el embalse, sería necesario considerar estas variables ambientales y de manejo hidráulico. Por otro lado, en estudios realizados dentro de infraestructuras de presas hidroeléctricas se observó que la mayor cantidad de larvas se encuentran en las tomas de agua; dicha sección actúa como recolector

de larvas del embalse y es fuente generadora de larvas debido a las abundancias de mejillones adultos que habitan en sus paredes por la baja velocidad presente en esta sección de la presa (Darrigran *et al.* 2007). Dentro de la toma de agua las condiciones ambientales son más estables y hay mayor disponibilidad de sustratos que en el ambiente natural, por lo que el asentamiento de las larvas es mayor dentro de la infraestructura de la presa (Darrigran & Damborenea 2006). Estas observaciones concuerdan con lo encontrado en la presa de Palmar donde la mayor cantidad de mejillones se observa en las distintas secciones de la toma de agua (M. Mandia *comunicación personal*). La limpieza de las infraestructuras hidráulicas durante los meses de máximos asentamiento larval, permitiría mitigar los impactos del macrofouling en años posteriores, generando una disminución de reclutas en las poblaciones bentónicas de la especie.

**AGRADECIMIENTOS:** El presente trabajo contó con el apoyo financiero y logístico de UTE a través de la Gerencia de Generación Hidráulica; para la segunda autora, DINACYT (Jóvenes Investigadores en el Sector Productivo- S/SP/01/26), financió el trabajo y LATU brindó el apoyo logístico durante 2007-2008. Se agradece a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (Sistema Nacional de Investigadores-ANII-SNI) y la red I3N-IABIN, por su apoyo financiero brindado para el primer y cuarto autor. Se agradece a M. Mandiá (Gerencia Generación Hidráulica-UTE) y J. Aquino (Central Hidroeléctrica Constitución-UTE), por su apoyo logístico, a G. Failache (Gerencia Generación Hidráulica-UTE) y G. Chalar (Limnología-Facultad de Ciencias) por facilitar los datos discusión de los resultados hidrológicos y comentarios al manuscrito. A J.C. Guerrero Antúnez por la cartografía, A. Lanfranconi, M. Hutton y R. Castiglioni por su participación en tareas de campo durante el 2006. A los revisores anónimos que permitieron mejorar al manuscrito.

## REFERENCIAS

- AGUDO, A.I. 2006. Asiatic golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), in the Uruguay river basin: a report about the progress heading in direction to the Southwest Brazil region. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, Illinois - USA, 8: 10-11.
- ARIM, M.; ABADES, S.R.; NEILL, P.E.; LIMA, M. & MARQUET, P.A. 2006. Spread dynamics of invasive species. *Proceeding of the National Academy of Science*, 103: 374-378.
- BOLTOVSKOY, D. & CATALDO, D. 1999. Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the Lower Paraná River (Argentina). *Biofouling*, 14: 255-263.
- BOLTOVSKOY, D. & CATALDO, D. 2003. Estudios de evaluación, monitoreo y análisis de medidas de control de incrustaciones de moluscos bivalvos (*Limnoperna fortunei*) en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Itaipú. *Informe Técnico*. 281p.
- BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; CATALDO, D. & SILVESTRE, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. *Biology Invasion*, 8: 947-963.
- BRUGNOLI, E.; CLEMENTE, J.; BOCCARDI, L.; BORTHAGARAY, A. & SCARABINO, F. 2005. Update and prediction of golden mussel (*Limnoperna fortunei*): distribution in the principal hydrographic basin of Uruguay. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77: 1-10.
- BRUGNOLI, E.; CLEMENTE, J.; RIESTRA, G.; BOCCARDI, L. & BORTHAGARAY, A. 2006. Especies acuáticas exóticas en Uruguay: situación, problemática y gestión. Pp. 351-362. *In: R. Menafrá, L. Rodríguez, F. Scarabino & D. Conde (eds.) Bases para la conservación y manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre Uruguay*, 667p.
- BURNS, M.D.M.; GARCIA, A.M.; BEMVENUTI, M.A.; VIEIRA, J.P.; MOTTA MARQUES, D.L.M.; MORESCO, A.; VINICIUS, M. & CONDINI, L. 2006. Bivalvia, Mytilidae, *Limnoperna fortunei*: distribution extension. *Check List* 2006: 2: 41-43.
- CATALDO, D. & BOLTOVSKOY, D. 2000. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei*, as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Paraná river and the Río de la Plata estuary (Argentina). *Aquatic Ecology*, 34: 307-317.
- CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D.; HERMOSA, J.L. & CANZI C. 2005. Temperature-dependent rates of larval development in *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Mollusk Studies*, 71: 41-46.
- CHALAR, G.; DE LEÓN, L.; BRUGNOLI, E.; CLEMENTE, J.M. & PARADISO, M. 2002. Antecedentes y nuevos aportes al conocimiento de la estructura y dinámica del Embalse Salto Grande El agua en Sudamérica: de la Limnología a la Gestión en Sudamérica. Pp. 123-142. *In: A. Fernández-Cirelli & G. Chalar (eds.) CYTED Aprovechamiento y Gestión de los Recursos Hídricos*.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. PRIMER-E: Plymouth. 144p.
- CLEMENTE, J.M. & BRUGNOLI, E. 2002. Note: Record of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in continental waters of Uruguay (Río Negro and Río Yi). *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay*, 13: 29-33.
- CODINA, R.A.; DE LUCÍA, M.; DAMBORENEA, C. & DARRIGRAN, G. 1999. Pautas Científicas para el Control de *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) en la Central Hidroeléctrica Yacyretá, Río Paraná (Argentina-Paraguay). *In: IV Congreso Latinoamericano de Malacología*. Coquimbo, Chile. Resumen: 15.
- CONDE, D. & SOMMARUGA, R. 1999. A review of the state of Limnology in Uruguay. Pp. 1-31. *In: Wetzel & Gopal (eds.) Limnology in developing countries*. SILIISP, New Delhi.
- CONDE, D.; GORGA, J.; PARADISO, M.; CLEMENTE, J.M.; DE LEÓN, L. & LANCEROT, G. 1999. Calidad de agua en el Embalse Rincón del Bonete (período 1994-1999). Sección Limnología-Facultad de Ciencias. Universidad de la República. *Informe Final*. Montevideo, Uruguay, 115p.
- CONDE, D.; PARADISO, M.; GORGA, J.; BRUGNOLI, E.; DE LEÓN, L. & MANDIÁ, M. 2002. Problemática de la calidad de agua en el sistema de grandes embalses del Río Negro (Uruguay). *Revista CIER*, 39: 51-68.
- DABEZIES, M.J.; GOMEZ, K.; SANS, K. & BRUGNOLI, E. 2005. Distribución de larvas de planctónicas de la especie invasora *Limnoperna fortunei* en el estuario del Río de la Plata. VIII Jornadas de Zoología del Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- D'ANTONIO, C.; MEYERSON, L.A. & DENSLOW, J. 2001. Exotic species and conservation. Pp 59-80p. *In: M. E. Soule' &*

- G. H. Orians (eds.). Conservation Biology Research Priorities for the Next decade. Island, Washington DC.
- DARRIGRAN, G. 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions*, 4: 145-156.
- DARRIGRAN, G. 2006. Gobernabilidad de los recursos hídricos y las bioinvasiones. Pp. 143–154. In: G. Darrigran, & M.C. Damborenea (eds.). Bioinvasión del mejillón dorado en el continente americano. EDULP, La Plata, Argentina, 221p.
- DARRIGRAN, G. & PASTORINO, G. 1995. The recent introduction of asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) in to South America. *The Veliger*, 38: 183-187.
- DARRIGRAN, G.; MARTÍN, M.; GULLO, B. & ARMENDÁRIZ, L. 1998. Macroinvertebrates associated with *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in Río de la Plata, Argentina. *Hydrobiology*, 367: 223-230.
- DARRIGRAN, G.; PENCHAZADEH, P. & DAMBORENEA, M.C. 1999. The life cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia, Mytilidae) from a neotropical temperate locality. *Journal Shellfish Research*, 18: 361-365.
- DARRIGRAN, G. & EZCURRA DE DRAGO, I. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *The Nautilus*, 114: 69-73.
- DARRIGRAN, G. & DAMBORENEA, C. 2006. Aspectos generales vinculados a la prevención y control. Pp. 155-165. In: G. Darrigran & M.C. Damborenea (eds). Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. EDULP, La Plata, Argentina, 221p.
- DARRIGRAN G.; DAMBORENEA C. & GRECO, N. 2007. An evaluation pattern for antimacrofouling procedures: *Limnoperna fortunei* larvae study in a hydroelectric power plant in South America. *Ambios*, 36: 575-579.
- EL MOOR-LOUREIRO, L. 1997. *Manual de Identificação de Cladóceros Limnéticos do Brasil*. Editora Universa- UCB, Brasília. 155p.
- FRUTOS, S.M. 1998. Densidad y diversidad del zooplankton en los ríos Salado y Negro. Planicie del río Paraná. Argentina. *Revista Brasileira de Biología*, 58: 431-444.
- FRUTOS S.M.; POI DE NEIFF, A.S. & NEIFF, J.J. 2006. Zooplankton of the Paraguay River: a comparison between sections and hydrological phases. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 42: 277-288.
- GARCÍA, S.; MARRONI, S.; CLEMENTE, J.M.; FOSALBA, C. & MAZZEO, N. 2008. Distribución y abundancia de *Corbicula fluminea* y *Diplodon parallelopedon* en el sistema Laguna del Sauce (Maldonado-Uruguay). In: IX Jornadas Zoología del Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- GONÇALVES BARBOSA, F. & SANCHES MELO, A. 2009. Modelo predictivo de sobrevivência do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) em relação a variações de salinidades na Laguna dos Patos, RS, Brasil. *Biota Neotropica*, 9: doi: 10.1590/S1676-06032009000300037
- GONZÁLEZ, E.; ORTAZ, M.; MATOS, M.; MENDOZA, J.; PEÑAHERRERA, C. & CARRILLO, V. 2002. Zooplankton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos. *Interciencia*, 27: 551-558.
- GORGA, J. & CLEMENTE J.M. 2000. Primera aproximación al problema del biofouling en la Represa Palmar. Informe Sección Limnología- Facultad de Ciencias. 6p.
- GROTHER, D. & GROTHE, D. 1977. *An illustrated key to the planktonic rotifers of the Laurentian Great Lakes*. U.S. Environmental Protection Agency, Region V. Central Regional Laboratory. 56p.
- GULYAS, P. 2002. Zooplankton. Technical Report of the International Commission for the Protection of the Danube River. Viena. Pp. 123-137. In: P. Koller-Kreimel, V. & I. Liska (eds). Joint Danube Survey Literáthy.
- ITUARTE, C.F. 2000. Evaluación de la presencia y pre-diagnóstico de situación futura en especies de *Corbicula* sp. y *Limnoperna* sp. en el embalse de Salto Grande e instalaciones de la central hidroeléctrica. Pre-diseño de un programa de prevención y control. *Informe técnico*. Servicio a Terceros de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP y Museo de la Plata, Departamento de Zoología Invertebrados. 33p.
- KARATAYEV, A.Y.; PADILLA, D.; MINCHIN, D.; BOLTOVSKOY, D. & BURLAKOVA, L.B. 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. *Biological Invasions*, 9: 161-180.
- LANGONE, JA. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia, Mytilidae) en Uruguay. *Publicación extra Museo Nacional de Historia Natural y Antropología*, Montevideo 1:1-18.
- LANSAC TÔHA, F.A.; BONECKER, L.; VELHO, C.C. & MACHADO VELHO, L.F. 2004. Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. Pp. 145-190.



- In: S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn (eds.). The Upper Paraná and its floodplain. Physical aspects, ecology and conservation. Backhuys Publishers, Leinden.
- MANSUR, C.; DOS SANTOS, C.P.; DARRIGRAN, G.; HYEDRICH I.G. & CALLI, C. 2003. Primeiros dados qualitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Gauíba e no Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20: 75-84.
- MANSUR, C.; ROSSONI CARDOSO, F.; AMATO RIBEIRO, L.; PINHEIRO DOS SANTOS, C., MITIDIERO THORMANN, B.; DA COSTA FERNANDES, F. & ZANNI RICHINITTI, L.M. 2004. Distribuição e consequências após cinco anos da invasão do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae). *Biociencias*, 12: 165-172.
- MARÑAS, M.; DARRIGRAN, G.; SENDRA, E. & BRECKON, G. 2003. Shell growth of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Mytilidae), from a Neotropical temperate locality. *Hydrobiologia*, 495: 41-45.
- MARZOLF, R. 1990. Reservoirs as environments for zooplankton. Pp. 195-207. In: K. Thorton, B. Kimmel & F. Payne (eds.). Reservoirs Limnology: Ecological perspectives. J. Wiley & Sons. N.Y. 246p.
- MORTON, B. 1977. The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia: Mytilacea) in Plove Cove Reservoir, Hong Kong. *Malacologia*, 16: 165-182.
- PASTORINO, G.; DARRIGRAN, G.; MARTÍN, S.M. & LUNASCHI, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio da Prata. *Neotropica*, 39: 34-36.
- PENCHASZADEH, P.; DARRIGRAN, G.; ANGULO, C.; AVERBUJ, A.; BRGGER, M.; DOGLIOTTI, A.; & PIREZ, N. 2000. Predation of the invasive freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Mytilidae) by the fish *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1846) (Anostomidae) in the Rio de la Plata, Argentina. *Journal Shellfish Research*, 19: 229-231.
- PESTANA, D.; ROBERTO PIE, M.; OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.; ANDREOLI, C.; FRANCESCHI, F. & LAGOS, P. 2008. Seasonal Variation in Larval Density of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) in the Iguazu and Paraná Rivers, in the Region of Foz do Iguazu, Paraná, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51: 607-612.
- PIMENTEL, D.; LACH, L.; ZUNIGA, R. & MORRISON, D. 2000. Environmental and economic costs of non-indigenous species in the United States. *BioScience*, 50:53-65.
- POURRIOT, R.; BENEST, D. ; CHAMP, P. & ROUGIER, C. 1982. Influence de quelques facteurs des milieux sur la composition et dynamique saisonniere du zooplancton de la Loire. *Acta Oecologia General*, 3: 353-371.
- REID, J. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da orden Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim Zoologia*, Univ. Sao Paulo. 9: 17-143.
- RINGUELET, R. 1958. *Los Crustáceos Copépodos de las Aguas Continentales en la República Argentina*. Contribuciones científicas, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Serie Zoología. 126p.
- RUTTNER-KOLISKO, A. 1974. *Plankton Rotifers*. Biology and taxonomy. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 146p.
- SCARABINO, F. & VERDE, M. 1995. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) en la costa uruguaya del Río de la Plata (Bivalvia; Mytilidae). *Revista Sociedad Malacologia Uruguay*, 7: 374-375.
- STEMBERG, R. 1979. *A guide to Rotifers of the Laurentian Great Lakes*. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. EPA. 187p.
- WACKER, A. & VON ELER, E. 2003. Settlement pattern of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, as a function of depth in Lake Constance. *Archives fur Hydrobiology*, 158: 289-301.
- WAHL, M. 1989. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series*, 58: 175-189.

Submetido em 15/03/2011

Aceito em 07/07/2011