

Prevención y Control de Bivalvos de Agua Dulce. Caso “Mejillón Dorado” en la Región Neotropical

Gustavo Darrigran¹

Resumen

En tiempos de la “globalización”, dos factores intervienen en el establecimiento de especies no-indígenas en nuevas áreas: la actividad del hombre y el cambio climático global. En este trabajo se realiza una síntesis de la invasión relativamente reciente del mejillón dorado o *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) en el continente americano, considerando esos dos factores, a través de una revisión de los impactos causados a nivel del ambiente humano y natural. Esta invasión se ha transformado en un novedoso problema económico/ambiental para el agua dulce de América del Sur, como es el macrofouling en el agua dulce.

Palabras claves: Mejillón dorado, invasión, agua dulce, *Limnoperna fortunei*.

Abstract

*Two factors combine in this globalized period to favor the incorporation of alien species in natural environments: activity of man and global change. The invasion of *Limnoperna fortunei* in South America is presented, as well as its impact in natural and human environment. This knowledge leads to the prediction of reactions of morpho-functionally similar invasive species in similar environments. A new economic problem was added with the invasion of this species in the Neotropical region, i.e., freshwater macrofouling.*

Key words: “macrofouling”, prevención y control.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la combinación de dos factores interactúa en la incorporación de especies no-nativas en los ambientes naturales y en los ambientes humanos. Uno de estos factores es la introducción y dispersión intencional o no-intencional realizada por el hombre, sobrepasando los límites o barreras naturales de su rango natural/histórico de distribución (Johnson & Carlton, 1996; Ricciardi & MacIsaac, 2000; Ruiz et al., 2000). El otro factor es el cambio climático global (Leach, 2000). Una modificación del ambiente permite su colonización por especies que presentan características invasoras (e.g., gran capacidad adaptativa-reproductiva).

¹. Grupo de Investigación sobre Moluscos Invasores/Plagas. Facultad Ciencias Naturales y Museo. Paseo del Bosque. 1900 La Plata. Argentina. invasion@museo.fcnym.unlp.edu.ar; www.malacologia.com.ar

Actividades comunes al hombre, tales como agricultura, recreación, transporte, acuarismo, construcción de canales y otras actividades acuáticas, promueven la dispersión de especies por sobre sus barreras naturales de distribución (Ruiz et al., 1997; Benson, 2000), provocando una alteración de la composición y funcionamiento normal del ecosistema invadido (Grosholz, 2002).

La crisis global de la biodiversidad (disminución del número de especies y homogenización de la biota), en la actualidad, esta acelerada no solo por la alteración del ambiente, sino también por la introducción intencional y no-intencional de nuevas especies (Stachowicz et al., 1999). La homogenización biótica se refiere básicamente al incremento en la similitud de especies en el espacio a lo largo del tiempo. Los procesos ecológicos que conducen a esta homogenización, están representados por interacciones entre especies nativas, no nativas y el ambiente (Olden et al., 2004; Olden & Poff, 2004).

Debido a que las bioinvasiones pueden alterar dramáticamente la composición y funcionamiento de las comunidades y causar además un considerable daño económico, existe en la actualidad un interés sustancial en comprender por qué y cómo tienen éxito las especies invasoras en adaptarse al nuevo ambiente.

La homogenización biótica es un proceso global que disminuye la distinción de flora y fauna de las regiones. No obstante, es aun poco clara la capacidad de una comunidad en resistir en mayor o menor medida a una invasión. La homogenización incrementa la velocidad de invasión de especies. Asimismo, la heterogeneidad espacial está en relación con la reducción de la expansión poblacional de estas especies invasoras (García-Ramos & Rodríguez, 2002).

En síntesis, la relación existente entre la pérdida de la biodiversidad y las bioinvasiones es un proceso de retroalimentación. La disminución de la biodiversidad facilita el desarrollo de las invasiones (Stachowicz et al., 1999). A su vez, las bioinvasiones aceleran la pérdida de la biodiversidad y la homogenización de la biota.

En relación con la introducción no-intencional de especies acuáticas, el agente de contaminación por especies más común es el agua de lastre de los barcos (Fofonoff et al., 2003; Silva & Souza, 2004), llegando a ser 3.000 especies diarias las transportas a distintos puertos del Planeta (National Research Council, 1996). Tal es el aporte que realiza el agua de lastre a la incorporación de especies no-indígenas, que se la denominó, en los comienzos de los ´90, como *ecological roulette* (Carton & Geller, 1993).

Las actividades del hombre en las últimas décadas provocaron la emisión de gases que originaron el “efecto invernadero”. Asimismo, existe evidencia de que esta alteración no es la única responsable del calentamiento global (Broecker, 2001). Según varios autores, el cambio global forma parte de un proceso natural, el cual es acelerado por la actividad del hombre. Dos eventos globales confirman lo mencionado; estos influyeron en forma radical en las biotas durante el pasado milenio (Deschamps et al., 2003), *es decir*, el “Medieval Thermal Maximum” (800 y 1200 a.C.) y la “Small Ice Age” (1450 y 1850 a.C.) (Jones et al., 2001). El ingreso de especies, más allá del rango natural de dispersión, no solo depende de la capacidad adaptativa de estas, sino también de la posibilidad de encontrar un ambiente apropiado para asentarse. Este, a si mismo, al ser afectado por el cambio climático global, aumenta la probabilidad de bioinvasión. Sobre la base de estudios integrales de los principios teóricos de las bioinvasiones y del cambio global, Dukes & Mooney (1999) tratan de responder a preguntas tales como: ¿Un ecosistema es más o menos propenso a ser invadido que otro? ¿Ciertas especies pueden convertirse en invasoras? ¿El impacto que causan las invasiones biológicas será o no severo?, entre otras.

Durante las últimas tres décadas, el Río de la Plata actuó como vía de ingreso de al menos tres especies no-nativas de moluscos: *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Darrigran, 2002) y *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Pastorino et al., 2000). Las dos primeras han desarrollado desde su ingreso características de especies invasoras. Esta vía de ingreso, el Río de la Plata, es un ejemplo de un proceso de invasión, en la cual hay una importante actividad humana (puertos de Buenos Aires y La Plata en Argentina y Montevideo en Uruguay) y que, además, atraviesa un proceso de cambio climático en estas últimas décadas. Este proceso estaría representado por la influencia que produce en el ambiente el aumento en un 100% de la lluvia en el período (Deschamps et al., 2003). Por lo tanto, el incremento comercial durante las últimas décadas y el rápido cambio climático mencionado provocarían, por ejemplo, el arribo y asentamiento de estas tres especies no-nativas en la región Neotropical.

Durante el inicio del 2000, Levine & D’Antonio (2003) sugieren que los costos ambientales y económicos asociados con la actividad humana y las bioinvasiones, continuarán en incremento en las próximas décadas. Las discusiones y resultados en relación con las bioinvasiones ocurridas en los distintos países del globo, independientemente de las diferentes realidades sociales, económicas y políticas de estos, son similares:

- Carencia de conciencia pública de los problemas que ocasionan las bioinvasiones en el ambiente natural y humano.
- Falta de control sobre las actividades del hombre que favorece la introducción/dispersión de especies no-nativas.
- Carencia general del interés gubernamental en generar conocimiento para lograr la prevención de este problema económico y ambiental a escala regional.

A fin de establecer criterios *a priori* para la prevención o tratamiento de una invasión – teniendo en cuenta que el conocimiento sobre la biología de las poblaciones en los ambientes naturales es insuficiente – deberían ser identificados los patrones de invasión de especies semejantes, a través del seguimiento de sus historias de invasión. A partir de estos datos se puede lograr la predicción de la respuesta de especies morfo-funcionalmente similares, en ambientes equivalentes (Bij de Vaate et al., 2002; Ricciardi, 2003). Para una mejor comprensión de los procesos de invasión, se requiere la comparación de sets de datos equivalentes (Orensanz et al., 2002). El impacto de las publicaciones científicas sobre bioinvasiones a crecido en la segunda mitad de la década del '90 (Kolar & Lodge, 2001). Orensanz et al. (2002) concluyen que la literatura científica/técnica sobre invasiones marinas y estuariales está distribuida de forma desigual en las regiones del globo. La mayor parte de esta se encuentra o hace referencia a los Estados Unidos, Oeste de Europa y Australia. La mayoría de la literatura que es conocida sobre los problemas de América del Sur es inédita o se encuentra en fuentes no disponibles para la comunidad científica internacional.

La predicción del impacto de especies introducidas puede inferirse a partir de historias de invasión de organismos funcionalmente semejantes. Por lo tanto, las historias de invasión de bivalvos incrustantes, como *Dreissena polymorpha* Pallas, 1754; *Limnoperna fortunei*, Dunker, 1857; *Mytilopsis sallei* Récluz, 1849; *Modiolus striatulus* Hanley, 1853; *Perna viridis* (Linnaeus, 1758); y *Xenostrobus securis* (Lamarck, 1819), puede servir como esquema para establecer prioridades en el estudio de otras especies de bivalvos invasores de los que no se tiene aun una historia de invasión (Ricciardi, 2003).

Una Historia de invasión: El caso de *Limnoperna fortunei*

Numerosas especies exóticas arribaron a América en la pasada centuria. Entre ellas tres especies de bivalvos de agua dulce resultaron invasores, impactando fuertemente en este continente. Estas son *Corbicula fluminea*, *Limnoperna fortunei* (Figura 1) y el mejillón cebrá o *Dreissena polymorpha*. Esta

última está presente desde 1980 en América del Norte. Hasta la actualidad está ausente en la Región Neotropical. *Limnoperna fortunei* fue encontrada en América en 1991 en el balneario Bagliardi, estuario del Río de la Plata (35°55'S-57°49'W) (Pastorino et al., 1993) (Figura 2). Esta especie es nativa del sudeste de Asia. También invadió Hong Kong en 1995 (Morton, 1977), Japón (Kimura, 1994) y Taiwan (Ricciardi, 1998) en los ´90. La introducción de esta especie en América del Sur fue no intencional, llegando en el agua de lastre de las embarcaciones transoceánicas (Darrigran & Pastorino, 1995).

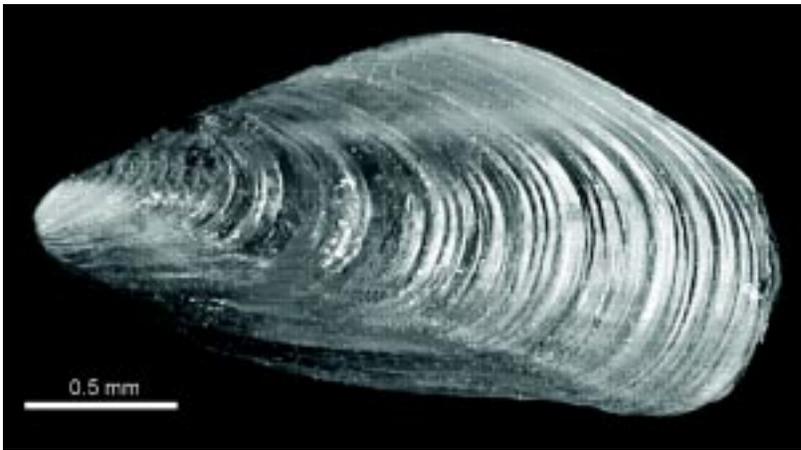


Figura 1. *Limnoperna fortunei*, valva izquierda.

La presencia de *L. fortunei* causó inmediatamente severos impactos tanto en el ambiente natural como humano, llegando a ser identificada como una especie invasora en América del Sur. Características específicas, tales como su corto período de vida, crecimiento rápido, rápida madurez sexual, alta fecundidad, ser eurióicos, euritópicos, comportamientos gregarios, alimentación de suspensión, larvas planctónicas (Morton, 1996), permiten un efectivo asentamiento, rápida reproducción y colonización de las nuevas áreas. Además en América del Sur, las especies nativas de bivalvos, principalmente náyades, son infaunales en sustratos blandos y tienen larva parásitas. Por lo tanto, el mejillón dorado epifaunal sobre sustrato duro y desarrollo indirecto libre encuentra en la nueva región Neotropical un nicho vacante, lo que le facilita el proceso de invasión (Darrigran, 2002).

Después de su introducción a través del Río de la Plata, comenzó a invadir áreas industriales y ríos navegables comercial y deportivamente. Esto lo realizó a través de la actividad del hombre.

Distribución y dispersión.

La Cuenca del Plata es una de la más grandes redes hidrográficas de América del Sur. Este sistema cubre un área de 3.000.000 km² (Figura 2) con una rica diversidad de moluscos (Darrigran & Pastorino, en prensa) y algunos de los ríos funcionan como buenas vías de navegación comercial y deportiva (*es decir*, ríos Paraná, Río de la Plata y Paraguay).

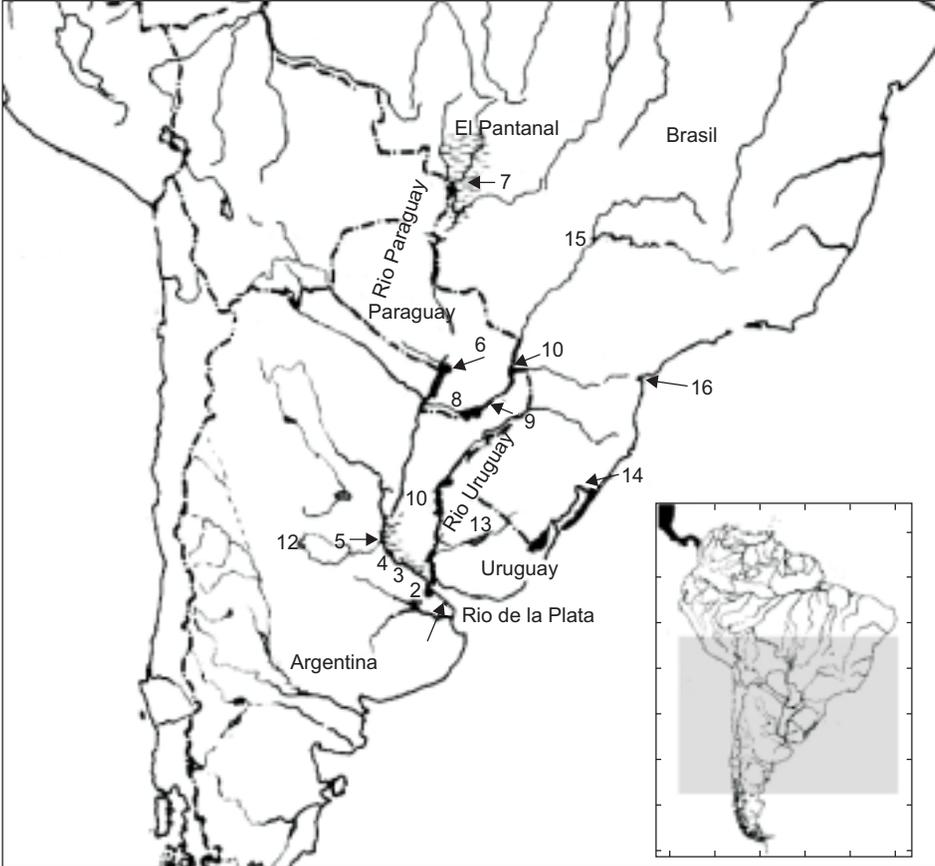


Figura 2. Distribución espacial de *Limnoperna fortunei*. 1, Balneario Bagliardi; 2, Puerto de Buenos Aires; 3, Central Atómica de Atucha; 4, Central Térmica San Nicolás; 5, Santa Fe; 6, Puerto de Asunción (Paraguay); 7, El Pantanal (Brasil-Bolivia); 8, Yacyretá; 9, Puerto de Posadas; 10, Central Hidroeléctrica de Itaipú; 11, Central Hidroeléctrica de Salto Grande; 12, Central Atómica de Río Tercero; 13, Centrales Hidroeléctricas en Río Negro (Uruguay); 14, Cuenca del Guaíba (Brasil); 15, nacimiento del Río Paraná (Brasil); 16, Embalses próximos a Curitiba (Brasil).

Desde su primera cita en el Río de la Plata, en 1991, *L. fortunei* está en constante expansión. En 1994 solo habitaba en el Río de la Plata, tanto en la costa argentina como uruguaya (Scarabino & Verde, 1994). Desde 1995 se la encuentra en la zona industrial a lo largo del Río Paraná, provocando los primeros casos de macrofouling (incrustaciones mayores a un milímetro) (Darrigran, 1995). Dos años después, es encontrada en el Puerto de Asunción en Paraguay sobre el Río Paraguay. En 1998 fue colectada en el Santuario Ecológico Internacional “El Pantanal” (Oliveira et al., 2000). Asimismo continuó su dispersión a lo largo del Río Paraná y en 1998 fue encontrada en el Puerto de Posadas y en la Central Hidroeléctrica de Yacyretá (Darrigran & Ezcurra de Drago, 2000). En el 2001 se la halló en la Central Hidroeléctrica de Itaipú (Zanella & Marenda, 2002; Darrigran, 2002). Su invasión alcanzó en el 2001 al Río Uruguay (Ezcurra de Drago et al., 2001), y en el mismo año fue encontrada en la Central Hidroeléctrica de Salto Grande. En el 2001 fue registrada en Embalse Río Tercero (Córdoba, Argentina) y en el embalse de la Planta de Energía Atómica de esa localidad (Darrigran, observación personal).

En Brasil, el mejillón dorado fue colectado en el 2001, en dos pequeños embalses cercanos a Curitiba (Paraná) (Takeda et al., 2003). El mejillón dorado continuó su dispersión aguas arriba por los Ríos Paraguay y Paraná, registrándose actualmente, en Brasil, en los estados de San Pablo, de Rio do Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso y Mato Grosso do Sul (Flavio da Costa Fernandes, comunicación personal).

Este amplio rango de dispersión del mejillón dorado evidencia la adaptación de esta especie a condiciones ambientales propias de un clima templado hasta uno subtropical.

En 1998, en Brasil, *L. fortunei* fue detectada por primera vez en Río Grande do Sul (Mansur et al., 1999). Este ingreso, a través de Porto Alegre, es considerado como una nueva invasión, que utilizó otra vía, distinta a la utilizada en 1991 a través del Río de la Plata. El intercambio comercial entre Argentina y Brasil pudo ser el medio de arribo de esta especie en Brasil (Mansur et al., 2004). Dos años después de su invasión en Brasil, ocurren los primeros casos de macrofouling en este país, en papeleras y plantas potabilizadoras de Puerto Alegre (Mansur et al., 2004). Muchas de estas áreas cuentan con importantes industrias cuyos sistemas de agua son o pueden ser invadidos por el mejillón dorado provocando macrofouling.

Las larvas planctónicas son el mecanismo natural de dispersión de esta especie. No obstante, al contrario de lo observado en América del Norte con Dreissena polymorpha, en la cuenca del Plata, la dispersión es fundamentalmente a contra-

corriente a una velocidad estimada de 240 km/año. Esta rápida dispersión está relacionada con la actividad humana (comercio, deporte, pesca, etc.).

Las características del ambiente acuático que ocupa el mejillón dorado en América del Sur, son las siguientes:

Temperatura	Entre 14°C y 24°C en zonas templadas Entre 15°C y 33°C en zonas subtropicales
Salinidad	Valores por debajo a 3 psu.
pH	Entre 6,2 y 7,4
Concentración Ca++	3,96 mg/L

Densidad

Al momento de ser detectada en el Río de la Plata, la densidad de *L. fortunei* era de 4-5 individuos/m² (Darrigran & Pastorino, 1995; Darrigran, 2000). Picos de densidad se observaron posteriormente, tales como 150.000 individuos/m² en 1995. Luego se observó la estabilización de la densidad poblacional en aproximadamente 40.000 ind/m² (Darrigran et al., 2003) (Figura 3). Un comportamiento similar de la variación temporal de la densidad poblacional fue registrado en la Cuenca del Guaíba (Brasil) (Mansur et al., 2003).

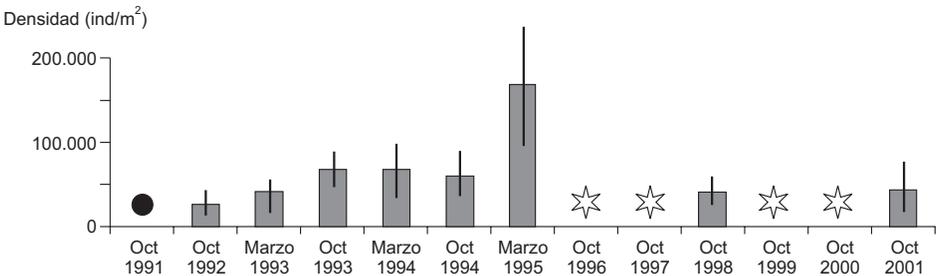


Figura 3. Variación temporal de la densidad (media y desvío estándar) de *Limnoperna fortunei* en Balneario Bagliardi, Río de la Plata, entre 1991 y 2001. Círculo negro, 4-5 ind/m²; asteriscos sin datos (modificado de Darrigran et al., 2003).

Impacto en el ambiente natural

El rápido incremento en la densidad poblacional de *Limnoperna fortunei* en la Cuenca del Plata provocó un impacto ambiental directo. El establecimiento de esta especie de bivalvo epifaunal afectó la comunidad béntica. Densas poblaciones del mejillón dorado crearon nuevos hábitats, los cuales fueron colonizados por otros taxa (oligoquetos, hirudineos, larvas de insectos, etc.), lo que modificó la composición y riqueza de la comunidad béntica (Darrigran et al., 1998b).

Asimismo, desde la introducción del mejillón dorado en el Balneario Bagliardi se ha detectado el desplazamiento de al menos dos especies de gasterópodos nativos en esa localidad: *Chilina fluminea* (Maton, 1809) y *Gundlachia concentrica* (d'Orbigny, 1835), mientras que la especie *Heleobia piscium* (d'Orbigny, 1835) en este ambiente demostró una adaptación a este nuevo microambiente. El impacto directo más severo es el ocasionado por la colonización de las valvas de las náyades nativas (Hyriidae y Mycetopodidae) por el mejillón dorado, provocando al igual que *D. polymorpha* en el Hemisferio Norte (Ricciardi et al., 1997) una disminución de esta malacofauna, debido a la incapacidad de abrir y cerrar sus valvas por la presencia del mejillón dorado. El impacto cuantitativo causado por *L. fortunei* sobre las náyades nativas es hasta el presente desconocido.

El asentamiento del mejillón dorado sobre la fauna no es exclusivo de las náyades nativas, también son afectadas, por ejemplo, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda, Ampullariidae) o *Aegla platensis* (Schmitt, 1942) (Anomura Aeglidae). Asimismo se asienta sobre otra especie invasora en el continente, *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Corbiculidae) (Darrigran et al., 2000; Darrigran, 2002). La importante biomasa, asociada a las altas densidades de *Limnoperna fortunei*, impacta en las cadenas alimentarias. Numerosas especies de peces nativos consumen al mejillón dorado (Lopez Armengol & Casciotta, 1998; Montalto et al., 1999). Penchaszadeh et al. (2000) determinaron que una de las especies de peces nativos de la Cuenca del Plata (*Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1846; Anostomidea) cambió su dieta, siendo este bivalvo su principal alimento en la actualidad.

Impacto en el ambiente humano

La introducción de *Limnoperna fortunei* impacta no sólo en el ambiente natural. El mejillón dorado genera un nuevo problema económico ambiental en América del Sur, éste es el macrofouling en el agua dulce. Este problema era común, hasta la introducción del mejillón dorado, solo en el agua de mar y estuarios. En la actualidad, numerosas industrias de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay sufren este nuevo problema (Darrigran, 2000):

- Reducción del diámetro de los tubos del sistema de agua.
- Bloqueo del sistema.
- Disminución de la velocidad del agua.
- Acumulación de valvas vacías.
- Contaminación del agua por mortalidad masiva.
- Bloque de filtros.

Estos problemas fueron reportados en plantas purificadoras de agua; centrales Hidroeléctricas y Nucleares; Frigoríficos; Procesadoras de Aceites; Papeleras; Petroquímicas; etc.

Como consecuencia del macrofouling ocasionado por el mejillón dorado, los costos operativos de las industrias aumentan debidos a cortes de la actividad del sistema por la obstrucción en las tuberías y la necesidad de limpiezas periódicas, mecánicas o con agentes químicos, así como también por reemplazos de tuberías y filtros.

El caso de *Limnoperna fortunei*, importancia global

El clima de la región nativa de *Limnoperna fortunei* es subtropical (desde el punto de vista macroclimático). Este tipo de clima se encuentra en otras áreas, como Japón y Cuenca del Plata, ambas invadidas por este bivalvo.

La introducción del mejillón dorado en la Cuenca del Plata provocó el desarrollo de numerosas investigaciones, como, por ejemplo:

1. El impacto sobre especies nativas (Darrigran et al., 1998b).
2. *Crecimiento individual* (Boltovskoy & Cataldo, 1999; Maroñas et al., 2003).
3. *Distribución e impactos* (Darrigran, 2000; Darrigran et al., 2000; Darrigran & Ezcurra de Drago, 2000).
4. *Biología reproductiva* (Darrigran et al., 1998a, 1999, 2003).
5. *Predación* (Penchaszadeh et al., 2000).
6. *Desarrollo larval, actualmente en progreso, así como también abundancia temporal de larvas en diferentes áreas de la Cuenca del Plata* (Cataldo & Boltovskoy, 2000; Irurueta et al., in press) y *en el ambiente humano* (Darrigran et al., in press).
7. *Resistencia a la exposición al aire, bajo diferentes condiciones de humedad relativa. Este estudio nos permite hallar métodos de control con bajo impacto ambiental y determinar la capacidad de dispersión* (Darrigran et al., 2001a).

8. Bioensayos para determinar el efecto letal del Cu y Zn, con resultados preliminares. Este estudio se realiza con el objeto de formular pinturas y cubiertas anti-fouling para ambientes de agua dulce (Caprari & Lecot, 2001).
9. *Bioensayos con un polímero de amonio cuaternario. Este biocida fue probado para larvas (Darrigran et al., 2001b) y adultos (Darrigran & Damborenea, 2001); los resultados de ambos estudios demuestran que tanto larvas como adultos del mejillón dorado son más sensibles al biocida que Dreissena polymorpha.*

Estos estudios se encuentran en plena etapa de realización. La abundante información referida a *D. polymorpha* en el Hemisferio Norte permite la comparación con la invasión del mejillón dorado en América del Sur, debido a que se trata de especies morfo-funcionalmente semejante.

Muchos otros aspectos continúan desconocidos, por ejemplo, la capacidad de filtración del mejillón dorado. Debido a las altas densidades en la Cuenca del Plata, esta especie puede incrementar la claridad del agua en forma semejante a lo ocurrido con el mejillón cebra en el Hemisferio Norte (Fanslow et al., 1995).

El objetivo del Programa de Investigación, marco que engloba lo ya mencionado, provee la información básica para el control efectivo de la invasión y la prevención del impacto económico. Asimismo, los resultados obtenidos prestarán información para la prevención de futuras invasiones (Ricciardi, 2003).

Agradecimientos

Investigación parcialmente financiada con el Proyecto PIP n° 02856. CONICET y por la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP). Agradezco a la comisión organizadora del Simposio “Ecología de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata” por la invitación a participar y especialmente a la Dra. Claudenice Moreira dos Santos, Dra. Adriana Jorcín y al Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira, por la atención brindada. Por último se agradece a la Lic. Mirta Lagreca, personal de Apoyo de la CIC, por la tarea técnica desarrollada.

Referencias Bibliográficas

BENSON, A. J., Documenting over a century of aquatic introductions in the United States. In: CLAUDI, R.; LEACH, J. H. (Eds.). *Nonindigenous freshwater organisms: vectors, biology, and impacts*, Lewis Publishers. Boca Raton, 2000. p 1-32.

- BIJ DE VAATE, A., JAZDZEWSKI, K.; KETELAARS, H. A. M.; GOLLASCH, S.; VAN DER VELDE, G. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 59, p. 1159-1174, 2002.
- BOLTOVSKOY, D.; CATALDO, D. Population Dynamics of *Limnoperna fortunei*, An Invasive Fouling Mollusc, in the Lower Paraná River (Argentina). *Biofouling*, v. 14, n. 3, p. 255-263, 1999.
- BROECKER, W. Was the Medieval Warm Period Global?. *Science*, v. 291, p. 1497-1499, 2001.
- CAPRARI, J. J.; LECOT, C. J. El control de bivalvos invasores *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en la Central Hidroeléctrica Yacyretá mediante pinturas. *Actas del Seminario Internacional de gestión Ambiental e Hidroelectricidad*. Salto Grande. Argentina, 2001. p. 66-86.
- CARLTON, J.; GÉLLER, J. B. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, v. 261, p. 78-82, 1993.
- CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia) 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* v. 34, p. 307-317, 2000.
- DARRIGRAN, G. *Limnoperna fortunei*: ¿Un problema para los sistemas naturales de agua dulce del MERCOSUR? *Revista del MUSEO*, v. 5, p. 85-87, 1995.
- DARRIGRAN, G. Invasive freshwater bivalves of the neotropical region. *Dreissena!*, v. 11, p. 7-13, 2000.
- DARRIGRAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions*, v. 4, p. 145-156, 2002.
- DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. The recent introduction of Asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *The Veliger*, v. 38, p. 183-187, 1995.
- DARRIGRAN, G.; EZCURRA DE DRAGO, I. Invasion of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in America. *Nautilus*, v. 2, p. 69-74, 2000.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, M. C. Concentraciones letales de un biocida para adultos del molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Mytilidae). *Actas Seminario Internacional sobre Gestión Ambiental e Hidroelectricidad*, Salto Grande. Argentina, 2001, p. 119-123.
- DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. Distribution of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), (Family Mytilidae) after 10 years invading America. *Journal of Conchology*, Special Publication 3 1, In press.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, M. C.; PENCHASZADEH, P. A case of hermaphroditism in the freshwater invading bivalve *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) from its first American habitat (Río de la Plata, Argentina). *Iberus* v. 16, p. 99-104, 1998a.
- DARRIGRAN, G.; MARTIN, S. M.; GULLO, B.; ARMENDÁRIZ, L. Macroinvertebrate associated to *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae). Río de La Plata, Argentina. *Hydrobiología* v. 367, p. 223-230, 1998b

- DARRIGRAN, G.; PENCHASZADEH, P.; DAMBORENEA, M. C. The life cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) from a neotropical temperate locality. *Journal of Shellfish Research*, v. 18, p. 361-365, 1999.
- DARRIGRAN, G.; PENCHASZADEH, P.; DAMBORENEA, M. C. An invasion tale: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) in the neotropics. In: International Aquatic Nuisance Species and Zebra-Mussels Conference, 10., 2000, Toronto, Canada. *Proceedings...* Vicksburg, Mississippi: US Army Corps of Engineers, 2000. p. 219-224
- DARRIGRAN, G.; MAROÑAS, M.; COLAUTTI, D. Tolerancia del “mejillón dorado” *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) a la exposición al aire. *Actas Seminario Internacional sobre Gestión Ambiental e Hidroelectricidad*, Salto Grande. Argentina, p. 123-129, 2001a.
- DARRIGRAN, G.; MAROÑAS, M.; COLAUTTI, D. Primeras estimaciones de concentraciones letales de un biocida para el molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Mytilidae). *Actas Seminario Internacional sobre Gestión Ambiental e Hidroelectricidad*, Salto Grande. Argentina, p. 131-137, 2001b.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, M. C.; PENCHASZADEH, P.; TARABORELLI, C. Adjustments of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) after ten years of invasion in the Americas. *Journal of Shellfish Research*, v. 22, p. 141-146, 2003.
- DARRIGRAN, G.; PENCHASZADEH, P.; DAMBORENEA, M. C.; GRECO, N. Abundance and distribution of golden mussel *Limnoperna fortunei* larvae in a Hydroelectric Power Plant in South America. In: INTERNATIONAL AQUATIC NUISANCE SPECIES AND ZEBRA MUSSEL CONFERENCE, 11., Alexandria, USA. *Proceedings...* Alexandria, in press.
- DESCHAMPS, J.; OTERO, O.; TONNI, E. *Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones desde los siglos XVIII al XX*. Documentos de Trabajo (área de Estudios Agrarios), 109:3-18. Universidad de Belgrano. Buenos Aires. Argentina, 2003.
- DUKES, J.; MOONEY, H. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology & Evolution*, v. 14, p. 135-139, 1999.
- EZCURRA DE DRAGO, I.; DARRIGRAN, G.; SCARABINO, F.; OLIVEROS, O. Actualización de la distribución de *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae): río Uruguay y algunos tributarios. In: Congreso Latinoamericano de Ecología, 5., 2001, Proceedings... San Salvador de Jujuy, Argentina, 2001.
- FANSLOW, D. L.; NALEPA, T. F.; LANG, G. A. Filtration rates of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on natural seston from Saginaw bay, Lake Huron. *Journal of Great lakes Research*, v. 21, p. 489-500, 1995.
- FOFONOFF, P. W.; RUIZ, G. M.; STEVES, B.; CARLTON, J. T. In ships or on ships? Mechanisms of transfer and invasion for nonnative species to the coasts of North America. In: RUIZ, G. M.; CARLTON, J. T. (Eds.), *Invasive species: Vectors and management strategies*, Washington, DC, Island Press, 2003. p. 152-182.

GARCIA-RAMOS, G.; RODRÍGUEZ, D. Evolutionary speed of species invasions. *Evolution*, v. 56, p. 661-668, 2002.

GROSHOLZ, E. Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 17, p. 22-27, 2002.

IRURUETA, M.; DAMBORENEA, M. C.; DARRIGRAN, G. Estudios preliminares del ciclo larval del bivalvo invasor *Limnoperna fortunei* (Mytilidae). In: JORNADAS SOBRE CONSERVACIÓN DE LA FAUNA ICTICA EN EL RÍO URUGUAY, 3., 2002. Paysandú, Uruguay, in press.

JOHNSON, L. E.; CARLTON, J. T. Post-establishment spread in large-scale invasions: Dispersal mechanisms of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Ecology*, v. 77, p. 1686-1690, 1996.

JONES, P.; OSBORN, D. T. J.; BRIFFA, K. R. The evolution of climate over the last millennium. *Science*, v. 292, p. 662-666, 2001.

KIMURA, T. Morphological identification of *Limnoperna fortunei* (Dunker) and *Limnoperna fortunei kikuchii* Habe. *Chiribotan*, v. 25, p. 36-40, 1994.

KOLAR, C.; LODGE, D. Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 16, p. 199-204, 2001.

LEACH, J. H. Climate change and the future distribution of aquatic organisms in North America. In: CLAUDI, R.; LEACH, J. H. (Eds.). *Nonindigenous Freshwater Organisms: Vectors, Biology, and Impacts*, Lewis Publishers, Boca Raton. 2000. p. 399-400.

LEVINE, J.; D'ANTONIO, C. Forecasting biological with increasing international trade. *Conservation Biology*, v. 17, p. 322-326, 2003

LOPEZ ARMENGOL, M. F.; CASCIOTTA, J. First record of the predation of the introduced freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) by the native fish *Micropogonias* (Sciaenidae) in the Río de la Plata estuary, South America. *Iberus*, v. 16, p. 105-108, 1998.

MANSUR, M. C. D.; QUEVEDO, C. B.; DOS SANTOS, C. P.; CALLIL, C. T. Prováveis vias da Introdução de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul e novos registros de invasão no Brasil pelas Bacias do Parana e Paraguai, En: Silva, J. V. S. & R. C. C. L. Souza (eds.), 2004. Água de Lastro e Bioinvasão. Interciência, Rio de Janeiro. pp224. pp. 33-58.

MANSUR, M.C.; DOS SANTOS, C. P.; DARRIGRAN, G.; HEYDRICH, I.; CALLIL, C. T.; CARDOSO, F. R. Primeros dados quali-quantitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e no Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 20, p. 75-84, 2003.

MANSUR, M. C.; ZANI RICHINITTI, L. M.; PINHEIRO DOS SANTOS, C. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), molusco bivalvo invasor, na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*, v. 7, p. 147-149, 1999.

MARONAS, M.; DARRIGRAN, G.; SENDRA, E.; BRECKON, G. Shell growth of the "Golden Mussel", *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), from a neotropical temperate locality. *Hydrobiologia*, v. 495, p. 41-45, 2003.

MONTALTO, L.; OLIVEROS, O.; EZCURRA DE DRAGO, I.; DENONTE, L. D. Peces del río Paraná Medio predadores de una especie invasora: *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae). *Revista FABICIB*, v. 3, p. 85-101, 1999.

MORTON, B. The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilacea) in Plover Cove reservoir, Hong Kong. *Malacologia*, v. 16, p. 165-182, 1977.

MORTON, B. *The aquatic nuisance species: a global perspective and review*. In: D'ITRI, F. (Ed.) *Zebra Mussels and other Aquatic Species*, Ann Arbor Press, Ann Arbor, Michigan. 1996. pp 1-54

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Committee on Ships Ballast Operations Stemming the tide: controlling introductions of nonindigenous species by ships ballast water*. National Academy Press. Washington, D.C. 1996. 141p.

OLDEN, J. D.; LEROY POFF, N. Clarifying biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 19, n. 1, p. 283-284, 2004.

OLDEN, J. D.; LEROY POFF, N.; DOUGLAS, M. R.; DOUGLAS, M. E.; FAUSCH, K. D. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 19, n. 1, p. 18-24, 2004.

OLIVEIRA, M. D. de; TAKEDA, A.; BARBOSA, D. S.; CALHEIROS, D. F. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* no Rio Paraguay, de Porto Murtinho (21°43'04"S e 57°54'92"W) até a região de Amolar (Bela Vista do Norte – 17°38'50"S e 57°41'45"W) Brasil. In: SIMPOSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIO-ECONOMICO DO PANTANAL, 3., 2000. *Resúmenes...* Julio 2000.

ORENSANZ, J.; SCHWINDT, E.; PASTORINO, G.; BORTOLUS, A.; CASAS, G.; DARRIGRAN, G.; ELIAS, R.; LOPEZ GAPPA, J. J.; OBENAT, S.; PASCUAL, M.; PENCHASZADEH, P.; PIRIZ, M. L.; SCARABINO, F.; SPIVAK, E.; VALLARINO, E. No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. *Biological Invasions* v. 4, p. 115-143, 2002.

PASTORINO, G.; DARRIGRAN, G.; MARTÍN, S. M.; LUNASCHI, L. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotropica* v. 39, p. 34.1993.

PASTORINO, G.; PENCHASZADEH, P.; SCHEJTER, L.; BREMEC, C. *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Mollusca: Muricidae) A New gastropod in South Atlantic Waters. *Journal of Shellfish Research*, v. 19, P. 897-899, 2000.

PENCHASZADEH, P.; DARRIGRAN, G.; ANGULO, C.; AVERBUJ, A.; BRIGNOCCOLI, N.; BRÖGGER, M.; DOGLIOTTI, A.; PÍREZ, N. Predation on the invasive freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) by the fish *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1846 (Anostomidae) in the Río de la Plata, Argentina. *Journal of Shellfish Research*, v. 19, p. 229-231, 2000.

- RICCIARDI, A. Global range expansion of the asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): Another fouling threat to freshwater systems. *Biofouling*, v. 13, p. 97-106, 1998.
- RICCIARDI, A.; MACISAAC, H. J. Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto-Caspian species. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 15, p. 62-65, 2000.
- RICCIARDI, A. Predicting the impacts of an introduced species from its invasion history: an empirical approach applied to zebra mussel invasions. *Freshwater Biology*, v. 48, p. 972-981, 2003.
- RICCIARDI, A.; WHORISKEY, F. G.; RASMUSSEN, J. B. The role of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in structuring macroinvertebrates communities on hard substrata. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, v. 54, p. 2596-2608, 1997.
- RUIZ, G. M.; CARLTON, J. T.; GROSHOLZ, E. D.; HINES, A. H. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *Am. Zool.* V. 37, p. 621-32, 1997.
- RUIZ, G. M.; FOFONOFF, P. W.; CARLTON, J. T.; WONHAM, M. J.; HINES, A. H. Invasion of Coastal Marine Communities in North América: Apparent patterns, processes, and biases. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* v. 31, p. 481-531, 2000.
- SCARABINO, F.; VERDE, M. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en la costa uruguaya del Río de la Plata (Bivalvia, Mytilidae). *Comunicaciones Sociedad Malacológica del Uruguay*, v. 7, p. 374-375, 1994.
- SILVA, J. V. S.; SOUZA, R. C. C. L. *Agua de Lastro e Bioinvasao. Interciencia, Rio de Janeiro.* 2004. 224p.
- STACHOWICZ, J. J.; WHITLATCH, R. B.; OSMAN, R. W. Species diversity and invasion resistance in a marine ecosystem. *Science*, v. 286, p. 1577-1579, 1999.
- TAKEDA, A. M.; MANSUR, M. C.; MUJICA, D.; BIBIAN, J. P. Ocorrência da espécie invasora de Mexilhao Dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), em dois pequenos Reservatórios próximos a Curitiba, PR. *Acta Biológica Leopoldensia*, v. 25, p. 251-254, 2003.
- ZANELLA, O.; MARENDA, L. D. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* na Central Hidroeléctrica de Itaipu. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE MALACOLOGÍA, 5., 2002. 41p. San Pablo, Brasil.