

BIODETERIORO DE METALES Y MATERIALES CEMENTICIOS POR MOLUSCOS BIVALVOS

García, M., Pérez, M. y Stupak, M.

Laboratorio Incrustaciones Biológicas, CIDEPINT (Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas. CIC - CONICET). Av. 52 e/121 y 122. B1900AYB, La Plata. Fax. (0221) 427-1537. biofouling@cidepint.gov.ar

INTRODUCCION

La preservación del Patrimonio ha apuntado, tradicionalmente, hacia la protección de obras artísticas o arquitectónicas del ataque de microorganismos, ya sea bacterias, hongos, algas y/o líquenes. Sin embargo, existe otro tipo de perjuicios sobre estructuras y superficies causado por el asentamiento de organismos macroscópicos que producen un marcado deterioro de los materiales y grandes pérdidas económicas. Este fenómeno es bien conocido en ambientes marinos pero, recientemente, ha adquirido gran relevancia en cuerpos de agua dulce en distintos continentes.

Durante la última década distintas estructuras ubicadas en la Cuenca del Plata han sido invadidos por un molusco bivalvo sésil proveniente del sudeste asiático. Este molusco, *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) fue registrado por primera vez en 1991 en el Balneario Bagliardi y en la toma de agua de Punta Lara. Experimentó un vertiginoso avance llegando a Posadas en 1998 y colonizando la Represa de Yacyretá. Ubicada sobre el río Paraná, esta Central Hidroeléctrica es una de las obras que conforman el patrimonio de ingeniería civil más importantes de la Argentina. La represa es binacional ya que es un emprendimiento conjunto con Paraguay, se encuentra situada a 2 km aguas abajo de los rápidos de Apipé, a 70 km al oeste de Posadas (Argentina) y Encarnación (Paraguay). Se compone de una presa mediante la cual se efectúa el cierre del río a la altura de Ituzaingó (Argentina) y hasta San Cosme (Paraguay) (Fig. 1). En el brazo principal del río Paraná está construida la Central, equipada con 20 turbinas de una potencia instalada de 3.200 MW; un vertedero provisto de 18 compuertas radiales y una esclusa de navegación (Fig. 2).

INVASION POR ESPECIES EXOTICAS

La invasión por especies exóticas ha causado dramáticos efectos en ambientes terrestres, marinos y de agua dulce, frecuentemente con severas consecuencias económicas y ambientales. Una especie exótica es aquella que tiene su distribución original en un lugar determinado y es introducida en otro en forma intencional o inadvertida. Los problemas derivados de la invasión de especies foráneas están principalmente asociados con el crecimiento explosivo de sus poblaciones debido a que no tienen enemigos naturales que limiten su crecimiento tales como predadores u organismos patógenos. Se ha estimado que más de 3000 especies de animales y plantas son transportadas diariamente alrededor del mundo en el agua de balasto. A nivel mundial existen muchos ejemplos de colonización por especies de distintos taxa, pero en el presente artículo se presentarán, en particular, las consecuencias generadas por el ingreso de moluscos.



Figura 1.- Plano de ubicación de la represa Yacyretá



Figura 2.- Vista aérea de la Central Yacyretá y vertedero principal

La invasión de moluscos en cuerpos de agua dulce fue favorecida por el incremento de la navegación de buques de ultramar que permitió su rápida dispersión. En América del Sur la especie invasora más relevante es *Limnoperna fortunei* que alcanza densidades que superan los 80.000 individuos/m² en los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay.

El ingreso de *Limnoperna fortunei* en la Cuenca del Plata se produjo por el traslado de sus larvas en el agua de lastre de los buques cargueros procedentes del sudeste asiático. Se trata de un molusco bivalvo (Fig. 3) de sexos separados con fecundación externa; desarrolla una larva nadadora de vida libre que permite su dispersión. Presenta

tres estadios larvales: el primero es una larva con una charnela recta o en forma de "D" (Fig. 4), que se metamorfosea en larva velíger preumbonada (Fig. 5) y luego en umbonada (Fig. 6). Los dos primeros estadios son de vida libre, mientras que el último se puede fijar al sustrato mediante una estructura de anclaje (biso). La densidad de las poblaciones larvales en el agua varía a lo largo del año, alcanzando hasta 30.000 individuos por metro cúbico. En la etapa adulta se fijan sobre sustratos duros y son de hábitos gregarios, pudiendo alcanzar una talla máxima de 3-4 cm.



Figura 3.- *Limnoperna fortunei*, ejemplares adultos

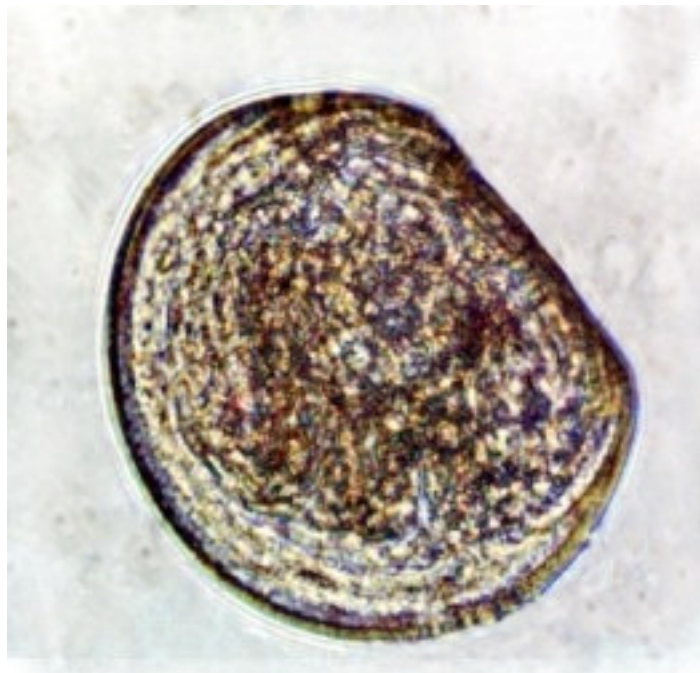


Figura 4.- Larva de *Limnoperna fortunei*, charnela recta (110-130 μm)

El éxito de la dispersión de esta especie surge como resultado de la combinación de tres condiciones básicas en su ciclo de vida: rápida maduración sexual, alta tasa reproductiva y gran adaptabilidad. De este modo, sus poblaciones logran avanzar a través de los cursos de agua dulce y colonizar distintos sustratos duros.

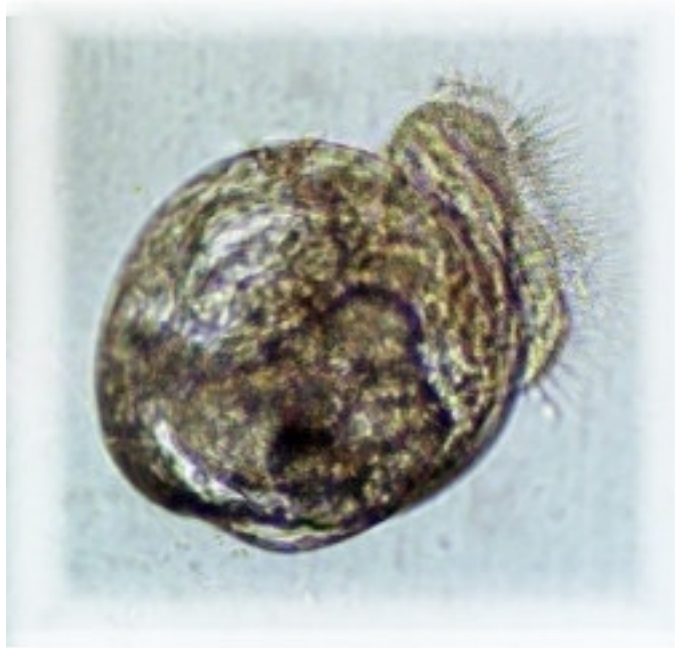


Figura 5.- Larva de *Limnoperna fortunei* preumbonada (130-180 μm)



Figura 6.- Larva de *Limnoperna fortunei* umbonada (200-300 μm)

Desde el momento de su introducción se convirtió rápidamente en un serio problema para las plantas potabilizadoras de agua, las estaciones generadoras de energía eléctrica (térmica y nuclear) y otras industrias que utilizan agua de río para sus procesos. El ingreso en las instalaciones industriales ocurre fundamentalmente durante los primeros estadios de desarrollo (larvas nadadoras de vida libre de menos de 260 μm). Luego de ingresar en el sistema, las larvas se fijan a todo tipo de sustratos duros (hormigones, metales, plásticos, maderas, etc.), crecen dentro de las cañerías y demás instalaciones interfiriendo el flujo de agua, provocando taponamiento de filtros, bombas, condensadores y rejillas subacuáticas.

En la Central Hidroeléctrica Yacyretá, colonizó los sustratos duros “tapizando” desde las paredes exteriores de hormigón hasta las cañerías internas. Interfiere el funcionamiento del sistema lo que obliga a detener periódicamente las turbinas para su limpieza, representando una enorme pérdida económica por el cese en la producción de energía y por el deterioro del material sobre el que se fijan.

Respecto de los sustratos metálicos, la fijación de *Limnoperna fortunei* favorece la formación de celdas de aireación diferencial y la consecuente corrosión por picado. Paralelamente, promueve la corrosión microbiológica por el crecimiento de bacterias anaeróbicas (BSR o bacterias sulfatorreductoras) en la interface metal/caparazón por disminución de los valores de saturación de oxígeno, y también el desarrollo de bacterias aeróbicas sobre el metal expuesto entre los organismos asentados.

El asentamiento de *Limnoperna fortunei* sobre hormigones estructurales afecta tanto al hormigón como a las armaduras. Los filamentos del bicho invaden al material desde la superficie pudiendo causar fisuras y grietas, no sólo disgregan los constituyentes del hormigón sino que también facilitan el ingreso de agua creando un medio adecuado para que se desarrollen los procesos de corrosión de las armaduras y/o de lixiviación de los productos hidratados del cemento, en particular el hidróxido de calcio. Esto genera un ambiente óptimo para el desarrollo de bacterias y hongos que incrementan el biodeterioro del material.

MÉTODOS DE CONTROL

Para el control de bivalvos se utilizan *métodos físicos, químicos y biológicos*, dependiendo del hábitat del organismo invasor y el impacto sobre el medio circundante. El control generalmente se hace en un sitio específico aplicando simultáneamente varios métodos.

- *Métodos físicos*: cepillado y raspado manual, filtrado y tamizado del agua de entrada a tuberías, tratamientos térmicos (aplicación de altas y/o bajas temperaturas), cambios en la salinidad, desecación, anoxia/hipoxia, utilización de corrientes eléctricas o protección catódica, tratamientos por luz ultravioleta, vibración acústica, etc.
- *Métodos químicos*: clorinación, ozonización, sulfato de cobre, potasio, moluscidas orgánicos adicionados a compuestos policuaternarios de amonio y compuestos de benzothiazol, compuestos antifouling, inyección de dióxido de carbono, etc. Debido a la capacidad de los bivalvos de cerrar herméticamente sus valvas, se reducen las posibilidades de éxito de cualquier tratamiento al menos que las concentraciones utilizadas sean lo suficientemente altas como para mantener una concentración constante efectiva a lo largo del tiempo.
- *Métodos biológicos* En cuanto a las medidas de control a largo plazo se encuentra el uso de estos *métodos* que incluyen la manipulación genética, mejoramiento de las poblaciones nativas del predador y control por parásitos.

La implementación de un sistema efectivo para controlar la fijación del mejillón dorado *Limnoperna fortunei* en la represa de Yacyretá es hasta el momento difícil en función de ciertos aspectos que deben ser tomados en cuenta. El primero de ellos es la imposibilidad de utilizar químicos que eviten el asentamiento de organismos, ya que estos compuestos son efectivos en plantas con circuitos cerrados donde el agua circula por el interior de cañerías y es reutilizada. En segundo lugar existe una limitación importante en

cuanto al tipo de biocida a liberar dado que las poblaciones aguas abajo toman agua del río para consumo humano. Actualmente, el método que se utiliza es la extracción manual mediante cepillado y raspado de los bivalvos adheridos; este método, además de ser muy laborioso y lento, presenta la desventaja de que quedan adheridos restos del biocida favoreciendo la posterior adhesión de nuevos mejillones.

Como se menciona anteriormente, entre los métodos probables de control de la fijación de organismos se encuentra la aplicación de protección catódica. Este método es tradicionalmente utilizado en anticorrosión para mitigar las pérdidas por corrosión de estructuras metálicas enterradas o sumergidas tales como oleoductos, gasoductos, acueductos, muelles, etc., se basa en convertir en cátodo toda la superficie a preservar; la utilización de protección catódica como método de control de las incrustaciones biológicas se fundamenta en la gran sensibilidad de los organismos al pH altamente alcalino que se genera en la interface metal/solución. A fin de evaluar el efecto de la protección catódica sobre *Limnoperna fortunei* se realizaron ensayos preliminares a pequeña escala colocando bastidores en los vanos de la Central. Aunque los resultados fueron promisorios al cabo de 6 meses de inmersión, esta metodología debe ser corroborada con nuevos ensayos utilizando las tuberías de la Central.

CONSIDERACIONES FINALES

El manejo y el control de especies invasoras deben seguir, indudablemente, un plan integrado que incluya determinados componentes: por un lado, la prevención en lo que respecta a la descarga del agua de lastre y a la implementación de sistemas que eviten el ingreso de especies exóticas aguas arriba. Por otra parte, teniendo en cuenta que los moluscos ya han ingresado a la Cuenca del Plata, sería recomendable realizar un manejo por sitios específicos que contemple monitoreos periódicos a fin de evaluar resultados de los métodos de control empleados. Finalmente, el éxito de este tipo de proyectos necesita de estudios interdisciplinarios, con participación de biólogos, ingenieros, químicos, y entrenamiento de personal de la industria a fin de implementar los métodos más adecuados y evitar el biodeterioro de las obras del patrimonio construido.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- EPA. An initial survey of aquatic invasive species issues in de Gulf of Mexico region, 2000. http://www.epa.gov/gmpo/pdf/ias_report_v4.pdf
- 2.- Cataldo, D.; Boltovskoy, D. Ecología e impacto del molusco invasor *Limnoperna fortunei* en la cuenca del Plata.. <http://biolo.bg.fcen.uba.ar/primerapagina.htm>
- 3.- Di Persia, D.; Bonetto, A. Nuevas citas de *Limnoperna fortunei* para la cuenca del río Paraná, Argentina. Neotrópica, 43(109-110): 119-120, 1997.
- 4.- Mansur, M.; Richinitti, L.; dos Santos, C. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), molusco bivalve invasor, na bacia do Guaíba, Río Grande do Sul, Brasil. Biociências, 7(2): 147-150, 1999.
- 5.- Mc Ennulty, F.; Bax, N.; Schaffelke, B.; Campbell, M. A literature review of rapid response options for the control of ABWMAC listed species and related taxa in Australia.
- 6.- Morton, B.; Au, C.; Lan, W. Control of *Limnoperna fortunei*. Journal of the Institution of Water Engineers and Scientists, 30: 147-156, 1976.
- 7.- Morton, B. The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia:Mytilacea) in Plover Cove reservoir, Hong Kong. Malacologia, 16(1): 165-182, 1977.
- 8.- Morton, B. Freshwater fouling bivalves. Proceedings First International *Corbicula* Symposium: 1-14, 1977.
- 9.- Rapid Response Options Literature Reviews. II, 91 pp. <http://crimp.marine.csiro.au/reports/Toolbox.pdf>
- 10.- Scarabino, F.; Verde, M. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en la costa uruguaya del Río de La Plata (Bivalvia; Mytilidae). Com. Soc. Malac.,7(66-67):374-375, 1994.