

ESPECIES ACUÁTICAS INVASORAS EN LATINOAMÉRICA: ¿NUEVOS INDICADORES DE VIEJOS PROBLEMAS AMBIENTALES?

Brugnoli, E.¹, & Boccardi, L.²

1.- Sección Oceanología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay. Iguá 4225.

ebo@fcien.edu.uy

2.- Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República

Los autores son Licenciados en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República Oriental del Uruguay. Ernesto Brugnoli además, es MSc. en Biología de la Universidad de Costa Rica desempeñándose actualmente como docente e investigador en la Sección Oceanología de la Facultad de Ciencias. Sus actuales campos de interés son la Ecología planctónica y las Especies acuáticas exóticas. Lucía Boccardi es estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales de la Universidad de la República y sus temas de interés son los Bioindicadores bentónicos de calidad de agua y las Especies acuáticas exóticas.

RESUMEN

Los problemas recientes ocasionados en países de Latinoamérica por especies acuáticas de plantas invasoras (*Hydrilla verticillata* y *Lemna obscura*) y moluscos con comportamiento invasor o potencialmente invasor (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*), generan efectos negativos sobre la biodiversidad autóctona, gastos indirectos y efectos ecológicos aún no cuantificados en los ambientes invadidos o en las empresas y entidades ambientales que gestionan los recursos hídricos. Para mitigar los daños ocasionados, el problema debería ser enfocado desde una óptica de la gestión y manejo integrado de cuenca con una visión ecosistémica y predictiva apoyadas en la investigación básica, divulgación con la generación de un marco normativo regional.

ABSTRACT

The recent problematic one caused in countries of Latin America by non indigenous aquatic species of invasive plants (*Hydrilla verticillata* and *Lemna* sp.) and moluscs with invading or potentially invading behavior (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*), generate negative effects on the native biodiversity, indirect expenses and ecological effects not yet quantified in invaded environments or at the companies and environmental organizations that manage the hydric resources. In order to mitigate the caused damages, the problematic one would have to be focused from an optics of the management and integrated of river basin with a ecosystemic and predictive vision supported in the basic investigation, spreading and with a generation of an regional normative frame.

ESPECIES INVASORAS

La degradación de los hábitats naturales por causas antrópicas, el incremento del intercambio comercial, cambio climático y los fenómenos de globalización, permitieron la dispersión de las especies exóticas y, en determinados casos, su desarrollo como especies invasoras. Se ha considerado que los diversos aspectos del cambio climático global, como la alteración del régimen de los disturbios naturales o el incremento de la fragmentación de los ecosistemas, favorecen la invasión de especies exóticas, potenciando los efectos negativos sobre los ecosistemas; en su mayoría estas especies son colonizadoras con capacidad de tomar ventaja de la reducida competencia por el hábitat u otros recursos de las especies nativas (Kowarik 1997, Dukes & Mooney 1999).

Las especies invasoras acuáticas pueden habitar la columna de agua y en su superficie y utilizarla como medio de dispersión o invadir el suelo saturado y la interfase agua-tierra. Estas especies ocasionan contaminación genética, pérdida de biodiversidad, generan problemas sanitarios (transmiten enfermedades) y alteran las condiciones hidrológicas naturales

cambiando flujos y tasas de sedimentación (de Poorter 1999, Howard 1999). La *especie invasora* es un organismo exótico, que liberado intencional o accidentalmente en un lugar, se propaga sin control, se sostiene por sí misma en hábitats naturales o artificiales y ocasiona disturbios ambientales como modificaciones en la composición, estructura y procesos de los ecosistemas (de Poorter 1999). De forma genérica la invasión biológica envuelve las fases de introducción, establecimiento, naturalización y rápida dispersión fuera de los rangos normales (Williansson 1996).

En la mayor parte de los grupos taxonómicos existen especies invasoras incluyendo virus, hongos, algas, musgos, helechos, plantas superiores, invertebrados y vertebrados. En los ecosistemas acuáticos se destacan las cianobacterias y clorofíceas, helechos, plantas herbáceas, tifáceas, aráceas, pontederiáceas e hidrocariáceas. Entre los vertebrados se destacan algunos peces (carpas y tilapias), mientras que de los invertebrados resaltan algunos crustáceos (langostas de río y cladóceros), insectos y moluscos (principalmente bivalvos) (de Poorter 1999, Howard 1999).

La planta *Eichhornia crassipes* ocasionó pérdidas millonarias en el Lago Victoria; el pez *Lates niloticus* (perca del Nilo) disminuyó las pesquerías y biodiversidad del Lago Victoria; a carpa *Cyprinus carpio* se reconoce como especie invasora en Estados Unidos ocasionando gastos en programas de control y la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) causó desastres económicos en las plantaciones de arroz de Estados Unidos y China (Courtenay & Robins 1975, Howard 1999). El mejillón cebra, *Dreissena polymorpha*, provocó pérdidas cercanas a 2 mil millones de dólares durante 1999 en América del Norte y *Corbicula fluminea* generó impactos económicos negativos a las empresas afectadas debido a gastos ocasionados por la implantación de programas de control (Darrigran 2002). Al igual que el mejillón cebra en América del Norte, actualmente el mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) ocasiona problemas similares en la Cuenca del Plata, alterando la biodiversidad local, causando impactos económicos, generando que el macrofouling¹ de agua dulce se haya convertido en un nuevo problema ambiental/económico en la región (Darrigran & Ezcurra de Drago 2000, Darrigran 2002, Brugnoli *et al.* en prensa, Muniz *et al.* aceptado).

El presente trabajo, describe problemas recientes ocasionados en países de Latinoamérica por especies acuáticas de plantas invasoras (*Hydrilla verticillata* y *Lemna obscura*) y moluscos con comportamiento invasor o potencialmente invasor (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*). Se señalan las características generales de las diferentes especies, los ecosistemas invadidos, las causas y consecuencias potenciales de su invasión, así como los gastos ocasionados en los usuarios de los sistemas invadidos. Se indica la necesidad de futuros enfoques, estudios y normativa en los países de la región.

ESTUDIOS DE CASOS

A)- PLANTAS ACUÁTICAS INVASORAS EN ZONAS TROPICALES Y NEOTROPICALES

El proceso de eutrofización en lagos someros, altera la comunidad de hidrófitas en dos sentidos contrarios. Por un lado, si se favorece el fitoplancton, éste puede sombrear la columna de agua inhibiendo el desarrollo de plantas sumergidas, pudiendo erradicarlas completamente (Scheffer 1998); por otro lado, si el enriquecimiento de nutrientes favorece a las hidrófilas, éstas aumentan la producción de biomasa y su cobertura en el sistema, donde la magnitud de este incremento depende del tipo de planta (enraizadas o flotantes libres), de las características del sistema (forma y profundidad del cuerpo de agua) y de las condiciones ambientales dominantes del ecosistema (intensidad lumínica y concentración de nutrientes) (Scheffer 1998, Mazzeo *et al.* 2002). En determinadas circunstancias, algunas hidrófitas pueden transformarse en

¹ Asentamiento y colonización de organismos mayores a 50 µm sobre sustratos artificiales.

invasoras, aumentando su crecimiento y cobertura, desplazando a otras especies presentes (Mazzeo *et al.* 2002). Su capacidad invasora dependerá de la forma de vida, tasa de crecimiento vegetativo, biomasa desarrollada, habilidad de regenerarse a partir de pequeñas porciones de tallo y a la ausencia de herbívoros (Duarte *et al.* 1994).

Algunas especies que se encuentran naturalmente en un ecosistema, pueden volverse malezas si son introducidas fuera de su área de distribución natural o si el ecosistema sufre disturbios naturales o artificiales (Ashton & Mitchell 1989). Es el caso particular de *Egeria densa*, planta acuática perenne, dioica, enraizada y nativa de América del Sur, cuya distribución incluye Sudeste de Brasil y costa Atlántica (Argentina y Uruguay). Debido a su rápida dispersión, desplazando a especies nativas, es descrita como maleza en los Hemisferios Norte y Sur. En un sistema somero hipereutrófico de la zona costera Uruguaya, esta especie mostró una rápida colonización debido a modificaciones ambientales (cambios en el nivel del agua asociados a su uso y a los eventos del fenómeno de “El Niño”), ocasionando efectos a nivel ecosistémico (García-Rodríguez *et al.* 2002, Larrea 2002, Mazzeo *et al.* 2003).

La eutrofización del sistema puede favorecer a las especies invasoras de plantas, promoviendo la formación de densas estructuras flotantes o sumergidas, afectando el funcionamiento del sistema e interfiriendo con sus usos, bloqueando canales de navegación, afectando la pesca, el turismo, las instalaciones hidroeléctricas o generando problemas sanitarios (Mazzeo *et al.* 2002, Haller 2002).

A continuación se presentan dos casos recientemente reportados en la zona Neotropical referidos a plantas acuáticas con comportamiento invasor: *Hydrilla verticillata* (Lago de Izabal y Río Dulce, Guatemala) y *Lemna obscura* (Lago de Maracaibo, Venezuela).

Hydrilla verticillata es una planta acuática sumergida descrita como maleza perfecta, debido a su crecimiento excesivo, formas de reproducción y adaptabilidad. Son monoicas o dioicas y puede reproducirse por fragmentos, semillas, tubérculos y turiones, donde estos dos últimos permanecen viables por días fuera del agua y por años en sedimentos, sobreviviendo la digestión y regurgitación de aves acuáticas. Habita cuerpos de agua dulce o salobre con salinidades menores a 8 ups, incluyendo lagos, lagunas, estanques, ríos y charcos temporales. La especie fue introducida en América del Norte vía comercio de acuarios, desde el sudeste Asiático a fines de 1950; se cultivó, se vendió como planta ornamental y rápidamente se dispersó en los canales del SE de Estados Unidos entre 1960 y 1970. Se reporta en el Lago Gatún (Panamá) desde 1960, siendo encontrada además en Venezuela y Colombia. Presenta condiciones adecuadas de crecimiento rápido en aguas turbias con bajos niveles de dióxido de carbono y se encuentra en sistemas con profundidades de hasta 8 m. Puede ocasionar cambios en las comunidades planctónicas, anoxia debido a su excesivo crecimiento y genera microhábitats para invertebrados. Reduce el flujo de agua en canales de irrigación, impide la recreación en lancha y pesca comercial, pudiendo obstruir plantas generadoras de energía hidroeléctrica (Arrivillaga 2002, Haller 2002).

Hydrilla verticillata ha sido colectada a partir de 1990 en Guatemala y desde el 2001 en el Lago de Izabal (15°24' N y 88° 58'W). Este sistema acuático es el lago más grande de Guatemala con una superficie de 717 km² que desagua en el Mar Caribe por medio del Río Dulce (Arrivillaga 2002). Es un sistema polimítico, con una profundidad promedio de 12 m y máxima de 17 m, donde cerca del 10% presenta profundidades menores a 5 m. En la zona de la desembocadura en el Mar Caribe, se encuentran humedales influenciados por las mareas presentando esta zona penetración salina, principalmente durante la temporada seca. La cuenca se encuentra afectada por la deforestación, uso extensivo de agroquímicos (agricultura anual y permanente con palma) y aporte de aguas servidas sin tratamiento. La calidad de agua del lago refleja el aporte de los tributarios y usos de la cuenca; el lago se encuentra en proceso de eutrofización acelerada, principalmente en el área cercana a la desembocadura de los principales afluentes (Arrivillaga 2002, OTECBIO 2002).

El ingreso de *Hydrilla verticillata* al lago pudo deberse al transporte por embarcaciones provenientes de sistemas donde se encontraba la especie (Florida, Estados Unidos) o introducida por acuaristas; el Huracán Mitch (1998) se menciona como la potencial causa de dispersión de esta especie en el lago y la salinidad como el factor limitante en el área de la desembocadura (Haller 2002). En el Lago de Izabal en octubre 2002, la cobertura era cercana al 3% ocasionando problemas menores a la pesca y navegación (Fig. 1). De acuerdo con la profundidad donde puede establecerse la especie (0- 6 m), la batimetría del sistema, condiciones del sedimento y potencial de dispersión, se estimó un aumento en su cobertura del sistema entre 10 y 25%. Esto generaría impactos negativos en el turismo, marinas y potenciales problemas de salud pública debido a la proliferación de mosquitos que podrían ocasionar paludismo y dengue (Haller 2002, OTECBIO 2002, CONAP 2003).



Figura 1. *Hydrilla verticillata* en Lago de Izabal. Modificado de Haller (2002).

Lemna obscura planta flotante libre, habita encima o debajo de la superficie del agua, de manera solitaria o en grupos de 2, 10, ó más individuos, con reproducción por gemación. Las principales formas nitrogenadas que utilizan son el amonio y amoníaco, tolerando bajas salinidades (4-8 ups). El género *Lemna* es considerado como indicador de eutrofización e incluye varias especies que por su capacidad y rapidez de propagación han causado obstrucción de canales de riego y drenaje, alterando la navegación, pesca y problemas sanitarios (www.iclam.gov.ve dic 2004).

En el Lago de Maracaibo (Venezuela), durante enero-marzo del 2004 se observó una explosión demográfica de la lenteja de agua (*Lemna*) identificada como *Lemna mínima fill* o *Lemna obscura* (según la referencia utilizada) que llegó a cubrir aproximadamente el 15% de la superficie del lago (Fig. 2). El género es reportado en el sistema desde la década de 1970 (www.vitalis.net dic 2004), aunque de tratarse de *Lemna obscura*, correspondería a una especie exótica cuya forma de introducción al sistema habría ocurrido a través del transporte por aves provenientes de Florida, Estados Unidos (González 2004).

El Lago de Maracaibo se sitúa en el noroeste de Venezuela, es el cuerpo receptor de la Cuenca Maracaibo y forma parte del Sistema Maracaibo actuando como cuerpo de agua salobre que se conecta a través del estrecho de Maracaibo con el Golfo de Venezuela y Mar Caribe (Rodríguez 2001). Ocupa una depresión de 13.280 km² y presenta profundidades que oscilan entre 5 y 34 m (González 2004). La zona alrededor del Golfo de Venezuela, presenta dos estaciones diferenciales en sus precipitaciones, seca y lluviosa, ocurriendo el 90% de las precipitaciones entre mayo y octubre. El sistema muestra un patrón de circulación ciclónico, iniciado por la acción de los vientos y por una fuerte descarga de agua dulce proveniente de los ríos, en su extremo sureste; como consecuencia de esta circulación se forma un hipolimnion en forma de cono en las cercanías del centro del Lago. La temperatura del agua presenta un comportamiento estacional con mínimos (29°C) en febrero y máximos (32,5°C) en setiembre; las menores salinidades (0,02 ups) se observan en su extremo sureste, ingresando masas de agua salobres por zonas profundas contribuyendo al cono salino del hipolimnion antes mencionado. Condiciones

anóxicas pueden ocurrir en una gran área del hipolimnion cuando la columna de agua se encuentra estratificada; las menores concentraciones de oxígeno en superficies se observan en diciembre (cuando la base del cono es reducida y su ápice se acerca a la superficie), donde el volumen del hipolimnion es reducido y el agua es mezclada. Debido a la baja circulación del hipolimnion, las concentraciones de fósforo y nitrógeno se incrementan de superficie al fondo, donde los niveles de fósforo en la columna de agua son controlados por los sedimentos del fondo y los procesos de absorción que en el ocurren (Rodríguez 2001).

El Sistema Maracaibo sostiene cerca del 18% del total de la pesca de Venezuela, la cuenca presenta una población cercana a los 5,5 millones con una intensa actividad petrolera, muestra un importante desarrollo de la actividad agrícola, recibiendo el Lago de Maracaibo vertidos directos de aguas servidas de diferentes poblaciones costeras (Rodríguez 2001, González 2004, www.vitalis.net). Los nutrientes atrapados en las aguas salinas densas en la base del hipolimnion y las condiciones anóxicas cercanas al fondo, iniciaron el proceso de eutrofización del Lago de Maracaibo, incrementando así los problemas ambientales del sistema, debido a la contaminación por pesticidas, metales pesados e hidrocarburos (Rodríguez 2001).

Para explicar el excesivo crecimiento de *Lemna obscura* en este sistema, se plantea como hipótesis que las lluvias hayan transportado nutrientes desde las cuencas, o que una presencia excesiva de N-amoniaco haya favorecido la reproducción, no descartándose la combinación de ambas (www.iclam.gov.ve). Relacionado con la presencia de N-amoniaco, se menciona como causa la erosión del hipolimnion y su posterior liberación de nutrientes al epilimnion (www.iclam.gov.ve). La densidad de plantas puede interferir con la navegación del lago, afectar la actividad pesquera y la descomposición de esta biomasa vegetal puede ocasionar anoxia en estratos profundos del sistema, además de los malos olores y los potenciales problemas sanitarios que pueda ocasionar (González 2004).



Figura 2. *Lemna obscura* en el Lago de Maracaibo (www.vitalis.net). Se puede observar el crecimiento de *Lemna* sp a lo largo de la línea de costa , en tonos de grises en la toma izquierda y de blanco en la derecha de la figura.

B)- INVERTEBRADOS INVASORES EN LA CUENCA DEL PLATA

La Cuenca del Plata presenta como principales sistemas fluviales a los ríos Paraná, Uruguay, Paraguay y Río de la Plata, mostrando una extensión de tres millones de kilómetros cuadrados y una población cercana a los 120 millones de habitantes. Es la zona más industrializada de América del Sur y está integrada por Argentina, Bolivia, Brasil, Uruguay y Paraguay. Debido a su rápida urbanización, presenta diversos problemas ambientales como la contaminación de sus recursos hídricos, construcción de embalses y eutrofización (Tundisi 1994). Sumado a estos problemas, recientemente se registró la presencia de especies exóticas de moluscos que ocasionan pérdida de biodiversidad en los sistemas hídricos y afectan de forma negativa la economía de los países ocasionando gastos indirectos a las empresas afectadas (Darrigran 2002).

Los moluscos exóticos accidentalmente introducidos en la Cuenca del Plata, corresponden a *Corbicula fluminea* y *Limnoperna fortunei* que presentan características biológicas particulares

y una amplia distribución en la región (Cuadro 1). Son originarias del sudeste Asiático y se hipotetiza que su transporte a la región se realizó por medio de las aguas de lastre o como fuente de alimento de personal de buques mercantes (Darrigran 2002); posteriormente existió una dispersión dentro de la región por navegación local y/o dispersión larval (Darrigran 2002, Mansur *et al.* 2004 *a y b*, Brugnoli *et al.* 2005). De las dos especies de moluscos mencionadas, hasta la fecha solamente *Limnoperna fortunei*, comúnmente conocido como mejillón dorado, presenta comportamiento invasor (Darrigran 2002, Mansur *et al.* 2004a), mostrando mayores impactos económicos y ambientales que *Corbicula fluminea* (Darrigran 2002).

Las características bióticas del mejillón dorado (p.e., epibentónicos, comportamiento gregario, elevada tasa reproductiva), ocasionan problemas de macrofouling (Fig. 3), generando la obstrucción de filtros, inutilización de sensores hidráulicos, daños en los sistemas de refrigeración, en las bombas de captación o disminución en el diámetro de las tuberías de conducción del agua (Brugnoli *et al. en prensa*).

Cuadro 1. Características biológicas, ecológicas y distribución de *Limnoperna fortunei* y *Corbicula fluminea* (Modificado de Brugnoli & Clemente 2002).

	<i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker 1857)	<i>Corbicula fluminea</i> (Muller 1774)
Nombre común	Mejillón dorado	Almeja asiática
Clasificación taxonomica	Mollusca: Bivalvia, Mytillidae.	Mollusca: Bivalvia, Corbiculidae
Forma y color	Alargada, color dorado-marrón.	Ovalada, color grisáceo y/o blanco - negro
Tamaño máx estimado	40 – 45 mm	30 mm
Reproducción	Sexual, dioicos, fecundación externa y desarrollo indirecto. Estadios larvales valvados y no valvados de vida libre	Sexual, hermafroditas, fecundación interna y desarrollo indirecto. Estadios larvales valvados de vida libre
Hábitat	En la fase juvenil y adulta habita sustratos duros. Hábito epifaunal. Habitan sistemas de agua dulce hasta 3 ups (Darrigran 2002).	En fases juveniles y adultas habitan sustratos blandos. Hábito infaunal. Habitan sistemas de agua dulce hasta 15 ups.
Densidad poblacional	Hasta 150.000 ind/m ²	Hasta 10.000 ind/m ²
Actual distribución	Río de la Plata, Río Uruguay, Río Negro, Río Santa Lucía, Paraná, Salado (Darrigran <i>et al.</i> 2002, Brugnoli <i>et al.</i> 2005) y Laguna de los Patos (Mansur <i>et al.</i> 2003)	Río de la Plata, Río Uruguay, Río Paraná, Laguna Merín Lago Guaíba (Brugnoli <i>et al.</i> en prensa, Mansur <i>et al.</i> 2004a).

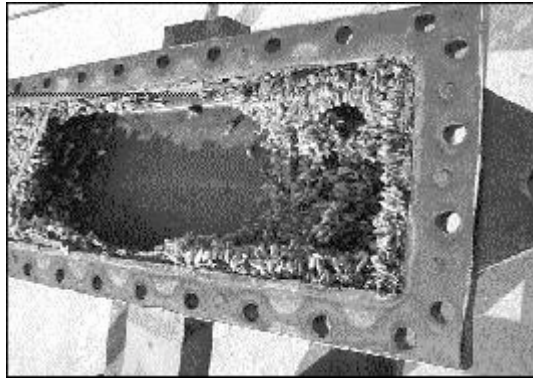


Figura 3. Macrofouling ocasionado por *Limnoperna fortunei* en estructuras hidráulicas.

PREVENCIÓN + CONTROL + ERRADICACIÓN = TOTAL DE ¿GASTOS INDIRECTOS?

Las especies invasoras ocasionan interferencia con actividades humanas (Morton 1977, Darrigran 2002, Mansur *et al.* 2003), generando gastos indirectos a las empresas afectadas (Pimantel *et al.* 1999, Darrigran 2002, Brugnoli *et al.* en prensa). Para una gestión ambientalmente saludable de estas especies se sugiere prevenir su ingreso y controlar su población una vez ingresada al sistema, ya que la erradicación del mismo es muy costosa (de Poorter 1999).

El control poblacional es la aplicación de estrategias de manejo que modifiquen las variables poblacionales de la especie (tasa de crecimiento, inmigración, emigración) con el objetivo de reducir, mantener o incrementar sus abundancias en un ambiente. Específicamente, toda medida de control de especies invasoras, debería ser aplicada en el o los momentos del ciclo de vida en que ocasione el máximo impacto en la población. Se debe seleccionar el método de control a utilizar consistente con los propósitos de control, no afectando negativamente al ambiente (Howard 1999). La aplicación de una determinada estrategia de control, necesariamente deberá contar con un monitoreo del ambiente y su efecto sobre las otras especies que habitan el ecosistema. Las estrategias de control utilizadas se clasifican en químicas, físicas y biológicas.

Para el caso de las *macrófitas*, se utilizan pesticidas como control químico, peces herbívoros como controladores biológicos y cosechadoras o barcos adaptados para el control mecánico o extracción. La elección del mejor método de control, dependerá del tipo de planta presente en el sistema (flotantes, sumergidas o enraizadas), aunque no hay que desestimar el impacto ambiental ocasionado en la calidad de agua al incorporar determinados herbicidas u organismos exóticos para el control de estas malezas (Straskraba & Tundisi 2000).

Debido a la actual extensión de *Hydrilla* en el Lago de Izabal, su erradicación es muy compleja y es necesario el desarrollo de planes de prevención para la expansión de esta especie en el sistema, acciones de monitoreo y generar opciones de manejo a corto y largo plazo (Arrivillaga 2002, Haller 2002). Para el caso específico de *Lemna* en el Lago de Maracaibo, la prevención falló y debido a la magnitud de la invasión la erradicación es compleja; se realizó un control poblacional mediante la remoción física, extrayendo a la especie por medio de “cosechadoras” con un importante aporte de recursos humanos locales (González 2004, www.vitalis.net). En ambos casos, la implantación de las alternativas de control presenta gastos indirectos a las entidades ambientales nacionales de Guatemala y Venezuela (Cuadro 2).

Cuadro 2. Gastos ocasionados u estimados en programas de control poblacional de especies de plantas con comportamiento invasor en Latinoamérica.

<i>Especie</i>	<i>Sistema invadido (sitio / país)</i>	<i>Gastos ejecutados o estimados (*)</i>	<i>Métodos de control</i>
<i>Hydrilla verticillata</i> Planta acuática sumergida; Familia Hydrocharitaceae ^(1, 2)	Lago de Izabal y Río Dulce (Guatemala)	U\$S 800.000 - U\$S 2.975.500	Biológico, mecánico o químico
<i>Lemna obscura</i> Planta acuática flotante Familia Lemanacea (lenteja de agua) ^(3, 4, 5)	Lago de Maracaibo (Venezuela)	U\$S 400.000- U\$S 3.000.000	Mecánico

*Rango de gastos; 1)- Arrivillaga 2002, 2)- Haller 2002, 3)- González 2004, 4)- Méndez 2004 (com. pers), 5)- www.vitalis.net

Al igual de lo que ocurre en la Cuenca del Plata (Darrigran 2002), el principal organismo que genera macrofouling en Uruguay es *Limnoperma fortunei* ocasionando gastos indirectos al 90% de las empresas afectadas por esta problemática (Brugnoli *et al.* en prensa). Para su control poblacional se utiliza principalmente el método mecánico (Brugnoli *et al.* en prensa) mediante la remoción de las colonias por hidrolavados o raspado de las superficies afectadas, sin una planificación relacionada con la dinámica poblacional de la especie. Menos utilizado es el control químico mediante cobre, el compuesto amonio policuaternario Polyquat, cloro o el uso de pinturas antifouling como protección de las estructuras factibles de ser colonizadas por estos organismos. De incrementarse el uso de estos compuestos, se debería realizar con importantes cuidados ambientales, ya que existen compuestos que pueden ocasionar efectos negativos sobre la biota.

Hasta la fecha en Uruguay, (al igual que en el resto de la Cuenca del Plata), estos organismos generaron problemas en plantas potabilizadoras de agua, instalaciones de represas hidroeléctricas, puertos y frigoríficos que utilizan el agua como insumo, ocasionando gastos indirectos, correspondientes a una estimación primaria mayores a U\$ 10.000 por empresa afectada (Brugnoli *et al.* en prensa). Estos gastos se debieron al incremento en la frecuencia de tareas de mantenimiento, reparación de equipos, cambio de estructuras, mayor consumo energético para el bombeo de agua o inversiones en recursos destinados a programas de control y erradicación de las colonias invasoras (Clemente & Brugnoli 2002, Brugnoli *et al.* en prensa, Muniz *et al.* aceptado).

Los gastos presentados, están destinados a programas de control planificados o ejecutados para mitigar el efecto de especies exóticas en Latinoamérica. Sin embargo, estos gastos no incluyen costos o pérdidas ecológicas (pérdida de biodiversidad y de funciones ecosistémicas), sociales (pérdida de pesquerías artesanales, efectos sobre la salud), de investigación o programas de monitoreo continuos que permitan prevenir las invasiones y generar acciones inmediatas a la detección de organismos exóticos en ecosistemas costeros (Hayes *et al.* 2005). La realización de estudios interdisciplinarios entre profesionales de las ciencias ambientales, que incluyan consideraciones ecológicas, sociales y económicas, permitirá estimaciones más precisas sobre los gastos ocasionados por estos organismos incluyendo daños, ecológicos, sociales estructurales y no estructurales.

CONSIDERACIONES FINALES

Actualmente, las invasiones biológicas son consideradas como otro indicador de los cambios ambientales que ocurren a escala global. Estas modificaciones ambientales incluyen cambios en los regímenes de precipitaciones, la deforestación y expansión de la frontera agrícola con la

consecuente pérdida de biodiversidad. Las modificaciones en los regímenes de precipitaciones podrían generar variaciones de la salinidad de los cuerpos de agua costeros, aumento de la escorrentía y lavado de nutrientes hacia los sistemas acuáticos, ocasionando procesos de eutrofización en los sistemas acuáticos, generando condiciones propicias para el desarrollo de macrófitas con comportamiento invasor, aumentando así la vulnerabilidad de los ecosistemas a la invasión de otras especies. Las especies de plantas acuáticas descritas en el presente trabajo son indicadores de la degradación ambiental de los cuerpos de agua invadidos (Lago de Izabal y Lago de Maracaibo), reflejando indirectamente el estado del deterioro ambiental de la cuenca. Los problemas ambientales son consecuencia de las actividades humanas. Para el caso particular de las especies exóticas acuáticas, su introducción está relacionada con la búsqueda de nuevas alternativas económicas que incluyen introducción de organismos exóticos con fines productivos, transporte y navegación sin considerar la importación y exportación de organismos en el agua de lastre a nivel regional y global y actividades recreativas globalizadas como el acuarismo. Al transporte de esta mercadería peligrosa, no se le cobra impuestos y embarcan y desembarcan en diferentes partes del mundo sin solicitarle pasaporte para su radicación. Generan efectos negativos a la biodiversidad autóctona y a empresas usuarias de los recursos hídricos, que deben destinar fondos para mitigar sus impactos. De incrementarse este problema en el futuro, los gastos ocasionados repercutirían indirectamente en el usuario, con un incremento en las tarifas de empresas afectadas como son las empresas potabilizadoras de agua o de generación hidroeléctrica.

Para disminuir los daños ocasionados por especies acuáticas invasoras, el problema debería enfocarse desde una óptica de la gestión y manejo integrado de cuenca con una visión ecosistémica y predictiva. En el primera destaca la necesidad de utilizar a la cuenca hidrográfica como una unidad (Tundisi 2000) y en el segundo es necesario profundizar los estudios ecológicos predictivos para ser implantados por los gestores de los recursos hídricos (Clark *et al.* 2001). Para el caso de las especies acuáticas exóticas, resaltan los estudios con el desarrollo de mapas de un embalse prediciendo la colonización de macrófitas a partir de características físico-química, morfológicas y climatológicas del sistema y condiciones de las especies vegetales (Neiff *et al.* 2000), identificación de sistemas potencialmente invadidos a partir de características de las especies invasoras, ecosistema receptor y comportamiento de la invasión (Ricciardi & Rasmussen 1998, Ricciardi 2003, Brugnoli *et al.* 2005) o el uso de sensores remotos y sistemas de monitoreo en tiempo real para ser utilizados en modelos predictivos para el manejo de sistemas acuáticos (Tundisi *et al.* 2004). Estos enfoques deberían ser complementados con investigación (estudios poblacionales, efectos ecosistémicos, mapeo y evolución de sistemas invadidos, análisis en laboratorio y campo, uso de tecnología remota), programas de divulgación (problemática, efectos ecosistémicos y económicos) y acciones coordinadas entre instituciones académicas y de gestión con la elaboración de alternativas de manejo y normativas a ser aplicadas a nivel nacional, regional y global.

AGRADECIMIENTOS

A Lorena Rodríguez y Guillermo Chalar (Sección Limnología, Facultad de Ciencias), Janin Mendoza (Departamento Calidad de Agua, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Venezuela), Ernesto González (Universidad Central de Venezuela) y Ricardo Valverde (Tribunal Centroamericano del Agua, Costa Rica) por sus colaboraciones y sugerencias que permitieron mejorar el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrivillaga, A. 2002. *Evaluación de la presencia de Hydrilla verticillata en la Región de Río Dulce y Lago de Izabal: Diagnóstico General e Identificación de Medidas de Control*. Informe Técnico. OTECBIO-CONAP, Guatemala.

- Ashton, P.J. & D.S. Mitchell. "Aquatic plants and modes of invasion, attributes of invading species and assessment of control programmes" in: Drake, J *et al.* 1989. *Biological invasions: a global perspective*. John Wiley & Sons. NY.
- Brugnoli E. *et al.* "Especies acuáticas exóticas en Uruguay: situación, problemática y gestión", en Menafrá, R. *et al.* *En prensa a. Bases para la conservación y manejo de la costa uruguaya*.
- Brugnoli E. *et al.* "Golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) distribution in the main hydrographical basins of Uruguay: update and predictions" en *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77 (2), 2005.
- Clark J.S. *et al.* "Ecological forecast: An emergent imperative" en *Science* 293, 2001.
- Clemente J. y E. Brugnoli "First record of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in continental waters of Uruguay (Río Negro and Río Yi)" en *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* 13, 2002.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2003. Estudio de Caso. Presencia de la Especie Exótica *Hydrilla verticillata* (L.F) Royle en el Sistema Hidrológico del Lago de Izabal y Río Dulce, Departamento de Izabal, Guatemala, América Central. 19p.
- Courtney W. y C.R. Robins. "Exotic organism: An unsolved, complex problem" en *Bioscience* 25, 1975.
- Darrigran G. "Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments" en *Biol. Inv.* 4, 2002.
- Darrigran G. y I. Ezcurra de Drago. "Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America" en *The Nautilus* 114, 2000.
- de Poorter M. 1999. Borrador de Guías para la prevención de pérdidas de diversidad biológica ocasionadas por invasión biológica. Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico. Documento de Base. Unión Internacional para la Naturaleza. 15 p
- Duarte C.M., D. Planas y J. Peñuelas. "Macrophytes, taking control of ancestral home" en Margalef, R. 1994. *Limnology now: A paradigm of planetary problems*. Elsevier, Amsterdam.
- Dukes J.S. & H.A. Mooney. "Does global change increase the success of biological invaders?" in *TREE* 14, 1999.
- García-Rodríguez F. *et al.* "Paleolimnological assessment of human impact in Lake Blanca SE Uruguay" en *Paleolimnol.* 28, 2002.
- González E. 2004. Lemna en el Lago de Maracaibo (Venezuela). En <http://rele.fcien.edu.uy>
- Haller W.T. 2002. *Hydrilla* en el Lago de Izabal, Guatemala. Estado Actual y Perspectivas futuras. USAID, Guatemala. Informe de la Universidad de Florida. 42 p.
- Hayes K. *et al.* "Sensitivity and cost considerations for the detection and eradication of marine pest in ports" in *Mar. Poll. Bull.* In Press. 2005
- Howard G. 1999. Especies invasoras y humedales. Ramsar COP7 DOC. 24. 8p
- Kowarik I. "Biological invasions as result and vector of global change" in Hein D *et al.* 2001. *Contributions to Global Change Research. German Global Change Research- Bonn, Germany*
- Larrea D. 2002. Establecimiento, biomasa y rol de *Egeria densa* Planch. en un Lago utilizado para suministro de agua potable. Pasantía Final Licenciatura Ciencias Biológicas- Facultad de Ciencias. 18 p.
- Mansur M.C. *et al.* "Primeiros dados quali-quantitativos do "mexilhão dourado", *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no lago Guaíba, Bacia da laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente" en *Revista Brasileira de Zoologia*. 22 (1), 2003.
- Mansur M.C. *et al.* "Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de *Corbicula* (Mollusca, Bivalvia, Veneroidea, Corbiculidae) oriundas do Sudeste Asiático, na América do Sul" en Silva y Souza 2004 a. *Água de lastro e bioinvasão*. Interciência, Rio de Janeiro.
- Mansur M.C. *et al.* "Prováveis vias a 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 Paraná e Paraguai” en Silva y Souza 2004 b. *Agua de lastro e bioinvasao*. Interciencia, Río de Janeiro.
- Mazzeo N. *et al.* “Eutrofización: Causas, consecuencias y manejo” en Domínguez & Prieto 2002. *Perfil Ambiental del Uruguay*. Coord. Nordan Com. Uruguay
- Mazzeo N. *et al.* “Effects of *Egeria densa* Planch. beds on a shallow lake without piscivorous fish” en *Hydrobiol.* 506-509, 2003.
- Morton B. 1977. Freshwater fouling bivalves. Proceed. First International Corbicula Symposium. Texas Univ. p. 1-14.
- Muniz P., J. Clemente y E. Brugnoli. “Benthic invasive pests in Uruguay: a new problem or an old one recently perceived?” en *Mar. Poll. Bull. Aceptado*
- Neiff JJ. *et al.* “Prediction of colonization by macrophytes in the Yaciretá Reservoir of the Paraná river (Argentina and Paraguay)” en *Rev. Bras. Biol.* 60, 2000.
- Oficina Técnica de Biodiversidad. 2002. Estudio Hidrográfico del Lago de Izabal y El Golfete, un enfoque hacia el manejo de *Hydrilla verticillata*. Informe técnico, 52p.
- Pimantel D. *et al.* “Environmental and economics cost of nonindigenous species in the United States” in *Bioscience* 50, 1999.
- Ricciardi A. y JB. Rasmussen. “Predicting the identity and impact of future biological invaders: a priority for aquatic resource management” en *Can J Fish Aquat Sci.* 55, 1998
- Ricciardi A. “Predicting the impacts of an introduced species from its invasion history: an empirical approach applied to zebra mussel invasion” en *Freshw Biol.* 48, 2003.
- Rodríguez G. “The Maracaibo System, Venezuela” en Seeliger & Kjerfve 2001. *Coastal Marine Studies of Latin America*. Ecological Studies Vol 144.
- Scheffer M. 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Straskraba M. y JG. Tundisi. 2000. *Directrices para o Gerenciamento de Lagos. Gerenciamento da qualidade da água de represas*. ILEC, IIE. Sao Carlos, Brasil.
- Tundisi JG. “Regional approach to river basin management in the La Plata: an overview” in Environmental and Social dimensions of reservoir development and management in the La Plata river basin 1994. UNCRD. Research Report. Nº 4. Nagoya, Japan
- Tundisi JG. 2000. *Limnologia no século XX: Perspectivas y desafíos*. IIE. San Carlos, Brasil
- Tundisi JG. *et al.* “The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passage of cold fronts as reflected by physical, chemical, and biological variables” en *Rev. Bras. Biol.* 64, 2004.
- Williamssons M. 1996. *Biological Invasions*. Champan & Hall . London.