

Especies acuáticas no indígenas en México

Yuri B. Okolodkov *, Rolando Bastida-Zavala **, Ana L. Ibáñez ***, John W. Chapman ****, Eduardo Suárez-Morales *****, Francisco Pedroche *** & Francisco José Gutiérrez-Mendieta ***

Resumen

Especies acuáticas no indígenas en México. *En las aguas mexicanas se descargan anualmente alrededor de 50 millones de metros cúbicos de agua de lastre. El megaproyecto federal "Escalera Náutica" implica que 76,400 embarcaciones estarán cruzando las aguas de Baja California hacia 2010, dichas embarcaciones llevarán en sus cascos flora y fauna incrustante desde la costa de California hasta el golfo de California. Existen diferentes agencias que están involucradas en el desarrollo y control de la legislación respecto a la introducción de las especies no indígenas. Sin embargo, México carece de regulaciones de agua de lastre de barcos, flora y fauna incrustante de buques y yates, y escasa regulación o estándares bajos para el manejo de la acuicultura, comercio de mariscos vivos, mascotas, cebos y otras vías de transporte de especies acuáticas no indígenas (EANI). Se discute la participación de representantes de México en los proyectos internacionales y la actividad dentro del país respecto a las introducciones de estas especies. Se presenta un resumen de las introducciones*

Abstract

Aquatic non-indigenous species in Mexico. *About 50 million cubic meters of ballast water are discharged into Mexican waters each year. In relation to the federal megaproject "Escalera Náutica" (Nautical Stairway), an estimated 76,400 boats will be cruising the Baja California coastlines by 2010; these boats will take on their hulls fouling flora and fauna from the coasts of California to the Gulf of California. Different agencies are involved in the development and control of legislation concerning the introduction of non-indigenous species. However, Mexico does not regulate ships' ballast water or fouling flora and fauna of ships and boats and has few regulations or standards in place to manage aquaculture, live seafood, pet and bait trade, or other pathways of introduction of aquatic non-indigenous species (ANIS). Participation of Mexican representatives in international projects and nation-wide activities concerning the introduction of non-indigenous species is discussed. Data on potential and confirmed introductions of viruses, bacteria,*

Résumé

Espèces aquatiques non indigènes au Mexique. *Autour de 50 millions de mètres cubes d'eau sont annuellement déchargés dans les eaux mexicaines. Le mégaprojet fédéral "Escalera Náutica" (Escalier Nautique) implique que 76,400 embarcations croiseront les eaux de Basse Californie vers 2010, de telles embarcations amèneront dans leurs coques de la flore et de la faune incrustante, de la côte de Californie jusqu'au golfe de Californie. Diferentes agences sont impliquées dans le développement et le contrôle de la législation vis à vis de l'introduction d'espèces non indigènes. Néanmoins, le Mexique manque de régulations sur l'eau de ballast des bateaux, la flore et faune incrustante des yachts et des navires, et dispose d'une régulation limitée ou de bas standards pour la gestion de l'aquiculture, le commerce de crustacés vivants, d'animalerie, de leurres, et d'autres voies de transport d'espèces. La participation de représentants du Mexique dans les projets internationaux et l'activité à l'intérieur du pays vis-à-vis d'introductions de ces espèces est*

* Centro de Ecología y Pesquerías (CEP), Universidad Veracruzana, Calle Hidalgo No. 617, Col. Río Jamapa, Boca del Río, 94290, Veracruz, México. Correo electrónico: yuriokolodkov@yahoo.com

** Laboratorio de Sistemática de Invertebrados Marinos, Universidad del Mar (UMAR), campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Apdo. Postal 47, 70902, Oaxaca, México. Correo electrónico: rolando@angel.umar.mx

*** Departamento de Hidrobiología, División CBS, Universidad Autónoma Metropolitana, campus Iztapalapa (UAM-I), Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina A.P. 55-535, 09340, México D.F., México.
Correos electrónicos: ana@xanum.uam.mx, ffp@xanum.uam.mx, fgm@xanum.uam.mx

**** Department of Fisheries and Wildlife, Oregon State University, Hatfield Marine Science Center, 2030 SE Marine Science Dr., Newport, Oregon 97365-5296, USA. Correo electrónico: john.chapman@oregonstate.edu

***** El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal, carretera Chetumal-Bacalar Km 2, Zona Industrial #2, Chetumal, 77000, Quintana Roo, México. Correo electrónico: esuarez@ecosur-qroo.mx

potenciales y confirmadas de virus, bacterias, fitoplancton, macroalgas, plantas superiores acuáticas, invertebrados y peces. Existen al menos 94 EANI con potencial de invadir las aguas interiores, lagunas costeras y litorales del país; otras 73 son EANI confirmadas y 16 son criptogénicas. En cuanto a los mecanismos de introducción a México, que pueden ser más de uno para cada especie, se encontró que 90 especies (32.6%) ingresarían o ingresaron por agua de lastre, 69 (25%) como parte de las incrustaciones en los cascos de los barcos, 100 (36.2%) debido a las actividades de acuicultura y 17 (6.2%) por otros medios. Se espera que esta información estimule la atención hacia el problema de bioinvasiones que tiene implicaciones globales. Es necesario formar recursos humanos especializados en grupos de organismos con poco o nulo conocimiento en México, como son los hidrozoos, entoproctos, briozoos, tunicados y otros, de los cuales no existe ni un solo especialista en México.

Palabras clave: Agua de lastre, biota incrustante, especies no indígenas, introducciones acuáticas, invasiones biológicas, legislación.

Introducción

México no regula el agua de lastre de los buques, ni se ha preocupado por la flora y fauna incrustante de las embarcaciones mayores y menores, tiene pocas regulaciones o estándares para administrar las actividades de acuicultura, el comercio de alimentos marinos vivos, de mascotas, carnadas y otras rutas que pueden introducir especies acuáticas no indígenas (EANI). Sin embargo, la presencia y efectos de las introducciones de EANI por estos mecanismos se están incrementando

phytoplankton, macroalgae, aquatic higher plants, invertebrates and fishes are presented. There are at least 94 ANIS with the potential to invade inner waters, lagoons and coasts of Mexico; other 73 are confirmed ANIS and 16 are cryptogenic. Considering introduction mechanisms to Mexico, of which there can be more than one for each species, we found that 90 species (32.6%) would invade by ballast water, 69 (25%) are part of the encrustations on hulls, 100 (36.2%) by aquaculture activities and 17 (6.2%) by other vectors. It is expected that this information will stimulate attention to the problem of bioinvasions with its global implications. Training of specialists for groups of relatively unknown organisms in Mexico, such as hydrozoans, entoproctos, bryozoans, tunicates, and others, is necessary, and such expertise is currently lacking in Mexico.

Key words: Aquatic introductions, ballast water, biological invasions, fouling biota, legislation, non-indigenous species.

discutée. Un résumé des introductions potentielles et confirmées de virus, bactéries, phytoplancton, macroalgues, plantes supérieures aquatiques, invertébrés et poissons est présenté. Au moins 94 EANI existent avec le potentiel d'envahir les eaux intérieures, lagunes côtières et littorales du pays. D'autre part, 73 EANI sont confirmées et 16 sont cryptogéniques. Pour ce qui est des mécanismes d'introduction au Mexique, qui peuvent être plus d'un par espèce, 90 espèces (32.6%) entrent comme eau de ballast, 69 (25%) comme incrustations dans les coques de navires, 100 (36.2%) dû aux activités d'aquaculture, et 17 (6.2%) par d'autres voies. Cette information peut attirer l'attention vers le problème des bioenvahisseurs qui ont des implications globales. Il est nécessaire de former des ressources humaines spécialisées en groupes d'organismes peu ou pas connus au Mexique, comme les hydrozoaires, entoproctes, bryozoaires, tunicates et autres, pour lesquels il n'existe pas un seul spécialiste au Mexique.

Mots clefs: Eau de ballast, biote incrustante, espèces non indigènes, introductions aquatiques, invasiones biologiques, législation.

globalmente (Carlton 1987). La fuerte dependencia de México de especies extranjeras para acuicultura pone a esta industria en un riesgo particular. México necesita urgentemente legislar acerca de cómo incrementar la infraestructura y recursos que permiten monitorear las invasiones y proteger sus costas y ambientes acuáticos en contra de EANI. El principal propósito de este trabajo es presentar una lista crítica de las introducciones, potenciales y confirmadas, de virus, bacterias, fitoplancton, macroalgas, plantas superiores acuáticas, invertebrados y

peces que amenazan la integridad de los sistemas acuáticos mexicanos. También se revisa la legislación mexicana y las actividades actuales en este país relacionadas a las introducciones de EANI.

Resultados y discusión

Agua de lastre, organismos incrustantes y tráfico de pequeñas embarcaciones

Los 11,000 km y 1,567,300 ha de áreas costeras y bahías de México incluyen en total 47 puertos en el Pacífico y 43 en el golfo de México y Caribe (Fig. 1). Los puertos mexicanos ocupan 13,880 ha, 6,970 ha de área terrestre y 6,910 ha de superficie acuática. Sesenta y cuatro de

estos puertos reciben tráfico naviero internacional. Los puertos de Veracruz, Altamira, Tampico, Coatzacoalcos y Progreso en el golfo de México y el Caribe, y Ensenada, Lázaro Cárdenas y Manzanillo en el Pacífico, reciben más de 86% de los 248 millones de toneladas métricas de carga mexicana. La navegación costera, los yates y las pesquerías fueron las actividades comerciales más importantes en los puertos mexicanos en 1998 (Anónimo 1999, Tabla I). El número de buques internacionales que arriban a México se ha incrementado de 3,732 en 1992 a 6,336 en 1998; también los cruceros se han incrementado de 2,052 en 1992 a 2,195 en 1998. Los cruceros llevaron más de 1,032,402 pasajeros a México en 2002 (Anónimo 1999, 2003).

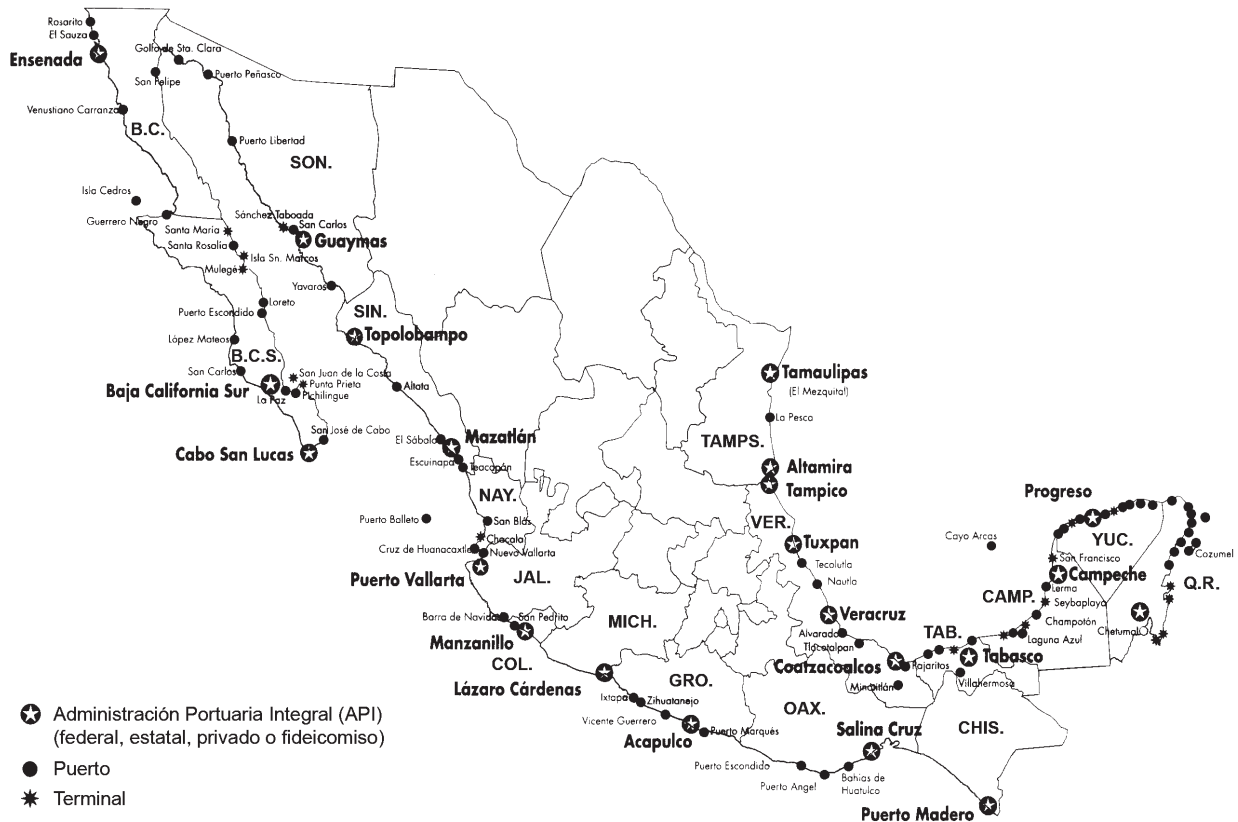


Figura 1. Puertos y terminales en México (modificado de Anónimo 1999). Abreviaturas de los estados marítimos: B.C.S. – Baja California Sur, B.C. – Baja California, SON. – Sonora, SIN. – Sinaloa, NAY. – Nayarit, JAL. – Jalisco, COL. – Colima, MICH. – Michoacan, GRO. – Guerrero, OAX. – Oaxaca, CHIS. – Chiapas, TAMPS. – Tamaulipas, VER. – Veracruz, TAB. – Tabasco, CAMP. – Campeche, YUC. – Yucatán, Q.R. – Quintana Roo.

Tabla I. Número de puertos y terminales de México y sus principales actividades en 1998 (Anónimo 1999).

| Costa | Tráfico | | | Actividades | | |
|-----------------|---------------|----------|-----------|-------------|------------|----------|
| | Internacional | Nacional | Comercial | Pesquerías | Turísticas | Petróleo |
| Pacífico | 35 | 54 | 22 | 35 | 26 | 10 |
| Golfo de México | 29 | 54 | 21 | 42 | 12 | 9 |
| Total | 64 | 108 | 43 | 77 | 38 | 19 |

Nota: El total para el tráfico y actividades no coincide con el número total de puertos, debido a que algunos de estos desempeñan más de una actividad y un tipo de tráfico.

Algunos puertos mexicanos se han transformado en empresas mixtas: la iniciativa privada y gubernamental creó las Administraciones Portuarias Integrales (API, Fig. 1). Estos puertos son muy independientes de las decisiones gubernamentales centrales y los datos de estos puertos son difíciles de obtener. Las publicaciones de los puertos no incluyen referencias a programas de agua de lastre o evidencia que las autoridades de los puertos mexicanos estén preocupadas por los riesgos del agua de lastre. No están disponibles las estimaciones de los volúmenes del agua de lastre descargada en los puertos mexicanos. Sin embargo, asumiendo el 20% del peso de todos los buques de carga que requieren lastre, 50 millones de metros cúbicos de agua de lastre son descargados cada año en aguas mexicanas, provenientes de todas las áreas geográficas del mundo, incluyendo Australia, Filipinas, el Oriente Medio y Europa.

A partir del análisis del mercado global, los buques de menos de 300 toneladas métricas prevalecen en la flota mundial (Tjallingii 2001). Pocos yates de recreo pueden ser considerados relevantes en cuanto al agua de lastre; sin embargo, los organismos transportados como incrustantes (o "fouling" en inglés) sobre los cascos de buques o como carnada pueden ser rutas poderosas para EANI. Al menos en Japón la fauna incrustante de los cascos es el

principal vector de las especies introducidas no intencionalmente (Otani 2006). El incremento del tráfico de pequeñas embarcaciones puede exacerbar los problemas con las EANI por la dispersión de especies introducidas por cualquier ruta. Cuando menos en la costa de California, Estados Unidos, el control de las especies invasoras provenientes de los cascos de las embarcaciones es un problema serio, debido al enorme número de embarcaciones que llegan a sus puertos. Sólo para 2004 en California se tenían registrados 894,884 embarcaciones (Johnson *et al.* 2006). La comunidad incrustante de las plataformas de petróleo también puede ser un factor importante para la expansión de las especies invasoras. Un estudio realizado en la parte noroeste del golfo de México mostró claramente que la ciguatera (intoxicación humana por el consumo de peces arrecifales en la zona tropical), causada por el dinoflagelado tóxico *Gambierdiscus toxicus* Adachi & Fukuyo, pudo distribuirse por medio de estas plataformas (Villareal *et al.* 2007).

El megaproyecto de desarrollo federal "Escalera Náutica", o "Escalera Náutica del Mar de Cortés", es de especial interés para el transporte de las EANI (Fig. 2). La Escalera Náutica fue cancelada en 1973 por el presidente Luis Echeverría Álvarez y después por el presidente Ernesto Zedillo, luego

revivida por el presidente Vicente Fox y formalizada el 21 de febrero de 2001. El proyecto consiste en desarrollar 22 (23, 24, 27 ó 29 de acuerdo con diferentes fuentes) marinas turísticas (dársenas para yates) de servicio completo en la costa occidental de la península de Baja California y en el golfo de California. Diez de estas serán totalmente nuevas, cinco estarán en Baja California, tres en Baja California Sur, una en Sonora y otra en Sinaloa. De las 12 dársenas existentes, siete serán mejoradas en cuanto a infraestructura y cinco son actualmente adecuadas. El plan también

incluye una autopista de 151 km (puente terrestre) para remolcar las embarcaciones a través del centro de la península de Baja California, de Santa Rosalillita a la bahía de Los Ángeles.

La Escalera Náutica está apoyada por el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), la Secretaría de Turismo, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los gobiernos de los estados de Baja California, de Baja California Sur, de Sonora, de Sinaloa, la Presidencia de la República y por un consorcio de compañías

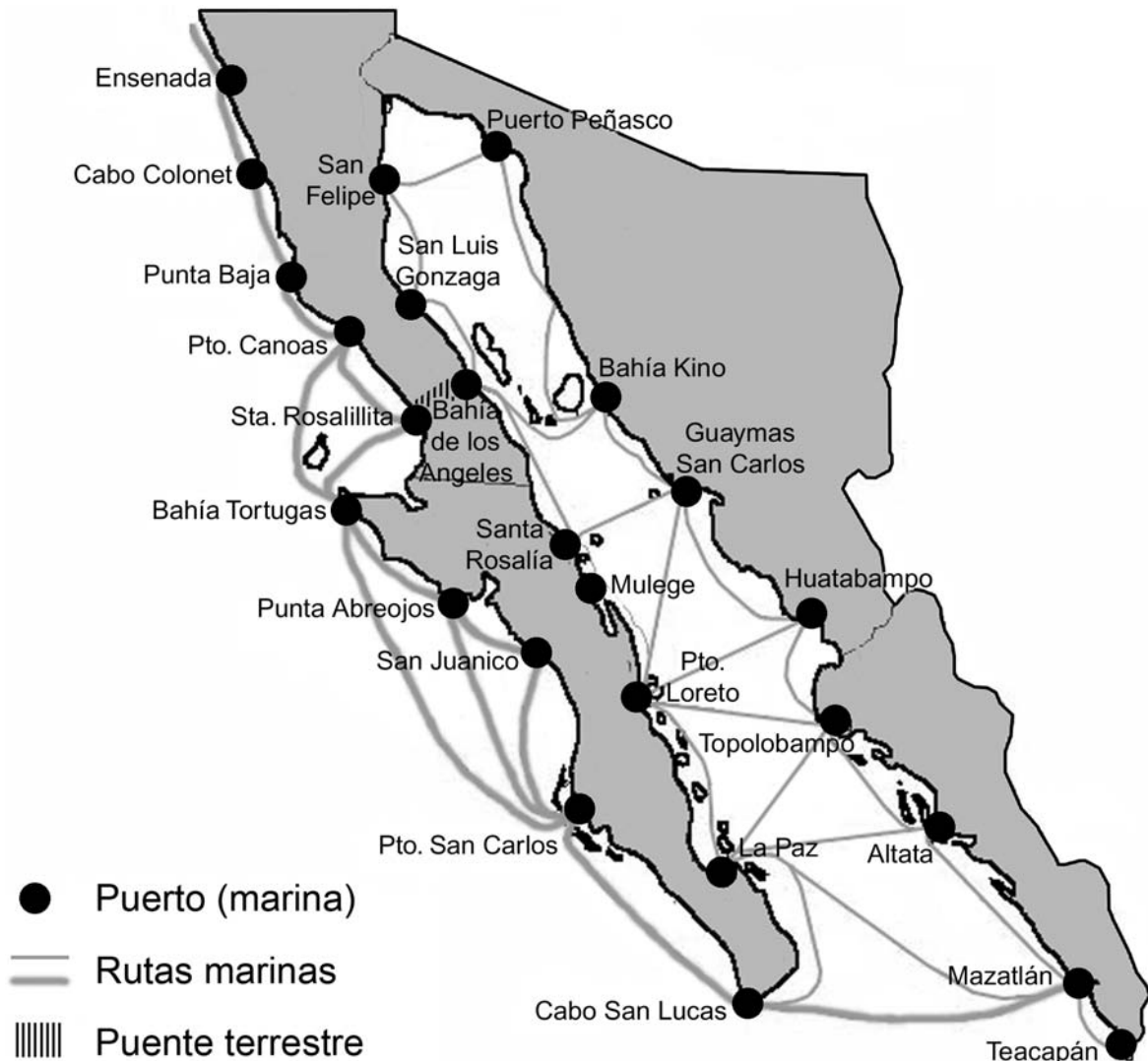


Figura 2. Megaproyecto "Escalera Náutica" del noroeste del Pacífico mexicano (modificado de Anónimo 2001).

estadounidenses y multinacionales. México ha puesto 222 millones de dólares para el proyecto para los primeros seis años. Los restantes 1.5 miles de millones de dólares para completar el proyecto deben venir de fuentes privadas, principalmente extranjeras (Aridjis 2001). En el presente, se refiere a 1.9 miles de millones de dólares en total (Anónimo 2007a, 2007b). Según algunos periodistas, FONATUR no ha realizado una evaluación de impacto ambiental para la Escalera Náutica, tal como lo indica la ley (Anónimo 2007c). Los ambientalistas reclaman que este proyecto es incompatible con el Programa de Desarrollo Sustentable del Mar de Cortés (Diehn 2003, Osio 2007). Tampoco se corresponde con los objetivos conservacionistas de las islas del golfo de California, del Parque Natural Bahía de Loreto, de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Por otro lado, en el megaproyecto, entre los antecedentes se mencionan numerosos estudios ambientales en estas áreas naturales protegidas.

FONATUR estima que para el año 2010 habría 76,400 embarcaciones que cruzarían las costas de la península de Baja California, y que por el 2014 habría 5.4 millones de turistas náuticos (Osio 2003). FONATUR supone que de los 1.65 millones de embarcaciones registrados en el sur-occidente de Estados Unidos, hasta 52,000 podrían viajar entre las dársenas de la Escalera Náutica. El desarrollo del proyecto requiere necesariamente considerar los impactos de las EANI.

Agencias y legislación en México

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA) trata con el uso de EANI y promueve la acuicultura, las introducciones de especies acuáticas en cultivos intensivos, el movimiento de especies dentro del país para propósitos de acuicultura, regulaciones sanitarias y colecciones científicas. La SEMARNAT se relaciona con la protección de los recursos naturales y

conservación; las funciones de la SEMARNAT incluyen la imposición de la ley e inspección a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). El Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México (CONABIO) actualizan todas las bases de datos y regulaciones que se refieren al estatus de las especies protegidas y amenazadas.

Álvarez (2002) y López (2002) revisaron las leyes mexicanas y regulaciones relevantes a las EANI. La Ley de Regulación de la Pesca (enmendada en septiembre de 1999) prohíbe las introducciones de especies que puedan destruir a las especies nativas. México también cuenta con la Carta Nacional de Pesca (DOF 17/08/00) para el manejo de los recursos pesqueros, acuicultura, inventario y situación de la ictiofauna dulceacuícola y especies protegidas con relación a las EANI.

Los estándares oficiales actuales NOM-010-PESC-1993 (DOF 16/06/94), NOM-011-PESC-1993 (DOF 16/06/94), NOM-059-ECOL-1994 y la NOM-EM-003-PESC-2000 (DOF 25/04/2000) tratan sobre las introducciones de organismos acuáticos vivos para acuicultura y ornamental. Estos estándares están abocados a prevenir introducciones y la dispersión de enfermedades, para implementar procedimientos sanitarios, de cuarentena y monitorear el estatus de especies en riesgo, en peligro o extintas.

Otras regulaciones relacionadas directa o indirectamente a las EANI incluyen la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (Art. 35), la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (DOF 28/01/88, Art. 80), la Ley General de Vida Silvestre (especialmente el Título V, Capítulo V "Ejemplares y poblaciones exóticas", Art. 27 y 28; el Título VI, Capítulo VI "Ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales", Art. 72; el Título VIII, Capítulo V "Infracciones y sanciones administrativas", Art. 122.VI), la Ley Federal sobre Plagas de las Plantas, la Ley Federal de Sanidad Animal, la Regulación

para la Aplicación de Cuarentenas, entre otras. Mientras algunas leyes y regulaciones mexicanas para la acuicultura relacionadas a las EANI están en orden, la introducción de EANI por medio del agua de lastre de los buques no ha sido considerada en modo alguno. En términos generales, la Ley de Navegación (Capítulo VII “Prevención de la contaminación marina”, Art. 65) trata el problema de agua de lastre: “Queda prohibido a toda embarcación arrojar lastre, escombros, basura, derramar petróleo o sus derivados, agua residuales de minerales u otros elementos nocivos o peligrosos, de cualquier especie que ocasionen daños o perjuicios en las aguas de jurisdicción mexicana”. Además, el Reglamento de la Ley de Puertos contiene un solo artículo (Art. 123) sobre el tratamiento de lastre: “En puertos o cargaderos donde operan buques tanque, en los cuales no se cuente con depósitos de recepción de lastre sucio, solamente podrán operar los buques que estén dotados con tanques de lastre segregado”.

Agencias y legislación internacionales

En 1997 se estableció un grupo de estudio acerca del agua y sedimento de lastre por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM) establecido en 1902, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO fue establecida en 1960 y la Organización Marítima Internacional de las Naciones Unidas (OMI) se estableció en 1948. La OMI y el CIEM trabajan en colaboración para desarrollar una guía mundialmente aplicable para minimizar y prevenir el riesgo de transferir especies marinas no deseadas. El 27 de noviembre de 1997 la Asamblea de la OMI adoptó la resolución “Guía para el Control y Manejo del Agua de Lastre de los Barcos” y pidió a los gobiernos de los países miembros de la OMI tomar acciones urgentes para aplicarla. El CIEM implementó un Código de Práctica en las introducciones y transferencias de organismos marinos. En 2000 apareció un documento especial que se refiere al problema del agua de lastre, el Anexo

VII de la Convención de la MARPOL 73/78 (Convención Internacional para la Prevención de Contaminación de Barcos), que se implementó como un requerimiento obligatorio.

Bajo la Oportunidad Ambiental Global (OAG), establecida en 1991 para ayudar a los países en desarrollo a financiar los proyectos y programas de protección del medio ambiente, una iniciativa de colaboración de 10.2 millones de dólares, el proyecto “Global Ballast Water Management Programme” (GloBallast) de tres años con extensión para otro año, “Removal of Barriers to the Effective Implementation of Ballast Water Control and Management Measures in Developing Countries” (“Eliminación de las barreras para la implementación efectiva de las medidas de control y manejo del agua de lastre en países en vías de desarrollo”) se llevaba a cabo durante el período de 2000-2004. Este proyecto incluyó la participación de seis países, Brasil, China, India, Irán, Sudáfrica y Ucrania, cuya experiencia será compartida con otros países en vías de desarrollo.

El 5 de octubre de 2001 el Convenio Internacional sobre los Sistemas Nocivos contra Incrustación en Barcos fue adoptado por la OMI. Este documento empezará a actuar 12 meses después de que 25 países miembros de la OMI, que representan 25% de tonelaje de la flota de mercancía global, lo ratifiquen (para el 31 de julio de 2007 se alcanzó 16.63% de tonelaje). El convenio prohíbe el uso de sustancias orgánicas dañinas en pinturas contra-incrustantes y establece un mecanismo para prevenir el uso potencial en un futuro de otras sustancias peligrosas.

El 13 de febrero de 2004 se adoptó el Convenio Internacional sobre Control y Manejo de Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques (leer Gollasch *et al.* 2007 para una revisión crítica del Convenio). Este documento empezará a actuar 12 meses después de que 30 países miembros de la OMI, que representan 35% de tonelaje de la flota de mercancía global, lo ratifiquen (para el 31 de julio de 2007 se alcanzó 3.42% de tonelaje). En el presente, la

OMI incluye 167 países miembros, tres miembros asociados y además 65 organizaciones no gubernamentales con estatus consultivo. México entró a la OMI como uno de los primeros países en 1954.

Proyectos y actividades

La Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) fue establecida bajo el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLC), convenido en Montreal, Canadá, en 2001, para identificar oportunidades cooperativas en la "Prevención de la Introducción y Propagación de Especies Invasoras Acuáticas en Norteamérica". La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCE) evita expresamente los temas del agua de lastre a fin de enfocarse sobre otras rutas que reciben menos atención internacional. La acuicultura, la carnada viva, el alimento marino vivo y el comercio de mascotas fueron actividades identificadas en las cuales la cooperación entre Canadá, Estados Unidos y México pueden incrementar el control de las EANI. Esta convención concluyó con cinco recomendaciones:

1. Diseñar una Red de Información de Especies Invasoras de Norteamérica (RIEIN) como eje para una Red de Información de Especies Invasoras Global (RIEIG).
2. Crear un directorio regional de estructuras legales e institucionales relativas a la prevención y control de especies invasoras. El directorio podría cubrir medidas regulatorias y voluntarias (*e.g.*, códigos de conducta), e incluir listas de especies invasoras ya reguladas por uno, dos o tres países.
3. Identificar especies invasoras y rutas de invasión que conciernan a dos o más países y determinar prioridades para la cooperación bilateral o trilateral.
4. Desarrollar y distribuir herramientas para incrementar el conocimiento del tema y capacitar a tomadores de decisiones,

educadores ambientales, divulgadores científicos, manejadores de recursos, y otras audiencias que les interese el tema.

5. Identificar incentivos económicos para las industrias y otros intereses privados que lleven a cabo acciones voluntarias que limiten las introducciones y dispersión de especies invasoras.

El informe de la CCE "Asegurando la Riqueza Biológica del Sub-Continente: Hacia la Conservación Efectiva de la Biodiversidad en América del Norte" y la "Agenda de América del Norte para la Acción: 2003-2005" (Hanson *et al.* 1999, Anónimo 2002) han identificado a las especies invasoras como un problema urgente de interés particular. Las iniciativas de la CCE relacionadas con bioinvasiones incluyen a la Red de Información de Biodiversidad de América del Norte, las Regiones Ecológicas de Norteamérica, y el Programa Mundial para la Protección del Ambiente Marino de las Bases Terrestres en el Golfo de Maine y Costa de California.

La Convención sobre Diversidad Biológica, a través de la CONABIO, comenzó el Programa de Especies Invasoras en México para implementar un sistema de manejo de información basado en redes, para desarrollar estrategias locales y nacionales para prevenir las introducciones de especies invasoras, proporcionar incentivos para el cultivo de especies nativas en lugar de especies no indígenas, y proveer una base para análisis de riesgo sobre EANI. La CONABIO reconoce que las especies invasoras son un problema importante para México.

Los dos talleres nacionales organizados por CONABIO en la Ciudad de México fueron el Taller de Especies Invasoras en México (25-26 de abril de 2002), y el Taller sobre Selección de Especies Acuáticas Invasoras de Interés Común para Norteamérica (14-15 de octubre de 2002). Estos talleres culminaron en la selección de EANI de especial preocupación para México, Estados Unidos y Canadá, y elaboración de criterios para ser aplicados a las EANI. El problema de las invasiones por agua

de lastre fue discutido activamente.

México encara muchos desafíos con respecto a las EANI, incluyendo: 1) fondos muy restringidos para hacer frente a las EANI; 2) conocimiento general limitado sobre las especies invasoras; 3) evaluaciones de riesgo limitadas sólo a unas pocas especies; y 4) infraestructura y capacidad técnica insuficiente para encargarse efectivamente del problema. La Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria (CONASAG) tiene la responsabilidad principal para los temas de especies invasoras. CONASAG actúa principalmente sobre enfermedades y plagas que afectan la agricultura. Asimismo, CONABIO está desarrollando una base de datos nacional sobre especies invasoras, y se convertirá en un importante socio de la Red de Información en Biodiversidad de Norte América (RIBNA).

En junio de 2001, México participó en el Taller Regional sobre Especies Invasoras Extranjeras celebrado en San José, Costa Rica, y dedicado a los problemas causados por especies invasoras en Mesoamérica y el Caribe (Hernández *et al.* 2002). En 2002 y 2003, representantes mexicanos participaron en talleres internacionales y mesas redondas dedicadas a problemas con EANI, incluyendo 1) Workshop on Developing a North American Invasive Species Information Hub, llevado a cabo en la University of California en Davis, 31 de enero y 1 de febrero de 2002; 2) Sexto Congreso Latinoamericano de Ficología y Cuarta Reunión Ficológica Iberoamericana, celebrados en la Universidad Católica Pontificia de Puerto Rico, 22-28 de septiembre de 2002 (Okolodkov & Meave del Castillo 2002); 3) CEC Workshop to Identify Opportunities for Trinational Cooperation to Prevent the Introduction and Spread of Aquatic Invasive Species, llevado a cabo en San Diego, California, 18-19 de febrero de 2003; 4) First International Workshop on Guidelines and Standards for Ballast Water Sampling, celebrado en Río de Janeiro, Brasil, 7-11 de abril de 2003 (Raaymakers 2003), y 5) First International Workshop on Guidelines

and Standards for Invasive Aquatic Species: Surveys and Monitoring, llevado a cabo en Arrabal do Cabo, Brasil, 13-17 de abril de 2003.

La segunda reunión CEC fue un seguimiento de la primer reunión CEC llevada a cabo en marzo de 2001 en Montreal y concluyó con recomendaciones para apoyar financieramente y patrocinar una Red de Información de Especies Invasoras Mexicanas y el punto de conexión para la RIEIG, y apoyar el esfuerzo para erradicar el alga marina *Undaria pinnatifida* de la costa del Pacífico de México y Estados Unidos.

Recientemente se realizó el Gulf of Mexico Marine Invasive Species Workshop en Corpus Christi, Texas, el 26 y 27 de febrero de 2007, en el que se discutieron los principales problemas que existen para implementar acciones eficaces con respecto a las EANI, con la conclusión de que la cooperación entre los países de la región será fundamental para estudiar, monitorear y controlar las especies invasoras.

Entre varias propuestas de investigación sometidas a diferentes agencias mexicanas, cabe mencionar una de las propuestas publicada para atraer atención al problema de las EANI transportadas por el agua de lastre, que puede presentar el marco teórico para establecer un monitoreo básico en la escala nacional (García-Escobar & Arellano-Peralta 2007). Con el mismo fin fue publicada una base de datos (Okolodkov & Okolodkov 2003).

EANI potenciales y confirmadas en México

Aunque el daño que generan las especies terrestres introducidas en islas ya era reconocido en México, el tema de las especies marinas introducidas como una de las principales amenazas para los recursos costeros había sido ignorado, a pesar de las advertencias que había desde al menos hace 15 años (Salazar-Vallejo & González 1993).

La mayoría de las especies de invertebrados y peces usadas en México para acuicultura fueron introducidas de áreas remotas. La sensibilidad de estas especies

cultivadas a plagas y patógenos introducidos puede ser proporcional a la vulnerabilidad de los ambientes donde éstos son cultivados, con respecto a la invasión de especies introducidas de cualquier tipo. Por ejemplo, una bahía o estuario usado para cultivos de ostras o almejas, puede ser conveniente para depredadores, plagas y patógenos de ostras y almejas. La vulnerabilidad de estos sistemas a introducciones accidentales por agua de lastre u otras rutas obviamente no debería ser evaluada directamente por la introducción de las plagas. La presencia de otras introducciones accidentales de cualquier tipo es, por lo tanto, una evaluación más conveniente si estos sistemas son propensos a invasiones de especies indeseables.

Las lagunas costeras y estuarios son sitios particularmente propensos al establecimiento de especies introducidas por cuatro razones principales (Nehring 2006): 1) muchas lagunas albergan puertos de intenso tráfico marítimo, lo cual incrementa la tasa de introducción no intencional potencial desde otras regiones; 2) por sus características fisiológicas las especies de aguas salobres tienen mejor oportunidad de ser transportadas vivas que las especies euhalinas y dulceacuícolas y tienen, probablemente, mayor permanencia y establecimiento potencial después de su liberación en una nueva zona; 3) las aguas salobres tienen naturalmente un mínimo de especies indígenas (comparadas con otros ecosistemas como los arrecifes) lo que permite que las especies introducidas se puedan establecer; y 4) las especies limnéticas tolerantes a la salinidad introducidas en aguas continentales alcanzan la costa por primera vez en los estuarios.

De acuerdo con los datos que se han recabado en este trabajo (Tabla II), hay al menos 94 EANI con potencial de invadir las aguas interiores, lagunas costeras y litorales del país; otras 73 EANI confirmadas en el país y 16 EANI criptogénicas. Asimismo, estas 183 EANI pueden o pudieron introducirse a México por medio de uno o más vectores: 90 (32.6%) ingresarían o ingresaron por agua de

lastre, 69 (25%) como parte de las incrustaciones en los casos de los barcos, 100 (36.2%) debido a las actividades de acuicultura y 17 (6.2%) debido a otros vectores (comercio de mascotas, actividades científicas, etc.). De seis especies, en su mayoría poliquetos, se desconoce el medio de invasión. A continuación se mencionan las EANI potenciales y confirmadas de México.

I. EANI potenciales en México

A pesar de que no existen datos confiables sobre organismos marinos introducidos accidentalmente en aguas mexicanas, docenas o cientos de casos pueden ya estar presentes y actuando en los sistemas acuáticos del país. Se conocen cientos de registros de EANI en aguas costeras de Estados Unidos. En la región de la bahía de San Francisco se han registrado unas 240 especies no indígenas (Cohen & Carlton 1995, Bowles 1999). En Puget Sound, Washington, se reconocen al menos 50 introducciones (Cohen *et al.* 1998) y se han documentado 60 EANI en Coos Bay, Oregon (Ruiz *et al.* 2000, Carlton 2001). La mayoría de estas especies introducidas tienen distribuciones geográficas amplias (Chapman 2000a-b) por lo que cabe esperar que su distribución se extienda a México. Están disponibles muchos ejemplos de introducciones no intencionales de especies animales y plantas marinas, que pueden ser considerados como invasores potenciales de aguas mexicanas, o que tengan poblaciones establecidas en aguas costeras mexicanas en las últimas décadas. No obstante, es necesario un cuidadoso análisis taxonómico para considerar inequívocamente el estatus de especies introducidas (Poore 1996), debido a que también pudieran tratarse de especies indescriptas, sibilinas o criptogénicas; en cualquier caso es muy posible que las EANI estén subestimadas y que la existencia de muchas introducciones permanezca pobremente resuelta (Chapman & Carlton 1991).

Tabla II. Lista de las especies acuáticas no indígenas (EANI) en México. Pot= potencial, Con= confirmada, Cripto= criptogénica. Convencionalmente las especies de dinoflagelados se consideran no indígenas.

| Reino, Phylum, Clase, etc. | EANI | | | Mecanismo de introducción | | | | |
|--|---------|-----|-----|---------------------------|----------------|-------------|-------------|------|
| | Especie | Pot | Con | Cripto | Agua de lastre | Incrustante | Acuicultura | Otro |
| Bacterias y virus | | | | | | | | |
| <i>Vibrio cholerae</i> Pacini, 1854 | • | | | | • | | • | |
| <i>Whispovirus</i> spp. (v. de la mancha blanca) | | | • | | | | • | |
| Dinoflagellata | | | | | | | | |
| <i>Alexandrium kutnerae</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>A. leei</i> Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>Amylax triacantha</i> (Jørgensen) Sournia | • | | | | • | | • | |
| <i>Blepharocysta paulsenii</i> J. Schill. | • | | | | • | | • | |
| <i>Boreadinium pisiforme</i> J.D. Dodge & Hermes | • | | | | • | | • | |
| <i>Centrodinium complanatum</i> (Cleve) Kof. | • | | | | • | | • | |
| <i>Coolia monotis</i> Meunier | • | | | | • | | • | |
| <i>Dinophysis lativelata</i> (Kof. & Skogsb.) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>D. norvegica</i> Claparède & Lachmann | • | | | | • | | • | |
| <i>D. similis</i> Kof. & Skogsb. | • | | | | • | | • | |
| <i>Dolichodinium lineatum</i> (Kof. & J.R. Michener) Kof. & Adamson | • | | | | • | | • | |
| <i>Ensiculifera angulata</i> Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>E. mexicana</i> Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>Gaarderia compressa</i> Carbonell-Moore | • | | | | • | | • | |
| <i>Goniodoma concavum</i> Gaarder | • | | | | • | | • | |
| <i>G. orientale</i> (Lindemann) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>Gonyaulax</i> cf. <i>alaskensis</i> Kof. | • | | | | • | | • | |
| <i>G. cf. macroporos</i> L. Mangin | • | | | | • | | • | |
| <i>Gotoius excentricus</i> (Nie) Sournia | • | | | | • | | • | |
| <i>Heterodinium inaequale</i> Kof. | • | | | | • | | • | |
| <i>H. milneri</i> (J. Murray & Whitting) Kof. | • | | | | • | | • | |
| <i>Histioneis crateriformis</i> F. Stein | • | | | | • | | • | |
| <i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia | • | | | | • | | • | |
| <i>Oxytoxum biconicum</i> (Kof.) Dodge & Saunders | • | | | | • | | • | |
| <i>O. caudatum</i> J. Schill. | • | | | | • | | • | |
| <i>Palaeophalacroma uncinatum</i> J. Schill. | • | | | | • | | • | |
| <i>Peridiniella danica</i> (Paulsen) Okolodkov & J.D. Dodge | • | | | | • | | • | |
| <i>P. sphaeroidea</i> Kof. & J.R. Michener | • | | | | • | | • | |
| <i>Prorocentrum belizeanum</i> M.A. Faust | • | | | | • | | • | |
| <i>Protoceratium globosum</i> Kof. & J.R. Michener | • | | | | • | | • | |
| <i>Protoperidinium bispinum</i> (J. Schill.) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. capurroi</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. curtipes</i> (Jörg.) Balech f. <i>asymmetricum</i> (Matzen.) Okolodkov | • | | | | • | | • | |
| <i>P. hamatum</i> Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. incognitum</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. joergensii</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. cf. lipopodium</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. mite</i> (Pavillard) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. parapyriforme</i> (Hermosilla) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. parcum</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. parvicollum</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. parvispinum</i> (Gaarder) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. subsphaericum</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>P. thulesense</i> (Balech) Balech | • | | | | • | | • | |

Tabla II. Continuación...

| Reino, Phylum, Clase, etc. | EANI | | | Mecanismo de introducción | | | | |
|---|---------|-----|-----|---------------------------|----------------|-------------|-------------|------|
| | Especie | Pot | Con | Cripto | Agua de lastre | Incrustante | Acuicultura | Otro |
| <i>P. vulgare</i> Balech | • | | | | • | | • | |
| <i>Scrippsiella spinifera</i> Honsell & Cabrini | • | | | | • | | • | |
| <i>Spatulodinium pseudonoctiluca</i> (Pouchet) Cachon & Cachon-Enj. | • | | | | • | | • | |
| Chlorophyta | | | | | | | | |
| <i>Caulerpa taxifolia</i> (M. Vahl) C. Agardh | • | | | | • | • | | |
| <i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot <i>tomentosoides</i> (van Goor) P.C. Silva | • | | | | • | • | | • |
| <i>Ulva fasciata</i> Delile | | | • | | • | • | | |
| Phaeophyta | | | | | | | | |
| <i>Cutleria cylindrica</i> Okamura | | | • | | | • | • | |
| <i>Sargassum muticum</i> (Yendo) Fensholt | | | • | | | | • | |
| <i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar | | | • | | • | • | • | |
| Rhodophyta | | | | | | | | |
| <i>Porphyra suborbiculata</i> Kjellman | | | • | | | • | | |
| Plantae | | | | | | | | |
| <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms | | | • | | | | • | • |
| <i>Halodule wrightii</i> Ascherson | • | | | | | | | • |
| <i>Syringodium filiforme</i> Kützing | • | | | | | | | • |
| Cnidaria: Scyphozoa | | | | | | | | |
| <i>Phyllorhiza punctata</i> von Lendenfeld, 1884 | • | | | | • | | | |
| Cnidaria: Hydrozoa | | | | | | | | |
| <i>Antenella secundaria</i> (Gmelin, 1791) | | | | • | | | • | |
| <i>Cordylophora caspia</i> (Pallas, 1771) | | | • | | • | | • | |
| <i>Obelia dichotoma</i> Linnaeus, 1758 | | | | • | | | • | |
| <i>Plumularia setacea</i> (Ellis, 1755) | | | | • | | | • | |
| <i>Sarsia eximia</i> (Allman 1859) | | | | • | | | • | |
| <i>Tubularia crocea</i> Agassiz, 1862 | | | • | | | | • | • |
| Platyhelminthes: Cestoda | | | | | | | | |
| <i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934 | | | • | | | | • | • |
| Entoprocta (Kamptozoa) | | | | | | | | |
| <i>Barentsia benedeni</i> Foettinger, 1877 | • | | | | • | • | | • |
| Annelida: Polychaeta: Capitellidae | | | | | | | | |
| <i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780) | | | | • | • | | • | |
| Annelida: Polychaeta: Nereididae | | | | | | | | |
| <i>Neanthes succinea</i> (Frey & Leuckart, 1847) | | | • | | | • | | |
| Annelida: Polychaeta: Sabellidae | | | | | | | | |
| <i>Branchiomma curtum</i> (Ehlers, 1901) | | | • | | ? | ? | ? | ? |
| <i>Terebrasabella heterouncinata</i> Fitzhugh & Rouse, 1999 | • | | | | | | • | |
| Annelida: Polychaeta: Serpulidae | | | | | | | | |
| <i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923) | • | | | | • | • | • | |
| <i>F. miamiensis</i> (Treadwell, 1934) | | | • | | • | | | |
| <i>F. uschakovi</i> (Pillai, 1960) | • | | | | • | • | • | |
| <i>Hydroides diramphus</i> Mörch, 1863 | | | | • | | | • | |
| <i>H. elegans</i> (Haswell, 1883) | | | | • | | | • | |
| <i>H. sanctaecrucis</i> Kröyer in Mörch, 1863 | | | • | | | | • | |
| Annelida: Polychaeta: Spionidae | | | | | | | | |
| <i>Prionospio malmgreni</i> Claparède, 1870 | | | | • | ? | ? | ? | ? |
| <i>Pseudopolydora kempfi</i> (Southern, 1921) | | | • | | | | • | |
| <i>P. paucibranchiata</i> Okuda, 1937 | | | • | | • | • | | |

Tabla II. Continuación...

| Reino, Phylum, Clase, etc. | EANI | | | Mecanismo de introducción | | | | |
|---|---------|-----|-----|---------------------------|----------------|-------------|-------------|------|
| | Especie | Pot | Con | Cripto | Agua de lastre | Incrustante | Acuicultura | Otro |
| Annelida: Polychaeta: Syllidae | | | | | | | | |
| <i>Brania clavata</i> (Claparède, 1863) | | | | • | ? | ? | ? | ? |
| <i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868) | | | | • | ? | ? | ? | ? |
| Mollusca: Bivalvia | | | | | | | | |
| <i>Bankia (Neobankia) zeteki</i> Bartsch, 1921 | | | | • | | • | | |
| <i>Bankia (Neobankia) destructa</i> Clench & Turner, 1946 | | | | • | | • | | |
| <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793) | | | | • | | | • | |
| <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771) | • | | | | • | • | | |
| <i>Musculista senhousia</i> (Benson in Cantor, 1842) | | | | • | • | | • | |
| <i>Mytilopsis adamsi</i> Morrison, 1946 | | | | • | • | | | |
| <i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758) | | | | • | • | | | |
| <i>P. viridis</i> (Linnaeus, 1758) | | | | • | • | | | |
| <i>Potamocorbula amurensis</i> (Schrenck, 1861) | • | | | | • | • | | |
| <i>Teredo (Teredo) bartschi</i> Clapp, 1923 | | | | • | | • | | |
| <i>Teredo navalis</i> Linnaeus, 1758 | | | | • | | • | | |
| <i>Theora lubrica</i> Gould, 1861 | • | | | | • | • | | |
| Mollusca: Gasteropoda | | | | | | | | |
| <i>Anteaeolidiella indica</i> (Berg, 1888) | | | | • | • | • | | |
| "Assimineae" sp. | • | | | | | | | • |
| <i>Thiara (Melanoides) tuberculata</i> (Müller, 1774) | | | | • | | | | • |
| Arthropoda: Crustacea: Amphipoda | | | | | | | | |
| <i>Ampelisca abdita</i> Mills, 1964 | • | | | | • | • | | |
| <i>Ampithoe pollex</i> Kunkel, 1910 | | | | • | | • | • | |
| <i>A. longimana</i> Smith, 1873 | | | | • | | • | • | |
| <i>Chelura terebrans</i> Philippi, 1839 | • | | | | • | • | | |
| <i>Corophium acherusicum</i> (Costa, 1851) | | | | • | | • | • | |
| <i>Erichtonius brasiliensis</i> (Dana, 1853) | | | | • | | • | • | |
| <i>Grandidierella japonica</i> Stephensen, 1938 | | | | • | • | | • | |
| <i>Melita nitida</i> Smith, 1873 | • | | | | • | • | | |
| <i>Monocorophium acherusicum</i> (Costa, 1851) | | | | • | • | • | | |
| <i>M. insidiosum</i> (Crawford, 1937) | | | | • | | • | | • |
| <i>M. uenoi</i> Stephensen, 1932 | | | | • | | • | • | |
| <i>Parapleustes derzhavini</i> (Gurjanova, 1938) | • | | | | • | • | | |
| Arthropoda: Crustacea: Cladocera | | | | | | | | |
| <i>Bythotrephes cederstroemi</i> Schoedler, 1877 | • | | | | • | | • | |
| <i>Daphnia lumholtzii</i> Sars, 1885 | • | | | | • | | • | |
| <i>Moina macrocopa</i> (Straus, 1820) | • | | | | • | | • | |
| Arthropoda: Crustacea: Copepoda | | | | | | | | |
| <i>Enhydrosoma lacunae</i> Jakubisiak, 1933 | | | | • | ? | ? | ? | ? |
| <i>Mesocyclops aspericornis</i> (Daday, 1906) | | | | • | • | | • | |
| <i>M. pehpeiensis</i> Hu, 1943 | | | | • | • | | • | |
| <i>M. thermocyclopoides</i> Harada, 1931 | | | | • | • | | • | |
| <i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853) | | | | • | • | | • | |
| Arthropoda: Crustacea: Decapoda | | | | | | | | |
| <i>Carcinus maenas</i> (Linnaeus, 1758) | • | | | | • | • | | • |
| <i>Charybdis hellerii</i> (Milne-Edwards, 1867) | • | | | | • | | | |
| <i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868) | | | | • | | | • | |
| <i>Eriocheir sinensis</i> (Milne-Edwards, 1853) | • | | | | • | | | |
| <i>Litopenaeus stylirostris</i> (Stimpson, 1874) | | | | • | | | • | |
| <i>L. vannamei</i> (Boone, 1931) | | | | • | | | • | |
| <i>Macrobrachium rosenbergii</i> (De Man, 1879) | | | | • | | | • | |
| <i>Penaeus monodon</i> Fabricius, 1798 | | | | • | | | • | |

Tabla II. Continuación...

| Reino, Phylum, Clase, etc. | EANI | | | Mecanismo de introducción | | | | |
|--|---------|-----|-----|---------------------------|----------------|-------------|-------------|------|
| | Especie | Pot | Con | Cripto | Agua de lastre | Incrustante | Acuicultura | Otro |
| <i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Gould, 1841) | • | | | | | • | • | |
| Arthropoda: Crustacea: Isopoda | | | | | | | | |
| <i>Eurylana arcuata</i> (Hale, 1925) | • | | | | • | • | | |
| <i>Paracerceis sculpta</i> (Holmes, 1904) | • | | | | • | | | |
| <i>Paradella diana</i> (Menzies, 1962) | | | • | | | • | | |
| <i>Sphaeroma quoyanum</i> Milne-Edwards, 1840 | • | | | | | • | | |
| <i>S. walkeri</i> Stebbing, 1905 | | | • | | | • | | |
| Arthropoda: Crustacea: Thecostraca | | | | | | | | |
| <i>Balanus amphitrite</i> Darwin, 1854 | | | • | | | • | | |
| <i>Megabalanus tintinnabulum</i> (Linnaeus, 1758) | | | | • | | • | | |
| Ectoprocta (= Bryozoa) | | | | | | | | |
| <i>Amathia distans</i> Busk, 1886 | | | • | | | • | | |
| <i>Bugula flabellata</i> Thompson in Gray, 1847 | | | • | | | • | | |
| <i>B. neritina</i> (Linnaeus, 1758) | | | • | | | • | | |
| <i>Cryptosula pallasiana</i> von Moll, 1803 | • | | | | | • | | |
| <i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston, 1847) | • | | | | | • | | |
| <i>Watersipora subtorquata</i> (d'Orbigny, 1852) | | | | • | | • | | |
| <i>Zoobotryon verticillatum</i> (delle Chiaje, 1828) | • | | | | | • | | |
| Tunicata | | | | | | | | |
| <i>Ascidia zara</i> Oka, 1935 | • | | | | | • | | |
| <i>Ascidia</i> sp. | • | | | | | • | | |
| <i>Bostrichobranchus pilularis</i> (Verrill, 1871) | • | | | | | • | | |
| <i>Botrylloides violaceus</i> Oka, 1927 | | | • | | | • | | • |
| <i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766) | | | • | | | • | | • |
| <i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767) | | | • | | | • | | • |
| <i>C. savignyi</i> Herdman, 1882 | • | | | | | • | | |
| <i>Microcosmus squamiger</i> Michaelsen, 1927 | • | | | | | • | | |
| <i>Molgula manhattensis</i> (De Kay, 1843) | • | | | | | • | | |
| <i>Perophora japonica</i> Oka, 1927 | • | | | | | • | | |
| <i>Polyandrocarpa zorritensis</i> (Van Name, 1931) | • | | | | | • | | |
| <i>Styela canopus</i> Savigny, 1816 | | | • | | • | | | |
| <i>S. clava</i> Herdman, 1881 | | | • | | | • | | • |
| <i>S. plicata</i> Lesueur, 1823 | | | | • | | • | | |
| <i>Symplegma brakenhielmi</i> (Michaelsen, 1904) | • | | | | | • | | |
| <i>S. reptans</i> (Oka, 1927) | • | | | | | • | | |
| Vertebrata: Pisces | | | | | | | | |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> Temminck & Schlegel, 1845 | • | | | | • | | | |
| <i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson, 1845) | | | • | | | | • | |
| <i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819) | | | • | | | | | • |
| <i>Cyprinus carpio communis</i> Linnaeus, 1758 | | | • | | | | • | |
| <i>C. carpio specularis</i> (Lacepède, 1803) | | | • | | | | • | |
| <i>C. rubrofuscus</i> Lacepède, 1803 | | | • | | | | • | |
| <i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1844) | | | • | | | | • | |
| <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1844) | | | • | | | | • | |
| <i>Hypostomus plecostomus</i> (Linnaeus, 1758) | • | | | | | | • | |
| <i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818) | | | • | | | | • | |
| <i>Megalobrama amblycephala</i> Yih, 1955 | | | • | | | | • | |
| <i>Mylopharyngodon piceus</i> (Richardson, 1846) | | | • | | | | • | |
| <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814) | • | | | | • | | | |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792) | | | • | | | | • | |
| <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) | | | • | | | | • | |

Tabla II. Continuación...

| Reino, Phylum, Clase, etc. Especie | EANI | | | Mecanismo de introducción | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|-------------|-----------|
| | Pot | Con | Cripto | Agua de lastre | Incrustante | Acuicultura | Otro |
| <i>O. aureus</i> (Steindachner, 1864) | | • | | | | • | |
| <i>O. mossambicus</i> (Peters, 1852) | | • | | | | • | |
| <i>O. urolepis hornorum</i> (Trewavas, 1966) | | • | | | | • | |
| <i>Pterygoplichthys multiradiatus</i> (Hancock, 1828) | | • | | | | | • |
| <i>P. pardalis</i> (Castelnau, 1855) | | • | | | | | • |
| <i>Sparus aurata</i> Linnaeus, 1758 | | • | | | | • | |
| <i>Tilapia melanopleura</i> (Dumeril, 1857) | | • | | | | • | |
| <i>T. rendalli</i> (Boulenger, 1897) | | • | | | | • | |
| <i>Tridentiger trigonocephalus</i> Gill, 1858 | • | | | • | | | |
| <i>Tilapia cf. zillii</i> (Gervais, 1848) | | • | | | | • | |
| Totales | 94 | 73 | 16 | 90 | 69 | 100 | 17 |

1. Bacterias

En el golfo de México, los virus introducidos han tenido un impacto severo sobre la industria camaronícola (Carlton 2001). Una cadena devastadora de la mortal bacteria del cólera *Vibrio cholerae*, introducida con el agua de lastre a tres ciudades porteñas en Perú, en 1991, produjo una epidemia que recorrió las costas de Sudamérica y el golfo de México (Lee & Chapman 2001).

2. Fitoplancton

Nuestros estudios recientes (Okolodkov *et al.* 2003, Okolodkov & Gárate-Lizárraga 2006) revelaron 45 nuevos registros de dinoflagelados en el Pacífico mexicano (Tabla II). Estudios taxonómicos adicionales revelarían, sin duda, otros registros nuevos de los géneros *Protoperdinium*, *Alexandrium*, *Scrippsiella*, *Heterocapsa*, así como del grupo "*Diplopsalis*" y los Podolampaceae. Cortés-Altamirano *et al.* (2006) mencionan 11 especies invasoras de microalgas (siete dinoflagelados, tres rafdofíceas y una cianofita) del golfo de California. Sin datos históricos y colecciones, es difícil la distinción entre fitoplancton nativo y no indígena. Sin embargo, son significativos los riesgos de introducciones por agua de lastre y actividades de acuicultivos, de mareas

rojas tóxicas producidas por dinoflagelados no indígenas sin un manejo cuidadoso.

La distribución geográfica de los dinoflagelados *Amylax triacantha* y *Dinophysis norvegica* indica que estos indeseables pasajeros pudieron transportarse a México en tanques de lastre. Estas especies generalmente están presentes en áreas al norte de los 40°N y están limitados por la isoterma anual promedio de 15°C (Okolodkov 1996, 1999, Okolodkov & Dodge 1996). *Amylax triacantha* no es tóxica, pero al menos desde los comienzos de los 1980's esta especie ha producido mareas rojas en la bahía de Mazatlán (Cortés-Altamirano & Núñez-Pastén 1992, Cortés-Altamirano 1998). La caída de oxígeno asociada con mareas rojas puede resultar por la elevada respiración de las algas o, más comúnmente, por la respiración bacteriana durante la descomposición posterior al florecimiento algal. La caída del oxígeno disuelto durante las mareas rojas puede matar poblaciones de peces e invertebrados. *Dinophysis norvegica* también es una fuente de envenenamiento diarreico por mariscos en aguas templadas del norte. Las especies han sido registradas para el norte del Pacífico mexicano por numerosos autores (Okolodkov & Gárate-Lizárraga 2006). Sin embargo, no pueden excluirse errores en la identificación de ambas especies.

3. Algas marinas

Codium fragile subsp. *tomentosoides*, alga verde japonesa, colonizó canales y bahías someras en la costa atlántica de Estados Unidos y la costa de California en los inicios del siglo XX o finales del XIX. Esta subespecie fue encontrada en la bahía de San Francisco en los 1970's y en la bahía de Monterrey en los 1990's. Esta subespecie ha sido referida como "el ladrón de ostras" por su impacto negativo en las poblaciones de ostras cultivadas. *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* es difícil de distinguir morfológicamente de las otras especies nativas. Estudios moleculares recientes sugieren que esta subespecie no ha arribado aún a las aguas mexicanas (Pedroche 2003), aunque invadió las aguas atlánticas de Canadá en varias ocasiones (Kusakina *et al.* 2006).

Caulerpa taxifolia es un alga verde caribeña que en el año 2000 se descubrió en una laguna en el sur de California, Estados Unidos. Esta especie ha sido una plaga en el Mediterráneo desde 1980, ha colonizado unas 5,000 ha en el Mediterráneo occidental (Jourdaa 2000) y su efecto se resiente en la productividad de al menos dos macrofitas mediterráneas, *Cystoseira barbata* f. *aurantia* (Kützinger) Giaccone y *Gracilaria bursa-pastoris* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Ferrer *et al.* 1997). Al tiempo que es posible que *C. taxifolia* haya sido eliminada de California, su presencia en México es desconocida.

4. Pastos marinos

No existen registros confiables de especies invasoras de pastos marinos en aguas mexicanas. Juzgando por su distribución geográfica (Ibarra-Obando & Ríos 1993), se puede suponer que *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme* fueron transportados en agua de lastre desde el golfo de México a las aguas del Pacífico mexicano. En esta área la diversidad de especies de pastos marinos es reducida en comparación con la del golfo de México y el Caribe, a tal grado que se espera la

transferencia de más especies por medio del agua de lastre del Atlántico al Pacífico mexicano. La mayor diversidad de pastos marinos se da en las regiones tropicales y subtropicales del Pacífico occidental y sudoccidental (Burke *et al.* 2001, Spalding *et al.* 2001), por lo que habría muchas especies invasoras potenciales entre los pastos marinos, que pueden encontrar condiciones adecuadas para vivir en aguas mexicanas. Los pastos marinos compiten con las algas marinas por el hábitat. En la actualidad es imposible confirmar si los pastos marinos fueron distribuidos por procesos naturales de colonización sucesiva o con ayuda humana.

5. Moluscos

El bivalvo *Dreissena polymorpha*, el mejillón cebrá, puede ser el invasor potencial más peligroso en aguas mexicanas. Habiéndose introducido de Europa a Norteamérica en 1988 (Hebert *et al.* 1989), más probablemente por medio de agua de lastre, la especie se dispersó rápidamente desde el lago St. Clair a través del lago Erie, el río San Lorenzo, el río Hudson y el río Mississippi alcanzando estuarios en el golfo de México (Ram & McMahon 1996). Considerando el incremento constante de los volúmenes de carga a través de los cinco complejos portuarios (Tampa, Mobile, Gulfport, Bajo Mississippi, y Houston), la invasión de *D. polymorpha* en aguas mexicanas por medio del agua de lastre es de esperarse muy pronto, si no es que ya está presente. Se conoce que este molusco habita aguas dulces pero puede tolerar ligeramente aguas salobres con salinidad de hasta 12 ppm. El principal vector del mejillón cebrá en Estados Unidos son las embarcaciones recreativas que son transportadas por tierra, debido a que el mejillón puede sobrevivir trayectos largos (Johnson *et al.* 2006).

Otros bivalvos provenientes de Asia, *Potamocorbula amurensis* y *Theora lubrica*, han invadido la costa californiana (Hewitt *et al.* 2002) y es muy probable que extiendan su

distribución al sur, hacia la península de Baja California. Recientemente se dio la alerta en la costa del Pacífico oriental por la presencia de "*Assimineae*" sp. (la identificación precisa del género es aún incierta), probablemente un gasterópodo asiático que fue descubierto en julio de 2007 en Coos Bay, Oregon, por James T. Carlton (N. Barrientos-Luján, com. pers. 2007).

6. Poliquetos

Los poliquetos serpúlidos son un componente importante de la fauna incrustante y, debido a que construyen tubos calcáreos, causan diversos problemas como obstrucciones a conductos de agua e incremento de la fricción y peso en buques y yates. También constituyen un sustrato secundario (microhábitat) que permite el establecimiento de otras especies invasoras (Bastida-Zavala & tenHove 2003 a-b).

Se ha documentado la presencia de *Ficopomatus enigmaticus* en diferentes localidades del mundo, principalmente en aguas templadas y subtropicales. Esta especie se distribuyó por la costa europea y se ha registrado en otras regiones como San Francisco, Australia, Hawaii, Argentina y Japón (Rioja 1943, Straughan 1966, ten Hove & Weerdenburg 1978, Schwindt & Iribarne 1998); en una laguna de San Francisco, California, y en la laguna costera de Mar Chiquita, Argentina, esta especie ha formado pequeños arrecifes. En pocos años la laguna de Mar Chiquita fue cubierta progresivamente con estos pequeños arrecifes, aproximadamente de 1 m de diámetro cada uno, cambiando la composición faunística y las condiciones físicas de la laguna (Schwindt & Iribarne 1998). A partir del estudio realizado por el Smithsonian Environmental Research Center (SERC, Maryland), *F. enigmaticus* fue registrado en el norte del golfo de México (Galveston Bay y Tampa Bay) y en la costa oriental (Chesapeake Bay) de Estados Unidos, así como en San Francisco y San Diego, California. Asimismo, fue descubierto el más

reciente serpúlido exótico en Estados Unidos: *Ficopomatus uschakovi*, una especie tropical del océano Índico, registrado ahora en el norte del golfo de México (Bastida-Zavala *et al.* en prep.). Ambas especies de *Ficopomatus* habitan en aguas salobres y su cercanía de los sitios citados a las costas de México sugiere que las especies pudieran estar ya estar presentes en nuestro país.

El poliqueto parásito de la familia *Sabellidae* *Terebrasabella heterouncinata*, endémico de Sudáfrica, fue introducido a California, Estados Unidos, en los 1980's y recientemente en Chile (Naylor *et al.* 2001, Moreno *et al.* 2006). La especie deforma las conchas del abulón (el gasterópodo *Haliothis*), provocando que el precio se redujera para los animales infectados y el posterior cierre de varias granjas en donde cultivan el abulón (Naylor *et al.* 2001).

7. Crustáceos

El cangrejo manopla chino, *Eriocheir sinensis*, es originario del norte de China y la costa occidental de Corea. Este cangrejo es una especie catádróma que pasa la mayor parte de su vida en agua dulce y migra hacia el mar tan pronto se aproxima su madurez sexual, y pasa sus estadios finales de su ciclo de vida en aguas salobres de estuarios mareales. Presumiblemente, este cangrejo fue llevado a Europa de manera no intencional en un tanque de lastre de un buque, donde fue encontrado por primera vez en Alemania en 1912. Durante los 1930's se dispersó rápidamente a otros países europeos. En Norteamérica, en áreas cercanas a México, fue encontrado en una ocasión en el estuario del río Mississippi en 1987 (Ruiz *et al.* 2006), mientras que en la bahía de San Francisco se ha reproducido rápidamente desde 1992. El cangrejo es uno de los hospederos intermediarios de una especie de trematodo de hígado que parasita a los humanos; además, la excavación extensiva de los cangrejos puede causar la ruptura de las paredes de diques y eventual colapso de las riberas (Ingle 1986).

Otros dos cangrejos braquiuros de la

familia Portunidae se han registrado como especies invasoras en diversos países, incluidos algunos cercanos a México. *Carcinus maenas*, nativo del Atlántico europeo, Islandia y Groenlandia, se ha detectado ahora en el sur de África, Japón, sur de Australia, Sudamérica, el sur del Caribe, el Pacífico de Centroamérica, la costa atlántica de Estados Unidos y las costas del Pacífico de Canadá y Estados Unidos (Hewitt *et al.* 2002, Johnson *et al.* 2006). El análisis de su potencial impacto en California central predice que *C. maenas* puede alterar significativamente la estructura de la comunidad, las interacciones ecológicas y los procesos evolutivos en las lagunas costeras (Grosholz & Ruiz 1995). Por su parte, *Charybdis hellerii* es originario de Indonesia y se ha registrado como invasor en Cuba, Venezuela, Colombia y en Florida, Estados Unidos; en este último sitio tiene poblaciones con reclutamiento sostenido (Lemaitre 1995, Dineen *et al.* 2001).

Un cangrejo braquiuro de la familia Xanthidae, *Rhithropanopeus harrisi*, nativo de la costa oriental de Estados Unidos y golfo de México, ha sido registrado como invasora desde finales del siglo XIX en la costa occidental de Estados Unidos y varios países europeos. Recientemente se descubrieron poblaciones establecidas en el Canal de Panamá (Roche & Torchin 2007), por lo que cabría esperar que el Pacífico mexicano pueda albergar a esta especie.

Al menos tres especies de cladóceros de agua dulce, *Moina macrocopa*, *Bythotrephes cederstroemi* y *Daphnia lumholtzii*, pueden ser considerados como especies invasoras en Sudamérica; sin embargo, aún no han sido registradas en México (Elías-Gutiérrez & Zamuriano-Claros 1994, Paggi 1997, Elías-Gutiérrez *et al.* 1999, Suárez-Morales *et al.* 2000).

El isópodo cirolánido *Eurylana arcuata*, originario de Nueva Zelanda, ha sido registrado en el Pacífico sur de América (Perú, Chile) y la costa de California, posiblemente como parte del agua de lastre o entre la fauna incrustante de los buques; la especie aún no ha

sido registrado en México (Hewitt *et al.* 2002). El isópodo australiano, *Sphaeroma quoyanum*, nativo de Australia y Nueva Zelanda fue introducido en 1893 a la bahía de San Francisco a través de la fauna incrustante y rápidamente se ha dispersado a otras bahías y puertos por ese mismo medio (Johnson *et al.* 2006). Otro isópodo, *Paracerceis sculpta* es una especie nativa del Pacífico oriental (California a Michoacán); sin embargo, se han registrado poblaciones aisladas en el Mediterráneo, Brasil, Australia, Hong Kong y Hawaii; se considera un potencial invasor en las costas del golfo de México (Espinosa-Pérez & Hendrickx 2002).

El anfípodo marino *Chelura terebrans*, originario del Atlántico también ha sido registrado como especie invasora en las bahías de San Francisco y Los Ángeles, aunque previamente ya se había registrado en Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda (Barnard 1950). Otras tres especies no indígenas de anfípodos marinos, *Ampelisca abdita*, *Melita nitida* y *Parapleustes derzhavini*, han sido descubiertas en las costas de California, y *A. abdita* fue registrada también en las islas Galápagos; *A. abdita* y *M. nitida* son nativas del Atlántico noroccidental, mientras que *P. derzhavini* es de origen asiático (Chapman 1988). Un estudio en proceso sobre anfípodos del golfo de Tehuantepec ya está descubriendo algunas especies invasoras en la región (S. García-Madriral, com. pers. 2007).

8. Otros invertebrados

Una especie del phylum Entoprocta (conocidos también como kamptozoos), *Barentsia benedeni*, nativo del norte de Europa, ha invadido diversas regiones del mundo, entre ellas el sur de Australia, Japón y las costas oriental y occidental de Estados Unidos (Wasson 1997, Hewitt *et al.* 2002).

Por su parte, los briozoos *Cryptosula pallasiana*, *Schizoporella unicornis* y *Zoobotryon verticillatum*, tres especies incrustantes, la primera con distribución anfiatlántica, la segunda criptogénica del norte de Europa, se

han descubierto ahora en las costas de Australia y en el Pacífico de Canadá y Estados Unidos (Hewitt *et al.* 2002).

Hasta 1998 se habían registrado 14 especies de tunicados (ascidias) no indígenas en el sur de California (Lambert & Lambert 1998), de las cuales cinco han invadido también algunos sitios del Pacífico mexicano; del resto (Tabla II) aún no se han descubierto en aguas mexicanas, aunque también es cierto que no se ha realizado estudio alguno para conocer la fauna de tunicados de México. Recientemente el tunicado *Perophora japonica*, una especie nativa de Japón y Corea, se registró por primera vez en Norteamérica (durante el 2003), en paneles para incrustantes en Humboldt Bay, California, además de haber sido registrada previamente en Francia e Inglaterra (Lambert 2005).

Otras especies de invertebrados presentes en las costas de México son consideradas criptogénicas: hidozoos como *Antenella*

secundaria, *Obelia dichotoma*, *Plumularia setacea*, *Sarsia eximia*, el molusco nudibranquio *Anteaeolidiella indica*, el balano *Megabalanus tintinnabulum*, el anfípodo *Monocorophium acherusicum* y el tunicado *Styela plicata* (Hewitt *et al.* 2002).

En los últimos años, vastas poblaciones de la medusa manchada del Pacífico, *Phyllorhiza punctata*, invadieron el golfo de México y también fue descubierta en las costas de California (Johnson *et al.* 2006). Una de las últimas regiones estudiadas por científicos estadounidenses en término de bioinvasiones es el golfo de México (Carlton 2001), y los patrones de invasiones, no obstante su posible presencia en México, aún son desconocidos.

Una revisión de las especies registradas de la bahía de San Quintín, Baja California, indica que las EANI son poco conocidas en las costas del Pacífico mexicano. El estudio preliminar de la bahía de San Quintín reveló seis crustáceos introducidos y cuatro poliquetos

Tabla III. Especies introducidas y criptogénicas de bahía de San Quintín, Baja California, México, origen y probables mecanismos de introducción: A) trasplantes por acuicultura, B) agua de lastre, C) incrustantes en cascos de buques, 1) Reish (1963) y Reish & Barnard (1990), 2) Calderón-Aguilera & Jorajuria-Corbo (1986), 3) Barnard (1964, 1970), 4) Flores-Uzeta (1996).

| Taxón | Origen o distribución geográfica | Mecanismo de introducción | Referencia |
|---|----------------------------------|---------------------------|------------|
| Annelida: Polychaeta | | | |
| <i>Brania clavata</i> (Claparède, 1863) | Cosmopolita | ? | 1 |
| <i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780) | Cosmopolita | A, B | 1 |
| <i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868) | Cosmopolita | ? | 1 |
| <i>Prionospio malmgreni</i> Claparède, 1870 | Cosmopolita | ? | 1 |
| <i>Pseudopolydora kempfi</i> (Southern, 1921) | Japón | A | 2 |
| Crustacea: Amphipoda | | | |
| <i>Ampithoe pollex</i> Kunkel, 1910 | Atlántico noroccidental | A, C | 3 |
| <i>A. longimana</i> Smith, 1873 | Atlántico noroccidental | A, C | 3 |
| <i>Corophium acherusicum</i> (Costa, 1851) | Atlántico noroccidental | C, A | 3 |
| <i>Monocorophium uenoi</i> Stephensen, 1932 | Pacífico occidental | C, A | 3 |
| <i>Erichtonius brasiliensis</i> (Dana, 1853) | Desconocido | C, A | 3 |
| <i>Grandidierella japonica</i> Stephensen, 1938 | Pacífico noroccidental | A, B | 4 |

criptogénicos (Tabla III) que no habían sido incluidos en las listas generales de especies introducidas en México. Se prevé que estudios más extensos y detallados revelarán, indudablemente, más especies no indígenas.

9. Peces

Por medio del agua de lastre, la mayoría de las introducciones no intencionales de peces se hicieron probablemente como ictioplancton, aunque no hay información que confirme esto. Los ambientes dulceacuícolas y estuarinos son los ecosistemas más invadidos en aguas de California, especialmente por peces. De los 112 peces dulceacuícolas y estuarinos establecidos en California, 54 son EANI (Moyle 1998). Las especies invasoras son responsables de la disminución en la abundancia de los peces nativos. Las extinciones de peces nativos suceden más probablemente cuando el invasor es un carnívoro superior, cuando el ecosistema invadido tiene normalmente baja diversidad y cuando las especies nativas se encuentran bajo presión por otros factores.

El gobio redondo, *Neogobius melanostomus*, nativo del mar Negro y el mar Caspio, fue descubierto en 1990 en los Grandes Lagos (Jude *et al.* 1992). Presumiblemente, esta especie arribó al área, junto al mejillón cebra, en agua de lastre. Actualmente, la especie se dispersó al sistema del río Mississippi (Charlebois *et al.* 2001, Irons *et al.* 2006). El pez es agresivo y puede comer los huevos y alevines de peces nativos.

Otros dos gobios marinos, *Acanthogobius flavimanus* y *Tridentiger trionocephalus*, nativos del Pacífico asiático (China, Japón, Corea), se descubrieron en el sur de Australia y en California; la primer especie es grande, con 25-30 cm de longitud, la segunda llega a medir 12 cm (Hewitt *et al.* 2002).

El pez gato *Hypostomus plecostomus*, nativo de las aguas dulces de Centro y Sudamérica (Costa Rica, Panamá, Uruguay), generalmente mantenido en acuarios, crece por lo regular hasta 60 cm de longitud en su área de distribución natural. Esta especie se estableció

en la región norte del golfo de México, en particular en los estados de Florida y Texas, Estados Unidos (Howells 1992, Shafland 1996). Típicamente, la especie no es agresiva y su nicho no se traslapa mucho con los nichos de los peces nativos.

En la actualidad, la base de datos sobre las especies no nativas en el golfo de México y los hábitat dulceacuícolas costeros de Estados Unidos y regiones sudatlánticas, establecida por el Gulf States Marine Fisheries Commission y el Gulf & South Atlantic Regional Panel on Aquatic Invasive Species, contiene la información sobre 38 especies de peces (<http://nis.gsmfc.org/default.php>, 1998-2005). Aunque éstas no están incluidas en la Tabla II, muchas de ellas pueden ser consideradas como especies invasoras potenciales para México.

II. Registros confirmados de EANI en México

1. Virus

El virus de la mancha blanca (WSSV), perteneciente al género *Whispovirus*, fue encontrado en camarones silvestres y cultivados de Honduras y Nicaragua (Galavíz-Silva 1999, Galavíz-Silva *et al.* 2004) de donde pasó a Panamá y de ahí se difundió rápidamente por la región: Ecuador, Perú, Colombia, todos los países centroamericanos y México. Durante su llegada en 1999 la mancha blanca causó mortalidades relativamente bajas (entre 2% y 10%) mientras que durante el siguiente año afectó alrededor de 6,500 ha en zonas de producción (Galavíz-Silva *et al.* 2004, Carbajal-Hernández 2007).

2. Algas marinas

Sargassum muticum es un alga japonesa que fue recolectada por primera vez en Norteamérica en 1944 en Columbia Británica, y en 1947 en Oregon. Aparentemente esta especie fue introducida en envíos de ostiones japoneses. Ahora se encuentra en sitios dispersos desde

Alaska hasta Baja California (Dawson & Foster 1982). En México, el primer ejemplar de *S. muticum* fue recolectado en 1971 en La Bufadora, Baja California, y para 1990 la especie alcanzó el extremo sur de la península de Baja California (Devinny 1978, Aguilar-Rosas et al. 1984, Aguilar-Rosas & Aguilar-Rosas 1985, 1993, Espinosa 1990). Las razones para la colonización exitosa de *S. muticum* son probablemente su adaptabilidad al fuerte oleaje y la capacidad reproductiva anual (Espinosa 1990). Esta especie es un fuerte competidor de las especies indígenas de los géneros *Cystoseira*, *Laminaria* y *Zostera*. *Sargassum muticum* invade los hábitat ocupados normalmente por *Zostera marina* Linnaeus, cuyos lechos son una guardería de muchas especies marinas. Es posible que su desplazamiento por *S. muticum* sea perjudicial para los ecosistemas de la costa pacífica (Druehl 1973). Forma grandes lechos flotantes que causan problemas para los pescadores y la navegación de pequeñas embarcaciones en el área de la bahía de San Francisco.

Undaria pinnatifida es un kelp nativo de Japón, Corea y norte de China, fue introducido a Europa en los 1970's junto con ostras del Pacífico y a aguas australianas posiblemente por medio de agua de lastre. Es una especie importante comercialmente cultivada para alimento en Japón, pero se considera perjudicial en la mayoría de las áreas donde ha sido introducido. Esta especie es dañina para la industria del abulón en Tasmania, debido a que se adhiere a las rocas que son los sitios de alimentación del abulón. Incluso es más dañino para las granjas de ostras y mejillones, donde coloniza rápidamente y se incrusta en las estructuras flotantes artificiales (Johnson et al. 2006). La especie fue introducida en el sur de California en el 2000 y fue encontrada en aguas mexicanas, por primera vez, en las Islas de Todos Santos, Baja California, en septiembre de 2003 (Aguilar-Rosas et al. 2004).

El alga verde *Ulva fasciata* está distribuida ampliamente en las aguas templadas y tropicales del Atlántico e Índico, pero ha sido registrada a lo largo de la costa mexicana del

Pacífico, desde Baja California hasta Oaxaca (Aguilar-Rosas et al. 2005, Pedroche et al. 2005). *Ulva fasciata* se encuentra comúnmente en rocas intermareales, pozas de marea o en zonas arrecifales; con frecuencia es abundante en donde las aguas dulces con alto contenido de nutrientes alcanzan el mar. Se sugiere que esta especie fue introducida a México por medio de los barcos.

Porphyra suborbiculata es un alga roja de talo pequeño introducida a Baja California durante los 1980's (Broom et al. 2002, Aguilar-Rosas & Aguilar-Rosas 2003). La primera recolecta de ejemplares se realizó en Punta Morro (Bahía de Todos Santos) con un comportamiento estacional. Hasta la fecha, se desconoce la manera de cómo llegaron las primeras plantas; sin embargo, la distribución geográfica de ésta especie en México comprende una línea de costa influenciada por procesos antropogénicos, incluyendo áreas portuarias que tienen contacto con el ingreso de embarcaciones extranjeras las cuales son considerados como vectores potenciales para la introducción de especies. Otra especie que ha sido registrada como invasora en aguas mexicanas es el alga parda, *Cutleria cylindrica*, cuyos primeros registros vienen de los 1990's (Aguilar-Rosas 1994). Desafortunadamente, no sabemos el impacto que estas especies tendrán en las poblaciones locales, la velocidad con que se dispersan estas especies introducidas y menos aún las vías para limitar o erradicar su presencia.

3. Plantas superiores

El lirio acuático *Eichhornia crassipes*, es nativo de Brasil y Venezuela y se distribuye principalmente en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco así como en las islas caribeñas. En la actualidad, la especie se considera una mala hierba en más de 50 países incluyendo en los que es nativa. *Eichhornia crassipes* causa problemas para la navegación de pequeñas embarcaciones y también impacta en la reducción de la flora y fauna en cuerpos de agua dulce. En México, el lirio

acuático se ha convertido en un problema serio (Orozco-Segovia & Vázquez-Yanes 1993). Este libro citado es el único estudio compilatorio dedicado a las especies invasoras en México, principalmente terrestres.

4. Zooplancton

Los copépodos, al igual que otros taxones del zooplancton, se transportan fácilmente tanto como individuos adultos como en estadios de resistencia (Reid & Pinto-Coelho 1994). Son varios los medios por los cuales los copépodos pueden viajar de manera pasiva y, probablemente, éste ha sido un prolongado proceso relacionado a las actividades humanas. Además del agua de intercambio acuicultural, el vector más conspicuo para especies de microcrustáceos exóticos es el agua de lastre (Reid & Pinto-Coelho 1994). Por lo tanto, la historia de las introducciones de especies está estrechamente relacionada a las áreas epicontinentales. Se ha reconocido que varios copépodos introducidos afectan severamente las faunas locales.

En México, como en todo el continente americano, se puede esperar la influencia de especies introducidas en ambas costas del Pacífico y del Atlántico. En su lista de registros de copépodos introducidos en América, Reid & Pinto-Coelho (1994) encontraron que la mayoría de las introducciones en América está relacionada con agua de lastre. Recientemente, Suárez-Morales *et al.* (1999) registraron el copépodo asiático *Mesocyclops ogunnus* Onabamiro, 1957 en las islas Caimán. Basados en su distribución actual restringida a esta área, los autores especulan que esta podría ser una introducción reciente. No se habían registrado copépodos introducidos en México hasta hace muy poco. El primer registro de un copépodo no indígena para México fue documentado por Gutiérrez-Aguirre & Suárez-Morales (2000), quienes informaron de la presencia del euroasiático *Thermocyclops crassus* en Tabasco.

Posteriormente, Gutiérrez-Aguirre *et al.* (2002) registraron otro copépodo afroasiático,

Mesocyclops aspericornis en aguas continentales de Sinaloa, México. Esta especie depredadora también fue encontrada en sitios del centro y norte de Sudamérica y en el Caribe insular. Aún no ha sido recolectada en la Norteamérica continental. Otra especie de *Mesocyclops*, supuestamente introducida de Asia (*M. thermocyclopoides*), fue registrada en Tabasco por Gutiérrez-Aguirre *et al.* (2003). Recientemente Suárez-Morales *et al.* (2005) registraron a *M. pehpeiensis* en la costa del Pacífico tropical de México. Ésta fue la tercera de cuatro especies asiáticas o africanas de ciclópinos que aparentemente invadieron América por medios antropogénicos, y el cuarto registro documentado de copépodos dulceacuícolas supuestamente introducidos en México. Otros organismos del zooplancton que hayan invadido y que actualmente habiten en o alrededor de áreas costeras de México permanecen sin identificar debido a la escasez de taxónomos entrenados. La experiencia en el estudio taxonómico de estos taxones dulceacuícolas y el conocimiento de las faunas residentes son factores necesarios para realizar identificaciones confiables de los copépodos, que permitan detectar a las formas no indígenas entre las nativas. Varias especies introducidas son muy similares a las nativas; por ejemplo, *Mesocyclops ogunnus* sólo puede ser distinguida de las formas americanas por caracteres sutiles, como diferencias en los patrones de espinulación sobre la superficie de un apéndice cefálico. Un escenario similar es también aplicable para cladóceros y rotíferos, grupos en los que existen notables ejemplos de formas invasoras.

5. Moluscos

Perna perna, llamado el mejillón café, es un molusco bivalvo que está ampliamente distribuido en aguas tropicales y subtropicales del Atlántico, a lo largo de las costas de Sudamérica, desde Uruguay hasta Venezuela (Acuna 1977, Siddall 1980). Se caracteriza por una amplia tolerancia de temperatura. La metamorfosis de la larva del mejillón está

limitada por temperaturas de 18°C a 30°C (Siddall 1979). La temperatura tolerada por la larva velígera incluso es mayor, de 10°C a 30°C (Romero & Moreira 1980). El mejillón café adulto parece ser indiferente a los cambios de salinidad, sobreviviendo a salinidades entre 15 y 55 ppm (Romero & Moreira 1980). Se piensa que *P. perna* fue introducido por descargas de agua de lastre desde buques provenientes de Venezuela (Hicks & Tunnell 1995). El primer registro en el golfo de México fue en 1990 (Hicks & Tunnell 1993). Durante cuatro años *P. perna* colonizó una distancia de 1,300 km desde la península Matagora, Texas, hasta el sur del estado de Veracruz, México. Se espera que el mejillón se mueva más al oriente, a la península de Yucatán (Hicks & Tunnell 1995). Aunque *P. perna* es un buen candidato para su cultivo, debido a su rápida tasa de crecimiento y amplios intervalos de tolerancia a la temperatura y salinidad, se considera una especie potencialmente peligrosa que puede hundir boyas de navegación, afectar la seguridad de las embarcaciones y obstruir cañerías, tal como lo hace su congénere dulceacuícola, la famosa *Dreissena polymorpha*, cuyo control cuesta 500 millones de dólares anuales.

Otra especie similar, *Perna viridis*, conocida como mejillón verde asiático, es originario del Indo-Pacífico, pero ahora se ha registrado como especie introducida en el oriente de Australia, en las islas de Micronesia, en el Caribe y en el golfo de México (Hicks *et al.* 2001). Esta especie puede tener fuertes impactos económicos, como obstrucciones de conductos de agua, aumento de la corrosión y disminución de la eficiencia de navegación en los buques e incrustación de equipo de maricultura, impactos ecológicos por competir con otras especies incrustantes nativas, causando cambios en la estructura de la comunidad y las relaciones tróficas, e impactos a la salud humana, debido a que se han registrado altos niveles de acumulación de toxinas y metales pesados asociados al envenenamiento en humanos (Hewitt *et al.* 2002).

El molusco bivalvo, *Musculista senhousia*, nativo del Pacífico asiático, se ha registrado ahora en el sur de Australia, Nueva Zelanda, mar Mediterráneo y costas occidentales de Estados Unidos y de la península de Baja California, probablemente debido a liberaciones accidentales por acuicultura y agua de lastre. Esta especie puede producir grandes impactos económicos, ecológicos y en la salud humana (Crooks 2001, Hewitt *et al.* 2002).

Otros moluscos bivalvos de la familia Teredinidae se han registrado como invasoras en México. *Teredo navalis*, originario de Europa es perforador de madera. Debido a su histórica relación con la navegación en buques con cascos de madera, esta especie ha invadido gran parte del Indo-Pacífico y Australia, sur de África, parte de Sudamérica, Caribe, y prácticamente todas las costas de Estados Unidos, Canadá y México. El impacto económico de esta especie es enorme, causando millones de dólares en daños en todo el mundo, principalmente en los cascos de madera y otras estructuras de madera que están sumergidas en el mar, como dársenas, muelles, casas (palafitos) y cercas (Hewitt *et al.* 2002, Johnson *et al.* 2006). Otras tres especies nativas del Caribe y Pacífico panameño se han establecido en algunos sitios del Pacífico mexicano: *Teredo (Teredo) bartschi* en La Paz, Baja California Sur y en la laguna Caimanero, Sinaloa; *Bankia (Neobankia) zeteki* en Teacapán, Sinaloa; y *Bankia (Neobankia) destructa* en la laguna Caimanero (Keen 1971, Hendrickx 1980).

El caracol dulceacuícola *Thiara (Melanoides) tuberculata* nativo de Asia, fue introducido a México en los 1960's, probablemente por medio de las actividades del acuarismo. Este molusco se ha dispersado en gran parte del país: Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Quintana Roo, Tamaulipas, Tabasco y Veracruz (Contreras-Arquieta 1995, Rangel-Ruiz & Gamboa-Aguilar 2001, Cruz-Ascencio *et al.* 2003).

Durante el muestreo de invertebrados

asociados con el mangle *Rhizophora mangle* Linnaeus, en la parte interna del estero del río Urías, en 1993-1995 se encontraron dos especies originarias del Atlántico occidental: el tunicado *Styela canopus* y el poliqueto serpúlido *Ficopomatus miamiensis* (Salgado-Barragán *et al.* 2004). Ambas fueron registradas una sola vez del Pacífico oriental: la primera en 1998 en San Diego, California, y la última en la parte occidental del Canal de Panamá en 1972-1974. Además, en enero de 2000 y julio de 2001, en la misma zona de Sinaloa se encontró el molusco bivalvo del Pacífico panameño *Mytilopsis adamsi*; la especie no había sido registrada en el Pacífico mexicano, aunque ya había sido citada como especie introducida al Indo-Pacífico durante el siglo XIX y es conocida por causar serios problemas en aguas australianas (Salgado-Barragán & Toledano-Granados 2006). Las tres especies están presentes en el estero del río Urías durante todo el año. *Ficopomatus miamiensis* y *S. canopus* se desarrollan en gran número, mientras la distribución de *M. adamsi* está limitada en la parte interior de la laguna. Al menos dos de las especies mencionadas pueden ser consideradas de aguas salobres, a partir de que se adaptaron a vivir en la parte interior de las lagunas, donde las fluctuaciones de la salinidad y temperatura son muy grandes.

6. Poliquetos

Un poliqueto errante de la familia Nereididae, *Neanthes succinea*, nativo de Europa, se descubrió en el sur de Australia, California y en la costa occidental de la península de Baja California (Hewitt *et al.* 2002).

Otro poliqueto de la familia Spionidae, *Pseudopolydora paucibranchiata*, nativa del Pacífico asiático (China, Japón, Corea) se ha introducido en el sur de Australia, Nueva Zelanda, costa atlántica de Portugal, España y Francia, California y la costa occidental de la península de Baja California; la vía de invasión no se ha descubierto (Hewitt *et al.* 2002), pero al ser una especie excavadora en fondos

blandos, se puede sospechar que la vía pudo ser, como adulto, el lastre sólido o como parte de la fauna incrustante, y como larva, el agua de lastre.

Como parte de la revisión de especies de los poliquetos serpúlidos del género *Hydroides*, Bastida-Zavala & ten Hove (2003b) registraron a *H. sanctaecrucis*, una especie caribeña que fue recolectada en 2000 en la dársena de Chahué, en Bahías de Huatulco, Oaxaca. Esta especie también se ha registrado como invasora en otras localidades del Pacífico, como en la costa pacífica de Panamá (Bastida-Zavala & ten Hove 2003b), Australia, Singapur y Hawai (Long 1974, Lewis *et al.* 2006). Recolectas posteriores han registrado a *H. sanctaecrucis* en el muelle de la bahía Santa Cruz (Bahías de Huatulco) y como incrustantes de bivalvos en Puerto Escondido, Oaxaca (Bastida-Zavala *en prep.*). La especie puede llegar a ser muy abundante y causar serios problemas a la navegación de embarcaciones pequeñas.

Otras dos especies criptogénicas, *Hydroides diramphus* e *H. elegans* han sido registrados en aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo. Ambas especies están muy relacionadas con puertos, muelles y dársenas y producen diversos problemas por su gran abundancia, que redundan en colonias masivas sobre los cascos de buques, yates y otras estructuras artificiales (Bastida-Zavala & ten Hove 2003a-b, Johnson *et al.* 2006).

Una revisión taxonómica de los poliquetos sabélidos del Caribe (Tovar-Hernández & Knight-Jones 2006) registró a *Branchiomma curtum*, una especie del Pacífico sur (Chile y Nueva Zelanda), presente desde 1997 en gran densidad en el norte del Caribe mexicano (Holbox, isla Contoy, isla Mujeres, Cancún, Cozumel y Bahía Ascensión). Por fortuna, esta especie es pequeña comparada con *Sabella spallanzani* (Gmelin, 1791), un sabélido del Mediterráneo de gran tamaño (hasta 40 cm) que fue registrado en la costa sur de Australia y en Tasmania. Esta especie consume fito y zooplancton, incluyendo las larvas de varios invertebrados de importancia comercial como

moluscos, equinodermos y crustáceos, afectando fuertemente el reclutamiento de estas especies (Hewitt *et al.* 2002, Holloway & Keough 2002).

7. Crustáceos

El balano *Balanus amphitrite* proveniente del Indo-Pacífico se ha registrado en la bahía de San Francisco y el sur de California, así como en el golfo de California (Brusca 1980). Se ha demostrado que este balano puede reducir la velocidad de un barco hasta en un 40%, incrementando el consumo de combustible (Johnson *et al.* 2006). Por otra parte, el copépodo harpacticoideo *Enhydrosoma lacunae*, nativo de Cuba, fue recientemente registrado en el estero de Urías, Sinaloa (Gómez 2003).

Otros dos crustáceos, del orden Isopoda, *Paradella dianae* y *Sphaeroma walkeri*, son especies introducidas en México. *Paradella dianae* es nativa de las costas de California y Baja California, pero se ha descubierto en Europa, el golfo Pérsico, Australia, Caribe y golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Campeche). Por su parte, *S. walkeri* es nativa del océano Índico y ahora se registra en el Mediterráneo, el sur de África, el mar de China, Australia, Hawai, el Atlántico de Sudamérica, el Caribe, el golfo de México y California (Hewitt *et al.* 2002).

El crustáceo anfípodo *Monocorophium insidiosum*, nativo del Noratlántico (Bousfield & Hoover 1997), ha invadido el Caribe mexicano y la costa del Pacífico de Canadá y Estados Unidos, posiblemente, por medio de liberaciones accidentales en pesquerías o como parte de la fauna incrustante. La especie construye tubos de lodo y puede tener gran abundancia sobre sedimentos o donde el detrito se acumula entre las comunidades incrustantes (Hewitt *et al.* 2002). Otro anfípodo, *Monocorophium uenoi*, originario de los mares de Japón y del sur de China, ha sido registrada desde la bahía de San Francisco hasta la bahía de San Quintín, Baja California (Bousfield & Hoover 1997). Asimismo, los

anfípodos *Amphitoe pollex* y *Erichthonius brasiliensis* registrados en la bahía de San Quintín (Tabla III) también están presentes en el golfo de Tehuantepec (S. García-Madrugal, com. pers. 2007).

8. Otros invertebrados

El hidrozoo *Cordylophora caspia*, nativo del mar Caspio y el mar Negro, ha invadido las costas de Australia, Nueva Zelanda, Indonesia, Japón, ambas costas de Estados Unidos y el golfo de México, incluyendo Veracruz y Campeche; se considera que sus probables vías de invasión son el agua de lastre o como incrustante de buques (Hewitt *et al.* 2002). Otro hidrozoo, *Tubularia crocea*, originario de la costa oriental de Estados Unidos y del golfo de México, ha invadido, probablemente por medio de liberaciones accidentales relacionadas con pesquerías y como fauna incrustante de buques, el mar Mediterráneo, el Indo-Pacífico, el Atlántico sur, la costa del Pacífico de Estados Unidos y la península de Baja California (Hewitt *et al.* 2002).

Cuatro especies de briozoos coloniales, *Amathia distans*, *Bugula flabellata*, *B. neritina* y *Watersipora subtorquata*, han sido registradas como introducidas a las costas de México. *Amathia distans* es nativa del Atlántico americano, pero ha invadido en Europa, el Indo-Pacífico, Australia, Canadá y todo el Pacífico mexicano; *B. flabellata* es originaria del norte de Europa, pero se ha descubierto en Australia, Nueva Zelanda, Perú, Chile, golfo de México y la costa occidental de la península de Baja California; *B. neritina*, nativa del Mediterráneo, ahora tiene registros en la India, el Pacífico asiático, Australia, Nueva Zelanda, Hawai, Perú, Chile, islas Galápagos, golfo de México y la costa del Pacífico de Estados Unidos, México y Centroamérica (Hewitt *et al.* 2002). *Watersipora subtorquata* cuyo origen no se conoce, está registrada en Oregon, California y un registro de 1937 en Cabo San Lucas, Baja California Sur (Cohen 2005). De las primeras dos especies no hay registro de impactos, pero *B. neritina* es una

especie muy abundante y coloniza cualquier sustrato disponible, incluyendo muchas estructuras artificiales subacuáticas y cascos de barcos; por su parte, *W. subtorquata* es menos sensible al cobre y una vez que coloniza un sustrato proporciona una superficie a la cual se incrustan otros organismos sensibles al cobre (Hewitt *et al.* 2002, Cohen *et al.* 2005, Johnson *et al.* 2006).

Son cinco las especies de tunicados que han invadido las costas de México: el tunicado solitario anteriormente mencionado, *Styela canopus*, los tunicados coloniales *Botryllus schlosseri* y *Botrylloides violaceus*, y los tunicados solitarios *Ciona intestinalis* y *Styela clava*. *Botryllus schlosseri* es nativo del Mediterráneo y ha invadido a China, Japón, Australia, Nueva Zelanda, la costa oriental de Estados Unidos, el Pacífico canadiense, California y la costa occidental de la península de Baja California; *Botrylloides violaceus* es originaria de Japón y apareció en ambas costas de Estados Unidos al menos hace 30 años, así como en Ensenada, Baja California; *C. intestinalis* es una especie criptogénica del Atlántico norte pero que ahora se registra en Afrecha, Australia, Nueva Zelanda, Perú, Chile y la costa occidental de la península de Baja California. Por su parte, *S. clava* es nativa del Pacífico asiático pero se ha descubierto en el Atlántico europeo, el sur de Australia, la costa oriental de Estados Unidos, California y la costa occidental de la península de Baja California; las posibles vías de invasión de las cuatro especies son la liberación accidental en pesquerías y como parte de la fauna incrustante de los buques, para *C. intestinalis* adicionalmente existe liberación accidental por investigación científica. *Botryllus schlosseri* puede crecer sobre otros organismos incrustantes nativos alterando la dinámica de la comunidad. *Ciona intestinalis* tiene altas tasas de filtración y en aguas someras en gran densidad puede reducir la turbidez tanto como la disponibilidad de alimento. Desde que aparecieron en el sur de California en 1917, las especies de tunicados nativos han ido desapareciendo. *Styela clava*, por su parte,

crece muy rápido y puede tener densidades de 500 a 1,500 individuos/m². Además, las tres especies forman parte de la fauna indeseable de los cascos de buques, del equipo para acuicultura, principalmente el dedicado a la ostricultura, además de competir con las especies nativas y de cultivo por espacio y alimento, y depredar sus larvas en la columna de agua (Lambert & Sanamyan 2001, Hewitt *et al.* 2002, Lambert 2003, Salgado-Barragán *et al.* 2004, Johnson *et al.* 2006).

Por otro lado, once especies de invertebrados no indígenas, además del ostión introducido *Crassostrea gigas* han sido registradas en la única bahía (San Quintín) considerada en esta revisión (Tabla III). El gran número de especies que han sido descubiertos hacia el norte (Cohen & Carlton 1995) y el incremento numérico de EANI que aparecen con la disminución de la latitud (Chapman 2000b), indican fuertemente que muchas EANI no registradas seguramente se encuentran en bahías y aguas costeras del occidente de México.

9. Peces

Una especie de los "plecos" de la familia Loricariidae, *Pterygoplichthys multiradiatus*, nativa del río Orinoco, ha sido registrada en el sur de Florida desde 1971 (Courtenay & Stauffer 1990). Esta especie fue introducida también a la presa Infiernillo, entre los estados de Michoacán y Guerrero, la cual pertenece a la cuenca del río Balsas, donde se ha constituido como una plaga y ha producido la reducción de las capturas de tilapia y carpas (P. Álvarez, com. pers. 2006). Esta especie también se ha registrado en los estados de Campeche, Chiapas y en varios sitios del centro y occidente del país. Otra especie muy relacionada, *P. pardalis*, fue observada en enero de 2005 en el estado de Tabasco incluyendo el sistema de los ríos Grijalva-Usumacinta (Wakida-Kusunoki *et al.* 2007). Es considerada una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales, debido a varios

motivos: por su reacción defensiva al ataque de aves piscívoras, ya que levantan sus espinas dorsales matando a las aves y al menos en Florida han lastimado también a los manatíes; desplazan a las especies nativas por la ingestión incidental de sus huevos y la competencia por algas y detrito, aunque existe la posibilidad de que también porten enfermedades y parásitos; al desplazarse en grandes cardúmenes dañan o arrancan la vegetación nativa, cambiando la composición de algas verdes dominantes a comunidades de diatomeas; los “plecos”, al anidar, cavan galerías hasta de 1.5 m de profundidad, desplazando enormes cantidades de sedimento, perturbando la estabilidad de las riberas, aumentando su erosión e incrementando la turbidez (Mendoza *et al.* 2007).

La “dorada”, *Sparus aurata*, un pez nativo del Mediterráneo se introdujo en la bahía de La Paz para su cultivo, al parecer sin permiso de las autoridades competentes; sin embargo, la “dorada”, una especie hermafrodita protándrica y fecunda, es también eurióica y un depredador polífago oportunista cuyos potencial perjuicio en las poblaciones locales, en caso de liberaciones accidentales, es desconocido (G. de la Cruz-Agüero, com. pers. 2007).

El caso de otras especies de peces que han sido introducidas deliberadamente, como las carpas, tilapias, bagres, truchas, entre otros, serán comentadas en la siguiente sección.

Acuicultura: vía de organismos asociados no deseables y un blanco potencial para especies no indígenas

En las aguas costeras mexicanas el camarón y las ostras son los objetivos más importantes para acuicultura. El primero es el más relevante para la economía, con ganancias de 120 millones de dólares anuales. Las especies usadas en camaronicultura son locales; no obstante, dos de ellas, *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*, han sido introducidas intencionalmente del océano Pacífico al

Atlántico. El problema es que muchas especies de camarones de la costa atlántica han mostrado ser susceptibles a los virus presentes en los camarones del Pacífico (Mendoza 2002a). *Penaeus monodon* fue introducido intencionalmente en México a principios de los 1990's y es considerado uno de las especies de camarón más peligrosas debido al número de virus que pueden transmitir (MBV: monodon baculovirus; YHV: virus de la cabeza amarilla; IHHNY: virus de la necrosis hipodermal y hematopoiética; HPV: virus hepatopancreático forma parvo; BMNV: virus de la necrosis baculoviral de la glándula del intestino medio; LPV: virus linfoidal forma parvo; RLV: virus forma reo). *Macrobrachium rosenbergii* fue introducido en México a principios de los 1970's y fue importante en la industria acuicultural a lo largo de ambas costas de México. En el presente, su cultivo se realiza al menos en una de las granjas acuícolas dependientes de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) en Carrizal Lagartero, en el estado de Guerrero, con una producción media anual de 2.7 millones de crías que se siembran en diversos embalses de los estados de Morelos, México, San Luis Potosí, Jalisco, Oaxaca, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Querétaro, Quintana Roo y Veracruz (Ibáñez, en prep.).

No hay información publicada con respecto a los problemas con la acuicultura de especies no indígenas en aguas costeras mexicanas. La introducción no intencional de especies de langostinos no ha sido estudiada. En cuanto a las aguas continentales, Rojas-Carrillo & Fernández-Méndez (2006) consideraron el papel de los peces no nativos en México en la monografía que examina el estado actual de la pesca y acuicultura en el país; asimismo, Zambrano *et al.* (1999, 2001) ensayaron los efectos de la carpa *Cyprinus carpio* en depósitos subtropicales someros y lagos en el centro de México, e Ibáñez (2004) evaluó la importancia de la fecha de siembras y el crecimiento de la tilapia introducida en el lago de Metztlán, Hidalgo.

Asimismo, la introducción de organismos para su cultivo puede incluir a sus parásitos; tal es el caso del cestodo parásito *Bothriocephalus acheilognathi*, cuyo hospedero natural y origen geográfico es la carpa *Ctenopharyngodon idella* de Asia oriental, que fue introducido a México en 1981 y ha sido registrado en prácticamente todos los continentes excepto la Antártida. Los problemas con este parásito se incrementan debido a que está infectando también a especies autóctonas y endémicas; en México se ha documentado su presencia en 49 especies de peces dulceacuícolas (Salgado-Maldonado & Pineda-López 2003, Gutiérrez-Cabrera *et al.* 2005).

En México, tres especies de ostras autóctonas fueron llevadas a la acuicultura: *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), *C. corteziensis* (Hertlein, 1951) y *Ostrea chilensis* (Philippi, 1845), que componen el 90% de la producción nacional de ostras. La especie no indígena *C. gigas* tiene sólo el 1% de la producción de ostras en el noroccidente de México; toda la producción es exportada a Estados Unidos. *Crassostrea gigas* fue introducida a México en 1972 y en 1979 inició su cultivo. No obstante, su producción es insignificante en la escala nacional y está localizada sólo en la bahía de San Quintín, Baja California. En la actualidad, al menos, en dos instituciones se han realizado estudios experimentales con *C. gigas*: el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en La Paz, Baja California Sur, y en la Universidad del Mar (UMAR) en Puerto Ángel, Oaxaca (Vite-García 2002, Lobato-Yáñez 2003, Luna-González *et al.* 2004). En las aguas de Oaxaca, cerca de Puerto Ángel, el cultivo en suspensión inició en 2002, mientras su cultivo en la bahía Tangolunda (Bahías de Huatulco) fue abandonado en 2002 (S. Serrano-Guzmán, com. pers. 2003).

Aunque las prácticas modernas, particularmente el movimiento de especies de cultivo en estado larval, puede disminuir grandemente la incidencia de introducciones accidentales de fauna asociada, las

liberaciones intencionales de especies pueden resultar en la dispersión impredecible y en impactos ecológicos no anticipados (Hewitt & Martin 2001). Por ejemplo, se piensa que el movimiento de ostras entre Nueva Zelanda y Tasmania a finales del siglo XIX movió una fauna asociada que está ahora establecida en aguas de Tasmania (Dartnall 1967, Hewitt *et al.* 1999). Es probable que a través de la importación de *C. gigas* el alga marina *Sargassum muticum* se haya transportado accidentalmente a la costa occidental de Norteamérica (Karlsson 1988). El fitoplancton, incluyendo dinoflagelados tóxicos, puede también ser introducido con las ostras (Owen & Norris 1982, Anónimo 1993, Jansson 1994). Además, la importación de *C. gigas* vivos ha permitido el establecimiento en aguas americanas del copépodo parásito *Mytilicola orientalis* Mori, 1935 (Jansson 1994).

Cherax quadricarinatus es una especie de langostino de agua dulce nativa del norte de Australia, fue introducida en México en 1994 y se cultiva ahora en Tamaulipas; pero como en otros casos sus efectos no han sido evaluados. Asimismo, ya fue registrada en cuerpos de agua del centro y sureste del país y su gran adaptabilidad a distintas condiciones ambientales, aunado a que completa su ciclo de vida en agua dulce, hace temer su efecto dañino sobre las especies nativas (López-Mejía 2006).

Para ejemplificar el estado actual de la acuicultura en México se presenta en la Tabla IV la producción en 2000. En aguas dulces el 96% de la producción nacional se sostiene por especies introducidas intencionalmente. El grupo de las especies de tilapia, *Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus*, *O. urolepis hornorum*, *Tilapia melanopleura* y *T. rendalli* compone el 68% de la producción de la acuicultura de agua dulce en México. Hoy en día las especies de tilapia están presentes en la mayoría de los estanques de agua dulce de México. Un artículo reciente comparando la variación genética entre reservorios y granjas de producción de tilapia de la CONAPESCA mostró una mayor variación genética en

Tabla IV. Acuicultura en México en 2000, producción en toneladas (Anónimo 2000).

| Región | Total | Camarón | Ostión | Tilapia | Bagre | Carpa | Pez blanco | Trucha | Langostino | Lobina negra | Otros |
|--------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| Pacífico | 69,469 | 31,441 | 1,325 | 28,896 | 1,312 | 4,667 | 223 | 146 | 37 | 263 | 1,159 |
| Golfo de México y Caribe | 84,300 | 2,039 | 48,385 | 33,403 | 299 | 32 | 0 | 41 | 1 | 46 | 55 |
| Interior | 34,388 | 0 | 0 | 9,403 | 1,240 | 19,542 | 642 | 2,434 | 23 | 329 | 775 |
| Total | 188,157 | 33,480 | 49,710 | 71,702 | 2,851 | 24,241 | 865 | 2,621 | 60 | 638 | 1,989 |

reservorios que en las granjas de producción de alevines (Barriga-Sosa *et al.* 2003). Los datos genéticos indican que los peces de las granjas deben ser monitoreados estrechamente ya que son éstas las principales fuentes de dispersión a los reservorios.

Tilapia rendalli, *Oreochromis mossambicus* and *O. aureus* fueron introducidas a México en 1964, donde inicialmente se sembraron en grandes cuerpos de agua y 20 años más tarde se habían dispersado a numerosos cuerpos pequeños de agua convirtiéndose así en la pesquería continental de mayores volúmenes en las aguas mexicanas (Ibáñez 2004). Recientemente el gobierno federal produjo en el periodo 2001-2005 un promedio anual de 66 millones de crías de tilapia sembrándolas en prácticamente todo el país excepto el estado de Baja California Sur. En el mismo periodo la densidad de repoblamiento de tilapia en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Distrito Federal, Baja California y Tlaxcala fue de 100 a 140 mil crías de tilapia (Ibáñez, en prep.). Tanto en la península de Baja California como la de Yucatán la densidad de siembra de tilapias ha sido muy baja, entre otras razones, por la escasa disponibilidad de aguas superficiales. La introducción de tilapia en Quintana Roo fue iniciada en 1974 en cultivos extensivos y posteriormente en sistemas de jaulas flotantes. *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* e híbridos han sido registrados por Schmitter-Soto & Caro (1997) en los lagos de Cobá, Mankanxoc y en Chichancanab, mencionando que la tilapia se encuentra solo

en el 4.2% de los 237 cuerpos de agua visitados en Quintana Roo, pero fue dominante (>20% del número de individuos total) en la mayoría de las localidades en las que apareció, incluyendo la laguna de Chichancanab, sitio donde el grupo de especies de *Cyprinodon* tiene su habitat. Al respecto Strecker (2006) documentó la invasión de la tilapia (del género *Oreochromis*) en 1988 y de la sardina *Astyanax fasciatus* en 1996 en dicha laguna, en donde se produjo una reducción de la abundancia de las especies endémicas de *Cyprinodon* y del poecílido *Gambusia sexradiata* Hubbs, 1936, debido fundamentalmente a la depredación de la crías. También menciona que *Cyprinodon simus* Humphries & Miller, 1981 pudo haber desaparecido o reducido drásticamente su número y que posteriormente a la introducción de *Oreochromis* se incrementó la infestación de trematodos y nematodos parásitos en las especies de *Cyprinodon*.

En el caso de *Astyanax fasciatus* se trata de una invasión local en la laguna de Chichancanab, ya que esta especie tiene una amplia distribución en el Neotrópico más no en esa laguna, a la cual arribó por medio del huracán Roxana en 1995 (Strecker 2006).

Al otro extremo del país, en la región central de Baja California, la presencia de la tilapia de vientre rojo, *Tilapia cf. zillii* (Gervais, 1848), ha reducido la densidad de una especie nativa, el guayacón de Loreto *Fundulus lima* (Vaillant, 1894) (Ruiz-Campos *et al.* 2002, Bernardi *et al.* 2007). La proliferación de

especies no nativas y en particular de la tilapia ha provocando que *F. lima* pase del estatus de amenazada a en peligro o en vías de extinción (Ruiz-Campos *et al.* 2006).

El segundo sitio en la producción piscícola de agua dulce, con 23% de la producción total, es para el grupo de las especies de carpas: *Cyprinus carpio communis*, *C. carpio specularis*, *C. rubrofuscus*, *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Mylopharyngodon piceus*, *Megalobrama amblycephala*. Zambrano *et al.* (1999, 2001) estudiaron los efectos de la carpa *Cyprinus carpio* en estanques subtropicales someros y lagos en el centro de México; los estanques con carpas tienden a estar turbios, con elevados niveles de partículas suspendidas y con pocas macrofitas enraizadas e invertebrados asociados, en particular moluscos gasterópodos. García-Calderón (com. pers. 2007) mencionó que la carpa puede ser responsable por la extinción de especies indígenas y el decremento de las pesquerías de charales nativos (*Menidia* spp.). La consecuencia de estas introducciones no ha sido evaluada, pero es un problema real en México.

El bagre de canal *Ictalurus punctatus* es una especie originaria de México, de la zona baja del Río Bravo en Tamaulipas hasta el Río Cazonas en Veracruz (Miller *et al.* 2005). Sin embargo, los ejemplares de *I. punctatus* que actualmente se utilizan para siembras en el país provienen de poblaciones cultivadas en Auburn, Illinois, y San Antonio, Texas (H. Espinosa, com. pers. 2007). Es la misma especie que la del norte del país pero la siembra se realiza con poblaciones estadounidenses, es decir, la especie ha sufrido transfaunaciones. La CONAPESCA ha sembrado *Ictalurus* en Chihuahua y Coahuila, con 2.9 y 0.9 millones de crías en el periodo 2001-2005, y en menores cantidades para el mismo periodo en Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Nuevo León, Querétaro y Zacatecas (Ibáñez, en prep.).

El cultivo de trucha en México prosperó

utilizando una especie introducida desde Estados Unidos, la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss*, lo cual trajo como consecuencia problemas genéticos de introgresión, competencia y depredación con las formas nativas (Hendrickson *et al.* 2002). Sin embargo, Miller *et al.* (2005) encontraron ejemplares de esta especie en Baja California e incluso Hendrickson *et al.* (2002) la consideran una subespecie catalogada como *Oncorhynchus mykiss nelsoni*. Como no es sencillo conocer las historias de las siembras ni los orígenes de los ejemplares empleados en cultivos, se considera que esta especie ha sido transfaunada de su sitio original al altiplano mexicano o introducida para su cultivo desde Estados Unidos. De 2001 a 2005 se ha sembrado regularmente en la Ciudad de México, los estados de Chihuahua, Durango, Michoacán, Puebla, Querétaro, México, Morelos, Veracruz y ocasionalmente en Chiapas, Guerrero, Tamaulipas, Tlaxcala, Oaxaca, Jalisco e Hidalgo (Ibáñez, en prep.). La trucha arcoiris parece desplazar el cultivo de *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1814).

En las 41 granjas acuícolas dependientes de la CONAPESCA se produjeron, durante el periodo de 2001 al 2005, cerca de 683 millones de crías (con un promedio anual de 138.6 12.6 millones) de las cuales el 95% son tilapias y carpas de diversas especies (Ibáñez, en prep.). En general, la introducción de especies no indígenas desde hace más de un siglo ha provocado que especies nativas y comerciales importantes, como las del género *Menidia*, están desapareciendo como recursos pesqueros y en su lugar se han establecido pesquerías de tilapias y carpas (Rojas-Carrillo & Fernández-Méndez 2006). En la Tabla V se presenta una lista de especies de peces introducidos en aguas dulces de Latinoamérica y el Caribe.

En México casi toda la acuicultura está basada en especies no indígenas. Desde el siglo XIX la pesca en las aguas continentales se basó en la adquisición y cultivo de peces exóticos (Rojas-Carrillo & Fernández-Méndez 2006). Aunque fueron introducidos

localmente, la mayoría de estas especies exóticas se han dispersado en más de la mitad del país (Mendoza 2002b). En la actualidad, la producción de la acuicultura de la mayoría de estas especies es baja y las especies de camarones nativos son todavía consideradas las especies más prometedoras para cultivo. Debe ser considerado prioritario el cultivo y repoblación de especies nativas. Esfuerzos positivos realiza actualmente la CONAPESCA cultivando algunas especies nativas como *Cichlasoma macracanthum* (Günther, 1864), *C. trimaculatum* (Günther 1867), *Algancea lacustris* Steindachner, 1895 y *Atractosteus spatula* (Lacepède, 1803) (Ibáñez, en prep.); sin embargo, la producción de crías aún es baja y deben llevarse a cabo mayores acciones en este sentido.

Las industrias mexicanas camaronícolas y ostrícolas, en aguas del Pacífico y Atlántico, son blancos particularmente vulnerables por introducciones accidentales de especies indeseables. También estas industrias son sitios potenciales para que las especies indeseables puedan dispersarse a países adyacentes.

Conclusiones y recomendaciones

Las especies introducidas se dispersan sin problema a través de las fronteras políticas y administrativas, penetran en regiones donde las vías de introducción están abiertas y donde los controles de manejo son menos efectivos por la carencia de regulaciones y leyes sobre este tema. Las leyes internacionales desiguales, así como las regulaciones y opciones de manejo para controlar las EANI en Norteamérica son insuficientes para proteger a México, Estados Unidos o Canadá por sus grandes impactos económicos. Los embarques internacionales, en gran parte no regulados, hacia las extensas costas del Pacífico y Atlántico de México, junto con las limitadas opciones de control de EANI en México, frustran muchos esfuerzos de Estados Unidos y Canadá para controlar las EANI. Por otro lado, mientras que Canadá y Estados

Unidos pueden protegerse a sí mismos por medio de rigurosas regulaciones sobre el agua de lastre, México permanece desprotegido, y una vez que el TLC abra las fronteras marinas entre los tres países, México será el más dañado. La presencia de EANI en aguas mexicanas indica que los recursos acuáticos de México están amenazados. El número de EANI y sus impactos en México están, con certeza, subestimados. Además, el escaso conocimiento de la flora y fauna locales marinas y salobres, así como de la distribución, biología y autoecología de las EANI, evitan la mayoría de los controles de estas especies. México necesita urgentemente mayor legislación y esfuerzos de investigación para controlar las invasiones biológicas y permitir la cooperación internacional para el manejo de EANI. La legislación e infraestructura para manejar las EANI en Canadá y Estados Unidos se implementaron solamente después de muchos estudios que revelaron sus abrumadores impactos sobre los recursos naturales. Los mismos esfuerzos son necesarios en México.

Los estudios de evaluaciones rápidas y detalladas de EANI mexicanas, incluyendo el intercambio de taxónomos expertos y recursos, pueden eliminar muchos de estos obstáculos y proporcionar una base para expandir la cooperación internacional. Asimismo, los estudios de EANI deberán ser sistemáticos y considerar la evaluación de los criterios de Chapman & Carlton (1991) para especies introducidas:

- 1) Previamente desconocido en la región.
- 2) Expansión del ámbito post-introducción.
- 3) Mecanismo humano de introducción.
- 4) Asociación con introducciones conocidas.
- 5) Asociación con ambientes nuevos o artificiales.
- 6) Distribución regional discontinua.
- 7) Distribución global discontinua.
- 8) Insuficientes adaptaciones en el ciclo de vida para una dispersión global.
- 9) Insuficientes mecanismos pasivos para una dispersión global.

10) Origen evolutivo exótico.

Por último, pero no menos importante, será necesario formar recursos humanos especializados en grupos con poco o nulo conocimiento en México, como son los hidrozoos, entoproctos, briozoos, tunicados y otros grupos, de los cuales no existe ni un solo especialista en México.

Agradecimientos

Agradecemos a Porfirio Álvarez-Torres (SEMARNAT), por enviarnos la información sobre legislación mexicana y los talleres trilaterales sobre EANI. A Laura Arriaga-Cabrera (CONABIO, actualmente en el CIBNOR, La Paz) por invitar a YBO a dos talleres nacionales sobre EANI en 2002 y por proporcionarnos la información sobre las actividades relacionadas a las EANI en México. A José Luis García-Calderón (UAM-Iztapalapa) por brindarnos información no publicada sobre acuicultura de agua dulce. A Margarita Gallegos-Martínez (UAM-Iztapalapa) por compartirnos su literatura sobre pastos marinos. A Socorro García-Madrugal, Norma Barrientos-Luján, Saúl Serrano-Guzmán (UMAR, Puerto Ángel), Gustavo de la Cruz-Agüero (CICIMAR), Héctor Espinosa-Pérez (Instituto de Biología, UNAM) por facilitarnos información sobre algunas especies potenciales o introducidas de anfípodos, moluscos y peces, respectivamente. La presentación basada sobre el presente artículo, preparado para el Primer Taller Internacional sobre Estándares y Guías para el Muestreo de Agua de Lastre (Río de Janeiro, Brasil, 2003), fue patrocinada por el GloBallast de la OMI. La ayuda de Steve Raaymakers (Programme Coordination Unit, GloBallast, OMI), es muy apreciada tanto como el apoyo financiero de la UAM-Iztapalapa a YBO con relación al proyecto "Evaluación del problema del transporte de organismos vía agua de lastre de buques de carga a México" de la Cátedra Divisional "Alejandro Villalobos" en la UAM-Iztapalapa (2001-2003). Agradecemos a Boris Okolodkov

(UNAM) quien mejoró las ilustraciones, y a Marcia Gowing (Universidad de California, Santa Cruz) quien corrigió el resumen en inglés. Se agradece a Martin McLennan (Tecnológico de Monterrey, Ciudad de México) y Blanca Pérez-García (UAM-Iztapalapa), quienes amablemente mejoraron el estilo del manuscrito. A Michel Hendrickx (ICMyL, Mazatlán), Ángel de León-González (UANL) y cuatro evaluadores anónimos por sus comentarios y críticas que mejoraron el contenido del manuscrito. Agradecemos a Aitor Aispuro (UMAR) por la traducción del resumen al francés.

Referencias

- Acuna, A. 1977. Crecimiento e índice de engorda del mejillón *Perna perna* (L.) cultivado en el Golfo de Cariaco, Venezuela. FAO Fish. Rep. 200: 1-9.
- Aguilar-Rosas, R. 1994. Notas ficológicas. I. Primer registro de *Cutleria cylindrica* Okamura (Cutleriaceae, Phaeophyta) para las costas del Pacífico mexicano. Acta Bot. Mex. 29: 55-60.
- Aguilar-Rosas, R. & L.E. Aguilar-Rosas. 1985. *Sargassum muticum* in Baja California coasts, México. Ciencias Marinas 11: 127-129.
- Aguilar-Rosas, R. & L.E. Aguilar-Rosas. 1993. Cronología de la colonización de *Sargassum muticum* (Phaeophyta) en las costas de la península de Baja California, México (1971-1990). Rev. Inv. Cient. 4(1): 41-51.
- Aguilar-Rosas, R. & L.E. Aguilar-Rosas. 2003. El género *Porphyra* (Bangiaceae, Rhodophyta) en la costa Pacífico de México. I. *Porphyra suborbiculata* Kjellman. Hidrobiológica 13: 51-56.
- Aguilar-Rosas, R., L.E. Aguilar-Rosas & F.F. Pedroche. 2005. *Ulva fasciata* Delile (Ulveae, Chlorophycota): a species newly introduced into Pacific Mexico. Botanica Marina 48: 46-51.
- Aguilar-Rosas, R., I. Pacheco-Ruiz & L.E. Aguilar-Rosas. 1984. New records and some notes about the marine algal floras of the northwest coast of Baja California, Mexico. Ciencias Marinas 10: 159-166.
- Aguilar-Rosas, R., L.E. Aguilar-Rosas, G. Ávila-Serrano & R. Marcos-Ramírez. 2004. First record of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta) on the Pacific coast of Mexico. Botanica Marina 47: 255-258.
- Álvarez, P. 2002. Mexico perspective on aquatic invasive species. Pp: 23-25, In Preventing the introduction and spread of aquatic invasive species in North America. Workshop Proceedings, 28-30 March, 2001, Commission for Environmental Cooperation, Montreal.

- Anónimo. 1986. Introducción de peces ícticas y conservación de los recursos genéticos de América Latina y el Caribe. Comisión de pesca continental para América Latina (Copescal), FAO, Artículo Ocasional 3, Roma, 12 pp.
- Anónimo. 1993. Report of the Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms, Aberdeen, Scotland, 26-28 April, 1993. International Council for the Exploration of the Sea.
- Anónimo. 1999. Los puertos mexicanos en cifras, 1992-1998. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. 156 pp.
- Anónimo. 2000. Anuario Estadístico de Pesca. SEMARNAP, México, D.F. 271 pp.
- Anónimo. 2001. Escalera Náutica. Mapa 2 (Primera etapa 2001-2006). Consultado en abril de 2007: www.escaleranautica.com/ubicacion.html#1.
- Anónimo. 2002. Agenda de América del Norte para la Acción: 2003-2005. Conservación de la Biodiversidad. 2.2.5. Cierre las rutas de las especies invasoras acuáticas en América del Norte, Pp: 50-53, Consultado en septiembre de 2007: www.cec.org/files/pdf/BIODIVERSITY/225-03-05_es.pdf.
- Anónimo. 2003. Suplemento. Industria del transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Diario Reforma, 17 de marzo, 2003, pp: 18-19.
- Anónimo. 2007a. Escalera náutica. Consultado en agosto de 2007: <http://blueroadrunner.com/nautica.htm>.
- Anónimo. 2007b. La Escalera Náutica (Nautical Ladder). Consultado en agosto de 2007: www.penasco.com/escaleramap.html.
- Anónimo. 2007c. Escalera náutica. Consultado en agosto de 2007: www.bajaquest.com/escaleranautica
- Aridjis, H. 2001. Baja a la baja. Diario Reforma, domingo, octubre 14, 2001.
- Barnard, J.L. 1950. The occurrence of *Chelura terebrans Philippi* in Los Angeles and San Francisco harbors. Bull. So. Calif. Acad. Sci. 49(3): 90-97.
- Barnard, J.L. 1964. Marine Amphipoda of Bahía de San Quintín, Baja California. Pacific Naturalist 4(3): 55-139.
- Barnard J.L. 1970. Benthic ecology of Bahía de San Quintín, Baja California. Smithsonian Cont. Zool. 44: 1-56.
- Barriga-Sosa, I.A., M.L. Jiménez-Badillo, A.L. Ibáñez & J.L. Arredondo-Figueroa. 2003. Variability of tilapia (*Oreochromis* spp.) introduced in Mexico: morphometric, meristic and genetic characters. J. Appl. Ichthyol. 18: 1-8.
- Bastida-Zavala, J.R. 1995. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del arrecife coralino de Cabo Pulmo-Los Frailes, B.C.S., México. Revista de Zoología (6): 9-29.
- Bastida-Zavala, J.R. En prep. Serpulids (Annelida: Polychaeta) from the Eastern Pacific, including a short mention of Hawaiian serpulids. Zootaxa.
- Bastida-Zavala, J.R. & H.A. ten Hove. 2003a. Revision of *Hydroides* Gunnerus, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Western Atlantic Region. Beaufortia 52: 103-178.
- Bastida-Zavala, J.R. & H.A. ten Hove. 2003b. Revision of *Hydroides* Gunnerus, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Eastern Pacific Region and Hawaii. Beaufortia 53: 67-110.
- Bastida-Zavala, J.R., L. McCann & G.M. Ruiz. En prep. Fouling serpulids (Polychaeta: Serpulidae) from both coasts of United States: an overview.
- Bernardi, G., G. Ruiz-Campos & F. Camarena-Rosales. 2007. Genetic isolation and evolutionary history of oases populations of the Baja California killifish, *Fundulus lima*. Conservation Genetics 8(3): 547-554.
- Bousfield, E.L. & P.M. Hoover. 1997. The amphipod superfamily Corophioidea on the Pacific coast of North America. Part V. Family Corophiidae: Corophinae, new subfamily. Systematics and distributional ecology. Amphipacific 2(3): 67-139.
- Bowles, J. 1999. Ballast water targeted in war against invasive marine species. Canoe, Canada Internet Network, September 28, 1999.
- Broom, J.E., W.A. Nelson, C. Yarish, W.A. Jones, R. Aguilar-Rosas & L.E. Aguilar-Rosas. 2002. A reassessment of the taxonomic status of *Porphyra suborbiculata*, *Porphyra carolinensis* and *Porphyra liliputiana* (Bangiales, Rhodophyta) based on molecular and morphological data. Eur. J. Phycol. 37: 227-235.
- Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. 2nd ed., The University of Arizona Press, Tucson, 513 pp.
- Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding & D.E. McAllister. 2001. Pilot analysis of global ecosystems: coastal ecosystems. World Resources Institute, Washington, D.C. xii+77 pp.
- Calderón-Aguilera, L.E. & A. Jorajuria-Corbo. 1986. Nuevos registros de especies de poliquetos (Annelida: Polychaeta) para la bahía de San Quintín, Baja California, México. Ciencias Marinas 12(3): 41-61.
- Carbajal-Hernández, A.L. 2007. Ruta de infección del virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). Tesis de maestría, Universidad de Sonora, Hermosillo, 69 pp.
- Carlton, J.T. 1987. Pattern of transoceanic marine biological invasions in the Pacific ocean. Bull. Mar. Sci. 41(2): 452-465.
- Carlton, J.T. 2001. Introduced species in U.S. coastal waters: Environmental impacts and management priorities. Pew Oceans Commission, Arlington, Virginia. 29 pp.
- Chapman, J.W. 1988. Invasions of the Northeast Pacific by Asian and Atlantic gammaridean amphipod crustaceans, including a new species of *Corophium*. J. Crust. Biol. 8(3): 364-382.
- Chapman, J.W. 2000a. Climate effects on the geography of non-indigenous peracaridan crustacean introductions in estuaries. Pp: 66-80, In Pederson, J. (ed.), Marine bioinvasions. Proceedings of the First National Conference, January 24-27, 1999,

- Massachusetts Institute of Technology Sea Grant College Program, Cambridge, Massachusetts.
- Chapman, J.W. 2000b. Chapter 9. Focal taxonomic collections: Peracaridan crustaceans. Pp: 41-50, *In* Hines, A.H. & Ruiz, G.M. (eds.), Biological invasions of cold-water coastal ecosystems: Ballast-mediated introductions in Port Valdez/Prince William Sound, Alaska. Final project report, 15 March, Smithsonian Environmental Research Center, Edgewater, Maryland.
- Chapman, J.W. & J.T. Carlton. 1991. A test of criteria for introduced species: the global invasion by the isopod *Synidotea laevidorsalis* (Miers, 1881). *J. Crust. Biol.* 11(3): 386-400.
- Charlebois, P.M., L.D. Corkum, D.J. Jude & C. Knight. 2001. The round goby (*Neogobius melanostomus*) invasion: current research and future needs. *J. Great Lakes Res.* 27: 263-266.
- Cohen, A.N. 2005. Guide to the exotic species of San Francisco Bay. San Francisco Estuary Institute, Oakland, California. Consultado en mayo de 2007: www.exoticguide.org.
- Cohen, A.N. & J.T. Carlton. 1995. Biological study. Non-indigenous aquatic species in a United States estuary: a case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and Delta. A report for the United States Fish and Wildlife Service, Washington D.C., National Oceanic and Atmospheric Administration for the U.S., Fish and Wildlife Service and the National Sea Grant College Program, Connecticut Sea Grant, NTIS Rep. (PB96-1666525).
- Cohen, A., L. Harris, B. Bingham, J. Carlton, J. Chapman, C.C. Lambert, G. Lambert, J.C. Ljubenkov, S.N. Murray, L.C. Rao, K. Reardon & E. Schwindt. 2005. Rapid assessment survey for exotic organisms in Southern California bays and harbours, and abundance in port and non-port areas. *Biological Invasions* 7: 995-1002.
- Cohen, A., C. Mills, H. Berry, M. Wonham, B. Bingham, B. Bookheim, J. Carlton, J. Chapman, J. Cordell, L. Harris, T. Klinger, A. Kohn, C. Lambert, G. Lambert, K. Li, D. Secord & J. Toft. 1998. Puget Sound expedition: A rapid assessment survey of non-indigenous species in the shallow waters of Puget Sound. Washington State Department of Natural Resources, Olympia, Washington, 37 pp. (United States Fish and Wildlife Service, Lacey, WA).
- Contreras-Arquieta, A., G. Guajardo-Martínez & S. Contreras-Balderas. 1995. *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiariidae), su probable impacto ecológico en México. *Publ. Biol. F.C.B./U.A.N.L.* 8(1-2): 17-24.
- Cortés-Altamirano, R. (ed.). 1998. Las mareas rojas. A.G.T. Editor, México, D.F., 161 pp.
- Cortés-Altamirano, R. & A. Nuñez-Pastén. 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *An. Inst. Ciencias Mar Limnol.* 19(1): 113-121.
- Cortés-Altamirano, R., M.F. Lavín, A. Sierra-Beltrán & M. del C. Cortés-Lara. 2006. Hipótesis sobre el transporte de microalgas invasoras del oriente al golfo de California por las corrientes marinas. *Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa* 18: 19-26.
- Courtenay, W.R., Jr., & J.R. Stauffer, Jr. 1990. The introduced fish problem and the aquarium fish industry. *J. World Aquacult. Soc.* 21(3): 145-159.
- Crooks, J.A. 2001. Oh what a tangled web... The invasion of the mussel *Musculista senhousia* in marine ecosystems. *Dreissena!* 11(5): 1-5.
- Cruz-Ascencio, M., R. Florido, A. Contreras-Arquieta & A.J. Sánchez. 2003. Registro del caracol exótico *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiariidae) en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia* 19(38): 101-103.
- Dartnall, A.J. 1967. New Zealand marine animals from channeled waters. *Tasmanian Fish. Res.* 1(3): 4-5.
- Dawson, E.Y. & M.S. Foster. 1982. Seashore plants of California. University of California Press, Los Angeles, 226 pp.
- Devinny, J.S. 1978. Ordination of seaweed communities: environmental gradients at Punta Banda, Mexico. *Botanica Marina* 21: 357-363.
- Diehn, S.A. 2003. Escalera Náutica: Stairway from Heaven to Hell. Americas Program, Silver City, NM, Interhemispheric Resource Center, 30 de enero, 2003. Consultado en agosto de 2007: <http://americas.irc-online.org/commentary/2003/0301escnaut.html>.
- Dineen, J.F., P.F. Clark, A.H. Hines, S.A. Reed & H.P. Walton. 2001. Life history, larval description, and natural history of *Charybdis hellerii* (Decapoda, Brachyura, Portunidae), an invasive crab in the Western Atlantic. *J. Crust. Biol.* 21(3): 774-805.
- Druehl, L.D. 1973. Marine transplantation. *Science* 179: 12.
- Elías-Gutiérrez, M. & R. Zamuriano-Claros. 1994. Primer registro de *Moina macrocopa* (Daphniiformes: Moinidae) en Bolivia. *Rev. Biol. Trop.* 42(1/2): 385.
- Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-Morales & M. Silva-Briano. 1999. The freshwater Cladocera (orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa. *Crustaceana* 72(2): 171-186.
- Espinosa, J. 1990. The southern limit of *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Phaeophyta, Fucales) in the Mexican Pacific. *Botanica Marina* 33: 193-196.
- Espinosa-Pérez, M.C. & M.E. Hendrickx. 2002. The genus *Paracerceis* Hansen, 1905 (Isopoda, Sphaeromatidae) in the Eastern Tropical Pacific, with the description of a new species. *Crustaceana* 74(11): 1169-1187.
- Ferrer, E. A. Gómez Garreta & M.A. Ribera. 1997. Effect of *Caulerpa taxifolia* on the productivity of two Mediterranean macrophytes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 279-287.
- Flores-Uzeta, O. 1996. Anfípodos epifaunales de la localidad El Chute, San Quintín, B.C.: Biología y diversidad. Informe Técnico (CTECT9605),

- Comunicaciones Académicas, Serie Ecología, CICESE, 33 pp.
- Galavíz-Silva L. 1999. Métodos de diagnóstico de WSBV-PCR. Pp: 8-33, *In* Memorias del Seminario sobre Patología y Bioseguridad en Camaronicultura. Purina Agribands, Mazatlán, México.
- Galavíz-Silva L., Z.J. Molina-Garza., J.M. Alcocer-González, J.L. Rosales-Encinas & C. Ibarra-Gómez. 2004. White spot syndrome virus genetic variants detected in Mexico by a new multiplex PCR method. *Aquaculture* 242: 53-68.
- García-Escobar, H. & V.A. Arellano-Peralta. 2007. Agua de lastre: propuesta de investigación interdisciplinaria. Pp. 183-185, *In* Ríos-Jara, E., M.C. Esqueda-González & C.M. Galván-Villa (eds.), Estudios sobre malacología y conchiliología en México. Universidad de Guadalajara, México.
- Gollasch, S., M. David, M. Voigt, E. Dragsund, C. Hewitt & Y. Fukuyo. 2007. Critical review of the IMO international convention on the management of ships' ballast water and sediments. *Harmful Algae* 6 (Special issue: Ballast water): 585-600.
- Gómez, S. 2003. Three new species of *Enhydrosoma* and new record of *Enhydrosoma lacunae* (Copepoda: Harpacticoida) from the Eastern Tropical Pacific. *J. Crust. Biol.* 23: 94-118.
- Grosholz, E.D. & G.M. Ruiz. 1995. Spread and potencial impact of the recently introduced European green crab, *Carcinus maenas*, in central California. *Marine Biology* 122: 239-247.
- Gutiérrez-Aguirre, M.A. & E. Suárez-Morales. 2000. The Euroasian *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853) (Copepoda, Cyclopoida) found in Southeastern Mexico. *Crustaceana* 73(6): 705-713.
- Gutiérrez-Aguirre, M.A., E. Suárez-Morales & M. Silva-Briano. 2002. The Afro-Asian *Mesocyclops aspericornis* (von Daday) (Copepoda, Cyclopidae) in Mexico: comments on morphology and distribution. *Crustaceana* 75(10): 1039-1043.
- Gutiérrez-Aguirre, M.A., J.W. Reid & E. Suárez-Morales. 2003. An Afro-Asian species of *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) in Central America and Mexico. *J. Crust. Biol.* 23(2): 352-363.
- Gutiérrez-Cabrera, A.E., G. Pulido-Flores, S. Monks & J.C. Gaytán-Oyarzún. 2005. *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoidea: Bothriocephalidae) in freshwater fishes from Metztitlán, Hidalgo, México. *Hidrobiológica* 15(3): 283-288.
- Hanson, A.J., T. Spring Agardy & R. Pérez Gil Salcido. 1999. Asegurando la riqueza biológica del subcontinente: Hacia la conservación efectiva de la biodiversidad en América del Norte (versión preliminar abreviada; elaborado para la Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá). Consultado en septiembre de 2007: www.cec.org/files/pdf/BIODIVERSITY/draftstatu s-s_ES.pdf.
- Hebert, P.D.N., B.W. Muncaster & G.L. Mackie. 1989. Ecological and genetic studies on *Dreissena polymorpha* (Pallas): A new mollusc in the Great Lakes. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 46: 1587-1591.
- Hendrickson, D.A., H. Espinosa Pérez, L.T. Findley, W. Forbes, J.R. Tomelleri, R.L. Mayden, J.L. Nielsen, B. Jensen, G. Ruiz-Campos, A. Varela-Romero, A. van der Heiden, F. Camarena, F.J. García de León. 2002. Mexican native trouts: a review of their history and current systematic and conservation status. *Rev. Fish Biol.* 12: 273-316.
- Hendrickx, M.E. 1980. Range extensions of three species of Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) along the Pacific coast of America. *The Veliger* 23(1): 93-94.
- Hernández, G., E. Lahmann & R. Pérez-Gil (eds.). 2002. Invasores en Mesoamérica y el Caribe. Taller Regional sobre Especies Invasoras en Mesoamérica y el Caribe, San José, Costa Rica, Junio, 2001. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales, San José, Costa Rica, 51 pp.
- Hewitt C.L. & R.B. Martin. 2001. Revised protocols for baseline port surveys for introduced marine species: survey design, sampling protocols and specimen handling. CSIRO Marine Research, Hobart, Centre for Research on Introduced Marine Pests Tech. Rep. (20): 46 pp.
- Hewitt C.L., M.L. Campbell, R.E. Thresher & R.B. Martin (eds.). 1999. Marine biological invasions of Port Phillip Bay, Victoria. CSIRO Marine Research, Hobart, Centre for Research on Introduced Marine Pests Tech. Rep. (20): 344 pp.
- Hewitt C.L., R.B. Martin, C. Sliwa, F.R. McEnulty, N.E. Murphy, T. Jones & S. Cooper (eds.). 2002. National introduced marine pest information system. Web publication. Consultado en abril de 2007: crimp.marine.csiro.au/nimpis.
- Hicks, D.W. & J.W. Tunnell, Jr. 1993. Invasion of the south Texas coast by the edible brown mussel *Perna perna* (Linnaeus 1758). *The Veliger* 36(1): 92-94.
- Hicks, D.W. & J.W. Tunnell, Jr. 1995. Ecological notes and patterns of dispersal in the recently introduced mussel, *Perna perna* (Linnaeus 1758), in the Gulf of Mexico. *Amer. Malacol. Bull.* 11(2): 203-206.
- Hicks, D.W., O.F. McMahon & D.A. Ingrao. 2001. Two invasive mussels in the genus *Perna* in the Gulf of Mexico. Pp: 159, *In* Virtual Proceedings for the State of the Bay Symposium V, enero 31-febrero 2, 2001, Texas Natural Resource Conservation Commission, Austin, Texas.
- Holloway, M.G. & M.J. Keough. 2002. An introduced polychaete affects recruitment and larval abundance of sessile invertebrates. *Ecological Applications* 12(6): 1803-1823.
- Howells, R.G. 1992. Annotated list of introduced non-native fishes, mollusks, crustaceans and aquatic plants in Texas waters. Texas Parks and Wildlife Department, Management Data Series 78, Austin, Texas. 19 pp.
- Ibáñez, A.L. 2004. Impact of the timing of stocking on growth and allometric index in aquaculture based

- fisheries. Fish. Manag. Ecol. 11(2): 81-87.
- Ibáñez, A.L. En prep. AQUA-REPOBLAR Ver 1.0. Base de datos de las crías utilizadas para siembras de organismos acuáticos producidos por la Conapesca en México. Próximamente disponible en: www.izt.uam.mx/.
- Ibarra-Obando, S.E. & R. Ríos. 1993. Ecosistemas de fanerógamas marinas. Pp: 54-65, In Salazar-Vallejo, S.I. & N.E. González (eds.), Biodiversidad marina y costera de México. CONABIO y CIQRO, México, 865 pp.
- Ingle, R.W. 1986. The Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards – a contentious immigrant. The London Naturalist 65: 101-105.
- Irons, K.S., M.A. McClelland & M.A. Pegg. 2006. Expansion of round goby in the Illinois Waterway. Amer. Midland Natur. 156(1): 198-200.
- Jansson, K. 1994. Alien species in the marine environment. Introductions to the Baltic Sea and the Swedish West Coast. Swedish Environmental Protection Agency Report 4357: 68 pp.
- Johnson, L., J. Gonzalez, C. Álvarez, M. Takada, A. Himes, S. Showalter & J. Savarese. 2006. Managing hull-borne invasive species and coastal water quality for California and Baja California boats kept in saltwater. California Sea Grant College Program Report T-061.
- Jourdaa, F. 2000. Thomas Belsher. Organismos invasores. Mundo Científico 208: 14-15.
- Jude, D.J., R.H. Reider & G.R. Smith. 1992. Establishment of Gobiidae in the Great Lakes basin. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 416-421.
- Karlsson, J. 1988. *Sargassum muticum*, a new member of the algal flora of the Swedish west coast. Svensk Bot. Tidskr. 82: 199-205.
- Keen, M. 1971. Sea shells of tropical West America: marine mollusks from Baja California to Peru. 2a ed., Stanford University Press, Stanford, California, 1064 pp.
- Kusakina, J., M. Snyder, D.N. Kristie & M.J. Dadswell. 2006. Morphological and molecular evidence for multiple invasions of *Codium fragile* in Atlantic Canada. Botanica Marina 49: 1-9.
- Lambert, C.C. & G. Lambert. 1998. Non-indigenous ascidians in southern California harbors and marinas. Marine Biology 130: 675-688.
- Lambert, G. 2003. New records of ascidians from the NE Pacific: a new species of *Trididemnum*, range extension and redescription of *Aplidiopsis pannosum* (Ritter, 1899) including its larva, and several non-indigenous species. Zoosystema 25(4): 665-679.
- Lambert, G. 2005. First North American record of the ascidian *Perophora japonica*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 85: 1011-1012.
- Lambert, G. & K. Sanamyan. 2001. *Distaplia alaskensis* sp. nov. (Asciacea, Aplousobranchia) and other new ascidian records from south-central Alaska, with a redescription of *Ascidia columbiana* (Huntsman, 1912). Can. J. Zool. 79: 1766-1781.
- Lee II, H. & J.W. Chapman. 2001. Nonindigenous species - An emerging issue for the EPA. A landscape in transition: Effects of invasive species on ecosystems, human health, and EPA goals ed. Vol. 2. U.S. EPA ORD/NHEERL, Newport, Oregon, 53 pp.
- Lemaitre, R. 1995. *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867), a nonindigenous protunid crab (Crustacea: Decapoda: Brachyura) discovered in the Indian River lagoon system of Florida. Proc. Biol. Soc. Wash. 108(4): 643-648.
- Lewis, J.A., C. Watson & H.A. ten Hove. 2006. Establishment of the Caribbean serpulid tubeworm *Hydroides sanctaerucis* Krøyer [in] Mörch, 1863, in northern Australia. Biological Invasions 8(4): 665-671.
- Lobato-Yáñez, B. 2003. La comunidad epibionte asociada al cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) en bahía Tangolunda, Oaxaca, México. Tesis Profesional, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, 69 pp.
- Long, E.R. 1974. Marine fouling studies off Oahu, Hawaii. The Veliger 17: 23-36.
- López, C. 2002. Marco jurídico sobre especies invasoras en México. Taller de especies invasoras en México. 25-26 de abril del 2002. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Presentación.
- López-Mejía, M. 2006. El caso *Cherax quadricarinatus* en el estado de Morelos. Pp: 19, In V Reunión Alejandro Villalobos, 18-20 de octubre de 2006, Ciudad de México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Luna-González, A., A.N. Maeda-Martínez, F. Ascencio-Valle & M. Robles-Mungaray. 2004. Ontogenetic variation of hydrolytic enzymes in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. J. Fish. Shellfish Immunol. 16(3): 287-294.
- Mendoza, R. 2002a. Riesgo de introducción de especies exóticas en la acuicultura. Taller de especies invasoras en México. 25-26 de abril del 2002. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Presentación.
- Mendoza, R. 2002b. Examples from aquaculture in Mexico. Pp: 9, In Preventing the Introduction and Spread of Aquatic Invasive Species in North America. Workshop Proceedings, 28-30 March, 2001. Commission for Environmental Cooperation, Montreal.
- Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, P. Álvarez & V. Aguilar. 2007. Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. Biodiversitas (70): 2-5.
- Miller, R.R., W.L. Minckley & S.M. Norris. 2005. Freshwater fishes of México. University of Chicago Press, Chicago, 490 pp.
- Moreno, R.A., P.E. Neill & N. Rozbaczylo. 2006. Native and non-indigenous boring polychaetes in Chile: a threat to native and commercial mollusk species. Rev. Chil. Hist. Nat. 79: 263-278.
- Moyle, P.B. 1998. Effect of invasive fish species on freshwater and estuarine fishes in California.

- Abstracts of the 8th International Zebra Mussel and Other Nuisance Species Conference, Sacramento, California, March 16-19, 1998.
- Naylor, R.L., S.L. Williams & D.R. Strong. 2001. Aquaculture – a gateway for exotic species. *Science* 294: 1655-1656.
- Nehring, S. 2006. Four arguments why so many alien species settle into estuaries, with special reference to the German river Elbe. *Helgol. Mar. Res.* 60: 127-134.
- Okolodkov, Y.B. 1996. Biogeography of Arctic-boreal and bipolar dinoflagellates. *Bot. J. Russian Acad. Sci.* 81(9): 18-30.
- Okolodkov, Y.B. 1999. Species range types of recent marine dinoflagellates recorded from the Arctic. *Grana* 38: 1-8.
- Okolodkov, Y.B. & J.D. Dodge. 1996. Biodiversity and biogeography of planktonic dinoflagellates in the Arctic Ocean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 202: 19-27.
- Okolodkov, Y.B. & I. Gárate-Lizárraga. 2006. An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Bot. Mex.* 72: 1-154.
- Okolodkov, Y.B. & M.E. Meave del Castillo. 2002. The problem of unintentionally transported aquatic species in Mexico. Resúmenes del VI Congreso Latinoamericano de Ficología y IV Reunión Iberoamericana de Ficología, septiembre 22-28, 2002, Ponce, Puerto Rico, O-55.
- Okolodkov, Y.B. & B.Y. Okolodkov 2003. Aquatic non-indigenous species unintentionally introduced. Versión 1.0. Access CD-ROM. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México, D.F.
- Okolodkov, Y.B., M.E. Meave del Castillo & M.E. Zamudio-Resendiz. 2003. Diversity of planktonic dinoflagellates in the Mexican Pacific. Resúmenes del IV Congreso Mexicano de Ficología, 7-11 de abril, 2003, Mérida, Yucatán, (36): 79.
- Orozco-Segovia, A. & C. Vázquez-Yanes. 1993. Especies invasoras: su impacto sobre las comunidades bióticas. Pronatura, A.C., México, Serie Cuadernos de Conservación (2): 53 pp.
- Osio, P. Jr. 2003. Escalera Nautica. Press release 1, 1995-2003. Consultado en abril de 2007: www.bajaquest.com/escaleranautica.htm.
- Osio, P. Jr. 2007. Day-tripping Baja by boat. San Diego Metropolitan, column The Connection. Consultado en agosto de 2007: www.sandiegometro.com/2001/may/connection.html.
- Otani, M. 2006. Important vectors for marine organisms unintentionally introduced to Japanese waters. Pp: 92-103, In Koike, F., M.N. Clout, M. Kawamichi, M. de Poorter & K. Iwatsuki (eds.), Assessment and Control of Biological Invasion Risks. Shoukadoh Book Sellers and IUCN, Kyoto, Japan and Gland, Switzerland.
- Owen, K.C. & D.R. Norris. 1982. Benthic resting cysts of *Gonyaulax monilata* Howell and their relationships to red tides in the Indian River, Florida. *Florida Science* 45(4): 227-233.
- Paggi, J.C. 1997. *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Branchiopoda, Anomopoda) in South America: another case of species introduction? *Crustaceana* 70: 886-893.
- Pedroche, F.F. 2003. Estudios filogenéticos del género *Codium* (Chlorophyta) en el Pacífico mexicano. Uso de ADNr mitocondrial. *An. Esc. Nal. Cienc. Biol. IPN* 47: 109-123.
- Pedroche, F.F., P.C. Silva, L.E. Aguilar-Rosas, K.M. Dreckmann & R. Aguilar Rosas. 2005. Catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México. I. *Chlorophycota*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, 135 pp.
- Poore, G.C. 1996. Species differentiation in *Synidotea* (Isopoda: Idoteidae) and recognition of introduced marine species: a reply to Chapman and Carlton. *J. Crust. Biol.* 16(2): 384-394.
- Raaymakers, S. 2003. 1st Internacional Workshop on Guidelines and Standards for Ballast Water Sampling, Rio de Janeiro, Brazil, 7-11 April 2003: Workshop Report. GloBallast Monograph Series 9. International Maritime Organization, London. Ii+95 pp., Appendices 4 and 5.
- Ram, J.L. & R.F. McMahon. 1996. Introduction: The biology, ecology, and physiology of zebra mussels. *American Zoologist* 36(3): 239-243.
- Rangel-Ruiz, L.J. & J. Gamboa-Aguilar. 2001. Diversidad malacológica en la región maya. I. "Parque Estatal de la Sierra," Tabasco, México. *Acta Zool. Mex.* (82): 1-12.
- Reid, J.W. & R. Pinto-Coelho. 1994. An Afro-Asian continental copepod, *Mesocyclops ogunnus*, found in Brazil; with a new key to the species of *Mesocyclops* in South America and a review of intercontinental introductions of copepods. *Limnologica* 24(4): 359-368.
- Reish, D.J. 1963. A quantitative study of the benthic polychaetous annelids of Bahia de San Quintin, Baja California. *Pacific Naturalist* 3: 399-436.
- Reish, D.J. & J.L. Barnard. 1990. Marine invertebrates as food for the shorebirds of Bahia de San Quintin, Baja California. Pp: 1-6, In Dailey, M. & H. Bertchsh (eds.), Proceedings of the International Marine Biology Symposium, vol. 8, June 4-8, Ensenada, Mexico.
- Rioja, E. 1943. Estudios anelidológicos. IX. La presencia de la *Mercierella enigmatica* Fauvel, en las costas Argentinas. *An. Inst. Biol. Mex.* 14: 547-551.
- Roche, D.G. & M.E. Torchin. 2007. Established population of the North American Harris mud crab, *Rhithropanopeus harrisi* (Gould 1841) (Crustacea: Brachyura: Xanthidae) in the Panama Canal. *Aquatic Invasions* 2(3): 155-161.
- Rojas-Carrillo, P.M. & J.I. Fernández-Méndez. 2006. La pesca en aguas continentales. Pp: 49-67, In Guzmán-Amaya, P. & D.F. Fuentes-Castellanos (coords.), Pesca, acuacultura e investigación en México. Comisión de Pesca, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable, Cámara de Diputados, México.
- Romero, S.M.B. & G.S. Moreira. 1980. The combined effects of salinity and temperature on the survival of

- embryos and veliger larvae of *Perna perna* (Linné, 1758) (Mollusca: Bivalvia). *Biol. Fisiol. Animal, University of San Paulo* 5: 45-58.
- Ruiz, G.M., L. Fegley, P. Fofonoff, Y. Cheng & R. Lemaitre. 2006. First records of *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853 (Crustacea: Brachyura: Varunidae) for Chesapeake Bay and the mid-Atlantic coast of North America. *Aquatic Invasions* 1(3): 137-142.
- Ruiz, G.M., T.K. Rawlings, E.C. Dobbs, L.A. Drake, T. Mulady, A. Huq & R.R. Colwell. 2000. Global spread of microorganisms by ships. *Nature* 408: 49-50.
- Ruiz-Campos, G., J.L. Castro-Aguirre, S. Contreras-Balderas, M.D. Lozano-Vilano, A.F. González-Acosta & S. Sánchez-González. 2002. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur, Mexico. *Rev. Fish Biol. Fish.* 12(2): 143-155.
- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas, C.A. Reyes-Valdez, J. de la Cruz-Agüero & E. Torres-Balcazar. 2006. Distribution and abundance of the endangered killifish *Fundulus lima*, and its interaction with exotic fishes in oases of central Baja California, Mexico. *Southwestern Naturalist* 51(4): 502-509.
- Salazar-Vallejo, S.I. & N.E. González. 1993. Panorama y fundamentos para un programa nacional. Pp: 6-38, *In* Salazar-Vallejo, S.I. & N.E. González (eds.), *Biodiversidad marina y costera de México. CONABIO y CIQRO, México*, 865 pp.
- Salgado-Barragán, J. & A. Toledano-Granados. 2006. The false mussel *Mytilopsis adamsi* Morrison, 1946 (Mollusca: Bivalvia: Dreissenidae) in the Pacific waters of Mexico: A case of biological invasion. *Hydrobiologia* 563(1): 1-7.
- Salgado-Barragán, J., N. Méndez & A. Toledano-Granados. 2004. *Ficopomatus miamiensis* (Polychaeta: Serpulidae) and *Styela canopus* (Ascidiacea: Styelidae), non-native species in Urías estuary, SE Gulf of California, Mexico. *Cah. Biol. Mar.* 45: 167-173.
- Salgado-Maldonado, G. & R. Pineda-López. 2003. The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi*: a potential threat to native freshwater fish species in Mexico. *Biological Invasions* 5: 261-268.
- Schmitter-Soto, J.J. & C.I. Caro. 1997. Distribution of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Perciformes: Cichlidae), and water body characteristics in Quintana Roo, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 45(3): 1257-1261.
- Schwindt, E. & O. Iribarne. 1998. Reef of *Ficopomatus enigmaticus* (Polychaeta; Serpulida) in the Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 41: 35-40.
- Shafland, P.L. 1996. Exotic fishes of Florida - 1994. *Rev. Fish. Sci.* 4(2): 101-122.
- Siddall, S.E. 1979. Effects of temperature and salinity on metamorphosis in two tropical mussels. *Proc. Natl. Shellfish Ass.* 69: 199.
- Siddall, S.E. 1980. A clarification of the genus *Perna* (Mytilidae). *Bull. Mar. Sci.* 30(4): 858-870.
- Spalding, M.D., C. Ravilious & E.P. Green. 2001. *World atlas of coral reefs*. University of California Press, Berkeley, California. 424 pp.
- Straughan, D. 1966. Australian brackish water Serpulids (Annelida: Polychaeta). *Rec. Aust. Mus.* 27(5): 139-146.
- Strecker, U. 2006. The impact of invasive fish on an endemic *Cyprinodon* species flock (Teleostei) from Laguna Chichancanab, Yucatan, Mexico. *Ecol. Freshwat. Fish* 15: 408-418.
- Suárez-Morales, E., J.A. McLelland & J.W. Reid. 1999. The planktonic copepods of coastal saline ponds of the Cayman Islands with special reference to the occurrence of *Mesocyclops ogunnus* Onabamiro, an apparently introduced Afro-Asian cyclopoid. *Gulf Res. Rep.* 11: 51-56.
- Suárez-Morales, E., M. Elías-Gutiérrez, J. Ciro-Pérez & M. Silva-Briano. 2000. Cap. 7. Cladocera. Pp: 159-169, *In* Llorente-Bousquets, J., E. González Soriano & N. Papavero (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II, CONABIO y Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México*.
- Suárez-Morales, E., M.A. Gutiérrez-Aguirre, J.L. Torres & F. Hernández. 2005. The Asian *Mesocyclops pehpeiensis* Hu, 1943 (Crustacea, Copepoda, Cyclopidae) in Southeast Mexico with comments on the distribution of the species. *Zoosystema* 27(2): 245-256.
- Ten Hove, H.A. & J.C.A. Weerdenburg. 1978. A generic revision of the brackish-water serpulid *Ficopomatus* Southern 1921 (Polychaeta: Serpulinae), including *Mercierella* Fauvel 1923, *Sphaeropomatus* Treadwell 1934, *Mercierellopsis* Rioja 1945 and *Neopomatus* Pillai 1960. *Biological Bulletin* 154: 96-120.
- Tjallingii, F. 2001. Global market analysis released. *Ballast Water News* 6: 6-8.
- Tovar-Hernández, M.A. & P. Knight-Jones. 2006. Species of *Branchiomma* (Polychaeta: Sabellidae) from the Caribbean Sea and Pacific coast of Panama. *Zootaxa* 1189: 1-37.
- Villareal, T.A., S. Hanson, S. Qualia, E.L.E. Jester, H.R. Granade & R.W. Dickey. 2007. Petroleum production platforms as sites for the expansion of ciguatera in the northwestern Gulf of Mexico. *Harmful Algae* 6: 253-259.
- Vite-García, M.N. 2002. Crecimiento, mortalidad e índice de condición del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) en un cultivo piloto comercial en la bahía Tangolunda, Oaxaca, México. Tesis Profesional, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 111 pp.
- Wakida-Kusunoki, A.T., R. Ruiz-Carus & E. Amador-del-Angel. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnaud, 1855) (Loricariidae), another exotic species established in

- southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52(1):141-144.
- Wasson, K. 1997. Systematic revision of colonial kamptozoans (entoprocts) of the Pacific coast of North America. *Zool. J. Linn. Soc.* 121: 1-63.
- Zambrano, L., M. Scheffer & M. Martínez-Ramos. 2001. Catastrophic response of lakes to benthivorous fish introduction. *Oikos* 94: 1-7.
- Zambrano, L., M.R. Perrow, C. Macías-García & V. Aguirre-Hidalgo. 1999. Impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in Central Mexico. *J. Aquat. Ecosys. Stress Recov.* 6: 281-288.

Recibido: 10 de junio de 2007.

Aceptado: 18 de septiembre de 2007.