

Informe final* del Proyecto GN002
Poliquetos invasores (Annelida: Polychaeta) del Puerto de Mazatlán, Sinaloa

Responsable: Dra. María Nuria Méndez Ubach
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Estación Mazatlán
Laboratorio de Invertebrados Bentónicos
Dirección: Explanada de la Azada y Cerro del Crestón s/n, Mazatlán, Sin, 82240, México
Correo electrónico: nuri@ola.icmyl.unam.mx
Teléfono/Fax: (669) 985 28 45 al 48. Fax: (669) 982 61 33
Fecha de inicio: Marzo 31, 2009
Fecha de término: Noviembre 18, 2010
Principales resultados: Base de datos, hojas de cálculo, informe final y fotografías.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Tovar-Hernández, M.A. & Yáñez-Rivera, B. Responsable: Méndez, N. 2010. Poliquetos invasores (Annelida: Polychaeta) del Puerto de Mazatlán, Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y limnología, Unidad Académica Mazatlán, Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. GN002.** México, D.F.
Forma de citar hojas de cálculo: Tovar-Hernández, M.A. & Yáñez-Rivera, B. Responsable: Méndez, N. 2010. Poliquetos invasores (Annelida: Polychaeta) del Puerto de Mazatlán, Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y limnología, Unidad Académica Mazatlán, Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. GN002.** México, D.F.

Resumen:

Las especies invasoras son la segunda causa de pérdida de la biodiversidad a escala mundial. En el medio marino las especies invasoras generalmente son pequeñas, inconspicuas y poco conocidas taxonómicamente. Destacan, entre ellas, los poliquetos sabélidos y serpúlidos esclerobiontes, mejor conocidos como flores y pinitos de mar, respectivamente. Estos gusanos son buenos representantes de la biota que viaja adherida como esclerobiontes o fouling en los cascos de las embarcaciones y varias especies han sido transportadas incidentalmente asociadas a las prácticas de camaronicultura y ostricultura. Así, los hábitos gregarios y tubícolas, sus mecanismos anti-depredación y sus estrategias reproductivas, han favorecido su transporte incidental y su invasión en hábitats de regiones diferentes a las de su origen. En los ambientes colonizados los sabélidos y serpúlidos invasores presentan una elevada abundancia y compiten con la fauna nativa por alimento y espacio. A pesar de que el territorio nacional es muy vulnerable ante esa inminente problemática, aún no se han realizado estudios con el fin de detectar poliquetos invasores en el ambiente marino. Además, para determinar la influencia de las actividades antropogénicas en la distribución de las especies, se requiere conocer sus historias de vida, especialmente respecto a la duración del período larvario y los mecanismos naturales de dispersión, pero tal información no está disponible en la literatura. Para coadyuvar a ello, en este proyecto se propone un estudio sistemático detallado para la detección de sabélidos y serpúlidos invasores en Mazatlán, principal puerto de altura y cabotaje del Noroeste de la República Mexicana; aportar datos para el conocimiento de las estrategias reproductivas y estadios larvarios de las especies invasoras *Branchiommma bairdi* y *Ficopomatus miamiensis*; determinar si *F. miamiensis* ha logrado invadir otras granjas camaronícolas y determinar la presencia del parásito invasor *Terebrasabella heterouncinata* en granjas ostrícolas en tres municipios del sur del estado de Sinaloa. La información recabada servirá para elaborar un análisis de riesgo y proponer medidas de prevención y control de las especies invasoras.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Unidad Académica Mazatlán

INFORME FINAL DEL PROYECTO GN002

Poliquetos invasores (Annelida: Polychaeta) del Puerto de Mazatlán, Sinaloa

Responsable

Dra. María Nuria Méndez Ubach

Elaboraron:

Dra. María Ana Tovar-Hernández

M. en C. Beatriz Yáñez-Rivera

Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Unidad Académica Mazatlán
Calzada Joel Montes Camarena s/n
Cerro del Crestón, CP 82000
Mazatlán, Sinaloa, México
(669) 985 28 45

Mayo 21, 2010

ÍNDICE

| | |
|-------------------------|----|
| Resumen ejecutivo | 3 |
| Antecedentes | 4 |
| Introducción | 5 |
| Objetivos | 6 |
| Métodos | 7 |
| Resultados | 12 |
| Discusión | 15 |
| Conclusiones | 16 |
| Créditos | 17 |
| Agradecimientos | 18 |
| Referencias..... | 18 |

ANEXO 1. Tablas.

- Tabla 1. Información general de las estaciones de muestreo.
- Tabla 2. Principales grupos de esclerobiontes recolectados.
- Tabla 3. Familias de poliquetos esclerobiontes del Puerto de Mazatlán.
- Tabla 4. Distribución y abundancia de especies de sabélidos y serpúlidos.
- Tabla 5. Géneros identificados de la familia Chrysopetalidae.
- Tabla 6. Géneros identificados de la familia Cirratulidae.
- Tabla 7. Géneros identificados de la familia Dorvilleidae.
- Tabla 8. Géneros identificados de la familia Eunicidae.
- Tabla 9. Géneros identificados de la familia Hesionidae.
- Tabla 10. Géneros identificados de la familia Lumbrineridae.
- Tabla 11. Géneros identificados de la familia Nereididae.
- Tabla 12. Géneros identificados de la familia Opheliidae.
- Tabla 13. Géneros identificados de la familia Phyllodocidae.
- Tabla 14. Géneros identificados de la familia Polynoidae.
- Tabla 15. Géneros identificados de la familia Spionidae.
- Tabla 16. Géneros identificados de la familia Syllidae.
- Tabla 17. Géneros identificados de la familia Terebellidae.

ANEXO 2. Informe de visita a granjas camaronícolas y ostrícolas del estado de Sinaloa.

ANEXO 3. Fichas de especies invasoras (con análisis de riesgo incluido).

- 3A. Ficha de *Branchiomma bairdi* (McIntosh, 1885).
- 3B. Ficha de *Ficopomatus miamiensis* (Treadwell, 1936).
- 3C. Ficha de *Terebrasabella heterouncinata* Fitzhugh & Rouse, 1999.

ANEXO 4. Artículo publicado en Systematics and Biodiversity.

ANEXO 5. Artículo terminado para someterlo a publicación en Biodiversitas.

RESUMEN EJECUTIVO

Las especies invasoras son la segunda causa de pérdida de la biodiversidad a escala mundial. En el medio marino las especies invasoras generalmente son pequeñas, inconspicuas y poco conocidas taxonómicamente. Destacan, entre ellas, los poliquetos sabélidos y serpúlidos, mejor conocidos como flores y pinitos de mar, respectivamente. Estos gusanos son buenos representantes de la biota que viaja adherida como esclerobiontes o *fouling* en los cascos de las embarcaciones y varias especies han sido transportadas incidentalmente asociadas a las prácticas de acuicultura. Los hábitos gregarios y tubícolas, sus mecanismos anti-depredación y sus estrategias reproductivas, han favorecido su transporte incidental y su invasión en hábitats de regiones diferentes a las de su origen. En los ambientes colonizados los sabélidos y serpúlidos invasores presentan una elevada abundancia y compiten con la fauna nativa por alimento y espacio. A pesar de que el territorio nacional es muy vulnerable ante esa inminente problemática, aún no se han realizado estudios con el fin de detectar poliquetos invasores. Además, para determinar la influencia de las actividades antropogénicas en la distribución de las especies, se requiere conocer sus historias de vida, especialmente respecto a la duración del período larvario y los mecanismos naturales de dispersión, pero tal información no está disponible en la literatura. Para coadyuvar a ello, en este proyecto se propuso un estudio sistemático detallado para la detección de especies de poliquetos sabélidos y serpúlidos invasores en Mazatlán, conocer las estrategias reproductivas de *Branchiomma bairdi* y *Ficopomatus miamiensis* (especies no-nativas), determinar la extensión de *F. miamiensis* en granjas camarónicas de Sinaloa, determinar si el sabélido parásito invasor *Terebrasabella heterouncinata* está presente en granjas ostrícolas del estado de Sinaloa, caracterizar las especies de acuerdo con los atributos reconocidos para la biota invasora, elaborar un análisis de riesgo y generar una colección de organismos esclerobiontes. Se hicieron muestreos mensuales en boyas del canal de navegación de enero a diciembre de 2009, se midió la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto. Los poliquetos fueron identificados a nivel de familia y los sabélidos y serpúlidos hasta especie. Se tomaron medidas morfométricas y se elaboraron diagnósticos. Se estudió la biología reproductiva de dos especies introducidas. Se visitaron 77 granjas camarónicas y dos ostrícolas en Sinaloa. Se identificaron 15 familias de poliquetos y 39 géneros. Se identificaron cuatro especies de sabélidos y nueve de serpúlidos, entre las que destacan el sabélido *B. bairdi* y el serpúlido *F. miamiensis* por ser especies introducidas en el puerto de Mazatlán, la primera incorporada como *fouling* mientras que la segunda asociada a la camaronicultura. *Demonax pallidus*, *Megalomma coloratum* y *Vermiliopsis multiannulata* son especies nativas de la Provincia Californiana. *Hydroides brachyacanthus*, *H. cruciger*, *H. deleoni*, *H. glandifer* e *H. recurvispina* son especies nativas para la Provincia Panámica. *Hydroides elegans* es nativa de Australia, considerada invasora en varias localidades del mundo pero no en Mazatlán. *Branchiomma coheni*, *D. pallidus* y *M. coloratum* constituyen nuevos registros para México. Los registros de *H. deleoni*, *H. elegans*, *H. glandifer*, *H. recurvispina* y *V. multiannulata* son nuevos para Mazatlán. *Hydroides brachyacanthus* e *H. cruciger* son comunes en el Pacífico mexicano. *Branchiomma bairdi* es hermafrodita simultánea y también presenta reproducción asexual, la producción de gametos es continua, la fecundación es intra-tubular, la larva es lecitotrófica y es incubada por el organismo parental. *Ficopomatus miamiensis* presenta sexos separados, el desove es libre en la columna de agua (extra-tubular) y la larva es planctotrófica. De acuerdo con el análisis de riesgo, *B. bairdi* es una especie potencialmente invasora que se registra en el puerto de Mazatlán, así como en dos granjas ostrícolas y dos camarónicas del norte de Sinaloa con una puntuación total de 70 (clasificación 21). El gusano introducido *F. miamiensis* se registra de manera temporal en cuatro granjas camarónicas del municipio de Mazatlán y registra una puntuación de 50 (clasificación 17) en el análisis de riesgo. El sabélido *T. heterouncinata* no se registra en las granjas ostrícolas visitadas y tampoco existen registros de su introducción en el país, pero de acuerdo al análisis de riesgo, es una especie invasora potencial (140 puntos, clasificación 33). Los ejemplares estudiados se depositaron en la Colección de Referencia del laboratorio de Invertebrados Bentónicos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán. La información generada en este estudio se incorporó a la base de datos Biótica V. 5.0.

ANTECEDENTES

En el Laboratorio de Invertebrados Bentónicos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México, hemos venido trabajando específicamente en la detección de especies de invertebrados marinos invasores en el puerto de Mazatlán y localidades adyacentes desde hace cinco años. Esta iniciativa ha permitido la documentación de cuatro especies de invertebrados marinos no-nativos en la región: el copépodo *Enhydrosoma lacunae* Jakubisiak (Gómez, 2003); la ascidia *Styela canopus* Savigny, el serpúlido *F. miamiensis* (Treadwell, 1934) (Salgado-Barragán *et al.*, 2004) y el mejillón falso *Mytiliopsis adamsi* Morrison (Salgado-Barragán & Toledano-Granados, 2006). En marzo del 2008 dimos inicio al proyecto titulado “Poliquetos sabélidos y serpúlidos esclerobiontes (Annelida: Polychaeta) del puerto de Mazatlán, Sinaloa: detección de especies invasoras y estrategias reproductivas”, investigación posdoctoral a cargo de la Dra. María Ana Tovar-Hernández, que constituyó la línea de base para la detección del sabélido no-nativo *Branchiomma bairdi* (McIntosh, 1885) en territorio mexicano, la confirmación de la introducción del serpúlido no-nativo *F. miamiensis* y para alertar sobre el posible ingreso del sabélido parásito invasor *Terebrasabella heterouncinata* Fitzhugh & Rouse, 1999 en granjas ostrícolas de Sinaloa.

Branchiomma bairdi (Figura 1a) es un sabélido descrito para Bermuda y que ha sido registrado en las costas de Florida, Quintana Roo, Bermuda, Curaçao, Jamaica, Aruba, Saint-Thomas y Panamá (Tovar-Hernández & Knight-Jones, 2006). A pesar de que no está incluido en la lista de especies invasoras de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se registró recientemente el puerto de Mazatlán, donde fue encontrado en altas abundancias y con altos porcentajes de cobertura en sustratos de origen antropogénico: boyas metálicas, cascos de embarcaciones, pilotes de muelles de concreto, madera y metal, donde ha proliferado rápidamente (Tovar-Hernández *et al.*, 2009). El estudio de sus estrategias reproductivas es el siguiente paso para entender su ecología y el impacto que pudiera representar para la biota nativa y en el ecosistema.

Ficopomatus miamiensis es un serpúlido (Figura 1c) nativo de Florida que fue introducido accidentalmente en el Estero de Urías, cercano al puerto de Mazatlán, posiblemente asociado a práctica de la acuicultura de camarón en la región (Salgado-Barragán *et al.*, 2004). En una granja camaronícola del Estero de Urías, la especie forma numerosos pequeños arrecifes de unos 30 cm de diámetro hasta 40 cm de alto, formados por cientos de tubos calcáreos (Figura 1b). En los canales adyacentes al desagüe de la granja en el estuario, la especie ha proliferado adherida a las raíces de mangle, compitiendo por espacio con ostiones y mejillones nativos. A pesar de que la CONABIO y otras agencias internacionales la reconocen como especie invasora, aún se desconocen sus estrategias reproductivas, su impacto en el ambiente colonizado y su posible presencia en otros estuarios y granjas camaronícolas de Sinaloa. A este respecto, Sinaloa es el estado mexicano que presenta el mayor desarrollo camaronícola del país, con 488 granjas registradas en el año 2006 (Carta Nacional Pesquera, 2006). Esta situación se atribuye a la óptima localización geográfica en función de la disponibilidad de agua, suelos, infraestructura vial y disponibilidad de postlarvas, ésta última impulsada con la creación de laboratorios de abastecimiento de postlarvas. El estado cuenta con un importante número de ecosistemas costeros (bahías, estuarios y lagunas). Los más importantes suman alrededor de 20 que están relacionados directamente con la actividad camaronícola. Hacia el norte del estado, se sitúa el sistema de Agiabampo, localizado en los límites del estado de Sonora. El sistema Teacapán-Agua Grande, limita con el estado de Nayarit y conecta con el sistema de manglar más extenso del Pacífico mexicano: Marismas Nacionales (Ruíz & Berlanga, 2001). De ahí radica la importancia de saber si el serpúlido *F. miamiensis* está presente en otras granjas camaronícolas y si ha logrado su expansión en los sistemas costeros del estado.

Terebrasabella heterouncinata (Figura 1h) es un sabélido parásito de abulón del Sur de África (*Haliotis midae* Linnaeus) que fue introducido en la década pasada en granjas de abulón de California. En

California logro infestar al abulón nativo *H. rufescens* Swainson, ocasionando daños físicos severos a la concha del abulón (Figuras 1d–g) y, en consecuencia, grandes pérdidas económicas para la ostricultura (Culver *et al.*, 1997) e inclusive en California ha logrado infestar otros moluscos gasterópodos nativos de vida silvestre. En el sur de Chile fue registrada recientemente parasitando al abulón *H. rufescens* (Moreno *et al.*, 2006). En el territorio nacional existen 126 granjas de moluscos (abulón, ostión y almejas), de ellas 10 granjas ostrícolas se localizan en Sinaloa (Carta Nacional Pesquera, 2006), por lo que existe una alta probabilidad de encontrar esta especie invasora. Sin embargo, aún no se han realizado estudios con el propósito de detectar al sabélido parásito invasor.

En 2009 obtuvimos financiamiento de la CONABIO para proporcionar información biológica y ecológica las especies no-nativas *B. bairdi*, *F. miamiensis* y *T. heterouncinata* que coadyuvan a prevenir su ingreso, su detección temprana y analizar el riesgo que representan para la biota nativa y el ecosistema.

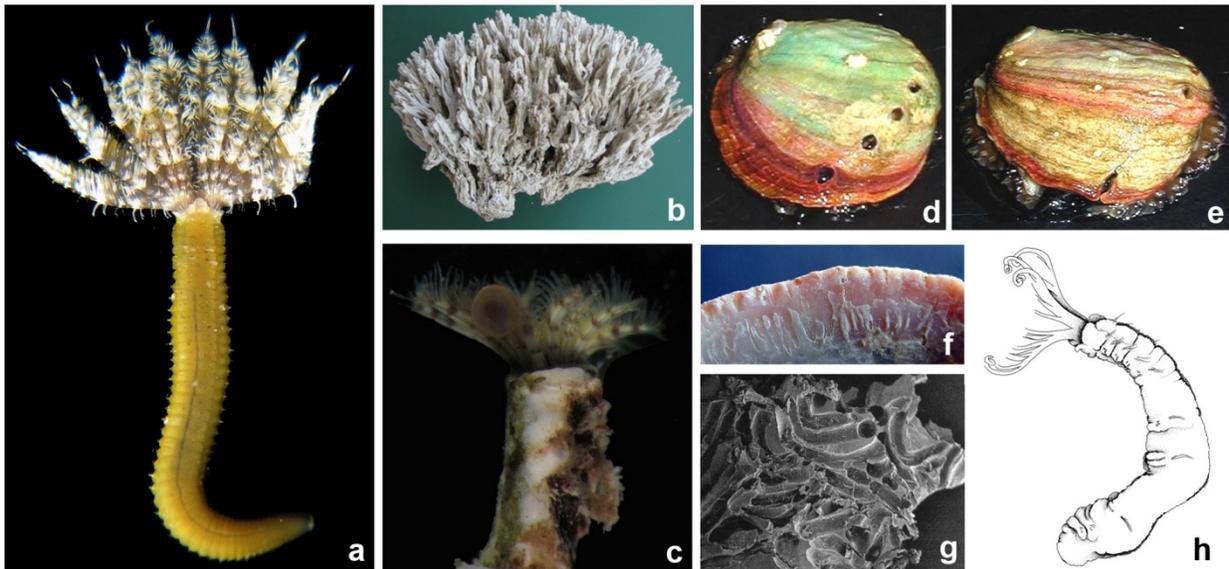


Figura 1. Sabélidos y serpúlido invasores. a) *Branchiomma bairdi*, b) colonia de *Ficopomatus miamiensis*, c) detalle de un tubo de *F. miamiensis*, d–g) concha del abulón *Haliotis rufescens*, d) concha sana, e) concha infestada con *Terebrasabella heterouncinata*, f) corte transversal de la concha, g) corte visto con rayos X, h) *T. heterouncinata*.

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de las actividades mercantiles en el mar, las naves han facilitado el desplazamiento y colonización de muchas especies en ambientes distintos y distantes a los originales, por lo que constituyen especies potencialmente invasoras en el lugar al que llegan (Carlton, 1989; Carlton & Hodder, 1995; Minchin & Gollasch, 2003). Muchas especies han sido transportadas de manera deliberada por su importancia para la alimentación humana, incluyendo organismos para acuicultura (Taylor *et al.*, 2001), o acuarofilia (Calado & Chapman, 2006), mientras que otras han sido transportadas de manera inadvertida entre la carga, asociada a los materiales de lastre, o fijas a los cascos de las embarcaciones como bioincrustantes (también conocidos como *fouling* o esclerobiontes). Algunas especies fueron transportadas incidentalmente como parásitos o como endo- o epibiontes de especies cultivadas (Chu *et al.*, 1997; Lambert, 2002); otras a través de instituciones educativas o de investigación como colegios, universidades y acuarios públicos (Weigle *et al.*, 2005); o bien, por medio de actividades privadas o gubernamentales, como la restauración costera (Carlton, 1992).

Así, algunas especies han alcanzado distribuciones extraordinarias que no pueden explicarse por mecanismos naturales de dispersión (Sax, 2001) y algunas han ocasionado modificaciones marcadas del paisaje colonizado (Ruitton *et al.*, 2005). Entre las asociadas a la carga de buques están muchas especies simbioses de plantas ornamentales o de cultivo, de animales domésticos, o aquellas que han vivido ligadas a las poblaciones humanas, como ratas y moscas. Se han realizado muchas investigaciones sobre el impacto de estos organismos en el medio terrestre, ya que sus efectos en los continentes son notorios (Costello & McAusland, 2003). A pesar de que en el medio marino los impactos son también de gran consecuencia, las especies marinas invasoras sólo han cobrado mayor relevancia en años recientes (Wasson *et al.*, 2000). Por ejemplo, los impactos de los organismos marinos transportados en el lastre o como bioincrustantes incluyen la depredación o extinción de especies nativas (Castilla *et al.*, 2004), competencia, propagación de enfermedades con altos gastos económicos ocasionados a la acuicultura y pesquerías, así como a otras actividades humanas (Ruiz *et al.*, 1997, 2000; Sakai *et al.*, 2001; Torchin *et al.*, 2003; Hatcher *et al.*, 2006).

Después de la destrucción directa del hábitat, la introducción de especies invasoras es la segunda causa de pérdida de biodiversidad a escala mundial (Hunter, 2002). Las bio-invasiones generalmente están asociadas a organismos de gran talla fácilmente identificables; sin embargo, la gran mayoría de las especies invasoras son pequeñas, inconspicuas y poco conocidas taxonómicamente. Destacan entre ellas, los poliquetos esclerobiontes pertenecientes a las familias Sabellidae y Serpulidae, mejor conocidos como flores y pinitos de mar (respectivamente), ya que su hábito gregario y tubícola, sus mecanismos anti-depredación y sus estrategias reproductivas, han favorecido la invasión de las especies en regiones diferentes a las de su origen donde han causado severos impactos ecológicos y económicos, usando como vectores el agua de lastre, al casco de las embarcaciones y a la acuicultura.

El territorio nacional es muy vulnerable ante esa inminente problemática, dado que en el país los puertos constituyen la ruta o destinos de grandes embarcaciones que transportan alimentos procesados, granos, materia prima, automóviles, petróleo y derivados. Los principales destinos marítimos en el territorio nacional son los puertos de Ensenada, Mazatlán, Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Acapulco, Salina Cruz, Tampico, Veracruz, Coahuila y Progreso. Destaca, entre ellos, el Puerto de Mazatlán por constituir el punto de confluencia del Océano Pacífico y el Golfo de California, por llevarse al cabo en él actividades comerciales, turísticas y pesqueras, y por ser el enlace más importante de la costa occidental de México con varias ciudades de Asia, Panamá y California. Por lo anterior, es necesario un esfuerzo para dirigir las investigaciones hacia la biota marina y costera porque aún no se han realizado estudios con el fin de detectar poliquetos invasores en el ambiente marino, y para determinar la influencia de las actividades antropogénicas en la distribución de las especies, se requiere el conocimiento de sus historias de vida, especialmente respecto a la duración del período larval y los mecanismos naturales de dispersión, pero tal información no siempre está disponible en la literatura.

OBJETIVOS

La presente investigación tiene como propósitos la conducción de un estudio sistemático detallado para la detección de sabélidos y serpúlidos invasores en el Puerto de Mazatlán, principal puerto de altura y cabotaje del Noroeste de la República Mexicana, y conocer sus estrategias reproductivas para establecer acciones que coadyuven a prevenir su ingreso, detección temprana, manejo y control. Para lograr tales propósitos se plantean las metas siguientes:

1. Identificar poliquetos sabélidos y serpúlidos esclerobiontes nativos e invasores del Puerto de Mazatlán, Sinaloa.
2. Inducir la liberación de gametos de las especies no-nativas *Branchiomma bairdi* y *Ficopomatus*

miamiensis para conocer su modo de reproducción, el tipo de desarrollo, describir la morfología de los gametos y los estadios de desarrollo larvario.

3. Determinar la extensión del serpúlido no-nativo *F. miamiensis* en granjas camaronícolas de Sinaloa.
4. Determinar si el sabélido parásito invasor *Terebrasabella heterouncinata* está presente en granjas ostrícolas de Sinaloa.
5. Caracterizar las especies de acuerdo con los atributos reconocidos en la literatura para la biota invasora.
6. Elaborar una evaluación de riesgo a la biodiversidad por la introducción de las especies invasoras.
7. Generar una colección tradicional de organismos esclerobiontes del puerto y depositarla en la Colección de Referencia de Invertebrados Bentónicos (EMU) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán (ICML-UNAM).

MÉTODOS

Muestreo

Se coordinó con la Capitanía de Puerto, la Secretaría de Marina-Armada de México y la Administración Portuaria Integral del Puerto de Mazatlán las fechas propicias de recolección, tomando en cuenta la carta de mareas y las condiciones meteorológicas para cada muestreo. Se recolectó mensualmente (enero a diciembre de 2009) biota esclerobionte en cinco sitios del canal de navegación en el Puerto de Mazatlán (puntos 1–5) y dos sitios del Estero de Urías en febrero, abril, agosto y noviembre de 2009 (sitios 6–7) (Figura 2). En cada sitio se determinó la posición geográfica con un GPS. Se recolectaron muestras de agua de superficie y se midió la salinidad, la temperatura y el oxígeno disuelto con una sonda (Tabla 1, Anexo 1). En cada sitio del canal de navegación se raspó una superficie de 0.25 m² en las boyas metálicas (Figura 3), la muestra esclerobionte fue colocada en una bolsa de malla y transportada a la embarcación, donde fue transferida a cubetas de 20 l con agua marina. Las cubetas se rotularon con etiquetas plásticas enlazadas al mango y con tinta indeleble por dentro y por fuera.

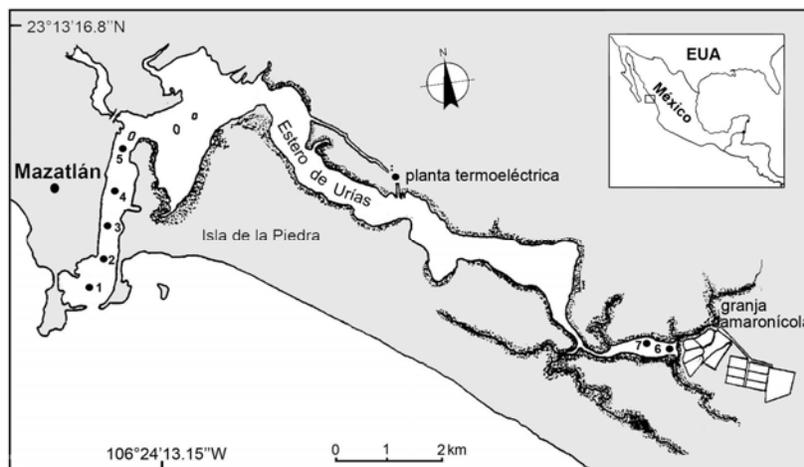


Figura 2. Estaciones de muestreo en el Canal de Navegación y en el Estero de Urías.

Las muestras se trasladaron al laboratorio donde se separaron preliminarmente a grandes grupos (crustáceos, moluscos, ascidias, equinodermos, poliquetos, esponjas y algas). La relación de este material se encuentra en la Tabla 2 (Anexo, 1). Los sabélidos y serpúlidos fueron mantenidos en acuarios para la toma de fotografías de los organismos *in vivo*, los cuales fueron anestesiados con cloruro de magnesio y/o mentol para optimizar las imágenes. Los crustáceos fueron fijados en etanol al 100% mientras que el resto de las muestras se fijaron con una solución de formol al 10%, y un par de días después se lavaron con agua dulce durante 24 h y se preservaron en etanol al 70%.



Figura 3. Boyas metálicas en el canal de navegación. Foto: Rendón-Rodríguez, S.

Identificación

Los poliquetos fueron identificados a nivel de familia (Tabla 3, Anexo 1). Los sabélidos y serpúlidos se identificaron hasta especie (Tabla 4, Anexo 1), con las claves especializadas de Perkins, 1984; Fitzhugh, 1989; Bastida-Zavala & ten Hove, 2002, 2003; Bastida-Zavala & Salazar-Vallejo, 2000a, b; Tovar-Hernández & Salazar-Vallejo, 2006; Tovar-Hernández & Knight-Jones, 2006. La correcta identificación de los especímenes fue corroborada con material de la Colección Nacional de Anélidos poliquetos (ICMyL) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML-UNAM), de la Colección de Referencia de Bentos Costero (ECO-CH-B) de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal (ECOSUR-CH), de la Colección de Invertebrados Marinos de la Universidad del Mar (UMAR) y de la Polychaeta Annelida Collection (LACM) del Museo de Historia Natural de Los Angeles (LACM). Los ejemplares de las familias restantes fueron identificados a nivel de género usando las claves del libro Poliquetos de México (Annelida: Polychaeta) y América Tropical (de León *et al.*, 2009): Chrysopetalidae, Cirratulidae, Dorvilleidae, Eunicidae, Hesionidae, Lumbrineridae, Nereididae, Opheliidae, Phyllodocidae, Polynoidae, Spionidae, Syllidae, Terebellidae y la guía de Fauchald (1977).

Los ejemplares de cada especie de sabélidos y serpúlidos fueron medidos para registrar el ancho del tórax, el largo del cuerpo (del peristomio al pigidio), la longitud de la corona branquial, el número de radiolos, el número de segmentos torácicos y abdominales. Los valores de tales medidas se proporcionan de

manera condensada en las diagnósis de las especies asociadas a la base de datos Biótica indicando: n= tamaño de muestra, r= intervalo de los datos, μ = media y \pm = desviación estándar.

Determinación de sexos, madurez sexual y peso

Se seleccionaron 50 ejemplares de *B. bairdi* recolectados cada mes (enero a febrero de 2009) y de *F. miamiensis* (febrero, abril, agosto y noviembre) para determinar los sexos así como la madurez sexual y peso. Para ello, se pesaron los organismos y posteriormente se hizo un corte longitudinal a lo largo del cuerpo. Ambas secciones fueron teñidas con verde de metilo para facilitar la búsqueda de gametos y para conocer su distribución a lo largo de los segmentos torácicos y abdominales, ya que los óvulos no se tiñen y el tejido espermático se tiñe de azul. Cuando se detectaron gametos, se tomó una muestra y se colocó en una laminilla con alcohol-glicerol para examinarla bajo el microscopio compuesto. Estos parámetros se integraron a las fichas de las especies invasoras (Anexo 3) así como a la base de datos Biótica. Algunas muestras de espermatozoides se prepararon para su observación en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Adicionalmente, en el Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias de la UNAM se procesaron muestras de *B. bairdi* con el propósito de determinar los estadios de madurez sexual por medio de cortes histológicos de 7 μ teñidos con las técnicas de Hematoxilina-Eosina y de Lendrum.

*Mecanismos reproductivos, estadios larvarios y colonización de *Ficopomatus miamiensis**

Se recolectaron dos colonias de *Ficopomatus miamiensis* en la granja camarónicola “Don Jorge” y se mantuvieron en acuarios separados para aclimatación, observación y monitoreo (acuarios stock). Para inducir la liberación de gametos, se fracturó cada tubo en la región media y se colocó individualmente en una caja de Petri. Una vez ocurrida la liberación de gametos, cada caja de Petri fue etiquetada según el sexo y se brindaron los siguientes tratamientos establecidos de acuerdo con observaciones previas en el laboratorio: a) 2 ml de óvulos + 2 ml de espermatozoides + 3 ml agua del medio natural. b) 2 ml de óvulos + 2 ml de espermatozoides + 0.35 ml microalgas *Chaetoceros mulleri* + 2.65 ml agua del medio natural (6 réplicas). c) 2 ml de óvulos + 2 ml de espermatozoides + 0.7 ml microalgas *Chaetoceros mulleri* + 2.3 ml agua del medio natural (6 réplicas).

Las cajas de Petri fueron colocadas en un cuarto con temperatura controlada a 25 ± 1 °C y se revisaron en los siguientes intervalos en el primer día: 1 h, 2 h, 3 h, 4 h, 5 h, 10 h, 24 h. Posteriormente, las muestras se revisaron cada 24 h hasta que ocurrió el asentamiento. Los cambios en la morfología fueron documentados con el uso de fotografía digital adaptada al microscopio de luz. Una vez ocurrido el asentamiento, se midieron los tubos cada 24 h hasta alcanzar la talla adulta.

Adicionalmente, en las granjas “Don Jorge” y “Los Cocos” se colocaron losetas de barro en los estanques de cultivo de camarón blanco con el propósito de estudiar la colonización de *F. miamiensis* durante la segunda temporada de cultivo. Para ello se colocaron ocho cuentas de cuatro y cinco losetas en uno de los muelles de madera del estanque 53 de la granja “Don Jorge” (Figura 4) y dos losetas sueltas en el estanque de la granja “Los Cocos”. Las losetas se extrajeron un mes posterior a su colocación.

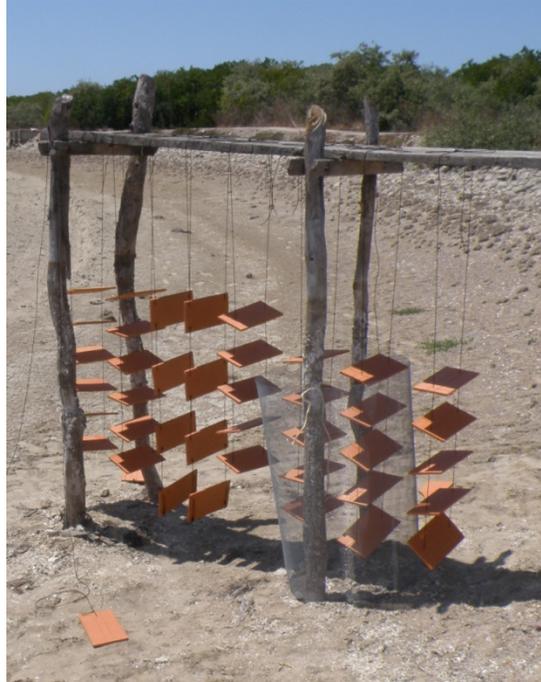


Figura 4. Loquetas de barro para estudiar la colonización de *F. miamiensis* en un estanque de la granja camaronícola “Don Jorge”. Foto: Rendón-Rodríguez, S.

Mecanismos reproductivos de Branchiomma bairdi

Para estudiar la fecundación y el desarrollo larvario se realizó un muestreo de organismos de *B. bairdi* en tres estaciones del Estero de Urías. Los organismos se mantuvieron en acuarios stock, de donde se tomaron 36 individuos para inducir la liberación de gametos, mientras que 45 organismos se colocaron en tres acuarios para observar la liberación de gametos y la fecundación natural.

Por medio de la liberación inducida mediante incisión y presión de los organismos, se obtuvieron una gran cantidad de óvulos maduros y espermatozoides activos. Con estos gametos se realizó una prueba de fertilización cruzada (Figura 5), donde se cruzaron los gametos obtenidos por los dos diferentes métodos de las distintas estaciones. Adicionalmente se dejaron gametos sin cruzar para evaluar si la especie presenta autofecundación. Todas las muestras se revisaron bajo el microscopio cada hora.

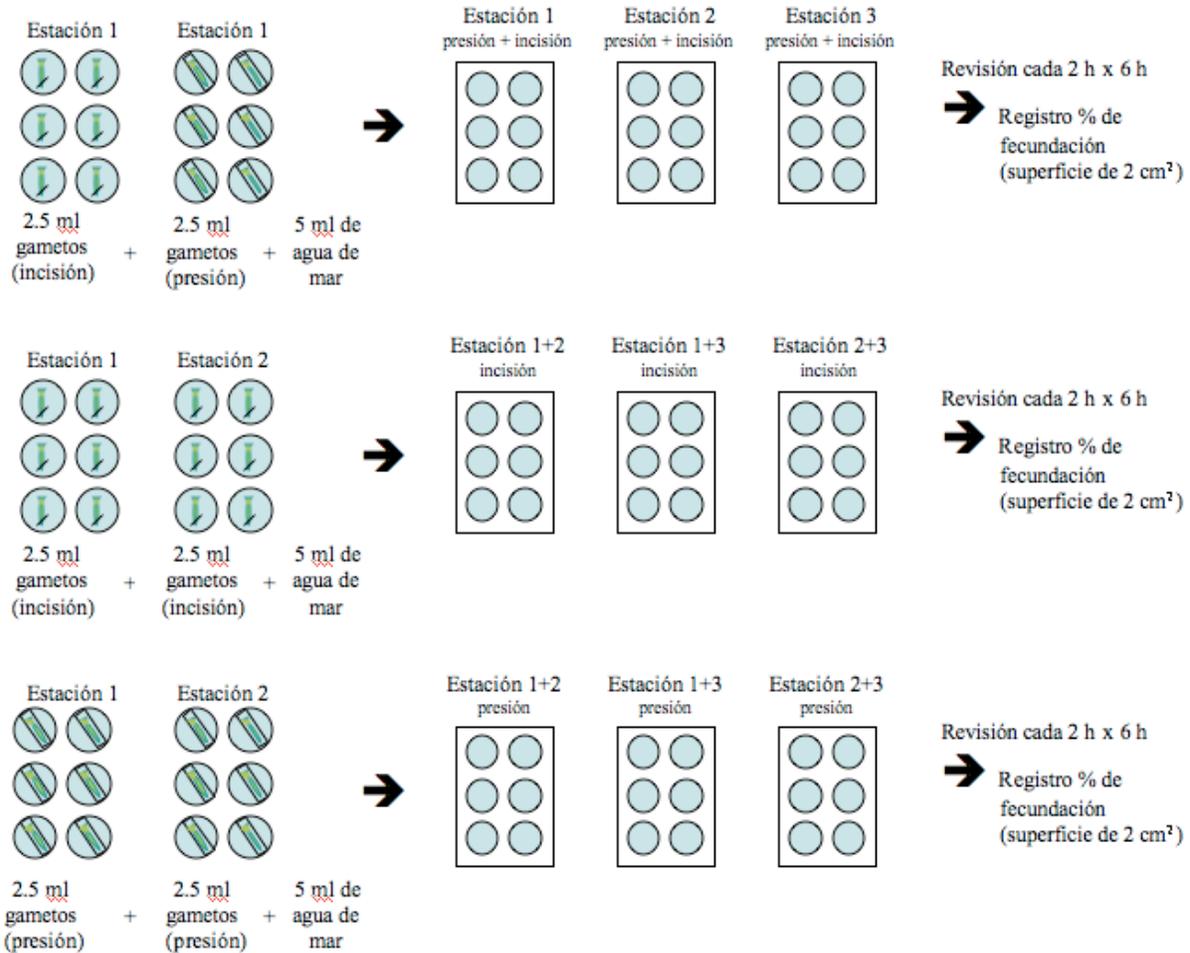


Figura 5. Diseño de fecundación cruzada de *B. bairdi*.

Extensión de las especies invasoras F. miamiensis y T. heterouncinata

El estado de Sinaloa se dividió en tres regiones: zona sur (municipios de Mazatlán, Rosario y Escuinapa); zona norte (municipios de Ahome, Guasave y Angostura) y zona centro (municipios de Navolato, Culiacán, Elota y San Ignacio). En las tres zonas se visitaron 79 granjas (77 camarónicas y 2 ostrícolas) ubicadas en los municipios costeros de Sinaloa. En el recorrido se trató de revisar los sistemas costeros representativos del estado. También se visitaron cuatro granjas que se encuentran en la zona limítrofe con el estado de Nayarit. En los resultados, la numeración de las granjas dentro de cada zona mantiene el número que le fue asignado en la bitácora de campo.

En cada granja camarónica se determinó la posición geográfica con un geoposicionador (Garmin GPS 12XL) y se revisaron los estanques. En caso de encontrar *F. miamiensis* vivos, se tomaron muestras que fueron fijadas con una solución de formol al 10% para su traslado al laboratorio. En caso de encontrar *F. miamiensis* muertos, la muestra se colocó en frascos de plástico y/o bolsas plásticas. Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, para su posterior depósito en la Colección de Referencia de Invertebrados (EMU).

En cada granja camarónica se realizó una encuesta al dueño, al encargado, a los empleados, o al

inspector del Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sinaloa (CESASIN), cuyo propósito fue conocer la antigüedad de la compañía, los períodos de siembra anuales, el número de sitios de descarga, la intensidad de *F. miamiensis* en las granjas en diferentes temporadas, el crecimiento y conducta del camarón cultivado ante la presencia de *F. miamiensis*, los costos económicos percibidos ante la presencia de *F. miamiensis*, las posibles rutas de introducción de *F. miamiensis* en las granjas, condiciones ambientales de los estanques, tipo de alimento y nutrientes empleados para el camarón cultivado, sitios particulares de fijación de las colonias en los estanques, posibles tratamientos para controlar el crecimiento del serpulido invasor, origen de las postlarvas, distribuidores de las postlarvas, y métodos de filtrado de agua al entrar y al salir de la granja. La información presentada en el informe de las granjas (Anexo 2) es tan completa como la disponibilidad de los dueños, encargados, empleados o inspectores lo permitió. En algunos casos, las granjas se encontraban vacías al momento de la visita, por lo que la información proporcionada se limita a las observaciones que se pudieron hacer en los estanques accesibles.

En cada granja ostrícola también se determinó la posición geográfica con un geoposicionador y se tomaron muestras representativas de los moluscos. Se tomaron los ostiones y se hizo un examen visual de las conchas para después proceder con la extracción de la fauna endobionte. La muestra se fijó según los métodos descritos anteriormente y se trasladó al laboratorio para su examinación bajo el microscopio con el propósito de detectar al parásito-invasor *T. heterouncinata*. La encuesta al encargado de cada granja fue similar a la mencionada anteriormente para *F. miamiensis*. La información recabada se encuentra en el Anexo 2.

Fotografía digital

Se entregaron un total de 82 imágenes para el Banco de Imágenes de la CONABIO, de acuerdo con los lineamientos para la entrega de fotografías. Cabe destacar que en las revisiones anteriores a excepción de una imagen, todas las demás cumplieron con las especificaciones indicadas y fueron preseleccionadas.

RESULTADOS

Sistemática

La biota esclerobionte se conforma de crustáceos, moluscos, equinodermos, esponjas y ascidias (Tabla 2, Anexo 1). Los poliquetos esclerobiontes del Puerto de Mazatlán están representados por 15 familias: Chrysopetalidae, Cirratulidae, Dorvilleidae, Eunicidae, Hesionidae, Lumbrineridae, Nereididae, Phyllodocidae, Polynoidae, Sabellidae, Serpulidae, Spionidae, Syllidae y Terebellidae (Tabla 3, Anexo 1). Se identificaron cuatro especies de sabélidos y nueve de serpulidos cuya distribución y abundancia se presentan en la tabla 4 (Anexo 1):

Familia **SABELLIDAE** Latreille, 1825

Branchiomma bairdi (McIntosh, 1885)

Branchiomma coheni Tovar-Hernández y Knight-Jones, 2006

Demonax pallidus (Moore, 1923)

Megalomma coloratum (Chamberlin, 1919)

Familia **SERPULIDAE** Rafinesque, 1815

Ficopomatus miamiensis (Treadwell, 1934)

Hydroides brachyacanthus Rioja, 1941

Hydroides cruciger Mörch, 1863

Hydroides deleoni Bastida-Zavala y ten Hove, 2003

Hydroides elegans (Haswell, 1883)
Hydroides glandifer Rioja, 1941
Hydroides recurvispina Rioja, 1941
Hydroides sanctaecrucis Krøyer en Mörch, 1863
Vermiliopsis multiannulata (Moore, 1923)

Las 13 familias restantes están representadas por 33 géneros y su distribución y abundancia se encuentran en la tabla indicada:

Familia **CHRYSOPETALIDAE** (Tabla 5, Anexo 1)

Chrysopetalum
Paleanotus

Familia **CIRRATULIDAE** (Tabla 6, Anexo 1)

Dodecaceria
Timarete

Familia **DORVILLEIDAE** (Tabla 7, Anexo 1)

Dorvillea

Familia **EUNICIDAE** (Tabla 8, Anexo 1)

Eunice
Marphysa
Palola

Familia **HESIONIDAE** (Tabla 9, Anexo 1)

Ophiodromus

Familia **LUMBRINERIDAE** (Tabla 10, Anexo 1)

Lumbrineris

Familia **NEREIDIDAE** (Tabla 11, Anexo 1)

Ceratonereis
Neanthes
Nereis
Perinereis
Platynereis
Pseudonereis

Familia **OPHELIIDAE** (Tabla 12, Anexo 1)

Polyophthalmus

Familia **PHYLLODOCIDAE** (Tabla 13, Anexo 1)

Phyllodoce
Nereiphylla
Eulalia
Sige

Familia **POLYNOIDAE** (Tabla 14, Anexo 1)

Halosydna
Malmgreniella
Thormora
Lepidasthenia
Lepidonopsis

Familia **SPIONIDAE** (Tabla 15, Anexo 1)

Dipolydora
Polydora

Familia **SYLLIDAE** (Tabla 16, Anexo 1)

Syllis
Myrianida

Familia **TEREBELLIDAE** (Tabla 17, Anexo 1)*Eupolymnia**Pista**Streblosoma**Base de datos Biótica*

La base de datos Biótica cubre con el 100% de los registros comprometidos, ya que cuenta con 1,023 registros (951 colectados, 66 reportados y 6 observados); 373 registros de ejemplares identificados a nivel de especie y trece especies registradas (además de la especie *T. heterouncinata* de la que no se tiene registro) y 650 registros de 33 géneros de familias de poliuetos no Serpulidae ni Sabellidae.

Las características asociadas al nombre de las especies invasoras *B. bairdi*, *F. miamiensis* y *T. heterouncinata* se encuentran en base de datos Biótica de acuerdo con lo indicado en el apéndice del instructivo de la convocatoria para proyectos enfocados al conocimiento integral de la situación de las especies invasoras que amenazan la biodiversidad de México.

Actividad curatorial

Los ejemplares se depositaron en la Colección de Referencia de Invertebrados (EMU) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán (ICML-UNAM), y los duplicados en la Polychaeta Annelida Collection, Los Angeles County Museum of Natural History (LACM) como se indicó en el convenio.

Extensión de F. miamiensis y detección de T. heterouncinata

El informe de las visitas a granjas camaronícolas y ostrícolas de Sinaloa con el propósito de detectar la presencia de *T. heterouncinata* y conocer la extensión de *F. miamiensis* se presenta en el Anexo 2.

Fichas de las especies invasoras

Las fichas de las especies invasoras *B. bairdi*, *F. miamiensis* y *T. heterouncinata* se presentan en los Anexos 3A, 3B y 3C, respetivamente, e incluyen el análisis de riesgo y la información de la biología reproductiva obtenida durante el proyecto así como medidas para prevenir su ingreso, detección temprana e información para su manejo y control.

Difusión de los avances de la investigación

Una de las metas de la presente investigación fue la difusión en diferentes foros de los avances en el conocimiento de las especies de invertebrados marinos invasores que amenazan la biodiversidad en México. Por ello, los avances del proyecto se presentaron durante el Segundo Simposium Nacional de Poliuetólogos del 17 al 19 de Septiembre en la Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, de la siguiente manera:

- Tovar-Hernández, M. A. Sabélidos y serpulidos esclerobiontes del puerto de Mazatlán, Sinaloa: detección de especies introducidas y biología reproductiva. *Presentación oral*.
- Tovar-Hernández, M. A., Méndez, N. & Villalobos-Guerrero, T. Reproducción del serpulido *Ficopomatus miamiensis* (Treadwell, 1934). *Presentación en cartel*.

- Yáñez-Rivera, B. & Tovar-Hernández, M. A. Reproducción de *Branchiomma bairdi* (Sabellidae): liberación de gametos, fecundación y desarrollo larvario. *Presentación oral*.

Bajo el mismo escenario, se impartió una conferencia magistral en el 4to Congreso Universitario de Biología de la Universidad de Sonora:

- Tovar-Hernández, M. A. Detección de poliquetos invasores en el Golfo de California: biología reproductiva, manejo y control. Conferencia magistral dentro del 4to Congreso Universitario de Biología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. Noviembre 25-27, 2009.

Se publicó un artículo científico en revista indizada (Anexo 4):

- Tovar-Hernández, M. A., Méndez, N. & Villalobos-Guerrero, T. F. 2009. Fouling tubicolous polychaetes worms from the south-eastern Gulf of California: Sabellidae and Serpulidae. *Systematics and Biodiversity*. 7(3): 1-18. ISSN: 1477-2000 (edición impresa), EISSN: 1478-0933 (edición en línea).

Se terminó un artículo de difusión que será enviado a *Biodiversitas* para su publicación (Anexo 5):

- Tovar-Hernández, M. A., Yáñez-Rivera, B., Rendón-Rodríguez, S., & Méndez, N. Introducción del poliqueto caribeño *Ficopomatus miamiensis* en granjas camaronícolas de Sinaloa. *Biodiversitas*.

DISCUSIÓN

De las especies de sabélidos y serpúlidos identificadas destacan *B. bairdi* y *F. miamiensis* porque su distribución original corresponde al Caribe y se registran como introducidas en Mazatlán, la primera incorporada como *fouling* mientras que la segunda asociada a la camaronicultura. *Branchiomma bairdi* se registra como invasora en el puerto de Mazatlán, así como en dos granjas ostrícolas y dos granjas camaronícolas del norte de Sinaloa con una puntuación total de 70 en el análisis de riesgo (clasificación de 21). El análisis de riesgo del gusano introducido *F. miamiensis* registra una puntuación total de 50 (clasificación de 17), encontrándose de manera temporal, acorde a los ciclos de cultivo, en sustratos duros (rocas, pilotes de madera de muelles y compuertas de concreto) de cuatro granjas camaronícolas del municipio de Mazatlán: “Don Jorge”, “El Cayo”, “Los Cocos” y “El Castillo, Santa Fe”. Aunque *F. miamiensis* se encuentra establecida en una reducida área del sur del estado de Sinaloa, existen barreras ambientales y fisiológicas que impiden su dispersión hacia otros sistemas, el conocimiento de las cuales resulta indispensable para proponer un manejo adecuado de las poblaciones en el Estero de Urías.

Los otros sabélidos registrados *Demonax pallidus*, *M. coloratum* y *V. multiannulata* son especies nativas de la Provincia Californiana, con cierto traslape con la parte más septentrional de la Provincia Panámica. En cambio, los serpúlidos *Hydroides brachyacanthus*, *H. cruciger*, *H. deleoni*, *H. glandifer* e *H. recurvispina* son especies nativas para la Provincia Panámica pero con distribución traslapada con la parte más basal de la provincia Californiana. Por su parte, *H. elegans* es nativa de Australia, considerada invasora en varias localidades del mundo pero no en Mazatlán, debido a que presenta una distribución restringida y bajas abundancias.

Branchiomma coheni, *D. pallidus* y *M. coloratum* constituyen primeros registros para México. Los registros de *H. deleoni*, *H. elegans*, *H. glandifer*, *H. recurvispina* y *V. multiannulata* son nuevos para Mazatlán. *Hydroides brachyacanthus* e *H. cruciger* son comunes en el Pacífico mexicano. Estos nuevos

registros evidencian la vulnerabilidad ante invasiones por organismos marinos inconspicuos y poco conocidos; ya que en la mayoría de sitios no se ha caracterizado con detalle la fauna nativa, por lo que pueden suceder cambios notorios sin que se perciban hasta que los efectos negativos sean evidentes. Las diagnós de las especies se encuentran incorporadas a la base de datos Biótica.

El gusano *Terebrasabella heterouncinata* no se encuentra en granjas de Sinaloa y tampoco existen registros oficiales de la introducción de *T. heterouncinata* en el país, aunque cabe esperar que su distribución se extienda a México porque hay informes en los que se registró el envío de abulón rojo *Haliotis rufescens* proveniente de California infestado con *T. heterouncinata* a granjas de Ensenada, Baja California, y porque de acuerdo al análisis de riesgo, es una especie invasora potencial con una puntuación total de 40 (clasificación 33).

A pesar de que *T. heterouncinata* no se registró en las granjas ostrícolas visitadas, se confirma la presencia de un poliqueto perforador de conchas del ostión cultivado *Crassostrea gigas* (Thunberg), el espionido *Polydora websteri* (Hartman) y la presencia de la ascidia invasora *Polyclinum constellatum* Savigny, asociados a las conchas de los moluscos cultivados (*C. gigas*) así como a estructuras antropogénicas propias de los cultivos como las charolas de plástico.

El espionido *Polydora websteri* es un gusano que presenta una distribución mundial y es reconocido como una plaga debido a que es un parásito que perfora las conchas de bivalvos de interés comercial, lo que lo convierte en una amenaza para la ostricultura debido al daño ocasionado por la apariencia del ostión y subsecuentes problemas en su comercialización. Por su parte, la ascidia *Polyclinum constellatum* también es registrada junto con su parásito (el copépodo parásito *Haplostomides hawaiiensis* Ooishi) como especies introducidas en el puerto de Mazatlán. La ascidia es una especie que se fija a sustratos duros de origen antropogénico como cascos de embarcaciones, boyas, cabos y pilotes de muelles. En cabos del puerto de Mazatlán tiene una densidad de 30 ind/m mientras que en las boyas metálicas la ascidia alcanza una cobertura relativa de 10–15% con una densidad 7–50 ind/m²; sin embargo, dado que su registro en el país es muy reciente, aún se desconocen sus efectos en la biota nativa y en el ecosistema colonizado, aunque es muy probable que la especie haya logrado establecerse en diversas localidades del Golfo de California (Tovar-Hernández *et al.*, sometido).

De acuerdo con el modelo de invasión en cascada (Simberloff & Von Holle, 1999; Prenter *et al.*, 2004), es posible que existan algunas otras invasiones que no han sido registradas en el sur del Golfo de California además de los poliquetos *B. bairdi*, *F. miamiensis* y *P. websteri* y de la ascidia invasora *P. constellatum* y su parásito (el copépodo *H. hawaiiensis*); sin embargo, el efecto de estas especies introducidas en la biota nativa es aún desconocido, por lo que para estudios futuros es indispensable hacer estimaciones cuantitativas así como monitoreo de la comunidad local para detectar cambios en la estructura derivados del proceso de invasión.

CONCLUSIONES

- Se hizo un estudio sistemático detallado para la detección de sabélidos y serpúlidos invasores en el Puerto de Mazatlán, principal puerto de altura y cabotaje del Noroeste de la República Mexicana. Se identificaron cuatro especies de sabélidos y nueve de serpúlidos esclerobiontes, entre las que destacan el sabélido *B. bairdi* y el serpúlido *F. miamiensis* por ser especies introducidas el puerto de Mazatlán. Se generó información sobre la biología reproductiva de estas dos especies, necesaria para elaborar el análisis de riesgo. Ambas especies son consideradas potencialmente invasoras, *B. bairdi* con una puntuación total de 70 en el análisis de riesgo (clasificación de 21), mientras *F. miamiensis* con un total de 50 (clasificación de 17).
- El sabélido *T. heterouncinata* no se encuentra en granjas de Sinaloa y tampoco existen registros

oficiales de la introducción de *T. heterouncinata* en el país, pero es una especie invasora potencial de acuerdo a su análisis de riesgo.

- Se superaron los registros esperados en la base de datos de Biótica y de desarrollaron las características asociadas al nombre de las tres especies invasoras.
- Se anexaron archivos a la base de datos Biótica referentes a la diagnosis de las especies, ilustraciones, fotografías y hojas de cálculo de Excel.
- Se elaboraron fichas de las especies invasoras.
- Se elaboraron los análisis de riesgo a la biodiversidad para cada especie invasora.
- Se etiquetaron, catalogaron y depositaron los ejemplares en la Colección de Referencia de Invertebrados (EMU) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán (ICML-UNAM), con duplicados en la Polychaeta Annelida Collection, Los Angeles County Museum of Natural History (LACM).
- Se publicó un artículo en una revista con arbitraje, se concluyó un segundo para una revista de difusión, por lo que se cubrieron satisfactoriamente los objetivos de este proyecto.

CRÉDITOS

Informe final:

Autor: Tovar-Hernández, M.A. & Yáñez-Rivera, B. **Responsable:** Méndez, N. 2010. “**Poliquetos invasores (Annelida: Polychaeta) del Puerto de Mazatlán, Sinaloa**”. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica de Mazatlán, Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. GN002. México D.F.

Hojas de cálculo:

Autor: Tovar-Hernández, M.A. & Yáñez-Rivera, B. **Responsable:** Méndez, N. 2010. “**Poliquetos invasores (Annelida: Polychaeta) del Puerto de Mazatlán, Sinaloa**”. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica de Mazatlán, Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO. Proyecto No. GN002. México D.F.

Base de datos:

Autor: Yáñez-Rivera, B. & Tovar-Hernández, M.A. **Responsable:** Méndez, N. 2010. “**Poliquetos invasores (Annelida: Polychaeta) del Puerto de Mazatlán, Sinaloa**”. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica de Mazatlán, Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. GN002. México D.F.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dra. Silvia Espinosa Matías (Facultad de Ciencias, UNAM) su ayuda para la toma de fotografías de microscopía electrónica de barrido; al M. en C. José Luis Bortolini Rosales (Facultad de Ciencias, UNAM) para procesar las muestras del análisis histológico; al M. en C. Sergio Rendón Rodríguez (ICML, UNAM) y al P. de Biól. Pesq. Francisco Vázquez Melchor (Facultad de Ciencias Marinas, UAS) su valiosa ayuda en el trabajo de campo mensual y al P. de Biól. Mar. Tulio Fabio Villalobos-Guerrero (Universidad del Mar) su apoyo en la separación e identificación de muestras a nivel de género. Clara Ramírez Jáuregui (ICML, UNAM) fue de gran ayuda en la búsqueda y adquisición de literatura. Se agradece al Ing. Carlos Urías Espinoza (Presidente del CESASIN) y al M. en C. Julio Cabanillas (Coordinador de Proyectos y Programas del CESASIN) el apoyo logístico brindado para visitar las granjas de la zona norte y centro del estado de Sinaloa. Un reconocimiento especial merecen los inspectores de sanidad acuícola, quienes nos acompañaron en los recorridos por las granjas y nos proporcionaron información valiosa: MVZ. Ángel Corral Gastélum (sector Ahome), Biól. Eduardo Espinosa (sector Guasave norte), Biól. Jesús Ramón Zúñiga (sector Guasave sur), Biól. David Sánchez Gutiérrez (sector Angostura), Biól. Silvia Montes (sector Navolato) y Biól. Alejo Gálvez (sector El Dorado). En las visitas a las granjas participaron Dra. María Nuria Méndez Ubach, M. en C. Arturo Núñez Pasten, M. en C. Sergio Rendón Rodríguez, Dr. José Salgado Barragán, Dra. María Ana Tovar Hernández, M. en C. Eva Visauta Girbau y M. en C. Beatriz Yáñez Rivera (ICML, UNAM), P. de Biól. Pesq. Ian Rendón (Facultad de Ciencias Marinas, UAS) y P. de Biól. Mar. Tulio Fabio Villalobos Guerrero (Universidad del Mar).

REFERENCIAS

- Anónimo.** 2006. Carta Nacional Pesquera. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, México.
- Bastida-Zavala, J. R. & Salazar-Vallejo, S. I.** 2000a. Serpúlidos (Polychaeta: Serpulidae) del Caribe noroccidental con claves para la región del Gran Caribe: *Hydroides* y *Serpula*. *Revista de Biología Tropical*. 48: 841–858.
- Bastida-Zavala, J. R. & Salazar-Vallejo, S. I.** 2000b. Serpúlidos (Polychaeta: Serpulidae) del Caribe noroccidental con claves para la región del Gran Caribe: *Salmacina*, *Ficopomatus*, *Pomatoceros*, *Pomatostegus*, *Protula*, *Pseudovermilia*, *Spirobranchus* y *Vermiliopsis*. *Revista de Biología Tropical*. 48: 807–840.
- Bastida-Zavala, J. R. & Ten Hove, H. A.** 2002. Revision of *Hydroides* Gunnerus, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Western Atlantic region. *Beaufortia*. 52: 103–178.
- Bastida-Zavala, J. R. & Ten Hove, H. A.** 2003. Revision of *Hydroides* Gunnerus, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Eastern Pacific region and Hawaii. *Beaufortia*. 53: 67–110.
- Calado, R. & Chapman, P. M.** 2006. Aquarium species: deadly invaders. *Marine Pollution Bulletin*. 52: 599–601.
- Carlton, J. T. & Hodder, J.** 1995. Biogeography and dispersal of coastal marine organisms: experimental studies on a replica of a 16th century marine vessel. *Marine Biology*. 121: 721–730.
- Carlton, J. T.** 1989. Man's role in changing the face of the ocean: biological invasions and implication for conservation of near-shore environment. *Conservation Biology*. 3: 265–273.

- Carlton, J. T.** 1992. Dispersal of living organisms into aquatic ecosystems as mediated by aquaculture and fisheries activities. Pp: 13–45. In: Rosenfield, A. & Mann, R. (eds). Dispersal of living organisms into aquatic ecosystems, UM-SG-TS-92-04, Maryland Sea Grant College.
- Castilla, J. C., Guíñez, R., Claro, A. U. & Ortiz, V.** 2004. Invasion of rocky intertidal shores by the tunicate *Pyura praeputialis* in the Bay of Antofagasta, Chile. *Proceedings of the Natural Academy of Science*. 101: 8517–8524.
- Chu, K. H., Tam, P. F., Fung, C. H. & Chen, Q. C.** 1997. A biological survey of ballast water container ships entering Hong Kong. *Hydrobiologia*. 352: 201–206.
- Costello, C. & McAusland, C.** 2003. Protectionism, trade, and measures of damage from exotic species introductions. *American Journal of Agriculture Economics*. 85: 964–975.
- Culver, C. S., Kuris, A. M. & Beede, B.** 1997. Identification and management of the exotic sabellid pest in California cultured abalone. California Sea Grant Coll. Syst., La Jolla, 29 p.
- de León-González, J. A., Bastida-Zavala, J. R., Carrera-Parra, L. F., García-Garza, M. E., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S. I. & Solís-Weiss, V.** (eds). 2009. Poliquetos de México y América tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. 737 p.
- Fauchald, K.** 1977. The polychaete worms: Definitions and keys to the orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series*. 28: 1–190.
- Fitzhugh, K.** 1989. A systematic revision of the Sabellidae-Caobangiidae-Sabellongidae complex (Annelida: Polychaeta). *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 192: 104 p.
- Fitzhugh, K. & Rouse, G. W.** 1999. A remarkable new genus and species of fan worm (Polychaeta: Sabellidae: Sabellinae) associated with marine gastropods. *Invertebrate Biology*. 118(4): 357–390.
- Gómez, S.** 2003. Three new species of *Enhydrosoma* and a new record of *Enhydrosoma lacunae* (Copepoda: Harpacticoida: Cletodidae) from the Eastern tropical Pacific. *Journal of Crustacean Biology* 23: 94–118.
- Hatcher, M. J., Dick, J. T. A. & Dunn, A. M.** 2006. How parasites affect interactions between competitors and predators. *Ecological Letters*. 9: 1253–1271.
- Hunter, M. L.** 2002. Fundamentals of Conservation Biology. Blackwell Science Publishing, 496.
- Lambert, G.** 2002. Nonindigenous ascidians in tropical waters. *Pacific Science*. 56: 291–298.
- McIntosh, W. C.** 1885. Report on the Annelida Polychaeta collected by H. M. S. Challenger during the years 1873–76. *Report of the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger London, Zoology*. 12: 1–554.
- Minchin, D. & Gollasch, S.** 2003. Fouling and ships hulls: How changing circumstances and spawning effects may result in the spread of exotic species. *Biofouling*. 19: 111–122.

- Moreno, R., Neill, P. & Rozbaczylo, N.** 2006. Native and non-indigenous boring polychaetes in Chile: a threat to native and commercial mollusc species. *Revista Chilena de Historia Natural*. 79: 263–278.
- Perkins, T. H.** 1984. Revision of *Demonax* Kinberg, *Hypsicomus* Grube, and *Notaulax* Tauber, with a review of *Megalomma* Johansson from Florida (Polychaeta: Sabellidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 97: 285–368.
- Prenter, J., MacNeil, C., Dick, J. T. A. & Dunn, A.M.** 2004. Roles of parasites in animal invasions. *Trends Ecol. Evol.* 19: 385–390.
- Ruitton, S., Javel, F., Culioli, J. M., Meinesz, A., Pergent, G. & Verlaque, M.** 2005. First assessment of the *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) invasion along the French Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 1061–1068.
- Ruiz, G. M., Carlton, J. T., Grosholz, E. D. & Hines, A. H.** 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: Mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist*. 37: 619–630.
- Ruiz, G. M., Fofonoff, P., Carlton, J. T., Wonham, M. J. & Hines, A. H.** 2000. Invasions of Coastal Marine Communities in North America: Apparent Patterns, Processes, and Biases. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 31: 481–531.
- Ruíz, L. A. & Berlanga, R. C. A.** 2001. El potencial de la camaronicultura para transformar el paisaje en la zona costera. El sur de Sinaloa como caso de estudio. 328–348. En: Páez-Osuna, F. (ed.) *Camaronicultura y Medio Ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Programa Universitario de Alimentos, El Colegio de Sinaloa, México.*
- Sakai, A. K. & 14 autores.** 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 32: 305–332.
- Salgado-Barragán, J. & Toledano-Granados, A.** 2006. The false mussel *Mytiliopsis adamsi* Morrison, 1946 (Mollusca: Bivalvia: Dreissenidae) in the Pacific waters of México: a case of biological invasion. *Hydrobiologia*. 563: 1–7.
- Salgado-Barragán, J., Méndez, N. & Toledano-Granados, A.** 2004. *Ficopomatus miamiensis* (Polychaeta: Serpulidae) and *Styela canopus* (Ascidiacea: Styliidae), non-native species in Urías estuary, SE Gulf of California, México. *Cahiers de Biologie Marine*. 45: 167–173.
- Sax, D. F.** 2001. Latitudinal gradient and geographic range of exotic species: Implications for biogeography. *Journal of Biogeography*. 28: 139–150.
- Simberloff, D. & Von Holle, B.** 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions*. 1: 21–32.
- Taylor, R. L., Williams, S. L. & Strong, D. R.** 2001. Aquaculture: A gateway for exotic species. *Science*. 299: 1655–1656.
- Torchin, M. E., Lafferty, K. D., Dohon, A. P., McKenzie, V. J. & Kuris, A. M.** 2003. Introduced species and their parasites. *Nature*. 421: 628–630.

Tovar-Hernández, M. A. & Knight-Jones, P. 2006. Species of *Branchiomma* (Polychaeta: Sabellidae) from the Caribbean Sea and Pacific coast of Panama. *Zootaxa*. 1189: 1–37.

Tovar-Hernández, M. A. & Salazar-Vallejo, S. I. 2006. Sabellids (Polychaeta: Sabellidae) from the Grand Caribbean. *Zoological Studies*. 45(1): 24–66.

Tovar-Hernández, M. A., Méndez, N & Villalobos-Guerrero, T. F. 2009. Fouling tubicolous polychaetes worms from the south-eastern Gulf of California: Sabellidae and Serpulidae. *Systematics and Biodiversity*. 7(3): 1–18.

Tovar-Hernández, M. A., Suárez-Morales, E. & Yáñez-Rivera, B. The parasitic copepod *Haplostomides hawaiiensis* (Cyclopoida) from the invasive ascidian *Polyclinum constellatum* in the southern Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*. Sometido 08 Diciembre 2009.

Treadwell, A. L. 1934. *Sphaeropomatus miamiensis*, a new genus and species of serpulid polychaete. *Journal of the Washington Academy of Sciences*. 24: 338–341.

Wasson, K., Von Holle, B., Toft, J. & Ruiz, G. 2000. Detecting invasions of marine organisms: kamptozoan case histories. *Biological Invasions*. 2: 59–74.

Weigle, S. M., Smith, L. D., Carlton, J. & Pederson, J. 2005. Assessing the risk of introducing exotic species via the live marine species trade. *Conservation Biology*. 19(1): 213–223.