
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS



Distribución de la ascidia exótica invasora *Polyclinum constellatum* Savigny, 1816
en el Golfo de California y análisis de riesgo a la biodiversidad nativa

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD
T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA
PRESENTA

Irving Daniel Ramírez Santana

Las Agujas, Zapopan, Jalisco. Junio de 2013



Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología
COORD-BIO-049/2012

**C. IRVING DANIEL RAMÍREZ SANTANA
PRESENTE**

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción: **Tesis**, con el título “ **DISTRIBUCIÓN DE LA ASCIDIA EXÓTICA INVASORA *Polyclinum constellatum* SAVIGNY, 1816 EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y ANÁLISIS DE RIESGO A LA BIODIVERSIDAD NATIVA**”, para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo a la **Dra. María Ana Tovar Hernández**, y asesor a la **Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha**.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 02 de marzo, del 2012.



**DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**



**M.C. GLORIA PARADA BARRERA
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias,
Presidente del Comité de Titulación.
Licenciatura en Biología.
CUCBA.
Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **tesis e informes**, opción **tesis** con el título: "**distribución de la ascidia exótica invasora *Polyclinum constellatum* Savigny, 1816 en el Golfo de California y análisis de riesgo a la biodiversidad nativa**" que realizó el pasante **Irving Daniel Ramírez Santana** con número de código **304471261** consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
Lugar y fecha.

mazatlán, sinaloa
Febrero 20, 2013.

Firma 
Nombre María Ana Tovar Hernández
Director/a del trabajo

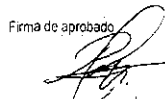
Firma 
Nombre Georgina Adriana Quiroz Rocha
Asesor

Nombre completo de los Síndicales asignados por el Comité de Titulación
Martín Pérez Peña

Firma de aprobado

Fecha de aprobación

Cristian Moisés Galván Villa



15/Marzo/2013

Leticia Hernández López



15/Marzo/2013

Supl. Georgina Adriana Quiroz Rocha

Leticia Hernández López

15 Marzo 2013



11-Mar-2013.

La presente tesis fue desarrollada en Geomare A. C., en Mazatlán, Sinaloa y deriva del proyecto "Detección de invertebrados marinos exóticos en el Golfo de California y sus posibles afectaciones", financiado por el Instituto Nacional de Ecología (INE/ADE-013/2011).

DIRECTORA DE TESIS

Dra. María Ana Tovar Hernández

ASESORA INTERNA

Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha

SINODALES TITULARES

M. C. Martín Pérez Peña

M. C. Cristian Moisés Galván Villa

M.C. Leticia Hernández López

SINODAL SUPLENTE

Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha

Agradecimientos

A mi directora de tesis, por entrenarme como investigador en la parte final de mi carrera.

A los sinodales, por sus valiosas sugerencias para mejorar la calidad de esta tesis.

A todos mis maestros de la licenciatura, de quienes aprendí un poco de cada uno, pero en particular, a los de zoología, quienes me impartieron las clases de mi mayor gusto de la Biología.

A Beatriz Yáñez, Tulio Villalobos y José María Aguilar, quienes participaron en el trabajo de campo y ayudaron en la recolecta de las muestras, así mismo a Humberto Bahena Basave (ECOSUR) por el material fotográfico de campo.

A Samuel Gómez Noguera, por las facilidades brindadas en el laboratorio de invertebrados bentónicos (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, unidad Mazatlán) para la medición de los ejemplares.

Dedicatorias

A mis padres, quienes me han educado y me han enseñado los principios de la vida, y que sobretodo me han impulsado a triunfar y seguir adelante.

A mi hermana Paola, quien me ha brindado numerosos momentos de alegría y compañía.

A mi abuelo Gustavo Ramírez †

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes.....	7
Objetivos.....	10
Materiales y métodos.....	11
Resultados.....	18
Diagnosís.....	18
Distribución.....	22
Densidad.....	23
Talla.....	23
Simbiosis.....	24
Análisis de riesgo.....	25
Discusión.....	29
Conclusiones.....	33
Anexo 1 Lineamientos para el análisis de riesgo.....	34
Anexo 2 Ficha técnica de <i>Polyciñum constellatum</i>	43
Literatura citada.....	61

RESUMEN

Una especie exótica es la que se establece fuera de su área de distribución natural y dispersión potencial, mientras que una especie exótica invasora es aquella que amenaza y puede generar impactos negativos en la biodiversidad nativa, la economía y la salud. La ascidia colonial *Polyclinum constellatum* Savigny, 1816 conocida comúnmente como “papa de mar” o “ascidia papa”, es originaria de Hong Kong y ha sido introducida en otras regiones, entre ellas el Golfo de California, donde es catalogada como especie exótica invasora. Esta ascidia mantiene una simbiosis con el copépodo endoparásito *Haplostomides hawaiiensis* Ooishi, 1994, también considerado exótico en el Golfo de California. Junto con otras ascidias, *Polyclinum constellatum* forma parte de la comunidad del *fouling* (organismos incrustantes o esclerobiontes) y cuenta con una elevada capacidad de colonización en sustratos artificiales. El tráfico marítimo y la acuicultura de ostión han sido los principales medios de dispersión de esta especie, ya que la ascidia puede viajar incrustada en el casco de las embarcaciones, como epibionte de ostiones, o bien, como larva en el agua de lastre. Aunque en los últimos años se han impulsado estudios sobre especies exóticas en México, éstos aún no son suficientes para generar la información básica de todas las especies introducidas. Este trabajo tiene como objetivo determinar si la ascidia exótica invasora *P. constellatum* ha logrado su dispersión en el Golfo de California y elaborar un análisis de riesgo a la biodiversidad nativa. Durante agosto de 2011 se realizaron muestreos en marinas y puertos de Topolobampo (Sinaloa), Guaymas (Sonora) y La Paz (Baja California Sur), así como en una granja ostrícola de Topolobampo. *Polyclinum constellatum* fue encontrada con una densidad de 267 individuos/m² en Topolobampo, 483 en Guaymas y 48 en La Paz. En Sonora y Baja California Sur se registra por primera vez. Para el análisis de la simbiosis se revisaron las colonias recolectadas en la granja ostrícola, donde se encontró una correlación entre la talla de la colonia y el número de parásitos ($r = 0.534$, $p = 0.10$), además se cuantificó una prevalencia de parasitismo de 32% y una intensidad media de 0.64. El análisis de riesgo a la biodiversidad nativa dió como resultado la prohibición de acceso de *Polyclinum constellatum* a México.

INTRODUCCIÓN

Las ascidias, también conocidas como chorros o jeringas de mar, son organismos que pertenecen a la clase Ascidiacea del Phylum Chordata y están representadas por aproximadamente 2,800 - 3,000 especies (Lambert, 2005). Son un grupo dominante en las comunidades bénticas marinas, donde se encuentran formando colonias (Fig. 1) o de manera solitaria (Fig. 2). En estado juvenil presentan una larva conocida como larva renacuajo (Fig. 3), la cual es de vida libre natatoria durante 36 horas o menos. Posterior a la fase libre nadadora, la larva se fija en algún sustrato mediante papilas adhesivas anteriores, enseguida ocurre una metamorfosis donde la notocorda y el tubo neural se reabsorben, el cuerpo entero gira 180° y los sifones se desplazan hacia atrás para quedar en el extremo opuesto al punto de fijación (Barnes, 1994). En estado adulto son sésiles, lo que las hace eficientes filtradoras de pequeñas partículas de materia suspendida en la columna de agua (Lambert, 2007).

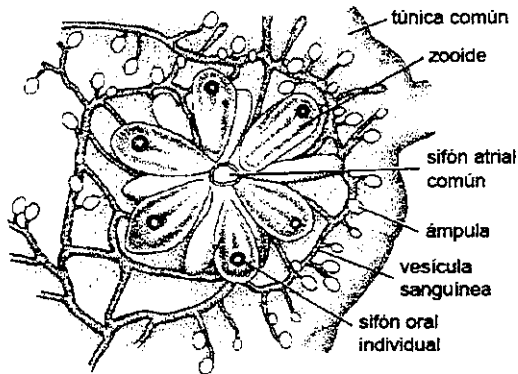


Figura 1. Ascidia colonial. Modificada de Brusca & Brusca, 2003.

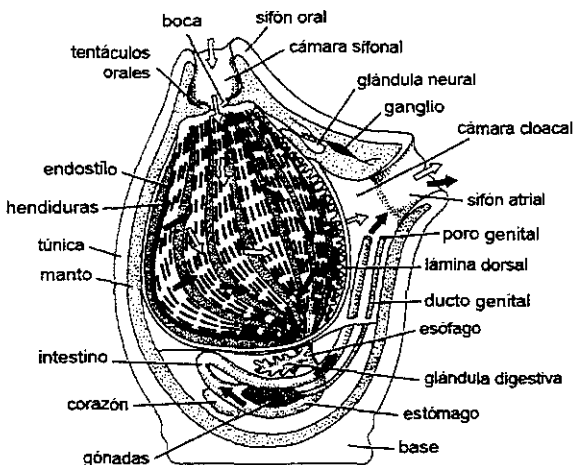


Figura 2. Ascidia solitaria. Modificada de Brusca & Brusca, 2003.

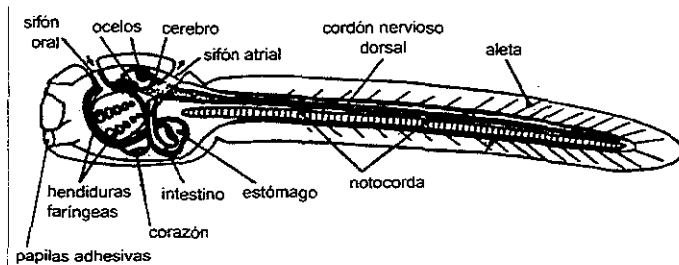


Figura 3. Larva renacuajo. Modificada de Van Name, 1945.

Las ascidias se encuentran distribuidas en un amplio intervalo de profundidades. Las especies que se encuentran en zonas más someras, representan el 95% (solitarias y coloniales), mientras que el resto se distribuyen en zonas abisales (solitarias). Algunas ascidias toleran niveles de salinidad muy bajos, se encuentran en todas las latitudes y en toda clase de ambientes marinos (Brusca & Brusca, 2003).

Su elevada capacidad de colonización en la mayoría de los sustratos artificiales las convierte en uno de los principales integrantes de las comunidades del *fouling* (organismos esclerobiontes o incrustantes). Además, el intenso tránsito marítimo ha permitido que estas especies se introduzcan y dominen en marinas y puertos (Lambert &

Lambert, 1998), ya sea a través de las descargas de las aguas de lastre o del transporte de fauna incrustante en todo tipo de embarcaciones (Okolodkov *et al.* 2007).

De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (2009), una **especie exótica** es aquella que se establece fuera de su área natural (pasada o actual) y de dispersión potencial (fuera del área que ocupa de manera natural o que no podría ocupar sin la directa o indirecta introducción o cuidado humano) e incluye cualquier parte, gameto o propágulo de dicha especie que puede sobrevivir y reproducirse.

Así mismo, el Diario Oficial de la Federación (2010) define como **especie exótica invasora** aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitats y ecosistemas naturales y que amenazan la diversidad biológica nativa, la economía y la salud pública.

De forma deliberada o no, los humanos hemos actuado como agentes de dispersión para innumerables especies vegetales y animales, transportándolas fuera de sus rangos geográficos naturales. Si bien muchas especies no sobreviven en los nuevos ambientes, otras sí logran establecerse, convirtiéndose en fuertes competidores para las especies nativas (Smith & Smith, 2007). Por lo tanto, las especies exóticas representan una amenaza para la biodiversidad local, ya que son causantes de cambios dramáticos en muchos ecosistemas a nivel mundial y conducen a la extinción de las especies nativas más vulnerables (Gurevitch & Padilla, 2004) ya sea por medio de la depredación, el pastoreo, la competencia y la alteración del hábitat (Smith & Smith, 2007).

En México, el estudio de las especies exóticas (también referidas como introducidas, no nativas o no indígenas) presenta un rezago aproximado de 30 años (Tovar-Hernández & Yáñez-Rivera, 2012). No obstante, en años recientes se ha impulsado el estudio de las mismas ya que la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha financiado estudios relacionados con las especies invasoras que amenazan la biodiversidad nacional, como parte de la Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México. Dicha institución ha generado una lista de especies exóticas, donde se incluyen siete ascidias: *Bostrichobranchus pilularis* (Verrill), *Botryllus schlosseri* (Pallas), *Ciona intestinalis* (Linnaeus), *Molgula manhattensis* (De Kay), *Perophora japonica* Oka, *Polyandrocarpa zorritensis* (Van Name) y *Styela plicata* (Lesueur).

Polyclinum constellatum Savigny, 1816, conocida comúnmente como "ascidia papa" (Fig. 4) es considerada como especie exótica en México y particularmente en el Golfo de California como una especie exótica invasora. Es una especie originaria de Hong Kong, China y ha sido registrada en Sinaloa sobre boyas metálicas de señalización marítima del canal de navegación, cabos y muelles flotantes del puerto de Mazatlán, así como en charolas de cultivos del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg) en Topolobampo (Tovar-Hernández *et al.*, 2010).

Esta ascidia se encuentra en simbiosis con el copépodo parásito *Haplostomides hawaiiensis* Ooishi, que habita en la matriz de la túnica y que también se considera exótico, pues es originario de Hawaii (Fig. 5). Dicho parásito es un copépodo ciclopoide perteneciente a la familia Ascidicolidae, que está integrada por copépodos parásitos de ascidias. En su trabajo, Dudley & Illg (1991) incluyeron copépodos ascidicolidos que parasitan géneros de ascidias, entre ellos *Aplidium*, que cuenta con la especie *Aplidium arenatum* Van Name, además de *Polyclinum laxum* Van Name, ambas nativas de México y con distribución en las ecorregiones del Pacífico sudcaliforniano, el Golfo de California y el Pacífico tropical mexicano. Lo anterior indica que las especies nativas son susceptibles a una posible infestación por estos parásitos.

Como especie exótica invasora esta ascidia ha generado impactos negativos, principalmente laborales y económicos en el cultivo de ostión, ya que los acuicultores deben invertir mayor esfuerzo y tiempo en la limpieza (retiro de la ascidia) de los ostiones para comercialización, así como en las charolas y redes de siembra (Rodríguez & Ibarra-Obando, 2008; Tovar-Hernández, 2012). Por su parte, las industrias portuaria y naviera también invierten dinero en la compra de pinturas anti-*fouling* para su aplicación en boyas de señalización, pilotes, muelles y cascos de embarcaciones, estructuras que se dañan por la corrosión ocasionada por la placa de organismos incrustantes (Tovar-Hernández, 2012).



Figura 4. *Polyclinum constellatum*. Foto: Rendón-Rodríguez, S.

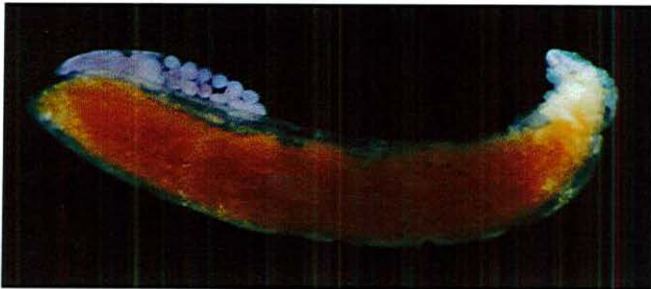


Figura 5. Hembra de *Haplostomides hawaiiensis*. Foto: Bahena-Basave, H.

ANTECEDENTES

Existen varios estudios de ascidias en las ecorregiones del Pacífico sudcaliforniano, Golfo de California, Pacífico mexicano tropical y Pacífico centroamericano, los cuales se resumen a continuación:

Los estudios comenzaron con Lambert & Lambert (1998), quienes registraron 14 especies de ascidias exóticas (*Ascidia zara* Oka, *Ascidia* sp., *Bostrichobranchus pilularis*, *Botryllus schlosseri*, *Ciona intestinalis*, *Ciona savignyi* Herdman, *Microcosmus squamiger* Michaelsen, *Molgula manhattensis*, *Polyandrocarpa zorritensis*, *Styela canopus* (Savigny), *Styela clava* Herdman, *Styela plicata*, *Symplegma brakenhielmi* Michaelsen y *Symplegma reptans* Oka) en puertos y marinas del sur de California.

Lambert & Lambert (2003) extendieron su investigación a Ensenada, Baja California, donde registraron a *Botrylloides violaceus* Oka, *Botryllus schlosseri*, *Ciona intestinalis*, *Microcosmus squamiger*, *Polyandrocarpa zorritensis*, *Styela clava* y *Styela plicata*.

Hernández-Inda (2003) realizó un estudio sobre la variabilidad inter e intraespecífica de la bioactividad de 13 especies de ascidias recolectadas a lo largo del Golfo de California. De acuerdo con las publicaciones de Okolodkov *et al.* (2007) y Tovar-Hernández (2012) ninguna de ellas es exótica.

Salgado-Barragán *et al.* (2004) realizaron el primer registro de la ascidia introducida *Styela canopus* en raíces de mangle rojo (*Rhizophora mangle* Linnaeus) para el estero de Urías, municipio de Mazatlán, Sinaloa.

Cohen *et al.* (2005) reportaron 13 especies de ascidias exóticas para puertos y lagunas del sur de California: *Ascidia zara*, *Botrylloides perspicuum* Herdman, *Botrylloides violaceus*, *Botryllus schlosseri*, *Ciona intestinalis*, *Ciona savignyi*, *Microcosmus squamiger*, *Molgula manhattensis*, *Polyandrocarpa zorritensis*, *Styela canopus*, *Styela clava*, *Styela plicata* y *Symplegma reptans*.

Carballo-Cenizo (2006) realizó un proyecto sobre la fauna de ascidias del litoral del Pacífico mexicano, donde reportaron 39 especies, entre las cuales destacan *Botrylloides violaceus*, *Lissoclinum fragile* (Van Name), *Polyandrocarpa zorritensis*, *Styela canopus* y *Symplegma reptans*, sin mencionar su estatus como especie introducida. Sin embargo, Tovar-Hernández (2012) cataloga como exóticas invasoras establecidas a *B. violaceus*, *P.*

zorritensis y *S. reptans*; mientras que a *L. fragile* y *S. canopus* como exótica casual y exótica potencialmente invasora respectivamente.

Okolodkov *et al.* (2007) publicaron la primera lista de especies exóticas acuáticas en México, la cual incluye 73 especies introducidas, 16 criptogénicas (especies de origen geográfico desconocido pero que se consideran posibles introducciones *sensu* Carlton, 1996) y 94 con potencial de introducción, conformadas por virus, bacterias, fitoplancton, macroalgas, plantas superiores acuáticas, invertebrados y peces. De todas ellas 16 especies corresponden a ascidias: *Botrylloides violaceus*, *Botryllus schlosseri*, *Ciona intestinalis*, *Styela canopus* y *Styela clava* son especies confirmadas para México. Por su parte, *Ascidia zara*, *Ascidia* sp., *Bostrichobranchus pilularis*, *Ciona savignyi*, *Microcosmus squamiger*, *Molgula manhattensis*, *Perophora japonica*, *Polyandrocarpa zorritensis*, *Styela plicata*, *Symplegma brakenhielmi* y *Symplegma reptans* son especies con potencial de introducción de acuerdo con dicho trabajo.

Rodríguez & Ibarra-Obando (2008) investigaron las comunidades de organismos típicos del *fouling* en cultivos del ostión *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín, donde reportaron 13 especies de ascidias, de las cuales 10 son exóticas (*Ascidia zara*, *Botrylloides perspicuum*, *Botrylloides violaceus*, *Botryllus schlosseri*, *Ciona* sp., *Didemnum* sp., *Microcosmus squamiger*, *Polyandrocarpa zorritensis*, *Styela plicata* y *Symplegma reptans*). Dicho estudio proporcionó datos ecológicos mensuales de las ascidias exóticas en los cultivos artesanales (durante 18 meses), cuantificó la cobertura de las ascidias a lo largo del tiempo y proporcionó el patrón de colonización y la dominancia de las especies exóticas en la comunidad.

Como se mencionó al final de la introducción, Tovar-Hernández *et al.* (2010) reportaron la presencia de *Polyclinum constellatum* en Sinaloa, además cuantificaron los índices de simbiosis con el copépodo *Haplostomides hawaiiensis*. Los autores reportaron una prevalencia de 68%, una intensidad máxima de 12 individuos por colonia, una intensidad media de 3.18 y una densidad relativa de 2.16.

Moreno-Dávila (2010) registró 30 especies de ascidias en la costa de Oaxaca, de las cuales siete fueron catalogadas como exóticas: *Ascidia curvata* (Traustedt), *Botrylloides nigrum*, *Botrylloides violaceus*, *Lissoclinum fragile*, *Styela canopus*, *Symplegma brakenhielmi* y *Symplegma cf. reptans*.

Tovar-Hernández (2012) enlistó 13 especies de ascidias introducidas en el Pacífico mexicano, 10 de las cuales se consideran como exóticas invasoras establecidas. Particularmente, para el Golfo de California se encuentran las especies *Polyclinum constellatum* y *Styela canopus* catalogadas como exóticas invasoras y *Lissoclinum fragile* catalogada como exótica.

OBJETIVOS

General

- Determinar si la ascidia exótica invasora *Polyclinum constellatum* ha logrado su dispersión en el Golfo de California y elaborar un análisis de riesgo a la biodiversidad nativa.

Específicos

- Elaborar una diagnosis detallada de *Polyclinum constellatum* con ejemplares recolectados en tres localidades del Golfo de California.
- Determinar la densidad de la ascidia en cada localidad de muestreo.
- Cuantificar los índices de simbiosis (prevalencia, intensidad media y relativa) entre el copépodo parásito *Haplostomides hawaiiensis* y la ascidia *Polyclinum constellatum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Golfo de California, también conocido como Mar de Cortés, es un golfo largo y estrecho (aproximadamente 1000 km de longitud y 150 km de ancho) que está delimitado por los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit. El Golfo de California es un sistema subtropical (más parecido a un sistema templado en la porción norte, durante el invierno) con una productividad primaria elevada debido a una combinación de topografía, latitud meridional y sistemas de surgencias. Esta alta productividad primaria sirve de sostén a grandes poblaciones de peces que son, a su vez, la principal fuente de alimento de varias especies predatoras, como calamares, peces, aves marinas y cetáceos. En la ecorregión se han registrado casi 5,000 especies de macroinvertebrados, además de que alberga especies endémicas de peces y mamíferos marinos, es una zona de crianza de algunas especies de tiburones, rayas, tortugas marinas y otras de importancia comercial (Wilkinson *et. al.*, 2009). En el Golfo de California existe el megaproyecto federal “escalera náutica”, conformado por puertos y marinas en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa que albergan embarcaciones nacionales y extranjeras que sirven como mecanismo de entrada para las especies exóticas, lo que representa una amenaza para la biodiversidad nativa. Por lo tanto, para este trabajo las estaciones de muestreo se ubicaron en puntos de entrada y establecimiento para especies acuáticas exóticas.

Se realizaron muestreos en las principales marinas y puertos de Topolobambo (Sinaloa), Guaymas (Sonora) y La Paz (Baja California Sur) durante agosto de 2011 (Figs. 6-9) (Tabla 1).

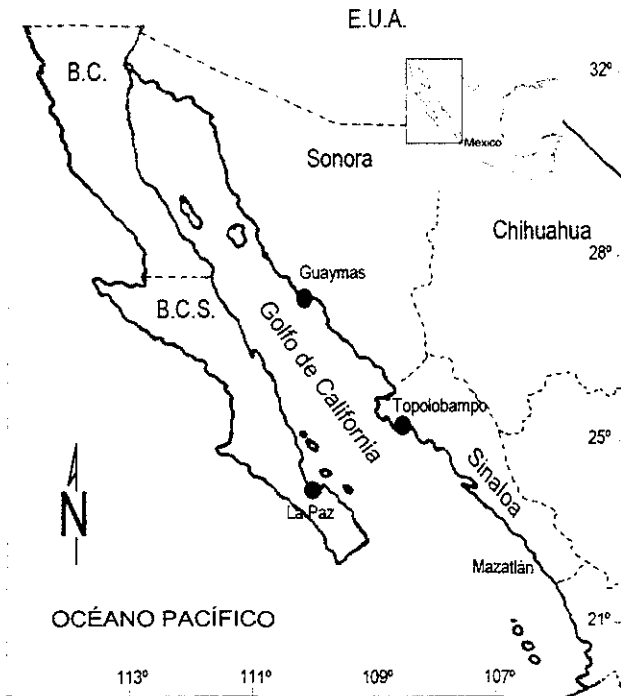


Figura 6. Ubicación de las localidades de muestreo en el área de estudio.

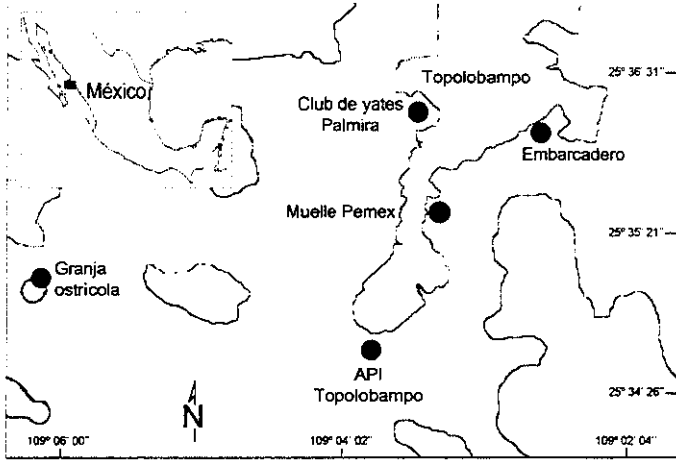


Figura 7. Estaciones de muestreo en Topolobampo.

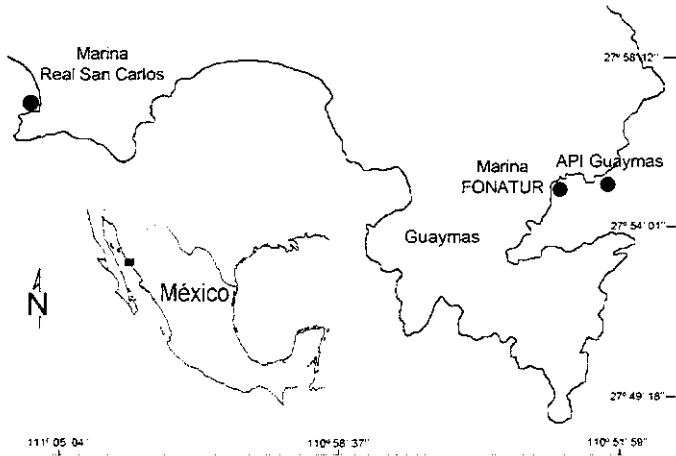


Figura 8. Estaciones de muestreo en Guaymas.

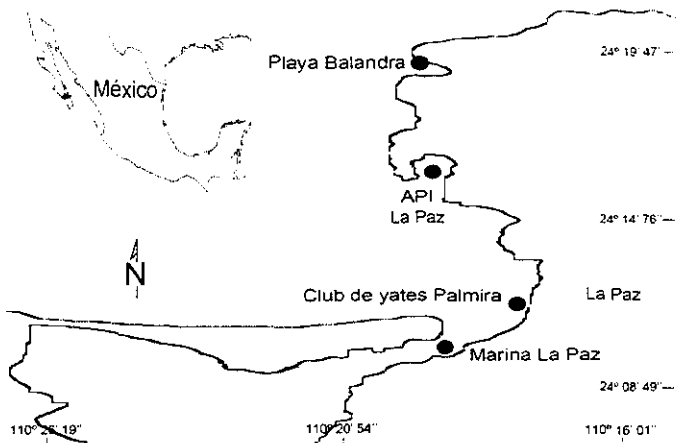


Figura 9. Estaciones de muestreo en La Paz.

Tabla 1. Ubicación de las estaciones de muestreo. (*) Estaciones donde se hicieron recolectas selectivas (no cuantitativas).

LOCALIDAD	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD
	Club de Yates Palmira	25° 35' 59" N	109° 03' 29" W
	Boya 5	25° 35.557' N	104° 04.081' W
Topolobampo	API Boya 1	25° 34.097' N	109° 04.361' W
	Embarcadero*	25° 35.944' N	109° 02.894' W
	Muelle Pemex	25° 35.562' N	109° 03.490' W
	Granja ostrícola*	25° 35' 15" N	109° 06' 05" W
	Boya externa	27° 54.321' N	110° 51.379' W
	API Boya intermedia	27° 54.819' N	110° 52.195' W
Guaymas	Marina FONATUR	27° 55.054' N	110° 53.159' W
	Marina Real San Carlos*	27° 56.742' N	111° 05.547' W
	API	24° 16.447' N	110° 19.852' W
La Paz	Marina La Paz*	24° 09' 17.09" N	110° 19' 37.13" W
	Balandra*	24° 19.345' N	110° 19.490' W
	Club de Yates Palmira	24° 10.886' N	110° 18.213' W

Se visitó una granja ostrícola en Topolobampo (25° 35' 15" N, 109° 06' 05" W, El Mavirí, municipio de Ahome, Sinaloa), donde se registró la presencia de *Polyclinum constellatum* y se recolectaron algunas colonias para su posterior revisión en laboratorio. Las muestras se etiquetaron y se fijaron en formol al 10% en agua de mar. Posteriormente, en el laboratorio se transfirieron a alcohol al 70% para su preservación, además, cada muestra fue re-etiquetada.

Trabajo de campo

Boyas metálicas de señalización marítima

En cada puerto se seleccionaron tres boyas de señalización marítima ubicadas en el canal de navegación. En cada boya se marcó la superficie contenida en un cuadrante de 50 cm² y se hicieron dos réplicas distribuidas al azar. En cada réplica se realizaron recolectas manuales que consistieron en hacer raspados de la superficie con una espátula capturando la muestra de invertebrados esclerobiontes en una red de malla de 500 µm de apertura. La muestra se colocó en cubetas y se cubrió con agua de mar para su traslado a la instalación donde fue procesada *in vivo*. En cada boya se registró la salinidad del agua.

Muelles

En cada marina se seleccionaron dos muelles flotantes y dentro de cada muelle se hicieron dos réplicas con el cuadrante (50 cm²). La recolecta del material biológico se hizo según lo descrito anteriormente para las boyas de señalización marítima. Adicional a esto se realizaron muestreos específicos para *Polyclinum constellatum* de tres réplicas en algunas estaciones (Muelle Pemex en Topolobampo y Marina FONATUR en Guaymas), además de recolectas selectivas en algunos muelles, cabos y otros sustratos.

Separación, fotografía in vivo y fijación de las muestras

En las instalaciones de trabajo se hizo la separación de las muestras en grandes grupos taxonómicos (Porifera, Polychaeta, Mollusca, Bryozoa, Crustacea y Tunicata). Además se tomaron fotografías de los organismos.

Los invertebrados esclerobiontes recolectados en boyas y muelles, fueron fijados en formol al 10% en agua de mar (excepto los crustáceos, que fueron fijados en etanol) y etiquetados con sus respectivos datos de recolecta.

Granja ostrícola

En la granja ostrícola "Los tubos DRI" en Topolobampo se examinaron visualmente los cajones y sacos de cultivo, así como las conchas para después proceder con la extracción de fauna epibionte. Se tomó fotografía digital de la especie *in vivo*. La muestra se fijó según los métodos descritos anteriormente, se llenó la bitácora de la visita, se revisó el correcto etiquetado y empaque de las muestras.

Trabajo de laboratorio

Diagnos de la especie

Se elaboró la diagnos de *Polyclinum constellatum* con ejemplares recolectados en las estaciones de muestreo. Se tomaron fotografías de los caracteres (apertura cloacal común, zooide, lengüeta atrial, estigmas y gónadas) con una cámara adaptada (AmScope MD400E) a los microscopios estereoscopio (AmScope SE3006R-PX) y óptico (Zeigen binoplus), mismas que fueron editadas con los programas Photoshop CS5 y CorelDRAW X6. Adicionalmente se compararon los caracteres de la especie para otras regiones del mundo donde también se considera introducida.

Distribución y densidad

Se registró la abundancia de *Polyclinum constellatum* en cada estación y se determinó la densidad de colonias en 1 m².

Talla

Se realizaron biometrías de las colonias con ayuda de un vernier (SURTEK 6") y una balanza analítica (Yamato LW-3200) en el Laboratorio de Invertebrados Bentónicos II del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán. Las variables de cada colonia fueron longitud, anchura, altura y peso. Los datos obtenidos fueron útiles para la diagnos de la especie, además de que permitieron realizar una correlación entre el tamaño de la colonia y el número de copépodos encontrados.

Simbiosis

Se seleccionaron al azar 25 colonias de *P. constellatum* recolectadas en la granja ostrícola Los Tubos DRI (Topolobampo), con el fin de comparar con lo reportado por Tovar-Hernández *et al.* (2010) para el canal de navegación del puerto de Mazatlán. Las ascidias se disectaron para buscar los copépodos y obtener los índices de simbiosis (intensidad y porcentaje de prevalencia) de acuerdo con Begon *et al.* (1988).

Análisis estadístico

Se elaboró una correlación lineal de Pearson entre el tamaño de las colonias y el número de parásitos, los datos se procesaron en hojas de cálculo del programa de cómputo *Microsoft Office Excel* para realizar las gráficas correspondientes.

Análisis de riesgo

Para la elaboración de este análisis, se siguieron las directrices trinacionales para la evaluación de riesgo de especies acuáticas exóticas invasoras establecido por CONABIO (2008) tal como lo indica su portal electrónico:

http://www.conabio.gob.mx/invasoras/index.php/Lineamientos_de_an%C3%A1lisis_de_riesgo.

RESULTADOS

Clase Ascidiacea

Orden Aplousobranchia Lahille, 1887

Familia Polyclinidae Milne-Edwards, 1842

Polyclinum constellatum Savigny, 1816

Material examinado: 11 especímenes. Sinaloa: Administración Portuaria Integral de Topolobampo S. A. de C. V., muelle Pemex (3); granja ostrícola Los Tubos DRI (1). Sonora: Administración Portuaria Integral de Guaymas S. A. de C. V. boya intermedia (1); Marina FONATUR (3). Baja California Sur: Marina La Paz (1); Playa Balandra (2). Todas recolectadas a 0.5 m de profundidad.

Diagnosis

Ascidia colonial, redonda u oval. *In vivo* presenta coloraciones diversas: púrpura, parda o verde oscuro. Después de la fijación pierde tonalidad y se torna gris. Consistencia gelatinosa al tacto, superficie lisa y textura suave. Los especímenes recolectados en sustrato rocoso de Playa Balandra presentan partículas de arena adheridas cerca de la zona de fijación, a diferencia de los recolectados en boyas y muelles, que no presentan arena. La talla de la ascidia oscila entre 2 y 5 cm. Los zooides se encuentran dispuestos en sistemas que figuran una estrella. Al centro del sistema se encuentra la apertura cloacal común, que es ovalada o redonda (Fig. 10a). Sobre toda la túnica se pueden encontrar más de cinco aperturas cloacales distribuidas irregularmente. Cada apertura cloacal común presenta entre 20 y 67 zooides conectados a ella mediante un canal blanco que proviene del sifón atrial ($n = 11$).

Zooides pequeños (~ 5 mm), con forma de barril y constituido por tres regiones: tórax, abdomen y postabdómen (Fig. 10b). Abdomen y postabdómen unidos por un cuello delgado. Tórax dos veces más largo que el abdomen, transparente, con órganos internos amarillo claro. Tórax con longitud promedio de 2 mm ($n = 9$), abdomen con 1.4 mm ($n = 9$) y postabdómen 1.5 mm ($n = 3$). Sifón oral con seis lóbulos triangulares (Fig. 10c). Debajo de ellos y por dentro del sifón, se encuentran 10 tentáculos delgados, blancos y dispuestos en arreglo circular. Lengüeta atrial corta, más corta que la mitad de la faringe,

con forma puntiaguda (Fig. 10d). Endostilo muy evidente en la parte lateral de la región torácica. Faringe con 10 a 11 hileras, cada hilera con 14 a 18 estigmas (Fig. 10e). Los zooides presentan pellets fecales que salen del intestino y se almacenan en el tórax junto a la cavidad atrial. El recto llega hasta la mitad del tórax por el lado opuesto al endostilo. En el abdomen se encuentra el esófago, que conecta la parte inferior de la faringe con el estómago. Debajo del estómago, el intestino da vuelta hacia el tórax. En el postabdómen están situadas las gónadas, que son redondas y amarillas (Fig. 10f). Testículos con apariencia rugosa y ovarios lisos. Espermiducto muy delgado, con salida en el postabdómen, atraviesa el abdomen y llega a la mitad del tórax, junto al recto. Musculatura evidente solo en el tórax. La cavidad atrial de los zooides revisados ($n = 47$) presenta larvas.

Larva pequeña, ovalada, túnica transparente y órganos internos amarillos (Fig. 10g). Parte anterior con cuatro ámpulas globosas, entre ellas hay tres papilas adhesivas en forma de "T". Con dos manchas negras contiguas de diferente tamaño en la parte posterolateral, la más grande corresponde al ocelo y la más pequeña al otolito; enseguida se ubica el sifón atrial. Cola delgada y larga, amarilla. Por la posición en la que la larva se desarrolla en la cavidad atrial, es común observarla con la cola doblada alrededor del cuerpo (Fig. 10h).

Comentarios taxonómicos

Van Name (1945) examinó ejemplares recolectados a 52 m de profundidad de las costas de Bermuda y Florida. De acuerdo con lo reportado por él, el zooide de *P. constellatum* presenta una longitud de 5-6 mm, sifón oral con 32 tentáculos y la faringe de 14 a 18 hileras, con 18 a 22 estigmas por hilera. En este estudio se reporta una longitud de 5 mm, 10 tentáculos y entre 10 y 11 hileras, con 14-18 estigmas por hilera. La cantidad de hileras de estigmas varía con la edad del zooide (Van Name, 1945), por lo que la diferencia en la cantidad de hileras puede atribuirse a esto.

Rocha & Costa (2005) reportaron ejemplares de *P. constellatum* recolectados en Río de Janeiro, Brasil, a 1 m de profundidad. Ellas indicaron que las colonias vivas de *P. constellatum* presentan zooides verdes (amarillos en este estudio con material fijado), con 20 zooides por sistema (20-67 en este estudio), zooides con una longitud de 7 mm (5 mm en este estudio), sifón oral con 16 tentáculos de dos tallas (10 de talla indeterminada en este estudio ya que se encontraron doblados o entrecruzados por efecto de la fijación),

faringe con 11 a 13 hileras de estigmas y 15 a 18 estigmas por hilera (10-11 hileras, cada una con 14-18 estigmas en este estudio). La diferencia en la coloración de los zooides puede deberse a la fijación, mientras que la variación de los otros caracteres se podría atribuir al tamaño diferente de los zooides, ya que, como lo mencionó Garstang (1892), los zooides más viejos presentan un mayor tamaño y con ello, una mayor cantidad de hileras y estigmas en la faringe.

De acuerdo con Rocha & Costa (2005), la larva de *P. constellatum* es ovalada, sin pigmentación, con una talla de 0.5 mm, región anterior con tres papilas adhesivas y cuatro pares de ámpulas globosas, ocelo y otolito presentes, vesículas pequeñas y redondas cerca de la cola, que puede verse enroscada hasta la mitad del tronco. Las larvas revisadas en este estudio sólo difieren en la coloración amarilla de los órganos internos.

Barnes (1994), mencionó que las larvas de aplousobranquios presentan un cáliz pigmentado en la mitad anterior, en este estudio no fue posible examinar larvas vivas de *P. constellatum*, aunque es probable que hayan presentado pigmentación, que después de la fijación pudo perderse.

De acuerdo con Moreno-Dávila (2010), el zooides de *Polyclinum laxum* (especie nativa del Golfo de California) presenta una lengüeta atrial larga (tan larga como la faringe), en cambio el zooides de *P. constellatum* presenta una lengüeta atrial corta (más corta que la mitad de la faringe) (Fig. 11).

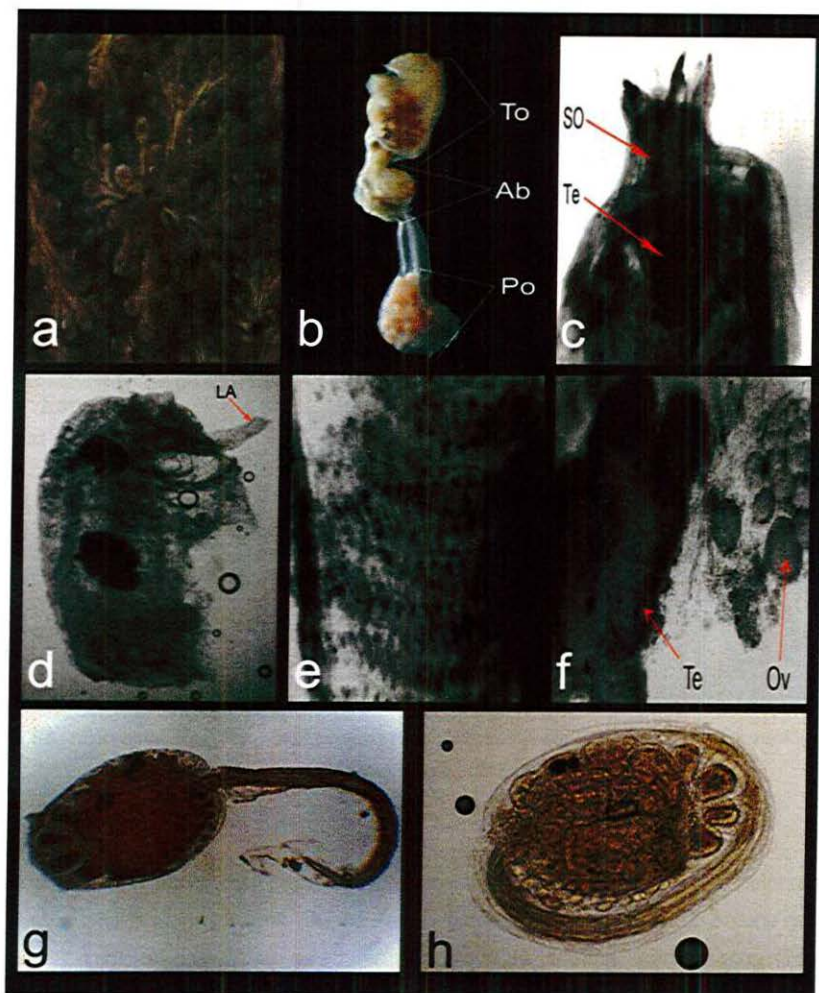


Figura 10. *Polyclinum constellatum*: a) sistema; b) zooide 10x: tórax (To), abdomen (Ab) y postabdomen (Po); c) sifón oral (SO) y tentáculos (Te) 10x; d) lengüeta atrial 5x; e) estigmas 10x; f) gónadas 5x: testículos (Te) y ovarios (Ov); g) larva 10x; h) larva con cola doblada 10x. Fotos: Ramírez-Santana, I. D.

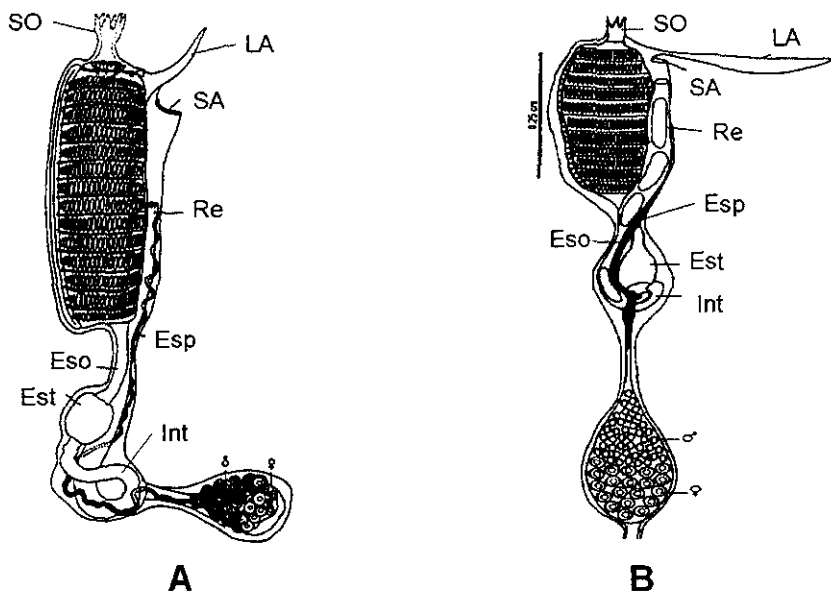


Figura 11. A) Zooide de *P. constellatum*, B) Zooide de *P. laxum*. SO: Sifón oral, LA: Lengüeta atrial, SA: Sifón atrial, Re: recto, Esp: espermiducto, Est: estómago, Int: intestino, Eso: esófago. Ilustraciones modificadas de: A) Van Name, 1945; B) Moreno-Dávila, 2010.

Distribución

Polychinum constellatum se reporta en tres sitios del puerto de Topolobampo (Administración Portuaria Integral, Muelle Pemex y embarcadero), así como en una granja ostrícola. En dicha granja ya se había reportado la especie previamente (Tovar-Hernández *et al.*, 2010) más no así para el puerto, por lo que constituyen estos, los primeros registros de la especie en estructuras portuarias del norte de Sinaloa. En Sonora, *P. constellatum* es reportada por primera ocasión: en el recinto portuario de Guaymas y en dos marinas, una en Guaymas y otra en San Carlos. Asimismo, la especie fue encontrada en La Paz, tanto en el recinto portuario como en una marina, además de playa Balandra, por lo que constituyen estos, primeros registros de la especie en Baja California Sur. Con estos nuevos registros se documenta la presencia de *P. constellatum*

en cinco localidades del Golfo de California (Fig. 12), ya que previamente fue registrada en Mazatlán, Sinaloa (Tovar-Hernández *et al.*, 2010).

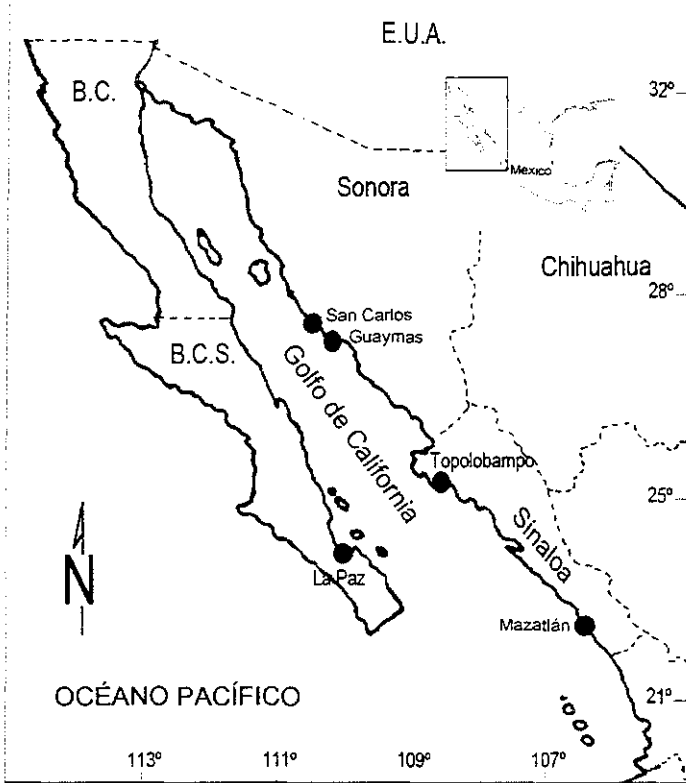


Figura 12. Distribución de *Polyclinum constellatum* en el Golfo de California.

Densidad

La ascidia presentó una densidad promedio de 267, 483 y 48 individuos/m² en Topolobampo, Guaymas y La Paz, respectivamente (Tabla 2).

Talla

Las colonias de *P. constellatum* presentaron una talla muy variable, las de menor talla fueron las de Guaymas (1.68 cm largo) y las de mayor talla fueron las encontradas en La

Paz (2.3 cm largo). En particular para las de Topolobampo se encontró una mayor talla en las de la granja ostrícola que en las de las marinas del puerto (Tabla 3). La colonia más grande se encontró en la marina FONATUR de Guaymas (9.4 cm largo, 6.9 cm ancho, 3.5 cm alto y 127.64 g, obtenida en un muestreo cualitativo).

Simbiosis

Respecto a la simbiosis que mantiene *P. constellatum* con el copépodo *Haplostomides hawaiiensis*, se encontró una prevalencia de parasitismo de 32% y una intensidad media de 0.64. La intensidad máxima fue de 4 copéodos/colonia y la intensidad mínima de 1.

La relación entre la talla de las colonias parasitadas (y) y el número de copéodos (x) se describe con una correlación lineal ($r = 0.534$, $p = 0.10$, $n = 8$), donde se muestra que un mayor número de parásitos corresponde a colonias de mayor talla (Fig.13).

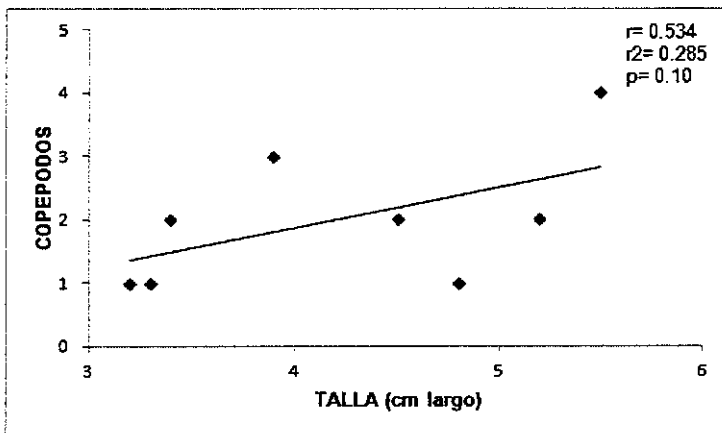


Figura 13. Correlación entre el número de copéodos y la talla de las colonias.

Tabla 2. Densidad promedio (ind/m²) de *P. constellatum*.

SINALOA		SONORA		BAJA CALIFORNIA SUR	
Estación	Densidad promedio	Estación	Densidad promedio	Estación	Densidad promedio
API Topolobampo	416	API Guaymas	384	API La Paz	48
Muelle Pemex Topolobampo	117	Marina FONATUR Guaymas	581	-	-
PROMEDIO GENERAL	267	PROMEDIO GENERAL	483	-	-

Tabla 3. Valores medios, máximos y mínimos de la talla (cm), así como el peso (g) de las colonias de *Polyclinum constellatum* de la granja ostrícola y las estaciones del puerto de Topolobampo.

TALLA	COLONIAS	N	MEDIA	MAX	MIN
LARGO (cm)	granja ostrícola	49	3.48	6	1.4
	Puerto	57	2.25	4.8	0.8
ANCHO (cm)	granja ostrícola	49	2.81	5.2	1
	Puerto	57	1.77	4.2	0.6
ALTO (cm)	granja ostrícola	49	1.65	3.4	0.9
	Puerto	57	1.02	2.1	0.4
PESO (g)	granja ostrícola	49	11.43	42.95	0.91
	Puerto	57	3.01	16.03	0.14

Análisis de riesgo

Los lineamientos y criterios de evaluación del siguiente análisis de riesgo se encuentran en el anexo 1, así mismo la información de respaldo se encuentra en la ficha técnica de la especie (anexo 2).

Etapla 1. ¿Califica la especie para ser evaluada? **Sí.**

Justificación: inciso 1b. La especie *P. constellatum* no es nativa de México, ya está establecida en el Golfo de California (Tovar-Hernández, 2012) y es capaz de expandirse considerando sus características biológicas: especie hermafrodita, presenta incubación de larvas, se adapta a un amplio rango de temperatura (18 - 25 °C), se desconocen depredadores y alcanza densidades hasta de 483 ind/m² en verano en sustratos duros de origen antrópico.

Análisis de incertidumbre: Muy cierto.

Etapla 2. ¿Cuál es la probabilidad de que la especie se establezca y expanda?

Puntuación: 100.

Justificación: Aunque la especie no fue introducida intencionalmente, ya se encuentra establecida en el Golfo de California en hábitats similares a los de su área de distribución nativa (pilotes de muelles y jaulas de cultivos de moluscos). El primer registro de esta especie fue en el puerto de Mazatlán, Sinaloa (Tovar-Hernández *et al.*, 2010), posteriormente se encontró en puertos y marinas de Topolobampo (Sinaloa), Guaymas, San Carlos (Sonora) y La Paz (Baja California Sur) sobre sustratos de origen antrópico (boyas metálicas de señalización, muelles, cabos, pilotes) y en una granja ostrícola de Topolobampo (presente estudio), lo que demuestra que ha logrado su dispersión en esta ecorregión. Fuera de su área de distribución nativa, ha colonizado sustratos naturales como raíces de mangle (Goodbody, 2003; Rocha *et al.*, 2010) y sustratos rocosos (Rocha & Costa, 2005). En el presente estudio fue recolectada en playa Balandra (Baja California Sur), lo anterior demuestra una alta probabilidad de establecerse en diferentes ambientes. Además el tráfico marítimo en el Golfo de California y el Pacífico mexicano representa el principal medio de dispersión al viajar adherida en los cascos de embarcaciones, por lo que la probabilidad de expandirse es mayor.

Análisis de incertidumbre: Muy cierto.

Etapla 3. ¿Cuáles son las consecuencias negativas si se establece la especie? (demostradas y percibidas), ¿cumple con la definición de especie invasora? **Puntuación:**

90.

Justificación: Existe un impacto negativo en la acuicultura de ostión, ya que los acuicultores deben invertir mayor esfuerzo y tiempo para retirar manualmente las ascidias de las conchas para su comercialización, así como de los sacos y charolas de siembra (Rodríguez & Ibarra-Obando, 2008; Tovar-Hernández, 2012). Otro impacto negativo se presenta en los puertos y marinas donde ya se estableció, ya que junto a otros organismos esclerobiontes, favorece la corrosión de los sustratos metálicos y aumenta el peso de las superficies colonizadas, lo que implica inversión y aplicación de pinturas “*anti-fouling*”, generando pérdidas económicas a las industrias portuaria y naviera. Hasta el momento no se han cuantificado las pérdidas económicas de dichos impactos (Tovar-Hernández, 2012). Por otra parte, no se han reportado impactos negativos ecológicos en áreas naturales, sin embargo, *P. constellatum* muestra potencial para generar impactos indirectos en un área natural, ya que su introducción puede funcionar como entrada a otros organismos exóticos invasores, como el poliqueto tubícola *Branchiomma bairdi*, que podría generar competencia y desplazar a especies nativas, además de que el copépodo parásito *Haplostomides hawaiiensis* pueda infestar a la ascidia nativa *Polyclinum laxum*. Ante este panorama y de acuerdo con la definición del Diario Oficial de la Federación (2010), *Polyclinum constellatum* debe ser considerada como especie exótica invasora.

Análisis de incertidumbre: Muy cierto.

Etapas 4. ¿Cuáles son los beneficios de la introducción (demostrados e intangibles)?

Puntuación: -60.

Justificación: La especie muestra poco potencial para generar ganancias futuras, ya que hasta el momento en la India se ha propuesto su uso como recurso útil en la biomedicina (Santhana & Senthil, 2009), sin embargo, hasta que no se demuestre su verdadero aprovechamiento y efectividad en este campo en el país, no representa beneficio para ningún sector de la población.

Análisis de incertidumbre: Muy cierto.

Etapas 5. Combinación de puntuaciones de las etapas 2 a la 4.

Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4	Puntuación total	Clasificación
Potencial de establecimiento	Impacto negativo	Impacto benéfico		
100	90	-60	130	31

Etapas 6. Combinación de puntuaciones de las etapas 2 a la 4.

La especie presentó una puntuación total de 130 con una clasificación de 31, que es el límite superior para considerar la prohibición de acceso y entrada restringida (rechazada). Sin embargo, debido a las características biológicas de la especie, la entrada restringida es inviable, ya que la identificación de la especie debe ser corroborada por un especialista, y debe considerarse que su introducción fue accidental. Actualmente ya se encuentra establecida en el Golfo de California y por ello es altamente recomendable establecer monitoreos en las localidades donde ya se distribuye, así como detectar su presencia en áreas naturales y realizar limpiezas con mayor frecuencia de las estructuras colonizadas, con el fin de evitar su dispersión a nuevas localidades del Pacífico mexicano, mientras se genera mayor información sobre su biología.

DISCUSIÓN

Distribución

Polyclinum constellatum se reporta por primera vez para los estados de Sonora y Baja California Sur, lo que demuestra que la especie ha logrado su dispersión. El tráfico marítimo ha permitido que algunas ascidias se introduzcan en marinas y puertos (Lambert & Lambert, 1998), entre ellas *Polyclinum constellatum*. En dichos lugares existen sustratos ideales donde estos organismos se establecen y desarrollan con éxito. Bajo condiciones naturales las larvas de ascidias no se desplazan lejos, a menudo suelen ser pocos metros (Lambert, 2005), por lo tal, se deduce que las rutas marítimas existentes entre los puertos de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur han favorecido la dispersión de esta ascidia. Aunque no es posible definir la ruta exacta de ingreso a México, en el presente estudio se han establecido hipótesis de dos posibles rutas, la primera: Hawaii - San Diego - Golfo de California; la segunda: países del Atlántico (Brasil, Venezuela, Panamá, Belice) - canal de Panamá - Pacífico mexicano - Golfo de California. Cualquiera de estas rutas sólo puede ser apollada por futuros registros en nuevas localidades.

Diagnosis

Los caracteres de *P. constellatum* fueron comparados con los de *P. laxum*, especie nativa del Golfo de California, y tras la identificación taxonómica realizada en el presente estudio se asume que la diferencia entre estas especies es el tamaño de la lengüeta atrial del zooide, ya que Moreno-Dávila (2010) reportó el zooide de ejemplares de *P. laxum* de la costa de Oaxaca con lengüeta atrial larga (tan larga como la faringe); mientras que en el presente estudio los zoides revisados presentan lengüeta atrial corta (más corta que la mitad de la faringe). Otros caracteres como la cantidad de hileras de estigmas en la faringe y estigmas por hilera, cantidad y talla de tentáculos en el sifón oral, zoides por sistema y longitud del zooide, analizados para *P. constellatum* en otros estudios (Van Name, 1945; Rocha & Costa, 2005) no fueron útiles para la identificación de la especie en este trabajo.

Densidad

Polyclinum constellatum presentó densidades muy variables en cada localidad. La Paz registró la densidad más baja, lo cual puede atribuirse a las variables ambientales propias

de esta localidad como temperatura, salinidad, luz, hidrodinámica y suficiente materia orgánica suspendida, las cuales son variables que determinan la distribución de las ascidias (Lambert, 2005). En este estudio es posible atribuirlo a la cantidad de materia orgánica suspendida, pues probablemente los sitios de La Paz sean ambientes más escasos de materia orgánica suspendida y con una menor cantidad de alimento disponible.

Talla

En Topolobampo las colonias de mayor talla se encontraron en la granja ostrícola, lo que se atribuye a que en este lugar existe menor competencia por espacio y alimento con otros organismos filtradores del *fouling* (esponjas, poliquetos tubícolas, moluscos bivalvos, briozoarios, balanos y ascidias), ya que aquí sólo se registró la presencia del poliqueto sabélido exótico *Branchiomma bairdi*. Aunado a ello, la granja ostrícola se localiza en un sistema estuarino, lo que permite mayor disponibilidad de nutrientes y de materia orgánica en suspensión.

Simbiosis

Los índices de simbiosis encontrados en el presente trabajo determinan que la prevalencia (32%) y la intensidad media (0.64) son bajas, en comparación con el estudio de Tovar-Hernández *et al.* (2010), quienes reportaron una prevalencia de parasitismo de 68% y una intensidad media de 3.18 copépodos/ascidia. Dichas diferencias pueden estar relacionadas a la estación del año, ya que los muestreos del presente estudio se realizaron en verano y los de Tovar-Hernández *et al.* (2010) a lo largo de todo el año, pero mayormente en otoño e invierno.

Biología reproductiva

Aunque no existe referencia alguna sobre la biología reproductiva de *P. constellatum*, el presente trabajo arroja información sobre su reproducción, fundamentada con el hallazgo de larvas durante el verano, específicamente en el mes de agosto. Dicho hallazgo es importante porque indica la temporada en la cual se desarrollan larvas y ocurre reclutamiento en las poblaciones de *P. constellatum*.

Análisis de riesgo y especies exóticas

El análisis de riesgo del presente trabajo da como resultado la prohibición de acceso y entrada restringida (rechazada) de *Polyclinum constellatum* a México, lo cual es determinante en la toma de acciones, ya que debido a las características biológicas de la especie, es imposible restringir su entrada en aguas mexicanas. Esto evidencia que la puntuación de los análisis de riesgo establecidos por la CONABIO, no es funcional para prohibir o autorizar el acceso de *P. constellatum* al país.

Por lo anterior, es necesario modificar la puntuación y los valores asignados de acceso (aprobado, indeterminado, rechazado), particularmente el acceso rechazado, ya que mediante la adición de opciones que contemplen características de dispersión y establecimiento (hábitos de vida, tamaño, reproducción) es posible determinar si el acceso rechazado es viable o inviable. Si se tratara de un acceso rechazado inviable pudiera denominarse como “acceso condicionado”, donde se deben considerar operaciones de control poblacional de la especie en territorio mexicano. De esta manera se puede adecuar el análisis de riesgo para diversos invertebrados marinos que comparten características de dispersión y establecimiento con *Polyclinum constellatum*.

En estudios sobre especies exóticas es de vital importancia la elaboración del análisis de riesgo debido a que permite establecer medidas de control y manejo de acuerdo a la información disponible de la especie involucrada. Tovar-Hernández (2012) catalogó como exóticas invasoras a otras ascidias con distribución en el Pacífico mexicano (*Ascidia zara*, *Botrylloides perspicuum*, *Botrylloides violaceus*, *Botryllus schlosseri* *Microcosmus squamiger*, *Polyandrocarpa zorritensis*, *Styela plicata*, *Symplegma reptans*), sin embargo, para estas especies aún no existe el análisis de riesgo y para ello es necesario generar la información básica sobre la biología de dichas ascidias.

Respecto a la legislación, es necesario elaborar normas y reglamentos sobre el transporte de flora y fauna incrustante en embarcaciones, ya que de acuerdo con Okolodkov *et al.*, 2007, México no cuenta con legislación que regule la entrada de organismos incrustantes en los puertos. Por otro lado, debe atenderse la regulación sobre las descargas de agua de lastre, porque aunque las leyes actuales (Ley de navegación y comercio marítimos, Reglamento de la ley de puertos) prohíben la descarga de lastre en aguas mexicanas, dichas leyes carecen de inspección y vigilancia. Así mismo, la acuicultura también cuenta con normas que regulan la introducción de organismos acuáticos (NOM-010-PESC-1993), mismas que también necesitan de inspección y cumplimiento oportuno.

Otra parte que no debe pasar desapercibida, es la difusión de información útil de las especies exóticas invasoras (características físicas e identificación, medios de dispersión e impactos en los sitios afectados) a la sociedad en general, tal como lo establece la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México (Comité Asesor Nacional sobre especies invasoras en México, 2010), donde también se incluye la operación de programas de control en las poblaciones de aquellas especies ya establecidas, así como la prevención y acción temprana de nuevas introducciones.

Las pérdidas económicas generadas para las industrias naviera y portuaria por la presencia de esta ascidia en estructuras flotantes, así como en el cultivo de ostión para los acuicultores, aun no han sido cuantificadas, lo cual es un parámetro para realizar futuros estudios que lo analicen.

Finalmente, cabe mencionar que se requiere motivar y entrenar estudiantes en la taxonomía de este grupo de fauna escasamente conocido en México, con el fin de establecer la base taxonómica necesaria para estudios que aborden problemáticas ecológicas como las tratadas en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

- *Polyclinum constellatum* ha logrado su dispersión y establecimiento en el Golfo de California.
- *Polyclinum constellatum* es una especie exótica invasora con entrada restringida en México.
- *Polyclinum constellatum* presenta densidades y tallas muy variables que están determinadas por condiciones ambientales de cada localidad.
- En colonias de mayor talla aumenta la probabilidad de encontrar mayor número de copépodos parásitos.
- *P. constellatum* es diferente a *P. laxum* en el tamaño de la lengüeta atrial del zooide.
- El periodo de reproducción de *Polyclinum constellatum* en el Golfo de California es en verano, al menos durante el mes de agosto.
- Es necesario cuantificar las pérdidas económicas en la acuicultura de ostión, ya que a la fecha es la actividad productiva más afectada por la introducción de *Polyclinum constellatum*.

ANEXO 1

Lineamientos para el análisis de riesgo

Este análisis consta de seis etapas, donde cada una se representa en una tabla que despliega las diferentes opciones que tiene el evaluador. Para las etapas 1 a 4, el evaluador tendrá que llenar una sección de justificación explicando el proceso y las razones por las que se le asignó determinado rango al organismo, anexando referencias bibliográficas (si es apropiado), también debe asignarse un código de incertidumbre a cada organismo. Las etapas 5 y 6 son meramente mecánicas y no requieren justificación por parte del evaluador.

Etapa 1. ¿Califica la especie para ser evaluada?

	Criterios	Respuesta
1 ^a	La especie no es nativa y no está establecida en el país.	Si
1b	La especie no es nativa, ya está establecida en el país, y es capaz de expandirse rápidamente (considerando la biología de la especie y la frecuencia de introducción).	Si
1c	La especie no es nativa, ya está establecida en el país, alcanzó los límites probables de expansión y es lo suficientemente diferente a nivel genético (variedades naturales, subespecies), para implicar algún riesgo, ó lo suficientemente cercanas a nivel genético para implicar algún riesgo de hibridación.	Si
1d	La especie no es nativa, ya está establecida en el país, alcanzó los límites probables de expansión y no exhibe ninguna de las características a nivel genético mencionadas en el inciso 1c.	No
2 ^a	La especie es nativa en el ecosistema receptor, pero la variedad/subespecies/híbrido propuesto es lo suficientemente diferente a nivel genético para implicar algún riesgo, o lo suficientemente cercano a nivel genético para implicar algún riesgo de hibridación, para ser introducido.	Si

2b	La especie es nativa en el ecosistema receptor y no exhibe ninguna de las características genéticas mencionadas en el inciso 2a.	No
----	--	----

Etapas 2. ¿Cuál es la probabilidad de que la especie se establezca y expanda?

La siguiente tabla otorga un valor numérico al potencial de una especie para establecerse. Se asigna el grado más bajo si una especie cumple con dos criterios al mismo tiempo. El grado asignado será utilizado al final de paso 3 para ayudar a determinar (en parte) si la especie exótica califica como invasora.

Criterios	Puntuación
Es poco probable que la especie exótica encuentre las condiciones ecológicas necesarias para sobrevivir.	0
La especie exótica no es capaz o es muy poco probable que sea capaz de reproducirse (e.g. inhabilidad para encontrar pareja, estéril, o que pueda completar su ciclo de vida).	10
No se tienen antecedentes de establecimiento de la especie exótica fuera de su área natural de distribución o en hábitats similares a los encontrados en el país. En caso de tener antecedentes de establecimiento fuera de su rango nativo en hábitats similares a los encontrados en el país, no ha mostrado evidencia de expansión.	50
La especie exótica se ha introducido intencionalmente con el propósito de que se establezca; existen antecedentes probados de su rápido establecimiento en un nuevo ambiente, similar a los encontrados en el país y existen evidencias convincentes de que la especie exótica es capaz de expandirse.	100

Etapas 3. ¿Cuáles son las consecuencias negativas si se establece la especie? (demostradas y percibidas), ¿cumple con la definición de especie invasora?

El hecho de que una especie tenga capacidad de establecerse en un ambiente nuevo no la califica automáticamente como invasora. Para que una especie sea considerada como invasora se requiere argumentar, de manera convincente, que esta causa un impacto negativo. La siguiente tabla captura y da un valor a los impactos negativos “razonables y racionales”.

Criterios	Puntuación
<p>La especie exótica ha producido de manera consistente daños económicos serios o moderados en otras localidades y/o ha causado de manera consistente daños ecológicos serios o moderados a una o más de las siguientes: 1) especies clave, 2) algún componente biótico importante de ecosistemas valorados por el hombre u otros cambios significativos a hábitats valorados, 3) biodiversidad nativa, o 4) especies amenazadas o en peligro de extinción. Este daño potencial estaría dirigido hacia componentes similares presentes en el país.</p>	100
<p>Se ha reportado que la especie exótica, en ocasiones ha causado daños económicos serios o moderados en otras localidades y/o ha causado de manera consistente daños ecológicos serios o moderados a una o más de las siguientes: 1) especies clave, 2) algún componente biótico importante de ecosistemas valorados por el hombre u otros cambios significativos a hábitats valorados, 3) biodiversidad nativa, o 4) especies amenazadas o en peligro de extinción. Este daño potencial estaría dirigido hacia componentes similares presentes en el país.</p>	95
<p>Se ha reportado que la especie exótica raramente ha ocasionado algún impacto económico, o que las características de la especie exótica raramente han ocasionado algún impacto ambiental, o que las características de la especie exótica muestran de manera convincente que el potencial para impactos moderados o severos en un área natural protegida es posible para una o mas de las siguientes: 1) especies clave, 2) algún componente biótico importante de ecosistemas valorados por el hombre u otros cambios significativos a hábitats valorados, 3)</p>	90

biodiversidad nativa, o 4) especies amenazadas o en peligro de extinción.	
No existen registros de que la especie exótica haya causado algún impacto económico, <u>no obstante sus características muestran de manera convincente que el potencial de un impacto negativo en un área natural protegida es posible</u> y/o no existen registros de que la especie exótica haya causado algún impacto ambiental, pero sus características muestran de manera convincente que el potencial para impactos moderados o severos en un área natural protegida es posible para una o mas de las siguientes: 1) especies clave, 2) algún componente biótico importante de ecosistemas valorados por el hombre u otros cambios significativos a hábitats valorados, 3) biodiversidad nativa, o 4) especies amenazadas o en peligro de extinción.	80
No existen registros de que la especie exótica haya causado algún impacto económico; sus características muestran de manera convincente que no tiene el potencial para convertirse en una plaga que cause impactos económicos, y no existen registros de que la especie exótica haya causado algún impacto ambiental, y sus características muestran de manera convincente que no tiene el potencial para convertirse en una plaga que cause impactos ambientales.	0

Si las sumas de las etapas 2 y 3 son iguales a 130 o más la especie se considera como invasora potencial.

Etapla 4. ¿Cuáles son los beneficios de la introducción (demostrados e intangibles)?

El propósito de los grados de la etapa 4 es el de capturar el componente de beneficio positivo que tendría la introducción de una especie exótica, sin tomar en cuenta si esta se establece o no, independientemente de si trae consigo consecuencias negativas reales o potenciales. Se usa una graduación negativa para contrarrestar las calificaciones obtenidas en la etapa 3 (impacto negativo).

Criterios	Puntuación
-----------	------------

La especie exótica muestra un gran potencial para generar ganancias futuras directas contribuyendo al bienestar económico y/o social de la población en el ambiente afectado.	-100
La especie exótica muestra un potencial moderado en términos de generación de ganancias futuras directas que contribuyan al bienestar económico y/o social de la población en el ambiente afectado, o muestra potencial para generar ganancias futuras para un segmento de la sociedad o industrias consideradas en general como importantes.	-90
La especie exótica muestra poco potencial para generar ganancias futuras para la mayor parte de la población, sin embargo muestra un potencial significativo para generar ganancias para quien introduce la especie y la industria/mercado asociados, o beneficios limitados a un pequeño segmento de la población o de la industria.	-80
La especie exótica muestra poco potencial para generar ganancias futuras, excepto para el número limitado de personas que introducen las especies.	-60

Etapa 5. Combinación de puntuaciones de las etapas 2 a la 4.

La siguiente tabla suma todas las combinaciones posibles de valores. Entre más alto rango más preocupante es el resultado. Los valores del rango no deben tomarse como una entidad cuantitativa, ya que solo se definen en comparación con los otros rangos. Por ejemplo un organismo con un valor de 20 presenta mas riesgo que uno de 10, pero ninguno de los dos números representa montos cuantitativos (el 20 no es dos veces "peor" que el 10).

Clasificación de organismos con una probabilidad de establecimiento con puntuación de 100				
Etapa 2 Potencial de establecimiento	Etapa 3 Impacto negativo	Etapa 4 Impacto benéfico	Puntuación total	Clasificación

100	100	-60	140	33
100	95	-60	135	32
100	90	-60	130	31
100	100	-80	120	30
100	80	-60	120	30
100	95	-80	115	29
100	90	-80	110	28
100	100	-90	110	28
100	95	-90	105	27
100	100	-100	100	26
100	90	-90	100	26
100	80	-80	100	26
100	95	-100	95	25
100	90	-100	90	24
100	80	-90	90	24
100	80	-100	80	22
100	0	-60	40	15
100	0	-80	20	12
100	0	-90	10	10
100	0	-100	0	8

Clasificación de organismos con una probabilidad de establecimiento con puntuación de 50				
Etapa 2 Potencial de establecimiento	Etapa 3 Impacto negativo	Etapa 4 Impacto benéfico	Puntuación total	Clasificación
50	100	-60	90	24
50	95	-60	85	23
50	90	-60	80	22
50	100	-80	70	21
50	80	-60	70	21
50	95	-80	65	20

50	90	-80	60	19
50	100	-90	60	19
50	95	-90	55	18
50	100	-100	50	17
50	90	-90	50	17
50	80	-80	50	17
50	95	-100	45	16
50	90	-100	40	15
50	80	-90	40	15
50	80	-100	30	14
50	0	-60	-10	7
50	0	-80	-30	6
50	0	-90	-40	5
50	0	-100	-50	4

Clasificación de organismos con una probabilidad de establecimiento con puntuación de 10

Etapa 2 Potencial de establecimiento	Etapa 3 Impacto negativo	Etapa 4 Impacto benéfico	Puntuación total	Clasificación
10	100	-60	50	17
10	95	-60	45	16
10	90	-60	40	15
10	100	-80	30	14
10	80	-60	30	14
10	95	-80	25	13
10	90	-80	20	12
10	100	-90	20	12
10	95	-90	15	11
10	100	-100	10	10
10	90	-90	10	10
10	80	-80	10	10

10	95	-100	5	9
10	90	-100	0	8
10	80	-90	0	8
10	80	-100	-10	7
10	0	-60	-50	4
10	0	-80	-70	3
10	0	-90	-80	2
10	0	-100	-90	1

Antes de dejar la etapa 5 el evaluador tiene que revisar los análisis de incertidumbre de las etapas 1, 2, 3 y 4 y asignar un código de incertidumbre "global" para la especie. A continuación se indican los códigos de incertidumbre y su descripción.

Código de incertidumbre	Descripción
Muy cierto	Seguro
Razonablemente cierto	Razonablemente cierto
Moderadamente cierto	Mayor certeza que incertidumbre
Razonablemente incierto	Razonablemente incierto
Muy incierto	Una suposición

Etapa 6. Asignación del organismo, utilizando su clasificación, para una lista de aprobación, desaprobación o status indeterminado.

La asignación de valores como aprobado, rechazado o indeterminado a los valores de la lista, basados en el rango de especie exótica es sencilla:

- Puntuación total = 40 o menos (clasificación de 15 a 1) no existen restricciones para su entrada (aprobada).

- Puntuación total = 45 a 65 (clasificación de 16 a 20) requiere considerarse más detalladamente con el grado de incertidumbre antes de su aprobación o restricción para el acceso (indeterminado).
- Puntuación total = 70 o más (clasificación de 21 a 33) prohibición para su acceso y entrada restringida (rechazada).

ANEXO 2

Ficha técnica de *Polyclinum constellatum*



Polyclinum constellatum Savigny, 1816

Foto: Rendón-Rodríguez, S.

1. GENERALIDADES

Información taxonómica

Reino Animalia

Phylum Chordata Bateson, 1885

Clase Ascidiacea Nielsen, 1995

Orden Aplousobranchia Lahille, 1886

Familia Polyclinidae Milne-Edwards, 1842

Polyclinum constellatum Savigny, 1816

Sinónimo: *Polyclinum brasiliense* Michaelsen, 1923

Nombres comunes

Español: papa de mar, ascidia papa.

Inglés: sea potato, potato ascidian.

Determinación: Ramírez-Santana, I. D.

Colecciones de referencia: Geomare A. C. Colección Regional de Invertebrados, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, Universidad Nacional Autónoma de México: EMU-8641-8654.

Descripción de la especie (basada en la examinación de especímenes recolectados en Topolobampo, Guaymas y La Paz en 2011, depositados en Geomare A. C.).

Ascidia colonial, redonda u oval (figura de inicio). *In vivo* presenta coloraciones diversas: púrpura, parda o verde oscuro. Después de la fijación pierde tonalidad y se torna gris. Consistencia gelatinosa al tacto, superficie lisa y textura suave. Los especímenes recolectados en sustratos rocosos presentan partículas de arena adheridas cerca de la zona de fijación, a diferencia de los recolectados en boyas y muelles, que no presentan arena. La talla de la ascidia oscila entre 2 y 5 cm. Los zooides se encuentran dispuestos en sistemas que figuran una estrella. Al centro del sistema se encuentra la apertura cloacal común, que es ovalada o redonda (Fig. 1a). Sobre toda la túnica se pueden encontrar más de cinco aperturas cloacales distribuidas irregularmente. Cada apertura cloacal común presenta entre 20 y 67 zooides conectados a ella mediante un canal blanco que proviene del sifón atrial ($n = 12$).

Zooide pequeño (~ 5 mm), con forma de barril y constituido por tres regiones: tórax, abdomen y postabdómen (Fig. 1b). Tórax dos veces más largo que el abdomen, transparente, con órganos internos amarillo claro. Tórax con longitud promedio de 2 mm ($n = 9$), abdomen con 1.4 mm ($n = 9$) y postabdómen 1.5 mm ($n = 3$). Sifón oral con seis lóbulos triangulares (Fig. 1c). Debajo de ellos y por dentro del sifón, se encuentran 10 tentáculos delgados, blancos y dispuestos en arreglo circular. Lengüeta atrial corta, puntiaguda (Fig. 1d). Endostilo muy evidente en la parte lateral de la región torácica. Faringe con 10 a 11 hileras, cada hilera con 14 a 18 estigmas. Los zooides presentan pellets fecales que salen del intestino y se almacenan en el tórax junto a la cavidad atrial. El recto llega hasta la mitad del tórax por el lado opuesto al endostilo. En el abdomen se encuentra el esófago, que conecta la parte inferior de la faringe con el estómago. Debajo del estómago, el intestino da vuelta hacia el tórax. Abdomen y postabdómen unidos por un cuello delgado. En el postabdómen están situadas las gónadas, que son redondas y

amarillas. Testículos con apariencia rugosa, ovarios lisos. Espermiducto muy delgado, con salida en el postabdómen, atraviesa el abdomen y llega a la mitad del tórax, junto al recto. Musculatura evidente solo en el tórax.

Larva pequeña, ovalada, túnica transparente y órganos internos amarillos. Parte anterior con cuatro ámpulas globosas, entre ellas hay tres papilas adhesivas en forma de "T". Con dos manchas negras contiguas de diferente tamaño en la parte posterolateral, la más grande corresponde al ocelo y la más pequeña al otolito; enseguida se ubica el sifón atrial. Cola delgada y larga, amarilla. Por la posición en la que la larva se desarrolla en la cavidad atrial, es común observarla con la cola doblada alrededor del cuerpo.

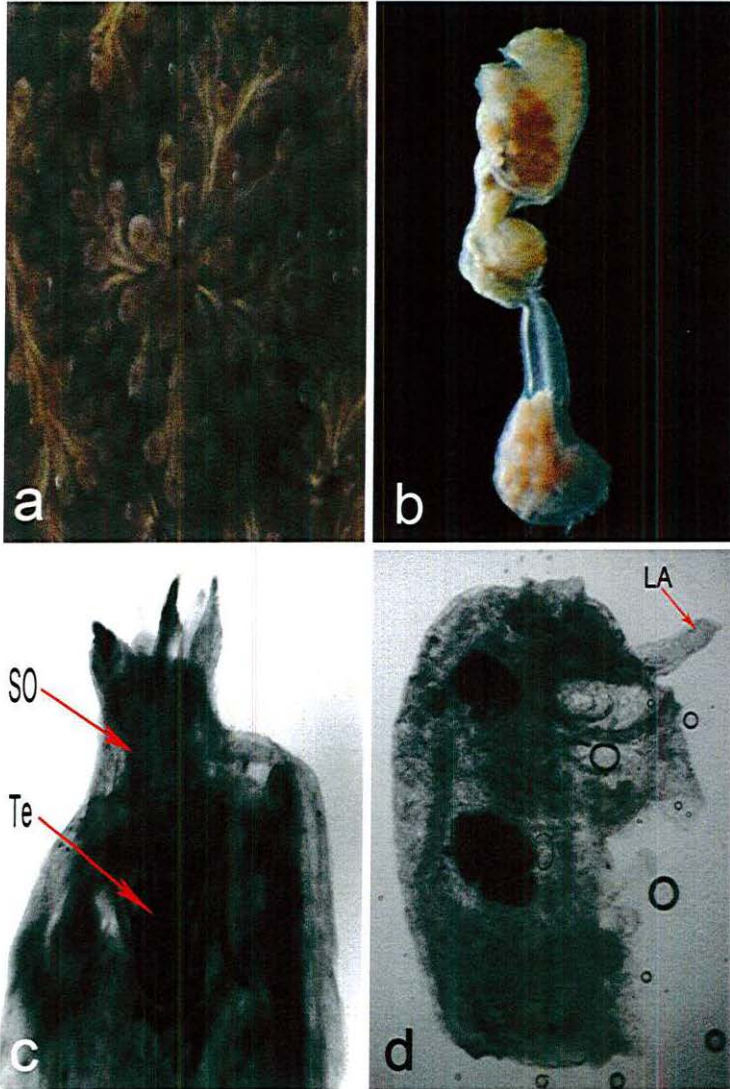


Figura 1. Estructuras de *P. constellatum*: a) Sistema; b) zooide 10 x; c) sífon oral (SO) y tentáculos (Te) 10x; d) lengüeta atrial (LA) 5x. Fotos: Ramírez-Santana, I. D.

Usos de la especie

En el sur de la India se ha propuesto su uso como recurso útil en la biomedicina, ya que se han extraído cepas que actúan como analgésico, anti-inflamatorio y contra la excitabilidad del sistema nervioso (Santhana & Senthil, 2009).

2. DISTRIBUCIÓN

2.1 Distribución original

Polyclinum constellatum fue descrita para Hong Kong en Asia, su distribución nativa incluye el área de las islas Filipinas (Fig. 2).

2.1.1 Profundidad

Entre 0.6 y 1.2 m de profundidad (Huang *et al.*, 1992).

2.1.2 Mapa de la distribución original de la especie

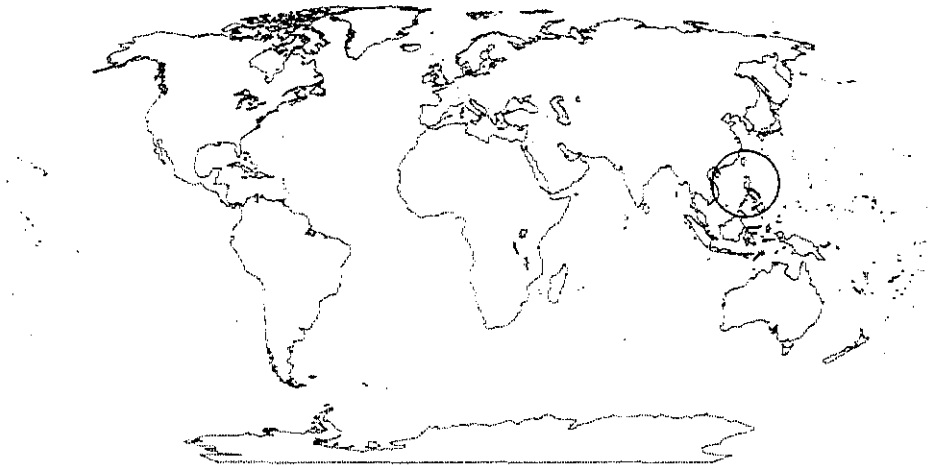


Figura 2. Distribución original de *Polyclinum constellatum*.

2.2 Distribución como especie invasora en México

Polyclinum constellatum se ha registrado como especie invasora en algunas localidades del Golfo de California: puerto y marinas de Mazatlán (Tovar-Hernández *et al.*, 2010),

Topolobampo (Sinaloa), Guaymas, San Carlos (Sonora), La Paz, y playa Balandra (Baja California Sur) (Fig. 3) y en una granja ostrícola, ubicada en Topolobampo, Sinaloa (presente estudio).

2.2.1 Profundidad

Se ha registrado a 0.5 m de profundidad (presente estudio).

2.2.2 Mapa de la distribución geográfica de la especie invasora

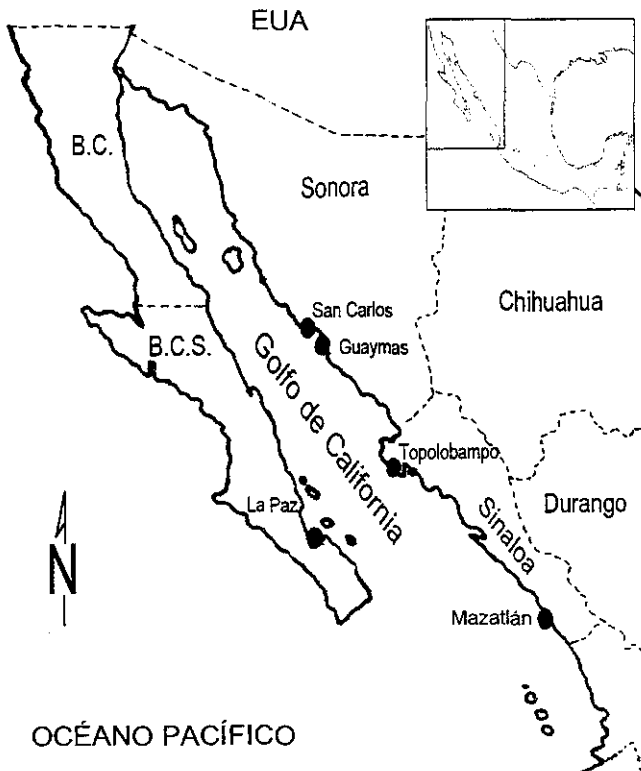


Figura 3. Distribución geográfica de *Polyclinum constellatum* como especie invasora en México.

2.3 Distribución como especie invasora en otros países

Se ha reportado como exótica en Bermuda (Van Name, 1945), Francia (Monniot *et al.*, 1985; Monniot & Monniot, 1987), Belice (Goodbody, 2000), Jamaica (Goodbody, 2003), Brasil (Rocha & Costa, 2005; Rocha *et al.*, 2009), Venezuela (Rocha *et al.*, 2010) y Panamá (Carman *et al.*, 2011). Para Estados Unidos se ha registrado en Florida (Van Name, 1945), Hawaii (Ooishi, 1994) y Texas (Lambert *et al.*, 2005).

3. AMBIENTE

3.1 Clima

Como especie nativa, *Polyclinum constellatum* se distribuye en clima subtropical de la región de Hong Kong y las islas Filipinas. Su distribución como especie exótica se ha registrado en climas tropicales (Brasil, Panamá, Belice, Jamaica, México, Texas, Florida), subtropicales (Hawaii) y templados (Bermuda).

3.2 Tipo de ambiente

Polyclinum constellatum se distribuye en ambientes costeros.

3.2.1 Como especie nativa

Adherida en la parte inferior de pilotes de muelles (Huang *et al.*, 1992) y sobre jaulas de cultivos de moluscos (Huang, 2003).

3.2.2 Como especie invasora

Habita en puertos y marinas sobre sustratos de origen antropogénico como cabos (Fig. 4a), muelles y boyas metálicas de señalización marítima (Tovar-Hernández *et al.*, 2010; presente estudio), así como en cultivos de moluscos donde crece como epibionte de ostiones (*Crassostrea gigas*) (Fig. 4b) (Tovar-Hernández *et al.*, 2010; presente estudio) y mejillones (*Perna perna*) (Rocha *et al.*, 2009), y sobre cuerdas, charolas y sacos de cultivo (Fig. 4 c-d). También se distribuye en ambientes naturales como sustratos rocosos (Rocha & Costa, 2005; presente estudio) y raíces de mangle rojo (Goodbody, 2003; Rocha *et al.*, 2010). Los cuerpos de agua donde se encuentra, presentan una salinidad entre 30 y 40 ppm, con una temperatura entre 18 y 32° C.

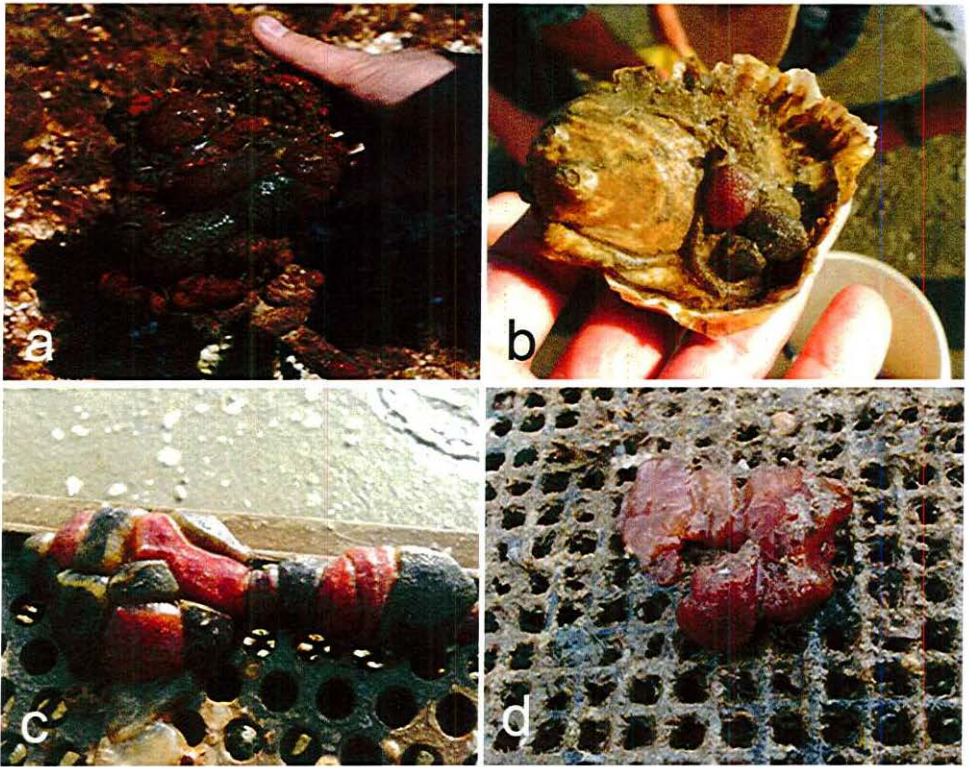


Figura 4. *Polyclinum constellatum* sobre diversos sustratos: a) sobre cabo; b) epibionte del ostión *Crassostrea gigas*; c) en charolaje de siembra de ostión; d) sobre costales de ostión. Fotos: a y d: Bahena-Basave, H., b y c: Rendón-Rodríguez, S.

3.3 Tipo de vegetación

No aplica.

3.4 Hábitat

En sustratos artificiales de marinas y puertos (cabos, muelles flotantes, pilotes de muelles, boyas metálicas de navegación, cuerdas, cascos de embarcaciones), cultivos de moluscos y sustratos naturales como rocas (Rocha & Costa, 2005; presente estudio) y raíces de mangle (Goodbody, 2003; Rocha *et al.*, 2010).

4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE

4.1 Abundancia o tamaño poblacional

Hasta el momento, sólo se ha evaluado el tamaño poblacional de *P. constellatum* en algunos puertos del Golfo de California (ver 4.9). Rocha *et al.*, (2010) reportaron la abundancia de la especie como “escasa” o “muy abundante” para algunos sitios de Venezuela, sin mencionar la cantidad.

4.2 Condiciones óptimas para el crecimiento

Polyclinum constellatum se encuentra en sitios someros y turbios con materia orgánica en suspensión, donde crece sobre sustratos duros de origen antropogénico (cabos, muelles, pilotes de muelles, boyas metálicas, cuerdas, cascos de embarcaciones), o naturales (rocas y raíces de mangle). Algunos estudios (Huang, 2003; Rocha *et al.*, 2009; Tovar-Hernández *et al.*, 2010) reportan rangos de temperatura y salinidad entre 18 y 32° C y 30 a 40 ppm respectivamente.

4.3 Forma y mecanismos de dispersión y propagación

El tránsito marítimo ha permitido que *Polyclinum constellatum*, como otras ascidias, se introduzcan y dominen en marinas y puertos (Lambert & Lambert, 1998), ya sea como larvas a través de las descargas del agua de lastre o como adultos incrustantes en todo tipo de embarcaciones. Además la acuicultura también se considera un vector importante de las invasiones de ascidias, en particular la acuicultura de bivalvos ha provisto nuevas superficies para la colonización donde logran un crecimiento excesivo (Lambert, 2007).

4.4 Conducta

Polyclinum constellatum es una especie colonial, las colonias pueden encontrarse juntas o separadas. La especie presenta cuidado de larvas, que se incuban en la cavidad atrial del zooide.

4.5 Reproducción

Ciclo reproductivo

No existen estudios sobre el ciclo reproductivo de *P. constellatum*, por lo que no es posible describirlo con certeza; sin embargo, en las ascidias el ciclo comienza con la larva, que una vez establecida en un sustrato, sufre la metamorfosis, en la que los órganos giran 180°, formando una ascidia juvenil que terminará su crecimiento como adulto (Barnes, 1994). Algunas ascidias, entre ellas *P. constellatum* incuban larvas en la cavidad atrial del zooide.

Duración de la vida reproductiva

Se desconoce; sin embargo, los zooides de los especímenes recolectados en agosto presentaron larvas, por lo que es probable que la temporada reproductiva ocurra durante el verano.

Edad de primera reproducción

Se desconoce.

Etapas del ciclo

El desarrollo de la larva de *P. constellatum* comienza con la formación e incubación de la larva en la cavidad atrial del zooide. En las larvas se distinguen algunas estructuras (papilas adhesivas, ámpulas, vesículas, sifón atrial, ocelo y otolito) (Fig. 5). La larva es liberada a la columna de agua para después, establecerse en un sustrato duro. De la larva se desconoce el tiempo de incubación, así como su duración en la columna de agua, y el tiempo total de la metamorfosis.

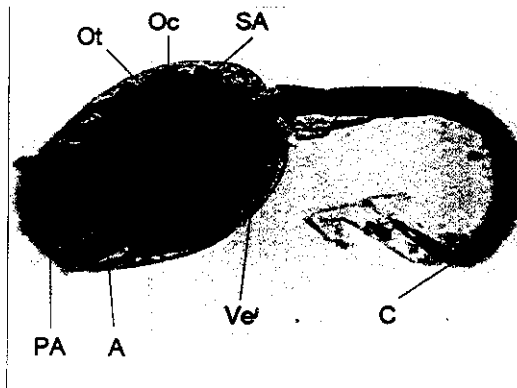


Figura 5. Larva de *P. constellatum* 10x. PA: papilas adhesivas, A: ámpulas, Oc: ocelo, Ot: otolito, SA: sifón atrial, Ve: vesículas, C: cola. Foto: Ramírez-Santana, I. D.

Reproducción asexual

Se desconoce.

Reproducción sexual

Es una especie hermafrodita, ya que presenta ovarios y testículos dentro del zooide. Ambas gónadas permanecen juntas y son esféricas, los ovarios presentan aspecto liso y los testículos aspecto rugoso. La formación de las larvas es dentro del zooide, lo que demuestra que la fecundación es interna.

4.6 Alimentación

Polyclinum constellatum, igual que otras ascidias, es filtradora de partículas en suspensión, las cuales obtiene generando corrientes en los cilios de los estigmas de la faringe. Puede ser selectiva de partículas muy pequeñas, ya que los tentáculos situados debajo del sifón oral impiden la entrada de partículas grandes (Barnes, 1994).

4.7 Longevidad

Se desconoce.

4.8 Interacciones ecológicas

A) Asociaciones

En México se ha reportado la presencia del copépodo cyclopoide *Haplostomides hawaiiensis* (Fig. 6a) en la túnica de *Polyclinum constellatum* (Tovar-Hernández *et al.*, 2010; presente estudio). Dicho copépodo parásito es originario de Hawaii (Ooishi, 1994), pero también se ha reportado la presencia de otro copépodo cyclopoide, *Enterocola monnioti*, en colonias recolectadas en raíces de mangle de Bahrain, Arabia (Marchenkov & Boxshall, 2005).

Lo anterior es de vital importancia, ya que se demuestra que *Polyclinum constellatum* es parasitada por al menos dos especies de copépodos, lo que abre la posibilidad de que

pueda ser infestada por otro copépodo en el Golfo de California, ya que los registros de los parásitos son en localidades de distribución exótica.

Existen otros organismos exóticos en México que se han asociado a la ascidia papa, como el poliqueto sabélido *Branchiomma bairdi*, exótico invasor en el Golfo de California y que es común encontrarlo como epibionte de esta ascidia (Fig. 6b), además del briozoario *Bugula* cf. *neritina*, que también puede encontrarse adherido a esta ascidia (Tovar-Hernández *et al.*, 2013).

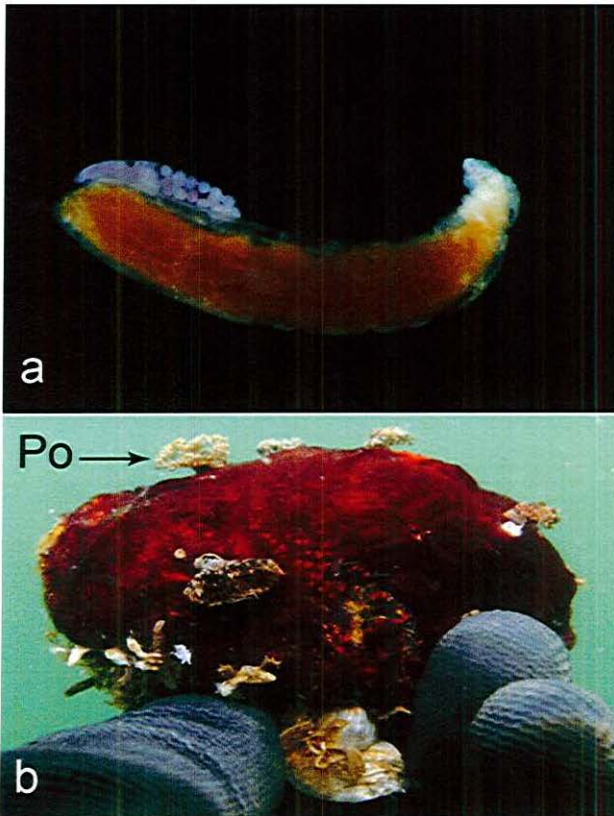


Figura 6. Especies exóticas asociadas a *Polyclinum constellatum* en el Golfo de California: a) *Haplostomides hawaiiensis* (Copepoda: Cyclopoida); b) *Branchiomma bairdi* (Polychaeta: Sabellidae) (Po). Fotos: Bahena-Basave, H.

B) Competencia

Por alimento

Polyclinum constellatum cohabita con otros organismos filtradores (moluscos bivalvos, balanos, briozoarios, poliquetos tubícolas y esponjas) de partículas en suspensión con los cuales podría competir por alimento.

Por espacio

Podría presentar competencia por espacio con otros organismos esclerobiontes (esponjas, moluscos, balanos, poliquetos tubícolas y briozoarios).

C) Depredación

No se conocen depredadores naturales de en su área de distribución natural ni en las localidades donde ha sido introducida.

4.9 Estado en que se encuentran las poblaciones en México

En boyas del canal de navegación y muelles de marinas de los puertos de Topolobampo, (Sinaloa) y Guaymas (Sonora) presenta densidades de 267 y 483 individuos/m² respectivamente. En La Paz (Baja California Sur) sobre cascos de embarcaciones presenta una densidad de 48 ind/m². Estas densidades se presentaron durante agosto de 2011 (presente estudio).

5. ANTECEDENTES DE LA INTRODUCCIÓN O INVASIÓN

5.1 Historia de la introducción o invasión

Fuera del área de distribución natural de *P. constellatum*, el primer registro fue en el Atlántico con ejemplares de Bermuda y Florida revisados por Van Name (1945). Posteriormente fue reportada en la Polinesia francesa (Monniot *et al.*, 1985; Monniot & Monniot, 1987). Después comenzaron los registros en el Pacífico, con el estudio de Ooishi (1994), quien describió al copépodo endoparásito *Haplostomides hawaiiensis* en colonias de *P. constellatum* de Hawaii. Los registros continuaron en la región del Caribe en ambientes naturales de Belice (Goodbody, 2000) y Jamaica (Goodbody, 2003). Posteriormente, Lambert *et al.*, (2005) registraron su presencia de en Texas. Rocha &

Costa (2005) registraron esta ascidia por primera vez para Brasil, específicamente en sustratos rocosos de Río de Janeiro. También se reportó su presencia en el océano Índico gracias a los estudios anteriormente mencionados de Marchenkov & Boxshall (2005) y Santhana & Senthil (2009) en Bahrain, Arabia y la India respectivamente. Nuevamente en Brasil Rocha *et al.*, (2009) la registraron pero en cultivos de mejillón. Después, Rocha *et al.*, (2010) hicieron el primer registro en Venezuela. Para México el primer registro fue en boyas de señalización marítima del puerto de Mazatlán (Sinaloa), (Tovar-Hernández *et al.*, 2010), aunque ya había sido detectada en muestreos realizados en Mazatlán en 2008. Más tarde, se registró en ambos lados del canal de Panamá (Carman *et al.*, 2011). Por último, su distribución en el Golfo de California se registró en nuevas localidades (Guaymas y San Carlos, Sonora; La Paz, Baja California Sur) durante el presente estudio.

5.2 Motivos o causas de la introducción

Polyclinum constellatum probablemente pudo haber sido introducida adherida en los cascos de embarcaciones de manera accidental, ya que el desconocimiento de las especies incrustantes, aunado a la poca atención y limpieza de dichas estructuras favoreció su dispersión y establecimiento en nuevas localidades.

5.3 Mecanismos de invasión

A través del tránsito marítimo, donde viaja como adulto incrustante en las embarcaciones y posiblemente también como larva en las aguas de lastre. Por otro lado, la acuicultura de mejillón y ostión, también se considera un mecanismo dominante de las invasiones de ascidias, ya que proveen nuevos sustratos donde se establecen y crecen (Lambert, 2007). Lo anterior lo demuestran Rocha *et al.* (2009), quienes identificaron 17 especies de ascidias en cultivos de mejillón y ostión en Brasil, de las cuales sólo una especie resultó nativa y el resto introducidas, entre ellas *Polyclinum constellatum*.

5.4 Rutas de introducción y dispersión de la especie

No es posible definir con exactitud la ruta de introducción de *P. constellatum* en el Golfo de California, ya que los puertos de altura de esta ecoregión reciben buques cargueros provenientes de Asia, África, Europa, Norteamérica y Sudamérica, que pueden contar con una ruta directa, o con escalas en puertos de otros países. Su ingreso a México puede resumirse en dos hipótesis:

1) Por la ruta Hawaii-San Diego, ya que existen yates turísticos con esta ruta que posteriormente ingresan en aguas mexicanas con escala o destino final en el Golfo de California. Sin embargo, esto sólo puede ser soportado por registros de la especie en el Pacífico sudcaliforniano.

2) Por el Pacífico a través del canal de Panamá, desde los países del Atlántico donde ya se distribuye, sin embargo esto sólo es otra posibilidad, ya que el canal de Panamá puede contar con algunos puntos de agua dulce que podrían afectar la supervivencia de *Polyclinum constellatum* debido al cambio osmótico, con lo cual se convierte en una segunda hipótesis. Además no existen registros que confirmen esta ruta en los estados del Pacífico sur mexicano.

5.5 Tolerancia al medio ambiente

Esta especie es tolerante a salinidades entre 30 y 40 ppm y un rango de temperatura entre los 18 y 32° C (Huang, 2003; Rocha *et al.*, 2009; Tovar-Hernández *et al.*, 2010).

5.6 Antecedentes de invasión en otros países

No se han reportado antecedentes de invasión en los países donde se ha registrado.

6. IMPACTOS

6.1 Efectos sobre la flora y fauna nativa

Aún no se han documentado con certeza, pero además de que puede generar competencia por espacio y alimento, es factible que el copépodo parasito *Haplostomides hawaiiensis* pueda infestar a la especie nativa congénérica *Polyclinum planum*, aunque los daños por parte del parásito también se desconocen.

6.2 Impacto ecológico a nivel ecosistema

Desconocido.

6.3 Impacto económico

La presencia de *P. constellatum* tanto en la acuicultura como en las boyas de señalización, pilotes y muelles flotantes, además de los cascos de embarcaciones ha generado impactos económicos que aún no se han evaluado a detalle, aunque su

apreciación es muy evidente. En la acuicultura de ostión, los acuicultores invierten mayor esfuerzo y tiempo en la limpieza y retiro de la ascidia de las conchas de ostión para comercialización, así como en las charolas y redes de siembra. Por su parte, las superficies colonizadas en los puertos deben limpiarse periódicamente, ya que la placa de organismos esclerobiontes favorece la corrosión y se vuelven más pesadas, por lo que las industrias portuaria y naviera invierten dinero en la compra de pinturas anti-*fouling* para su aplicación en dichas superficies (Tovar-Hernández, 2012).

6.4 Impacto sobre la salud ocasionado por la presencia de la especie invasora

Desconocido.

6.5 Prevención y detección temprana

Es necesario que para prevenir el ingreso y dispersión de *P. constellatum* en nuevas localidades, se realice la detección temprana a través de la identificación y confirmación de la especie. La detección temprana debe incluir actividades de capacitación que aporten información sobre la morfología y biología de esta especie que facilite una rápida identificación y manejo por parte del personal de granjas ostrícolas, marinas y recintos portuarios.

También es necesario atender la regulación sobre las descargas de agua de lastre en los puertos de México, porque aunque las leyes actuales establecen que “se prohíbe descargar lastre a las aguas marinas mexicanas” (Ley de navegación y comercio marítimos) y que “en puertos o cargueros sólo podrán operar buques dotados con tanques de lastre segregado” (Reglamento de la ley de puertos), éstas carecen de cumplimiento en los recintos portuarios. La acuicultura también cuenta con normas que regulan la introducción de organismos acuáticos (NOM-010-PESC-1993), y la introducción de enfermedades en estos organismos (NOM-011-PESC-1993) para dicha actividad, pero que desafortunadamente no se lleva a cabo la inspección de su cumplimiento.

Respecto al transporte de flora y fauna incrustante en las embarcaciones, éste no cuenta con legislación que regule su entrada a los puertos de México (Okolodkov *et al.*, 2007), por ello es necesaria la elaboración de normas y reglamentos en este rubro, así como su vigilancia y cumplimiento.

6.6 Manejo y control

Con base en lo documentado anteriormente, es posible recomendar las siguientes medidas de control para los puertos y marinas donde ya se estableció *Polyclinum constellatum*:

La limpieza de cascos y otras estructuras (cabos, hélices, cuerdas) sumergidas debe realizarse por lo menos dos veces al mes en aquellas embarcaciones que permanezcan en el puerto por tiempo mayor a un mes, y una vez en aquellas que sólo permanecerán por menos de un mes. La limpieza debe ser en dique seco o sobre una malla de contención para retener a la biota esclerobionte y evitar que regrese al agua y sobreviva. Es importante recalcar que las pinturas anti-*fouling* aplicadas deben seguir los lineamientos establecidos por el Convenio Internacional de Control y Sistemas Anti-*fouling* en Barcos.

Sustituir boyas metálicas de señalización por boyas plásticas, así como los muelles flotantes de madera por muelles flotantes de plástico, ya que en este tipo de material es menor la cantidad de biota adherida, con ello se reducen los sustratos disponibles para *P. constellatum*. Esto conlleva a una menor inversión de mano de obra y recursos económicos en el mantenimiento de boyas y muelles. De la misma forma que las embarcaciones, las boyas y muelles deben ser sometidos al retiro de biota esclerobionte en dique seco o sobre una malla de contención. En ambos casos la biota retirada debe ser incinerada en instalaciones especiales.

Por otra parte, en la acuicultura de ostión se deben implementar medidas similares a las mencionadas para puertos y marinas, principalmente sustituir charolas plásticas en lugar de charolas metálicas, ya que éstas favorecen el establecimiento y crecimiento de *P. constellatum*. Además, es importante hacer inspecciones visuales de los sacos y cuerdas de cultivo mínimo una vez por semana con el fin de retirar aquellas colonias adheridas, y posteriormente llevarlas a instalaciones de incineración.

En lo que respecta a investigación, es necesario que se lleven a cabo estudios con las poblaciones ya establecidas en el Golfo de California, tales como monitoreos mensuales que permitan conocer su dinámica poblacional a lo largo del año, así como analizar la colonización en diferentes materiales útiles para la acuicultura de ostión y optar por aquellos que reduzcan el establecimiento de *P. constellatum*. También es importante financiar estudios sobre sus características biológicas que aún se desconocen

(reproducción, desarrollo larvario, longevidad), con el fin de conocer más a fondo el comportamiento de la especie y establecer planes de manejo mas detallados.

6.7 Erradicación

Ver 6.6

6.8 Análisis de riesgo

Ver sección de resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Ver sección de literatura citada

LITERATURA CITADA

- Barnes, R. D. 1994. Zoología de los invertebrados. Interamericana Mc Graw Hill. Estados Unidos.
- Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. 1988. Ecología individuos, poblaciones y comunidades. Omega. Barcelona.
- Brusca, R.C. & Brusca G.J. 2003. Invertebrates. Sinauer, EUA.
- Carballo-Cenizo, J. L. 2006. Aportación al conocimiento de la fauna de ascidias del litoral Pacífico de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BC005. México, D.F.
- Carlton, J. T. 1996. Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology*. 77 (6): 1653-1655.
- Carman, M. R., Bullard, S.G., Rocha, R. M., Lambert, G., Dijkstra, J. A., Roper, J. J., Goodwin, A., Carman, M. M. & Vail, L. M. 2011. Ascidiars at the Pacific and Atlantic entrances to the Panama Canal. Proceedings of the 3rd International Invasive Sea Squirt Conference, Woods Hole, USA, 26-28 April 2010. *Aquatic Invasions*. 6(4): 371-380.
- Cohen, A. N., Harris, L. H., Bingham, B. L., Carlton, J. T., Chapman, J. W., Lambert, C. C., Lambert, G., Ljubenkov, J. C., Murray, S. N., Rao, L. C., Reardon, K. & Schwindt, E. 2005. Rapid assessment survey for exotic organisms in southern California bays and harbors, and abundance in port and non-port areas. *Biological invasions*. 7: 995-1002.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. http://www.conabio.gob.mx/invasoras/index.php/Lineamientos_de_an%C3%A1lisis_de_riego (consultado el 16 de enero de 2012).
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México: prevención, control y erradicación. SEMARNAT-CONABIO. http://www.conabio.gob.mx/institucion/consulta/Estr_invasoras200110.pdf (consultado en julio de 2012).
- Convenio sobre Diversidad Biológica. 2009. Conferencia de las partes COP 6, decisión VI/22: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies.

Convenio sobre Diversidad Biológica. Disponible en www.cbd.int/decision/cop/?id=7197 (consultado en julio de 2011).

Diario Oficial de la Federación. 2010. Ley General de Vida Silvestre. Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la LGEEPA y de la LGVS. Diario Oficial de la Federación (consultado en julio de 2011).

Dudley, P. L. & Illg, P. L. 1991. Marine Flora and Fauna of the Eastern United States. Copepoda, Cyclopoida: Archinotodelphyidae, Notodelphyidae and Ascidicolidae. National Oceanic and Atmospheric Administration-National Marine Fisheries Service. EUA.

Garstang, W. 1892. On the development of the stigmata in ascidians. *Proceedings of the Royal Society of London*. 51: 505-513.

Goodbody, I. 2000. Diversity and distribution of ascidians (Ascidiacea) in the Pelican Cays Belize. *Atoll Research Bulletin*. 480: 302-333.

Goodbody, I. 2003. The ascidian fauna of Port Royal, Jamaica I Harbor and mangrove dwelling species. *Bulletin of Marine Science*. 73 (2): 457-476.

Gurevitch, J. & Padilla, D. K. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions?. *Trends in Ecology and Evolution*. 19(9): 470-474.

Hernández-Inda, Z. L. 2003. Variabilidad inter e intraespecífica de la biodiversidad de algunas ascidias del golfo de California. Tesis de maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Mazatlán, México.

Huang, Z. 2003. Marine biofouling in Hong Kong: a review. *Acta Oceanologica Sinica*. 22 (3): 467-482.

Huang, Z., Yan, S. K., Lin, S. & Zheng, D. Q. 1992. Biofouling communities on pier pilings in mirs bay. En: Morton, B. (Ed). The marine flora and fauna of Hong Kong and southern China III. Vol. 2: 529-543. Hong Kong University Press.

Lambert, C. C. & Lambert, G. 1998. Non-indigenous ascidians in southern California harbors and marinas. *Marine Biology*. 130: 675-688.

Lambert, C. C. & Lambert, G. 2003. Persistence and differential distribution of nonindigenous ascidians in harbors of the Southern California Bight. *Marine Ecology Progress Series*. 259: 145-161.

Lambert, G. 2005. Ecology and natural history of the protochordates. *Canadian Journal of Zoology*. 83: 34-50.

Lambert, G. 2007. Invasive sea squirts: a growing global problem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 342: 3-4.

Lambert, G., Faulkes, Z., Lambert, C. C. & Scofield, V. L. 2005. Ascidians of South Padre Island, Texas, with a key to species. *Texas Journal of Science*. 57: 251-262.

Ley de navegación y comercio marítimos, capítulo VII "Prevención y control de la contaminación marina" artículo 76. Diario Oficial de la Federación (consultado en mayo de 2012).

Marchenkov, A. & Boxshall, G. A. 2005. Three new species of *Enterocola* van Beneden, 1860 (Crustacea: Copepoda: Cyclopoida) from ascidian hosts. *Systematic Parasitology*. 61: 223-234.

Monniot, C. & Monniot, F. 1987. Les ascidies de Polynésie française. *Memoires du Muséum National d' Histoire Naturelle*. 136: 1-155.

Monniot, C., Monniot, F. & Laboute, P. 1985. Ascidies du port de papeete (Polynésie française): relations avec le milieu naturel et apports intercontinentaux par la navigation. *Bulletin du Muséum National d' Histoire Naturelle*. 136:1-155.

Moreno-Dávila, B. B. 2010. Ascidias (Tunicata: Ascidiacea) de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993 que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato, en el territorio nacional. <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/8739/8/010pesc1993IMPORTACION.pdf> (consultado en mayo de 2012).

Norma Oficial Mexicana NOM-011-PESC-1993 para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos. <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/8739/8/011pesc1994CUARENTENAS.pdf> (consultado en mayo de 2012).

Okolodkov, Y. B., Bastida-Zavala, R., Ibáñez, A. L., Chapman, J. W., Suárez-Morales, E., Pedroche, F. & Gutiérrez-Mendieta, F.J. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar*. 11(32): 29-67.

Ooishi, S. 1994. *Haplostomides hawaiiensis*, new species (Copepoda: Cyclopoida: Ascidicolidae), associated with the ascidian *Polyclinum constellatum* at Honolulu, Hawaii. *Hydrobiologia*. 292/293: 89-96.

Reglamento de la ley de puertos, capítulo V "seguridad operativa" artículo 123. Diario Oficial de la Federación (consultado en mayo de 2012).

Rocha, R. M. & Costa, L. V. 2005. Ascidiaceae (Urochordata: Ascidiacea) from Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brazil. *Iheringia, Serie Zoología*. 95: 57-64.

Rocha, R. M., Guerra-Castro, E., Lira, C., Marquez, P. S., Hernández, I., Pérez, A., Sardi, A., Pérez, J., Herrera, C., Carbonini, A. K., Caraballo, V., Salazar, D., Díaz, M. C. & Cruz-Motta, J. 2010. Inventory of ascidiaceae (Tunicata, Ascidiacea) from the National Park La Restringa, Isla Margarita, Venezuela. *Biota Neotropical*. 10(1):1-10.

Rocha, R.M., Kremeri, P., Baptista, M. S. & Metri, R. 2009. Bivalve cultures provide habitat for exotic tunicates in southern Brazil. *Aquatic Invasions*. 4: 195-205.

Rodríguez, L. F. & Ibarra-Obando, S. E. 2008. Cover and colonization of commercial oyster (*Crassostrea gigas*) shells by fouling organisms in San Quintin Bay Mexico. *Journal of Shellfish Research*. 27(2): 337-343.

Salgado-Barragán, J., Méndez, N. & Toledano-Granados, A. 2004. *Ficopomatus miamiensis* (Polychaeta: Serpulidae) and *Styela canopus* (Ascidiacea: Styelidae), non-native species in Urias estuary, SE Gulf of California, México. *Cahiers de Biologie Marine*. 45: 167-173.

Santhana, R. M. & Senthil, K. S. 2009. Anti inflammatory, antinociceptive and central nervous system depressant activities of marine bacterial extracts. *Journal of pharmacology and toxicology*. 4 (4): 152-159.

Smith, T. M. & Smith, R.L. 2007. *Ecología*. Pearson Addison Wesley. España.

Tovar-Hernández, M. A. 2012. Tunicata. En: Low-Pfeng, A. M. & Peters-Recagno, E. M. (Eds.). *Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano*. Geomare, A.C., INE-SEMARNAT, México.

Tovar-Hernández, M.A., Suárez-Morales, E. & Yáñez-Rivera, B. 2010. The parasitic copepod *Haplostomides hawaiiensis* (Cyclopoida) from the invasive ascidian *Polyclinum constellatum* in the southern Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*. 86(3): 637-648.

Tovar-Hernández, M.A. & Yáñez-Rivera, B. 2012. Actualización de las especies de invertebrados acuáticos exóticos en el Pacífico mexicano. En: Low-Pheng, A. M. & Peters-Recagno, E. M. (Eds.). *Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano*. Geomare, A. C., INE-SEMARNAT, México.

Tovar-Hernández, M. A., Yáñez-Rivera, B., Villalobos-Guerrero, T. F., Aguilar-Camacho, J. M. & Ramírez-Santana I. D. 2013. Detección de invertebrados exóticos en el Golfo de California. En: Low-Pfeng, A., Quijón, P. & Peters E. (Eds.). *Especies invasoras acuáticas de México: casos de estudio*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) – University of Prince Edward Island (UPEI).

Van Name, W. G. 1945. The North and South American ascidians. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 84: 1-476.

Wilkinson, T., E. Wiken, J. Bezaury-Creef, T. Hourigan, T. Agardy, H. Hermann, L. Janishevski, C. Madden, L. Morgan & M. Padilla. 2009. *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.

TESIS/CUCBA