



“Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo de los equinodermos *Asterias amurensis*, *Acanthaster planci*, *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica*, *Ophiactis savignyi* y el coral *Carijoa riisei* y un protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México”

Tercer Informe Parcial

Servicio de consultoría individual: **Cristian Moisés Galván Villa**

junio de 2019



“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”

Título: Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo de los equinodermos *Asterias amurensis*, *Acanthaster planci*, *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica*, *Ophioactys savignyi*, y el coral *Carijoa riisei* y un protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México.

Objetivo: Fortalecer el conocimiento acerca del potencial invasor de las especies objeto de este estudio para apoyar la toma de decisiones respecto a la implementación de las acciones preventivas, control y manejo.

Autor: Cristian Moisés Galván Villa.

Modo de citar: PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México. Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo de los equinodermos *Asterias amurensis*, *Acanthaster planci*, *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica*, *Ophioactys savignyi*, y el coral *Carijoa riisei* y un protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México. Proyecto 00089333 “FSP - Fort. capacidades manejo de Especies Exóticas Invasoras 083999”. Galván-Villa, C.M. Laboratorio de Ecosistema Marinos y Acuicultura, Departamento de Ecología, CUCBA, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. 53 pp.

Área objeto del informe: Bahía de Manzanillo, Colima, Pacífico mexicano.

Fecha de inicio: 20 de septiembre de 2018

Fecha de terminación: 30 de agosto de 2019

Esta consultoría está ligada a las siguientes metas de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras:

Objetivo estratégico 1. Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras.

1.3. Vías de introducción y dispersión identificadas y vigiladas para las especies invasoras de mayor riesgo.

1.4. Mecanismos y protocolos estandarizados de prevención en operación, para reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras.

1.5. Sistemas coordinados para la detección, manejo de riesgo y alerta temprana de ingreso y dispersión de especies invasoras.

Objetivo estratégico 2. Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de especies invasoras que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas.

2.1. Prioridades acordadas para el control o erradicación de especies invasoras.

2.2. Programas y planes de acción en operación para la erradicación, manejo de especies invasoras más nocivas, y mitigación de sus impactos.

Resumen: El presente protocolo de Detección Temprana y Respuesta Rápida (DTRR) deriva del monitoreo y evaluación de tres especies introducidas en las bahías de Manzanillo, Colima, México: la estrella de mar de Peine (*Astropecten polyacanthus*), la estrella de mar Magnifica (*Luidia magnifica*) y el coral Copo de Nieve (*Carijoa riisei*). Se cree que estas especies fueron introducidas de forma accidental a través del agua de lastre de las embarcaciones que atracan en el puerto. Con base en el resultado de los análisis de riesgo realizados con la herramienta AS-ISK determinaron que son especies de consideración de riesgo moderado (estrellas de mar) y alto (octocoral). Son pocos los casos de equinodermos y octocorales exóticos invasores en el mundo, por lo que se dispone de pocos antecedentes e información de protocolos para el control y erradicación de este tipo de especies. Para los tres casos expuestos la alternativa de extracción directa resultó ser la más viable en términos ecológicos y económicos. Como parte de las actividades principales del protocolo de detección temprana se implementó el uso de herramientas digitales como aplicaciones para teléfonos celulares y redes sociales que permitan una participación activa de todos los actores implicados en la detección y reporte de la presencia de estas especies. El trabajo de monitoreo se realizó entre septiembre de 2018 y junio de 2019, adicionalmente se contaba con registros anteriores (2016-2017) que aportaron más información sobre las poblaciones registradas en Manzanillo, Colima. Finalmente, se recomienda el desarrollo de investigaciones sobre las poblaciones naturales de estas especies para contar con más elementos que ayuden a la toma de decisiones, así como un monitoreo continuo para detectar oportunamente un crecimiento significativo de las poblaciones y actuar antes que se conviertan en un problema mayor.

Índice de contenido

ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
1. ÁMBITO DEL PROTOCOLO	7
2. PRESENTACIÓN	7
3. INTRODUCCIÓN	9
3.1. MANZANILLO, COLIMA	11
3.2. ECOLOGÍA DE LA ESTRELLA DE MAR DE PEINE (<i>ASTROPECTEN POLYACANTHUS</i>).....	13
3.3. ECOLOGÍA DE LA ESTRELLA DE MAR MAGNIFICA (<i>LUIDIA MAGNIFICA</i>)	15
3.4. ECOLOGÍA DEL CORAL COPO DE NIEVE (<i>CARIJOA RIISEI</i>).....	17
4. JUSTIFICACIÓN	19
A. OBJETIVO GENERAL	19
B. OBJETIVOS PARTICULARES.....	19
5. MATERIALES Y MÉTODOS	20
A. MARCO LEGAL, ACTORES IMPLICADOS Y ROLES EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO.....	20
a.1. Marco legal	20
a.2. Actores implicados.....	23
B. DETECCIÓN (VIGILANCIAS ACTIVA Y PASIVA; IDENTIFICACIÓN; REPORTE)	25
b.1. Vigilancia activa y pasiva	27
b.2. Identificación	27
b.3. Reporte	28
b.4. Detección de alerta	28
C. EVALUACIÓN RÁPIDA (EVALUACIÓN DE RIESGOS, PLANEACIÓN DE CONTINGENCIAS)	30
D. RESPUESTA RÁPIDA	32
d1. Actividades de control/erradicación	32
d2. Impacto de las actividades (sociales, económicos, ambientales, actores implicados y roles en la implementación del protocolo).....	35
6. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE ESTRELLAS DE MAR Y CORALES	36
7. MÉTODO EMPLEADO (MONITOREO).....	37
8. RESULTADOS OBTENIDOS	40
9. LECCIONES APRENDIDAS	43
10. PLAN DE GESTIÓN/MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD	44
11. BIBLIOGRAFÍA	46
12. ANEXOS.....	52

Índice de figuras

Figura 1. Bahías de Manzanillo, Colima.	12
Figura 2. Vista aboral de la estrella de mar de Peine <i>Astropecten polyacanthus</i> , ejemplar encontrado en Manzanillo, Colima.	13
Figura 3. Ejemplar de la estrella de mar <i>Magnifica Luidia magnifica</i> encontrada durante un buceo nocturno en Manzanillo, Colima	15
Figura 4. Colonia del coral Copo de Nieve <i>Carijoa riisei</i> encontrado en el puerto de Manzanillo, Colima.	17
Figura 5. Crecimiento de una población introducida y los tiempos/acciones a emprender en cada una de las etapas de la invasión para su control. DTRR = Detección Temprana y Respuesta Rápida.	26
Figura 6. Detección temprana.	26
Figura 7. Flujo de información para la identificación de los organismos.	28
Figura 8. Diagrama para la detección de alerta.	29
Figura 9. Diagrama de la evaluación de riesgo.	31
Figura 10. Respuesta Rápida.	32
Figura 11. Monitoreo y evaluación.	36
Figura 12. Localidades en Manzanillo donde se han encontrado las especies exóticas invasoras. .	41
Figura 13. Número de estrellas de mar registradas en el período 2017-2019 en Manzanillo, Colima	41
Figura 14. Número de colonias del coral Copo de Nieve registradas en el período 2016-2019 en Manzanillo, Colima.	42
Figura 15. Colonias del coral Copo de Nieve <i>Carijoa riisei</i> encontradas sobre el casco del buque “San Luciano” en el puerto de Manzanillo, Colima	43

Protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México

1. ÁMBITO DEL PROTOCOLO

El puerto de Manzanillo es el más importante a lo largo de la costa Pacífica de México, el cual recibe un gran volumen de mercancías provenientes de Asia, América del Norte y América del Sur. Este puerto se localiza en el noroeste del estado de Colima, entre las coordenadas 19° 01' y 19° 07' Latitud Norte y los 104° 18' y 104° 26' Longitud Oeste. El clima predominante es cálido sub-húmedo con lluvias en verano y otoño, presenta una temperatura ambiente promedio anual de 31.4°C; la humedad relativa oscila entre 70 y 79% y la precipitación media anual es de 185.3 mm (Anónimo, 1993). Se presenta una temporada de lluvias de junio a octubre y dos regímenes de vientos: entre noviembre y mayo principalmente vientos del noroeste, y el resto del año dominan vientos húmedos del sureste. Manzanillo se divide en dos bahías principales: Bahía de Santiago y Bahía de Manzanillo, la profundidad en ambas bahías aumenta rápidamente desde la línea de costa y puede llegar hasta los 40 m (Lancin & Carranza-Edwards, 1976).

En Manzanillo se encargan de recibir embarcaciones de diversos puntos del Océano Pacífico; principalmente de países del Oriente como Japón, China, Taiwán, Corea, entre otros; del Pacífico Norte como Canadá y Estados Unidos; y del Pacífico Sur, como Chile, Ecuador, Colombia y Guatemala (SCT, 2019). Debido a las actividades portuarias que se desarrollan en Manzanillo, el riesgo de introducción de especies exóticas a México vía embarcaciones, por agua de lastre o como agentes adheridos a los cascos de los barcos (*fouling*) es muy alto (Galván-Villa & Ríos-Jara, 2018).

2. PRESENTACIÓN

En la actualidad la introducción de especies exóticas se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial. Las especies invasoras amenazan la biodiversidad a nivel local, afectan industrias como la pesca y el turismo, y ponen en riesgo la salud humana en muchos países (Bax *et al.*, 2003). Se estima que alrededor del mundo se han desplazado cerca de 10,000 especies entre diferentes regiones biogeográficas por causa del agua de lastre de los barcos, convirtiéndose en especies exóticas invasoras (Carlton, 1999).

La globalización ha llegado a favorecer el comercio y los flujos financieros de muchos países, pero al mismo tiempo ha llegado a afectar no sólo el ámbito social o cultural, sino también el biológico, con desastrosas consecuencias ambientales (Méndez-Vergara, 1997). Un ejemplo de esto, es el gran número de especies que se desplazan por medio de actividades humanas como en las aguas de lastre de los buques cargueros cuando navegan sin carga, y que, al ser descargadas en los puertos de arribo, pueden ser capaces de invadir un nuevo ambiente. Las introducciones involuntarias de muchos organismos macro y microscópicos dañinos, además de causar daños ecológicos, pueden afectar las actividades pesqueras y de acuicultura, razón por la cual incluso la FAO muestra preocupación al respecto (Núñez-Basáñez & Paíno Monsalve, 2010).

México no está exento de estas problemáticas, por lo que, a partir del año 2010, la atención sistemática de las invasiones biológicas se basa en “La Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México” (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Con el propósito de iniciar la ejecución de la “Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México”, bajo la coordinación de la CONABIO, con financiamiento del Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF), se inició el proyecto “Fortalecer las capacidades de México para manejar especies invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras” – Proyecto GEF-Invasoras. Con este proyecto se pretende contribuir a proteger la biodiversidad, de importancia global en ecosistemas vulnerables, por medio de fortalecer las capacidades en los gobiernos y en sectores productivos para prevenir, controlar y manejar especies exóticas invasoras. El proyecto está dividido en dos componentes: 1) el fortalecimiento del manejo efectivo de las especies exóticas invasoras a nivel nacional y 2) el manejo de especies exóticas invasoras en 15 áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, de las cuales seis son insulares y nueve continentales (Born-Schmidt *et al.*, 2017).

Las actividades comerciales son de las principales vías o rutas de introducción de especies, y en términos generales se clasifican en tres tipos: 1) escapes, 2) transporte de contaminantes, y 3) transporte de polizontes (González-Martínez *et al.*, 2017). Los puertos marítimos son puntos prioritarios para evitar la introducción de especies exóticas. La mayoría de las especies marinas invasoras viajan en el agua de lastre de los barcos. En atención a esta problemática a partir del 2017 entró en vigor el “Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre de los buques”, mejor conocido como BWM (Ballast Water and Sediments). Este convenio fue adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI), como una medida internacional para la protección de los puertos y ecosistemas marinos que

están siendo afectados por la propagación de especies acuáticas invasoras. En México hay un total de 117 puertos y terminales habilitados que reciben embarcaciones con productos de todo el mundo, por lo cual el 8 de septiembre de 2017, México adopta este convenio para regular la gestión del agua de lastre (DOF, 2017).

3. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente (LGEEPA) una especie exótica invasora es definida como: “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” (DOF, 2010).

Las especies invasoras se desarrollan plenamente cuando el nuevo hábitat que colonizan les provee de condiciones ambientales favorables y carecen de depredadores naturales que controlen su población, lo que provoca daños a la fauna marina nativa y altera la estructura de los ecosistemas. Además, estas especies pueden ser portadores de enfermedades o patógenos desconocidos para dichos ecosistemas. Una vez que una nueva especie es introducida, los daños medioambientales pueden ser irreversibles, si no se intentan controlar, lo que en muchas ocasiones resulta en grandes pérdidas económicas (Arriaga *et al.*, 2004; Katsanevakis *et al.*, 2014). Así como sucede en los ecosistemas terrestres, en los ambientes marinos encontramos un gran número de especies exóticas invasoras de diferentes grupos taxonómicos. Por ejemplo, organismos que se adhieren por sí mismos a las superficies duras, como percebes y gusanos tubícolas, se adhieren comúnmente a los cascos de los barcos u otras estructuras (Tovar-Hernández *et al.*, 2016). A menudo estas especies son referidas como organismos incrustantes o bioincrustantes. Los organismos que son introducidos para propósitos específicos, tales como pesca o maricultura, y pueden convertirse en invasores por sí mismos. Estas pueden también transportar parásitos o bacterias e infecciones virales. Las invasiones de organismos de enfermedades introducidos en esta forma han tenido serios impactos sobre las industrias pesqueras alrededor de todo el mundo (Katsanevakis *et al.*, 2016).

Las estrellas de mar (Clase Asteroidea) son uno de los grupos más diversos dentro del Phylum Echinodermata, en la actualidad se encuentran registradas cerca de 1900 especies vivientes. Comparten características con los erizos de mar, ofiuras, pepinos de mar y lirios de mar. Se les encuentra prácticamente en todas las profundidades desde la zona de intermareal hasta

zonas abisales (aproximadamente 6000 m de profundidad) en todos los océanos del mundo (Mah & Blake, 2012).

La estrella de mar Magnifica (*Luidia magnifica*) es nativa de las islas de Hawái y Filipinas. Es una de las estrellas de mar más raras e impresionantes, ya que puede alcanzar una talla de aproximadamente 84 cm, lo que la convierte en una de las estrellas de mar más grandes del mundo. Se caracteriza por presentar 10 brazos (en ocasiones hasta 11), con pies ambulacrales de color anaranjado brillante y un patrón intrincado anaranjado y café en la porción dorsal. Es un depredador muy activo, que durante la noche sale en busca de sus presas.

La estrella de mar de Peine (*Astropecten polyacanthus*), también es proveniente de la región del Indo-Pacífico con una distribución un poco más amplia que la Estrella de Mar Magnifica. Es una estrella de mar de talla pequeña (hasta 15 cm), que la mayor parte del tiempo se encuentra enterrada en los fondos de arena. Posee 5 brazos puntiagudos bordeados completamente de espinas, lo que le provee de una efectiva protección contra depredadores.

Ambas estrellas de mar fueron encontradas en la bahía de Santiago, Manzanillo, Colima, a partir de julio de 2017, lo que generó una alerta inmediata. Estas especies se pueden convertir en una amenaza para la biodiversidad marina de la bahía, ya que compiten y depredan a otras especies de estrellas de mar e invertebrados nativos del Pacífico Mexicano. Esto puede provocar un desequilibrio ecológico en las comunidades marinas y afectar actividades comerciales como la pesca artesanal que se desarrolla a nivel local.

Un tercer caso de introducción en Manzanillo es el del coral Copo de Nieve (*Carijoa riisei*), especie que pertenece al grupo de los octocorales (corales blandos) muy posiblemente fue introducido de manera accidental a través del agua de lastre de las embarcaciones que llegan al puerto de Manzanillo (Galván-Villa & Ríos-Jara, 2018). Aunque es una especie originaria del Océano Indo-Pacífico, se desconoce el origen de las colonias establecidas en Manzanillo, ya que se ha establecido ampliamente en otras regiones del Océano Pacífico como las islas de Hawái y Colombia en donde ha provocado estragos en los arrecifes coralinos de ambos lugares (Kahng *et al.*, 2008; Quintanilla *et al.*, 2017).

Ante situaciones de introducción de especies exóticas con potencial de impacto negativo se desarrollan Protocolos de Detección Temprana y Respuesta Rápida (DTRR). Estos protocolos plasman las habilidades y esfuerzos que se deben aplicar para lograr el control y erradicación

(en los casos que se pueda realizar) de poblaciones exóticas antes de que logren dispersarse ampliamente. Con estos instrumentos los tomadores de decisiones disponen de información para responder o actuar en un tiempo corto ante el proceso de invasión de una especie y evitar pérdidas ambientales y económicas a consecuencia de estas introducciones.

La erradicación de especies exóticas invasoras ya establecidas, por lo general, resulta ser muy difícil pero no imposible (en la mayoría de los casos). Sin embargo, los programas de DTRR con sus correspondientes acciones de manejo han probado ser eficientes al reducir, o eliminar, las consecuencias e impactos de una nueva invasión (MacDonald *et al.*, 1989; Braithwaite, 2000).

Por lo anterior, se realiza el presente documento el cual describe la metodología que se aplica mediante un protocolo de DTRR, para el control y erradicación de las estrellas de mar de Peine (*Astropecten polyacanthus*), la estrella de mar Magnifica (*Luidia magnifica*) y el coral Copo de Nieve (*Carijoa riisei*) en Manzanillo, Colima.

3.1. Manzanillo, Colima

Manzanillo es una ciudad portuaria y turística del Pacífico mexicano, que se localiza en la costa norte de Colima. Se encuentra entre dos bahías principales: Manzanillo y Santiago, entre los paralelos 19° 01' y 19° 07' de latitud N y 104° 18' y 104° 26' de longitud O. Ambas bahías presentan una extensión aproximada de 25 kilómetros. Tienen comunicación directa con mar abierto a través de una boca que se extiende sobre una línea imaginaria de 15 km de longitud, entre punta Carrizal y punta Ventanas (Galicia-Pérez *et al.*, 2016). Presenta una profundidad media de 43 m, con un margen de profundidades desde 10 m en la línea de costa hasta un máximo de 86 m (Galicia-Pérez, 1994). El sistema de circulación hidrodinámica afecta directamente en la distribución de algunos parámetros como temperatura, salinidad, densidad y nutrientes (Olivos-Ortiz *et al.*, 2005). Algunos estudios sugieren que la circulación dentro de la bahía de Manzanillo sigue los contornos topográficos en asociación con el sistema de vientos dominantes, a la rotación de la tierra, y en menor medida por las mareas (Carbajal & Galicia, 2002).



Figura 1. Bahías de Manzanillo, Colima (Fuente: INEGI, 2019).

En el periodo de febrero a junio la circulación podría ser anticiclónica (en el sentido de las manecillas del reloj), ya que los vientos dominantes son del sector oeste-noroeste con velocidad media anual de 5 m/s. En este caso el agua se introduce por la ensenada Higueras y se sigue bordeando por punta Juluapan, las playas del área de Santiago, la punta Santiago y las playas de Manzanillo, para salir a la altura de punta Ventanas, donde se crea una pequeña contracorriente. Por otra parte, de julio a enero la corriente mexicana suele predominar sobre las corrientes del norte y, por lo tanto, en este periodo la circulación dentro de la bahía podría ser en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Los vientos dominantes son del sector sureste y se tiene la presencia de huracanes, siendo más frecuentes entre los meses de junio y octubre, alcanzando velocidades hasta de 15 m/s. En este caso se puede decir que el patrón de circulación se invierte respecto al anterior, es decir, el agua penetra por punta Ventanas, sigue la configuración de la costa bordeando el área de Manzanillo, la península de Santiago, el área de Santiago y finalmente la punta Juluapan, por donde sale de la bahía (Galicia-Pérez *et al.*, 2016).

3.2. Ecología de la estrella de mar de Peine (*Astropecten polyacanthus*)



Figura 2. Vista aboral de la estrella de mar de Peine *Astropecten polyacanthus*, ejemplar encontrado en Manzanillo, Colima (Foto: Cristian Galván).

Descripción

Es una estrella de tamaño pequeño que llega a tener brazos de unos 9 cm (3.5 pulgadas). Es aplanada con cinco brazos laterales relativamente rectos que se estrechan en puntos agudos dando una forma de estrella. Los brazos están bordeados con una serie de espinas largas y afiladas en forma de peine a lo largo de su margen, debido a esta característica es que recibe su nombre común. Las placas superomarginales tienen un ancho menor o inferior a la longitud, con espinas conspicuas, excepto en la segunda (o segunda a cuarta), donde las placas se reducen y carecen de espinas que dejan un espacio. Los pies ambulacrales son puntiagudos en lugar de tener ventosas, lo que es más conveniente para excavar (Fisher, 1906; Chao, 1999).

La superficie aboral es de color variado, puede ser purpura oscuro, marrón, verde-grisáceo o café, en ocasiones presenta patrones de manchas oscuras repartidas equitativamente en los radios. La superficie oral es de un color naranja intenso. En la superficie superior, las paxilas (pequeños pilares con picos aplanados) son de color crema, gris o marrón, los colores a veces forman un patrón Chevrón o en espiga (Humphreys, 1981).

Distribución original

Se distribuye ampliamente en el Indo-Pacífico y Pacífico Central. Es nativa de zonas costeras tropicales y continentales, desde Narooma al sur de Australia hasta el islote Wagonga al oeste de Australia; también se encuentra en la Gran Barrera de Coral, Isla de Lord Howe, Isla de Norfolk e Islas Kermadec. Se ha reportado en el sureste de Arabia, Golfo Pérsico, Maldivas, Ceylon, bahía de Bengala, este de la India, norte de Australia, Filipinas, China, sur de Japón, islas del Pacífico sur e islas de Hawái (Clark & Rowe, 1971; Rowe & Gates, 1995).

Distribución como exótica en el mundo

Se tienen algunos registros de ejemplares colectados en Brasil (Ventura, 2017).

Distribución exótica en México

En Manzanillo, Colima. Durante un buceo de entrenamiento en noviembre de 2017, cerca del sitio Los Frailes se encontró un ejemplar a 50 metros de profundidad (Galván-Villa observaciones personales). Posteriormente, en noviembre 2018, a solo 8 metros de profundidad se encontraron otros dos ejemplares en la Playa La Audiencia (Galván-Villa observaciones personales).

Hábitat

Se encuentra en fondos arenosos, desde la zona intermareal hasta 222 m de profundidad (Duffy & Ah Yong, 2015). En la bahía de Santiago (Colima) se ha encontrado en fondos arenosos muy cerca de la playa, a profundidades de entre 8 m, y en zonas arenosas profundas de hasta 50 m.

Amenazas

No se conocen. Sin embargo, algunas poblaciones de otras especies del género *Astropecten* pueden alcanzar grandes densidades, lo que puede tener efectos negativos sobre las poblaciones de sus presas (Freeman *et al.*, 2001; Hart, 2006).

Vías de introducción

Se desconoce. Es muy probable que algunas larvas llegaron al puerto de Manzanillo a través del agua de lastre de las embarcaciones que ahí atracan.

3.3. Ecología de la estrella de mar Magnifica (*Luidia magnifica*)



Figura 3. Ejemplar de la estrella de mar Magnifica *Luidia magnifica* encontrada durante un buceo nocturno en Manzanillo, Colima (Foto: Cristian Galván).

Descripción

Esta estrella de mar se caracteriza por presentar un cuerpo aplanado, nueve brazos largos y estrechos (raramente 8 o 10 e inusualmente 11). Los rayos son muy alargados en proporción al disco y están bordeados por espinas. La superficie superior está cubierta con paxilas, espinas en forma de pilares con extremos truncados (Fisher, 1906). También hay paxilas en los márgenes de la parte inferior y varias filas de pies de tubo que bajan por el centro de cada brazo.

El color es variable, algunas veces es amarillo cremoso con bandas de puntos rojos, otros especímenes son más oscuros en diferentes tonos de marrón, anaranjado y oliva. Los pies ambulacrales son de color naranja brillante en la parte inferior (Hoover, 1999).

La estrella magnífica puede crecer hasta alcanzar un radio mayor (R) o igual a 38 cm, siendo una de las estrellas de mar más grandes del mundo (Downey & Wellington, 1978). Un caso extraordinario es un espécimen que se encontró en el atolón de Pearl and Hermes, Hawái, que alcanzo una talla de 84 centímetros (33 pulgadas) de diámetro (Galtsoff, 1933).

Distribución original

Se distribuye en el Pacífico Central. Es una especie nativa de las islas de Hawái y Filipinas (Hoover, 1999).

Distribución como exótica en el mundo

No se tiene información al respecto.

Distribución exótica en México

En Manzanillo, Colima. Los primeros registros se realizaron en julio de 2017 durante un buceo nocturno en la Playa Club de Yates en la bahía de Santiago en Manzanillo, donde se observaron más de 15 individuos (Galván-Villa observaciones personales). Posteriormente, se encontraron otros tres ejemplares en la Playa La Audiencia, a unos 400 metros de donde se registró la especie por primera vez. En junio de 2019 se encontró un ejemplar en la Playa Club de Yates durante una inmersión nocturna.

Hábitat

Se encuentra en fondos arenosos, a profundidades de entre 18 y 133 m. En la bahía de Santiago, Manzanillo, se ha encontrado en fondos arenosos muy cerca de la playa, a profundidades de entre 8 y 10 m.

Amenazas

No se conocen. Sin embargo, en la costa del Pacífico Mexicano, la estrella de mar magnifica, es una amenaza para la biodiversidad marina local, debido a su gran tamaño y al no tener un depredador natural compite con otras especies y puede llegar a depredar a otros invertebrados, ocasionando una disminución en sus poblaciones y alterando la estructura ecológica de las comunidades naturales de la región.

Vías de introducción

Se desconoce. Es muy probable que algunas larvas llegaron al puerto de Manzanillo a través del agua de lastre de las embarcaciones que ahí atracan.

3.4. Ecología del coral Copo de Nieve (*Carijoa riisei*)



Figura 4. Colonia del coral Copo de Nieve *Carijoa riisei* encontrado en el puerto de Manzanillo, Colima (Foto: Cristian Galván).

Descripción

Las colonias son densamente ramificadas y arborescentes, con ramas que parten de estolones comunes a la colonia, con una coloración rojiza, anaranjada o naranja pálido en el cáliz. Las colonias pueden tener hasta 35.5 cm de altura, y están conectadas por estolones que se arrastran, lo que da lugar a nuevas colonias. El tallo es liso cerca de su base, pero en sus crestas superiores tiene ocho crestas longitudinales. Las colonias son tupidas y densamente ramificadas (Deichmann, 1936; Bayer, 1981; Castro *et al.*, 2010; DeVictor & Morton, 2010; Barbosa *et al.*, 2014).

Los pólipos son blancos y cilíndricos, la porción externa (antocodio) puede retraerse completamente en la porción de pólipo (antostele) que está incrustada en el cenénquima. El antocodio se dispone en ocho hileras hacia la base de los tentáculos y ocho septales bajo estos. Los ejemplares de *C. riisei* son fácil distinguibles de otras especies de la familia Clavulariidae por sus escleritas. Las escleritas de la pared del cuerpo presentan dos formas: varillas largas y curvas con procesos espinosos y escleritas gruesas y cortas con tubérculos y procesos complejos de formas irregulares, las escleritas más pequeñas pueden encontrarse algunas veces semifusionadas (Deichmann, 1936; Bayer, 1961, 1981; Castro *et al.*, 2010).

Distribución original

Hay poblaciones bien establecidas en los Océanos Índico y Pacífico oeste, desde el Golfo de Omán y Okinawa, al sur en Mozambique y sur de Australia, y al oeste en Fiji y Tonga (Concepcion *et al.* 2010; Fofonoff *et al.*, 2018).

Distribución como exótica en el mundo

Se distribuye en el Atlántico oeste, desde Florida hasta Brasil (Bayer, 1961); en las islas de Hawái (Grigg, 2003) y más recientemente en el Pacífico Colombiano donde se considera invasora (Sánchez & Ballesteros, 2014).

Distribución como exótica en México

Dentro del Golfo de México se ha registrado en el en los arrecifes de Sisal en el banco de Campeche (Tunnell *et al.*, 2007; Zarco-Perelló *et al.*, 2013). En el Pacífico mexicano e Manzanillo, Colima. Durante un buceo de investigación en el puerto de Manzanillo se observaron las primeras colonias, estas se han mantenido y ha aumentado en número desde su primer reporte en 2016 (Galván-Villa & Ríos-Jara, 2018). En 2019 se encontraron diversas colonias adheridas al casco del buque hundido “San Luciano”, frente a la playa La Boquita (Galván-Villa observaciones personales).

Hábitat

Crece en zonas donde la luz no penetra de forma directa, prefiere zonas turbias con mucha materia orgánica en suspensión. Se encuentra desde 0 hasta 700 metros de profundidad, en estructuras sumergidas como pilotes, muelles, escolleras, barcos hundidos o incluso arrecifes rocosos. También puede crecer en superficies artificiales de metal, concreto, plástico, cuerdas, incluso hule como llantas de automóvil hundidas.

Amenazas

Debido a su rápido crecimiento, cubre en poco tiempo gran parte de los arrecifes de coral, provocando la eliminación de otras especies nativas del arrecife, principalmente otras especies de corales (Grigg, 2003). Esto provoca un cambio ecológico fuerte en la estructura de los ecosistemas y una disminución de la biodiversidad.

Vías de introducción

No se sabe con precisión. El vector más viable para su introducción a las bahías de Manzanillo, es a través del agua de lastre de los barcos (Galván-Villa & Ríos-Jara, 2018).

4. JUSTIFICACIÓN

El número de especies marinas invasoras a nivel mundial se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Las estrellas de mar Magnifica (*Luidia magnifica*) y de Peine (*Astropecten polyacanthus*), no se han registrado anteriormente en el Pacífico Oriental Tropical (POT). Las estrellas de mar del género *Luidia* son especies depredadoras de una amplia variedad de organismos como moluscos, crustáceos, incluso otros equinodermos, por lo que, una especie introducida de este género puede llegar a poner en riesgo la estructura de los ecosistemas marinos de la región. Por otro lado, el coral Copo de Nieve (*Carijoa riisei*) rápidamente se ha ido expandiendo a través del POT, provocando alteraciones serias en los ecosistemas de arrecifes al competir por espacio con especies nativas de la región. Hasta el momento no se conoce el grado de infestación por estas especies en el Pacífico central mexicano, por lo que resulta de gran importancia implementar un programa de monitoreo y extracción de organismos antes de que se expandan a otros puntos de México. Con este programa de monitoreo y control se busca reducir el riesgo de expansión, así como evitar problemas ecológicos en las comunidades marinas nativas de la región.

a. OBJETIVO GENERAL

- Fortalecer el conocimiento acerca del potencial invasor de las especies objeto de esta consultoría para apoyar la toma de decisiones respecto a la implementación de las acciones preventivas, control y manejo.

b. OBJETIVOS PARTICULARES

- Generar una propuesta de acción frente a un proceso de invasión inicial por poblaciones de las estrellas de mar *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* que se encuentran dentro de las bahías de Manzanillo, Colima.
- Contar con información actualizada sobre las poblaciones de las estrellas de mar *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei*, con el fin de favorecer la toma de decisiones.

- Establecer un protocolo de monitoreo de las estrellas de mar *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei*, que permita aplicar adecuadamente una metodología para el control y/o erradicación de estas especies.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

a. Marco legal, actores implicados y roles en la implementación del protocolo

a.1. Marco legal

Los instrumentos legales que servirán de base y sustento para la implementación de las estrategias del presente protocolo se dividen en instrumentos internacionales (Tabla 1), nacionales (Tabla 2) y estatales (Tabla 3).

Tabla 1. Ámbito Internacional.

INSTRUMENTO LEGAL	PROPÓSITO	REFERENCIA
Convenio sobre la Diversidad Biológica	La conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.	Naciones Unidas, 1992
Lista Roja de Especies Amenazadas	Utiliza un conjunto de criterios para evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies, los que suelen ser aplicables a prácticamente todos los taxones del planeta.	UICN, 2019
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	Asegurar que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia.	CITES, 2013
Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre de los buques (BWM)	Evitar la propagación de organismos acuáticos perjudiciales de una región a otra, estableciendo normas y procedimientos para la gestión y el control del agua de lastre y los sedimentos de los buques.	OMI, 2007
Consejo Internacional para la Exploración del Mar	Enfatiza en las precauciones a tomar en cuenta para la introducción de peces y la	FAO, 1995

	necesidad de una cuidadosa evaluación previa de los riesgos, así como las medidas para minimizar las introducciones no intencionales en el medio acuático.	
Código de Conducta para la Importación y Liberación de Agentes Exóticos de Control Biológico	Facilitar la importación, exportación y liberación inocuas de agentes exóticos de control biológico y presentar las responsabilidades compartidas de los actores, es decir, de las autoridades nacionales, importadores y exportadores que intervienen en el proceso, antes, durante y después de la importación, a fin de implementar sistemas de control biológico de determinadas plagas sin efectos nocivos para otras especies.	FAO, 1996

Tabla 2. Ámbito Nacional.

INSTRUMENTO LEGAL	PROPÓSITO	REFERENCIA
Ley General de Vida Silvestre	La conservación de la flora y fauna silvestre, mediante la protección y el aprovechamiento sustentable.	DOF, 2010a
Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre	Definir los procedimientos para el otorgamiento de autorizaciones, licencias y permisos; medidas de control sanitario; actividades de los centros para la conservación e investigación de la vida silvestre.	DOF, 2006
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Garantizar la preservación y la restauración del equilibrio ecológico, así como la protección del medio ambiente en el territorio nacional, garantizando el derecho de todo mexicano a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar.	DOF, 2016
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo relativo al establecimiento, administración y manejo de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación.	DOF, 2000
NOM-059-SEMARNAT-2010	Establece las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en alguna categoría de riesgo en México.	DOF, 2010b

Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables	Regular, fomentar y administrar el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción; establecer las bases para el ejercicio de las atribuciones que en la materia corresponden a la federación, las entidades federativas y los municipios, bajo el principio de concurrencia y con la participación de los productores pesqueros, así como de las demás disposiciones previstas en la propia Constitución que tienen como fin propiciar el desarrollo integral y sustentable de la pesca y la acuicultura.	DOF, 2018
--	---	-----------

Tabla 3. Ámbito Estatal.

INSTRUMENTO LEGAL	PROPÓSITO	REFERENCIA
Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima	Regular de manera clara y adecuada las problemáticas ambientales y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, previendo que el grado de eficacia de dichas normas y su aplicabilidad haga de ellas verdaderos mecanismos de preservación del ambiente y de los recursos naturales.	Periódico oficial, 2015
Reglamento de la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, en Materia de Evaluación del Impacto y Riesgo Ambiental	Evaluar los efectos que sobre el ambiente y los recursos naturales pueden generar la realización de obras o actividades dentro del territorio del Estado, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos y prevenir futuros daños ambientales y a los recursos naturales.	Periódico oficial, 2018
Reglamento de la Ley de Pesca y Acuicultura Sustentables para el Estado de Colima	Reglamentar la Ley de Pesca y Acuicultura Sustentables para el Estado de Colima en el ejercicio de las atribuciones que en materia de Pesca y Acuicultura le competen al Estado y sus Municipios.	Periódico oficial, 2013a
Ley de Pesca y Acuicultura Sustentables para el Estado de Colima	Establece los lineamientos que conducen la política, los instrumentos y los programas para la pesca y la acuicultura estatal.	Periódico oficial, 2013b

a.2. Actores implicados

Comité para la Detección de Especies Marinas Invasoras (CODEMI)

Dadas experiencias previas, para lograr resultados positivos en la implementación de un Protocolo de Detección Temprana y Respuesta Rápida (DTRR) se requiere la conformación de un equipo multidisciplinario, el cual esté debidamente capacitado para la implementación de cada uno de los pasos descritos. Se sugiere la conformación de un comité integrado por autoridades, sectores académico, social y comercial (Tabla 4). La función de este comité será la de planear, coordinar y contactar a cada uno de los actores implicados para solicitar el apoyo en los distintos niveles de acción, así como realizar la inspección inicial. Otra de las atribuciones del presente comité será el de gestionar los recursos económicos necesarios para la implementación de las actividades de control/erradicación de las especies invasores. Dicho comité debe ser presentado y reconocido por todos los actores implicados a fin de que, en caso de una introducción, puedan desarrollar de manera ágil y precisa cada una de sus funciones, en estrecha colaboración con los demás integrantes del comité.

Tabla 4. Funciones de los actores involucrados en la atención de las especies exóticas invasoras consideradas en el Protocolo de Detección Temprana y Respuesta Rápida.

ACTORES	FUNCIONES
SEMARNAT	Brindar apoyo logístico tanto en el desarrollo del protocolo como en el establecimiento de la campaña de educación ambiental.
CONAPESCA	Expedir los permisos correspondientes para las labores de extracción y manejo de los organismos.
Capitanía de Puerto de Manzanillo	Ordenar y practicar la verificación de mercancías de comercio exterior en transporte marítimo; así como la condición de las embarcaciones y el cumplimiento de la normatividad marítima vigente. Dar aviso de reportes de detecciones realizados dentro del Puerto de Manzanillo.
Dirección General de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Manzanillo	Promover y auxiliar en establecer canales de comunicación a través de diversas dependencias involucradas. Brindar apoyo en labores de educación ambiental en el puerto de Manzanillo.
CONABIO	Emitir recomendaciones y valorar el estatus de las especies introducidas.

Proyecto GEF-EEI_ Protocolo de detección temprana y respuesta rápida para la atención de invasiones ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y *Carijoa riisei* en Manzanillo.

Cooperativas Pesqueras de Manzanillo	Realizar el reporte de alguna EEI a través de los diferentes medios electrónicos (i.e. correo electrónico, redes sociales, WhatsApp, app Naturista) proporcionados para este fin.
Centros de Buceo	Realizar el reporte de alguna EEI a través de los diferentes medios electrónicos (i.e. correo electrónico, redes sociales, WhatsApp, app Naturista) proporcionados para este fin.
Departamento de Ecología, Universidad de Guadalajara	Desarrollar el protocolo de detección temprana y respuesta rápida para EEI. Capacitar a pescadores y centros de buceo en la identificación y reporte de EEI. Diseñar estrategias para facilitar el reporte de observaciones de EEI. Dictaminar técnicamente la determinación taxonómica de las especies. Todas estas actividades se realizan dentro del Programa de Detección de Especies Marinas Invasoras (ProDEMI) administrado por el Departamento de Ecología, CUCBA.
Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Universidad Nacional Autónoma de México	Dictaminar y apoyar técnicamente la determinación taxonómica de las especies.

Tabla 5. Directorio de los principales actores participantes.

INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	REPRESENTANTE
SEMARNAT	Playa Ventanas S/N, El Correo, 28200, Manzanillo, Col.	Lic. Sergio Sánchez Ochoa
CONAPESCA	Costera Laguna de Cuyutlán S/N, Campos, 28200, Manzanillo, Col.	Ocean. Elena Thelina Cárdenas Zermelo
Capitanía de Puerto de Manzanillo	Teniente Azueta SN, Burócrata, 28250 Manzanillo, Col.	Cap. Nav. C. G. DEM. Rafael Vaca
Dirección General de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Manzanillo	Av. Juárez 100, Colima Centro, 28200 Manzanillo, Col.	Lic. Ezequiel Alejandro Reyes Herrera
CONABIO	Liga Periférico - Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Alcaldía de Tlalpan, 14010, CDMX.	Dra. Ana Isabel González Martínez
Universidad de Guadalajara, Departamento de Ecología	Camino Ramón Padilla Sánchez 2100 Nextipac, 45200, Zapopan, Jal.	M. C. Cristian Moisés Galván Villa
Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos	Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, CDMX.	Dr. Francisco Alonso Solís Marín

ProDEMI

El Programa de Detección de Especies Marinas Invasoras (ProDEMI) se establece en 2018 dentro de la Universidad de Guadalajara como resultado de la observación y registro de especies exóticas marinas dentro de la bahía de Manzanillo, Colima. Este programa surge como un grupo de apoyo y tiene como objetivos generar información sobre especies exóticas invasoras marinas en México, así como apoyar en la implementación de acciones para la detección y control de estas especies. Dentro de este programa participan investigadores de la Universidad de Guadalajara, así como estudiantes que apoyan las labores para el registro de especies, manejo de información y generación de materiales audiovisuales e impresos para la difusión de los conocimientos generados. Como apoyo técnico se cuenta con la asesoría de especialistas en los diferentes grupos taxonómicos de diferentes instituciones (Universidad de Guadalajara, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad de Colima, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autónoma de Baja California Sur) que participan en colaboración con dicha universidad, esto para la correcta determinación de las especies.

Otro de los objetivos de ProDEMI es informar a las autoridades competentes (i.e. SEMARNAT, Capitanía de Puerto, CONAPESCA) sobre la presencia de especies exóticas invasoras (EEI) y coordinar talleres informativos y de capacitación a pescadores y prestadores de servicios de buceo para la identificación de las EEI.

b. Detección (vigilancias activa y pasiva; identificación; reporte)

La Detección Temprana y Respuesta Rápida (DTRR) es un enfoque de gestión el cual capitaliza las habilidades y esfuerzos disponibles para erradicar poblaciones exóticas de forma más efectiva cuando aún no logran dispersarse. Mediante la detección de una población exótica antes de que tenga la oportunidad de propagarse o reproducirse, los tomadores de decisiones pueden responder lo suficientemente rápido en el proceso de invasión para erradicar totalmente la especie a partir de una zona determinada (Figura 5). A través del protocolo DTRR, la vigilancia bien instaurada puede evitar costosos esfuerzos de control a largo plazo (Flores-Martínez *et al.*, 2016).

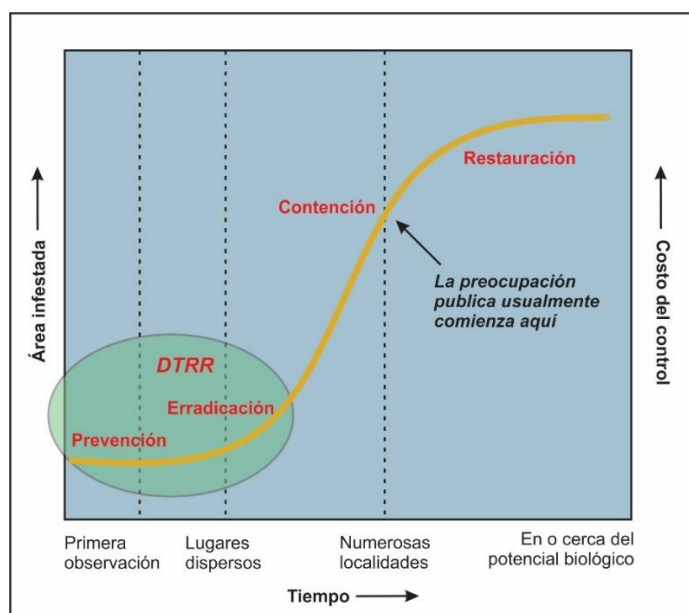


Figura 5. Crecimiento de una población introducida y los tiempos/acciones a emprender en cada una de las etapas de la invasión para su control (Modificado de Center for Invasive Species and Ecosystem Health, University of Georgia. www.eddmaps.org/about/pictures/9.jpg). DTRR = Detección Temprana y Respuesta Rápida.

La detección temprana se llevará a cabo a nivel local (Manzanillo, Colima), tomando como referencia las acciones hasta ahora implementadas durante el programa de pre-monitoreo (2018-2019). El propósito es determinar la presencia de las especies marinas exóticas en Manzanillo, Colima (Figura 6).

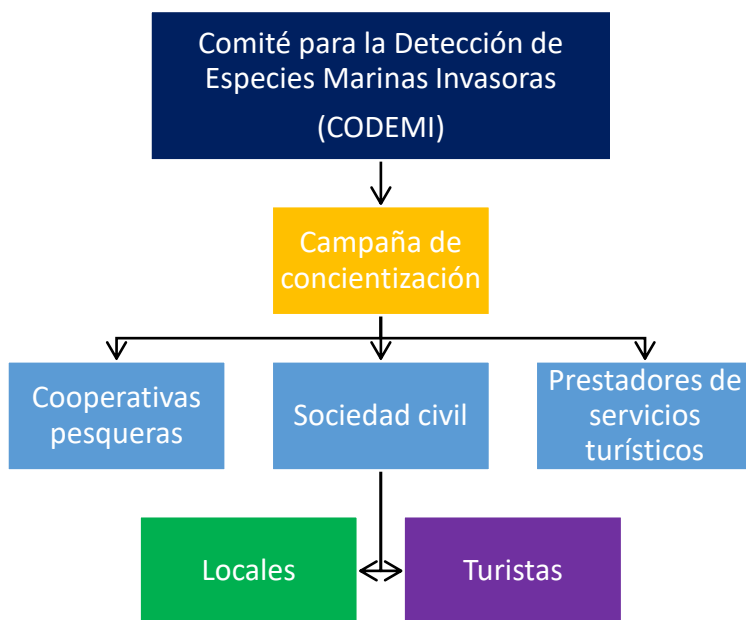


Figura 6. Detección temprana.

b.1. Vigilancia activa y pasiva

La vigilancia activa involucra un programa de monitoreo continuo dirigido específicamente a la búsqueda de especies introducidas. La frecuencia de los monitoreos dependerá directamente de los recursos económicos y humanos con que se disponga. La vigilancia pasiva se propone que se realice en coordinación con las autoridades municipales y de la Capitanía de Puerto de Manzanillo, se deberá promover una campaña de educación entre los pescadores, centros de buceo y turistas, con el objetivo de que puedan realizar una vigilancia continua y eficiente, se propone que esto se desarrolle mientras realizan sus actividades de trabajo cotidianas. Durante estas campañas de educación se debe incluir la capacitación a pescadores y guías de buceo para la adecuada identificación de estas especies y el registro de avistamientos.

b.2. Identificación

La validación de las observaciones registradas en cualquiera de los medios de comunicación digital se podrá realizar por parte de ProDEMI, la cual a su vez construirá una base de datos con los registros obtenidos. El CODEMI atenderá el reporte y en caso de ser necesario se realizará una visita a campo para confirmar la identificación de las especies (Tabla 6). Esta información estará a disposición del público para cualquier análisis que se requiera.

Tabla 6. Ruta a seguir en la identificación de organismos.

Resultado de la identificación	Acción a tomar
1. Organismo no identificado como invasor.	En caso de que se haya recolectado, emitir recomendación sobre el destino del organismo.
2. Organismo identificado como invasor.	Pasar al punto d. Respuesta rápida.
3. Organismo no identificado.	Remitir a los taxónomos especialistas.

Una vez recibido el reporte de la presencia de organismos, el Comité para la Detección de Especies Marinas Invasoras (CODEMI) atenderá el reporte, esto puede ser mediante una visita de inspección, durante la cual buscará y recopilará evidencias para realizar la identificación de la especie. En el caso de existir dudas acerca de la misma, se procederá a contactar al grupo de especialistas, quienes apoyarán para determinar si efectivamente se trata de la especie objetivo. Además, se hará vigilancia a través de los medios electrónicos generados para este fin (Figura 7).

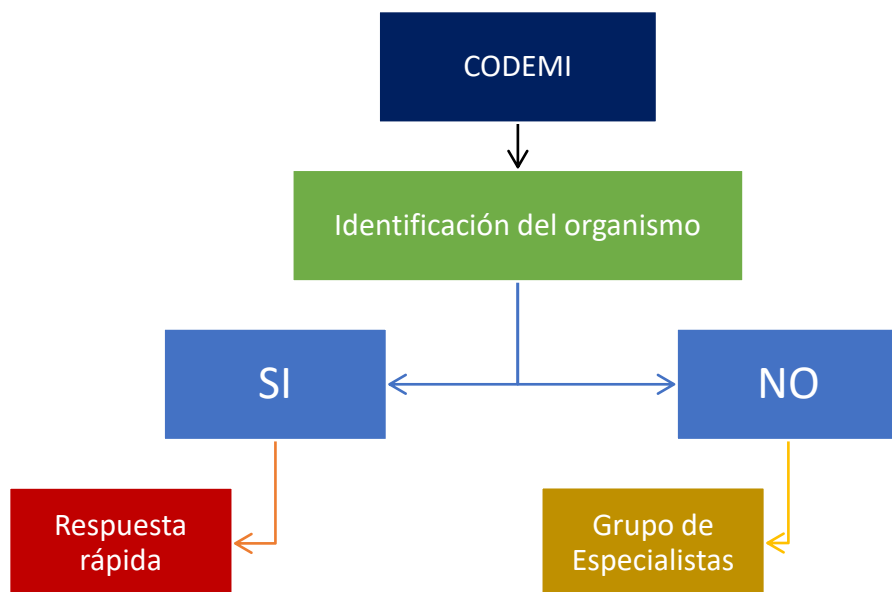


Figura 7. Flujo de información para la identificación de los organismos.

b.3. Reporte

Hoy en día los medios electrónicos (por ejemplo, páginas web, apps, redes sociales, etc.) han facilitado enormemente los procesos de comunicación entre las personas. Una de las grandes ventajas de usar estos canales de comunicación es que permiten transmitir mensajes e información rápidamente y a un gran número de personas, a bajo costo. Para facilitar la tarea de registro de observaciones se creó un proyecto dentro de la plataforma Naturalista (<http://www.naturalista.mx/>), a través de la cual, se puede tener una comunicación continua, que permita compilar el mayor número de observaciones. Adicionalmente, se crearon dos opciones en redes sociales: Facebook (@Prodemi Mexico) e Instagram (#prodemimexico) que permitirán que cualquier persona pueda registrar una observación de manera fácil y rápida mediante fotografías o videos. Además, se habilitó un correo electrónico que también permitirá recibir cualquier registro de observación (prodemimexico@gmail.com).

b.4. Detección de alerta

Evaluar los alcances que pudiese tener la introducción, evaluando si requiere la activación por completo del protocolo DTRR. El Comité para la Detección de Especies Marinas Invasoras

evaluará, dependiendo el sitio donde se realizó el reporte, la opción de realizar una incursión en campo en busca de alguna población residente. En este paso se puede apoyar con miembros de las Cooperativas Pesqueras y los prestadores de Servicios Turísticos que realizan actividades de buceo (Figura 8).

Se pueden tener en cuenta los siguientes aspectos para decidir la activación del DTRR:

a) Tiempo transcurrido entre el reporte u observación y la incursión inicial.	Menos de un mes = 1	Más de un mes = 0
b) Sitio donde ocurrió la observación.	De acuerdo a la biología de la especie, el sitio es adecuado para su desarrollo = 1	De acuerdo a la biología de la especie, el sitio no es adecuado para su desarrollo = 0
c) Si es que existe evidencia del registro (ejemplar/foto/video)	Existe evidencia de que se trata de una especie exótica = 1	No existe evidencia de que se trata de una especie exótica = 0
d) Si es que el registro corresponde a uno o más individuos	Más de un individuo = 2	Un solo individuo = 1

En caso de sumar tres puntos o más, se deberá considerar realizar la incursión a campo.

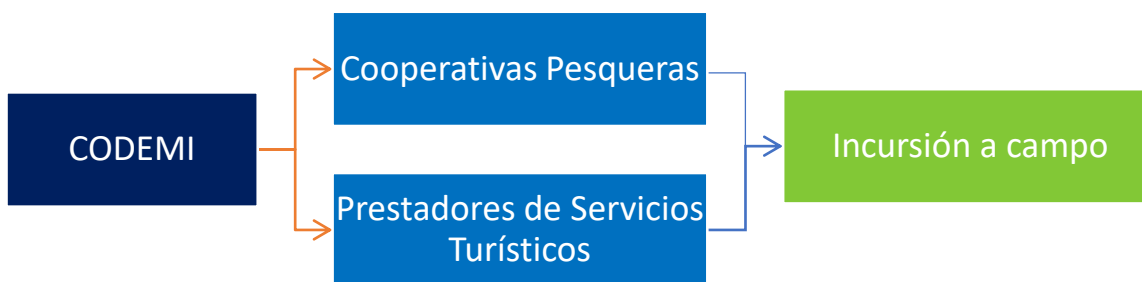


Figura 8. Diagrama para la detección de alerta.

c. Evaluación rápida (Evaluación de riesgos, planeación de contingencias)

La evaluación de riesgos de las tres especies consideradas en este protocolo se realizó con base en la metodología de análisis de riesgo con la herramienta Kit de Selección de Invasión de Especies Acuáticas (AS-ISK) v2, la cual se basa en preguntas dirigidas a grupos de organismos específicos, con el objetivo de establecer lineamientos generales como el estado del conocimiento de las especies, rutas de introducción, establecimiento, posibles impactos y sus procesos (Tablas 7 y 8).

El kit de Selección de Invasión de Especies Acuáticas (AS-ISK), es aplicable a cualquier especie y cumple con los requisitos mínimos para herramientas de riesgo según el nuevo reglamento de la Comisión Europea sobre especies exóticas invasoras (Tarkan *et al.*, 2017). Esta herramienta aplica a prácticamente todas las zonas climáticas y todas las plantas y animales acuáticos, independientemente del ecosistema (marino, agua dulce o salobre), comprende 49 preguntas básicas sobre los rasgos biogeográficos e históricos del taxón y sus interacciones biológicas y ecológicas.

AS-ISK incluye un preámbulo de información de antecedentes sobre la especie, así como preguntas sobre sus posibles impactos socioeconómicos, sobre el ecosistema, servicios, y una sección adicional (seis preguntas) para que el asesor prediga cómo es probable que los cambios en el clima influyan en los riesgos de introducción, establecimiento, dispersión e impacto de una especie (Copp *et al.*, 2016; Tarkan *et al.*, 2016, 2017). La herramienta puede ser descargada de forma gratuita desde la dirección electrónica: <https://www.cefas.co.uk/services/research-advice-and-consultancy/invasive-and-non-native-species/decision-support-tools-for-the-identification-and-management-of-invasive-non-native-aquatic-species/>.

Tabla 7. Sistema de calificación del nivel de riesgo de invasión por especies exóticas marinas con la herramienta AS-ISK (Fuente: basado en Tarkan *et al.*, 2016; 2017).

Rango de Puntaje obtenido	Nivel de Riesgo
-20 a 0.9	Bajo
1 a 27.9	Medio
> 28	Alto

Tabla 8. Resultado del análisis de riesgo para las especies exóticas marinas en Manzanillo, Colima. BRA = Evaluación de riesgo básico; BRA + CCA = Evaluación de riesgo básico más la evaluación de cambio climático (Fuente: PNUD México, 2018).

Especie	BRA		BRA + CCA	
	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación
<i>Astropecten polyacanthus</i>	7.0	Medio	13.0	Medio
<i>Luidia magnifica</i>	6.0	Medio	18.0	Medio
<i>Carijoa riisei</i>	28.0	Alto	36.0	Alto

Después de realizar la incursión a campo, se determinará si la introducción requiere acciones de Respuesta Rápida para detener o aislar poblaciones con posibilidad de establecerse en la zona (Figura 9).

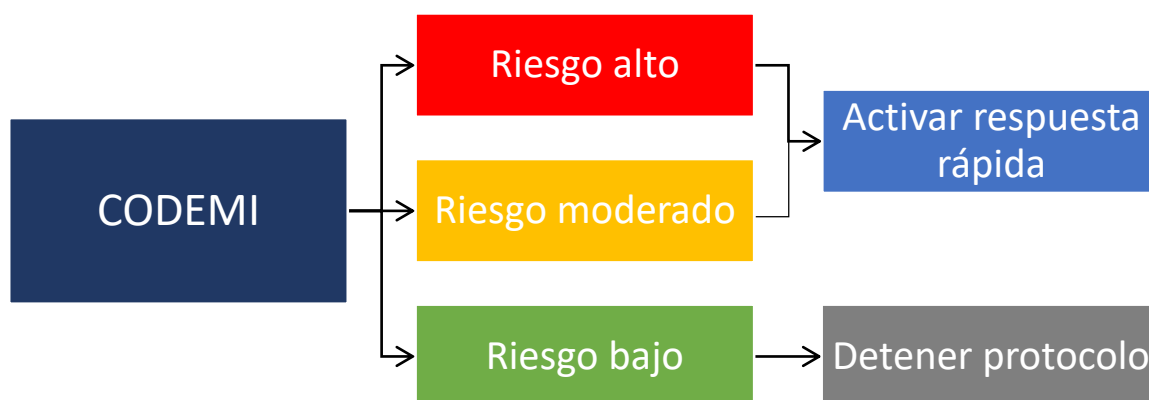


Figura 9. Diagrama de la evaluación de riesgo.

Además del análisis de riesgo se pueden tener en cuenta los siguientes aspectos para evaluar el nivel de riesgo:

a) Se pudo registrar un núcleo poblacional del organismo	¿Es posible capturarlos?	Sí/No	Riesgo alto
b) Se pudo registrar un organismo objetivo	¿Es posible capturarlo?	Sí/No	Riesgo moderado
c) No se registró al organismo pero existen rastros o evidencias de su presencia	Monitorear la zona		Riesgo bajo
d) No se registró el organismo ni existen evidencias de su presencia	Detener el protocolo		

d. Respuesta rápida

d1. Actividades de control/erradicación

Una vez que se tenga una validación del reporte de detección de una especie invasora, se procederá a iniciar las actividades de Respuesta Rápida, las cuales consistirán en controlar (aislar) la población u organismo. Para el caso de estrellas de mar se propone el método de captura directa (ver punto d1.1) y para el caso del coral Copo de Nieve se puede usar tanto el método de colecta directa o la aplicación de químicos, la alternativa sugerida es el uso de ácido acético (ver punto d1.2.).

En el caso de que se trate de una amenaza de riesgo moderado o alto, se procederá a iniciar las actividades de Respuesta Rápida, las cuales consistirán en controlar (aislar) la población/organismo para posteriormente capturarlo (Figura 10).

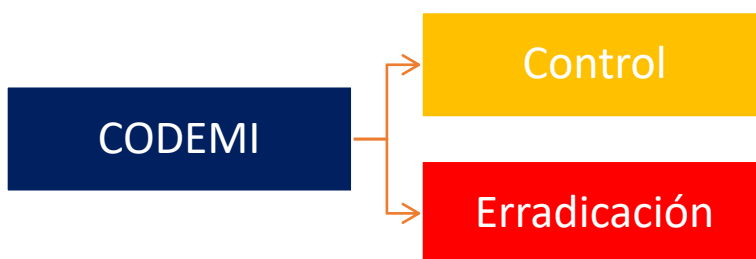


Figura 10. Respuesta Rápida.

d1.1. Captura directa

Debido a sus hábitos bentónicos, las estrellas de mar presentan escasa movilidad durante el día, ya que se encuentran enterradas en el fondo marino. Durante la noche, emergen en busca de su alimento y es cuando son visibles y más vulnerables. No son especies agresivas o peligrosas para las personas, por lo que el método a utilizar en las bahías de Manzanillo, puede ser el control manual mediante captura directa de los ejemplares (Tabla 9, Anexo 1). Se debe tener cuidado especial para realizar la extracción solo de las especies consideradas invasoras y no otras especies nativas que presentan los mismos hábitos. Para lo anterior, se requiere una capacitación previa al personal para realizar la identificación correcta en campo. En el caso del coral Copo de Nieve (*Carijoa riisei*) es un organismo sésil, es decir, que

no presenta movilidad ya que esta adherido fijamente a un sustrato; por lo que su búsqueda y extracción puede realizarse durante el día.

Tabla 9. Ventajas y desventajas del método de captura directa.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - No se dejan organismos muertos en el océano. - No se aplican sustancias químicas que puedan afectar a otras especies o al ecosistema. - Se puede obtener información biológica de la especie que sirva como base para estudios científicos futuros. - No se requieren equipos o aparatos costosos. - El manejo de los organismos no implica riesgo alguno para las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario un manejo adecuado en tierra de los organismos extraídos. - Este método requiere mucho esfuerzo, tiempo y costo para realizar las inmersiones. - Por los hábitos de vida de la estrella de mar la extracción se debe realizar por la noche. - Se requiere capacitación especial del personal para realizar los buceos nocturnos. - Las especies invasoras pueden ser confundidas con especies nativas.

Tabla 10. Materiales y equipos requeridos para el monitoreo y captura manual de estrellas de mar y octocorales.

<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de buceo autónomo (SCUBA) - Linternas de buceo (primaria y secundaria) - Malla o bolsa colectora - Tabla o cuaderno de notas sumergible - Cuchillo de buceo o espátula - Hojas de registro - Cámara fotográfica - Brújula submarina - Cinta métrica - Lápices de cera

d1.2. Aplicación de químicos

En Australia, se ha probado la eficiencia del método de control de la estrella Corona de Espinas (*Acanthaster planci*) mediante la inyección directa de químicos o venenos como el ácido acético (vinagre) y el ácido cítrico (jugo de limón) (Moutardier *et al.*, 2015; Buck *et al.*, 2016; Boström-Einarsson & Rivera-Posada, 2016). Este método se considera altamente eficiente; sin embargo, presenta algunas desventajas que deber ser consideradas seriamente antes de aplicarlo (Tabla 11). El método más eficiente es el uso de una jeringa continua reutilizable, de manera que los buzos inyectan las estrellas de mar *in situ*. Los estudios han demostrado que es posible aplicar el tratamiento hasta 120 animales por hora por buceador. Este método funciona bien, pero es necesario usar un veneno que de otra manera no dañará el medio ambiente o a otras especies que no son objetivo.

Aunque los venenos como el sulfato de cobre, la formalina, el amoniaco, el ácido clorhídrico y el hidrógeno sulfato de sodio se han utilizado hasta ahora en diferentes países, desde el punto de vista de la toxicidad y la eficacia, el uso no se ha generalizado. Debido a lo anterior es necesario realizar experimentos controlados que evalúen las mejores condiciones para la aplicación y su uso en México. En este protocolo, se propone el método para la aplicación de ácido acético (vinagre), debido a que tiene múltiples usos y es un producto fácil de adquirir y de bajo costo (Tabla 12, Anexo 1).

La concentración recomendada de ácido acético para matar una estrella Corona de Espinas (*A. planci*) es una solución de 150 g/L en cuatro inyecciones (5 ml por zona) (Buck *et al.*, 2016); pero esto se debe evaluar para las especies presentes en Manzanillo. También se recomienda que este método se aplique solo en caso de que se presente un brote masivo de estrellas de mar, pero esto se debe evaluar para las especies y condiciones presentes en Manzanillo.

Tabla 11. Ventajas y desventajas del método de control con ácido acético.

Ventajas		Desventajas	
- Altamente eficiente.		- Se requiere capacitación especial del personal para realizar los buceos nocturnos y manejar el dispositivo de inyección.	
- El riesgo por manejo de los organismos para las personas se reduce o es casi nulo.		- Se dejan organismos muertos en el océano.	
- No es necesario un manejo en tierra de los organismos inyectados.			

- El costo a largo plazo es bajo.	- Se aplican sustancias químicas que puedan afectar a otras especies o al ecosistema. - No se puede obtener información biológica de la especie que sirva como base para estudios científicos futuros. - El costo inicial puede ser alto. - El químico o veneno puede afectar a otras especies al ingerir los restos de los organismos inyectados.
-----------------------------------	---

Tabla 12. Materiales y equipos requeridos para la eliminación de estrellas de mar mediante inyección de ácido acético.

- Equipo de buceo autónomo (SCUBA) - Linternas de buceo (primaria y secundaria) - Malla o bolsa para materiales - Hojas de registro - Lápices de cera - Brújula submarina - Jeringa especial (Se recomienda SIMCRO 15 ml Premium variable syringe) - Agujas - Contenedor (puede ser una piseta de laboratorio) - Ácido acético - Conectores de plástico (pueden ser mangueras para acuario)

d2. Impacto de las actividades (sociales, económicos, ambientales, actores implicados y roles en la implementación del protocolo)

Las actividades de control que se proponen en este protocolo no generan un impacto negativo en ninguna de las actividades sociales o económicas de la región. La participación ciudadana por el contrario permitirá una concientización respecto al cuidado del ambiente. Al involucrar a grupos de pescadores y personal de los centros de buceo se podrá generar una vinculación con estos sectores que en un futuro ayuden a evitar otros riesgos ecológicos por la introducción de otras especies invasoras. El impacto ambiental será positivo ya que se

evitará que estas especies introducidas compitan con las nativas, lo que puede provocar el desplazamiento o eliminación de algunas de ellas.

Una vez contenida la invasión, se realiza un monitoreo posterior para determinar la presencia de organismos en el sitio. Por otra parte, el CODEMI evaluará las acciones realizadas y, en caso de requerirlas, realizará adecuaciones al protocolo para que éste sea más eficiente (Figura 11).

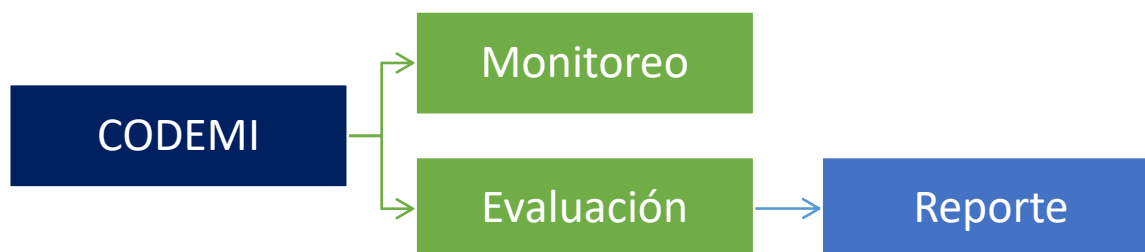


Figura 11. Monitoreo y evaluación.

6. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE ESTRELLAS DE MAR Y CORALES

Actualmente no se cuenta con trabajos publicados sobre el control o la erradicación de las estrellas de mar Magnífica (*Luidia magnifica*) o de Peine (*Astropecten polyacanthus*). La presencia de estas estrellas de mar en Manzanillo, es el primer caso de introducción de estas especies en el Pacífico Oriental. En otras regiones del mundo se han desarrollado programas para el control de otras estrellas de mar invasoras como la estrella Corona de Espinas (*Acanthaster planci*) que ha provocado grandes daños en los arrecifes coralinos de la Gran Barrera Arrecifal de Australia (Reichelt *et al.*, 1990); y la estrella de mar japonesa (*Asterias amurensis*), la cual ha provocado grandes afectaciones a cultivos marinos de ostras, mejillones y otros moluscos bivalvos en el Pacífico Norte (Ross *et al.*, 2003). Estos programas de erradicación han utilizado diversas técnicas para combatir a las estrellas de mar como la extracción manual de los ejemplares, cortar las estrellas en partes, el uso de sustancias químicas como: formalina, sulfato de cobre, hidróxido de amonio, bisulfato de sodio, ácido acético, construcción de barreras físicas para limitar su dispersión, y hasta intentos de eliminación con dispositivos automáticos (drones) (Bell *et al.*, 1986; Yamaguchi, 1986; Birkeland & Lucas, 1990; Lassig, 1995; Rivera-Posada & Pratchett, 2012). Sin embargo, poco

éxito se ha logrado en la erradicación de estas especies, debido principalmente a las dificultades técnicas para operar bajo el agua y a las condiciones tan dinámicas de los ambientes marinos. La implementación de métodos mecánicos para el control de asteroideos es costosa y requiere mucho esfuerzo, por lo que son justificados en pequeñas áreas o arrecifes que tienen una alta significancia biológica o socio-económica, como, por ejemplo: sitios de reproducción, atractivos turísticos o zonas de alta biodiversidad.

Los esfuerzos para la erradicación del coral Copo de Nieve (*Carijoa riisei*) en las islas de Hawái iniciaron desde su detección en los años 60's (Kahng *et al.*, 2008). Desde entonces múltiples programas se han desarrollado para controlar esta especie que llegó a poner en peligro la salud de los arrecifes coralinos, debido principalmente a la competencia con los corales negros nativos y que son un recurso económico importante para las islas (Coles *et al.*, 2006).

Se han probado algunos métodos para intentar erradicar o minimizar la expansión de *Carijoa*, tales como: exposición de las colonias al agua dulce y por eliminación local arrancando colonias en diversos sitios. Sin embargo, hasta el momento ninguno de estos métodos ha probado ser efectivo para eliminarla totalmente (Martínez-Panizo, 2013). En 2008 se presentó un estudio de control biológico con el nudibranquio *Phyllodesmium poindimiei*, el cual es un depredador específico de esta especie que habita en los arrecifes de coral de Hawái. Este estudio demostró una alimentación significativa del octocoral y los efectos fueron observados tanto en campo como en laboratorio (Wagner *et al.*, 2009). Por lo que el biocontrol puede ser una solución a este problema.

Así mismo, en Colombia se han desarrollado diversos estudios para conocer la dinámica poblacional del coral y desarrollar las mejores estrategias de control (Invemar 2014; 2016).

7. MÉTODO EMPLEADO (Monitoreo)

1. Ubicación de sitios: El trabajo de campo comienza definiendo los sitios de muestreo y extracción donde se establecen prioridades y se evalúan las condiciones de accesibilidad (acceso en embarcación o desde la playa), en caso de ser necesario se solicita el permiso para el acceso vía playa.
2. Medición de la superficie afectada: Una vez identificados los sitios se realizan visitas de campo y se registran los siguientes datos:

- a) Georreferenciar el sitio con GPS (en coordenadas geográficas decimales y datum WGS84).
 - b) Tomar fotografías del sitio en diferentes direcciones en la superficie y si es posible por debajo del agua.
 - c) Estimar la superficie infestada y la densidad de organismos, para esto se realizan buceos siguiendo una banda sobre el fondo marino por 25 minutos en una sola dirección y de regreso hasta el punto inicial. Es importante marcar el rumbo antes de iniciar el buceo con una brújula. Dependiendo de las características del sitio estos pueden colocarse en forma perpendicular o paralela a la línea de costa. En el caso de las playas arenosas, se recomienda hacer bandas perpendiculares a la playa.
 - d) Describir mediante un inventario, la fauna marina presente en el sitio infestado. Esto permitirá identificar especies que potencialmente pueden ser vulnerables por la presencia de las especies invasoras, especies que compitan por recursos e incluso identificar potenciales depredadores de las estrellas de mar.
 - e) Definir las características físicas del sitio (tipo de sustrato, profundidad, visibilidad, temperatura del agua). Esta información será de utilidad para determinar patrones en las poblaciones de las estrellas de mar.
3. Inventario de recursos materiales, humanos y económicos: Después de haber obtenido los datos en campo se debe de procesar la información determinando los siguientes puntos.
- a) Superficie total infestada. Toma de coordenadas geográficas con GPS, para procesar con el programa ArcGis 10.1 u otro programa de cómputo, elaborar el polígono y calcular el área en metros cuadrados.
 - b) Número de transectos a realizar. Dependiendo de la extensión de fondo arenoso en cada sitio, se establece el número total de transectos que se realizarán.
 - c) Con base en el número de sitios y transectos se determina el número de buzos que van a realizar las actividades de extracción de las estrellas de mar (Magnifica y de Peine) y el coral Copo de Nieve, es importante mencionar que por regla de seguridad cada transecto se realiza por dos buzos, uno se encarga de extender la línea del transecto y llevar el registro de organismos encontrados y el otro buzo se encarga de recolectar

los ejemplares. Siempre tomar en cuenta todas las recomendaciones de seguridad para realizar buceo con equipo SCUBA y no sobrepasar los límites de no-descompresión.

4. Capacitación al personal: Una vez estimados los requerimientos humanos y definidos los recursos económicos para la implementación de proyectos de control de especies invasoras, se debe contar con un plan de capacitación para las personas que participen en los proyectos. Este plan debe contener una fase de información sobre los problemas que pueden ocasionar las estrellas de mar (*Luidia magnifica* y *Astropecten polyacanthus*) en los ecosistemas marinos y la importancia de prevenir la introducción y expansión de estos equinodermos en otros puntos del Pacífico Mexicano, así como definir la información de las actividades a realizar en campo. Debido a que las actividades de extracción y monitoreo se deben realizar por la noche, el personal involucrado debe contar con una certificación de buceo y la especialidad de buceo nocturno por alguna agencia internacional certificada (por ejemplo: FMAS, NAUI, PADI, SSI, etc.) (Anexo 2). Es importante organizar a los participantes en grupos de trabajo con un responsable por grupo.

5. Trabajos de control y erradicación: El trabajo de control de las estrellas de mar: Magnifica y de Peine, así como del coral Copo de Nieve, puede realizarse durante todo el año, siempre y cuando las condiciones ambientales lo permitan. Puede realizarse como una actividad a la par con la actividad de pesca de los buzos locales. Adicionalmente, se pueden organizar campañas específicas para la búsqueda y extracción de los individuos con equipos de buzos voluntarios. La capacitación de los voluntarios está dirigida principalmente a que ellos puedan reconocer a simple vista las especies objetivo, para esto se pueden utilizar fotografías de las especies, indicándoles cuales son las principales características morfológicas que permiten reconocer a cada especie.

Los pasos a seguir para el control de las estrellas de mar y el coral Copo de Nieve son los siguientes:

- a) Una vez determinado el sitio para la extracción se establecen los equipos de buzos para el trabajo.
- b) Cada equipo de buzos toma los datos necesarios del sitio y realizan el recorrido para la búsqueda de estrellas de mar o del coral. Previo a las inmersiones el responsable del grupo debe informar a los participantes sobre las condiciones oceanográficas del lugar, un repaso del esquema general del trabajo que se realizara y los protocolos de seguridad en caso de alguna emergencia.

- c) En superficie se llena el formato de registro y los ejemplares recolectados se colocan en cubetas con alcohol al 70% para su conservación y transportación.

6. Monitoreo de sitios: Se harán visitas posteriores a la extracción para seguir el monitoreo de la población.

7. Evaluación de sitios: La información capturada en el monitoreo se registrará en una base de datos con el fin de comparar la efectividad de la extracción en cada uno de los sitios a través del tiempo, visualizando la posibilidad de mejorar la técnica utilizada para el control de la especie.

8. RESULTADOS OBTENIDOS

Los primeros registros de la estrella de mar Magnifica se hicieron en julio 2017, posteriormente en noviembre de ese mismo año se encontró un ejemplar de la estrella de mar de Peine, ambos en la bahía de Santiago. A partir de septiembre de 2018 se inició un programa de detección de especies marinas invasoras en Manzanillo, Colima con el apoyo del proyecto GEF-Invasoras. El apoyo de dicho proyecto permitió hacer un monitoreo cuatrimestral entre noviembre 2017 y junio 2019, con el fin de realizar la búsqueda de las estrellas de mar en diversos sitios de las bahías de Manzanillo y Santiago. La estrella de mar Magnifica se encontró solo en las playas Club de Yates y La Audiencia, ambas dentro de la bahía de Santiago (Figura 12). En total se encontraron 17 ejemplares. De la estrella de mar de Peine solo se encontraron 3 ejemplares, uno cerca del área de Los Frailes y otras dos más en la playa La Audiencia (Figura 13).

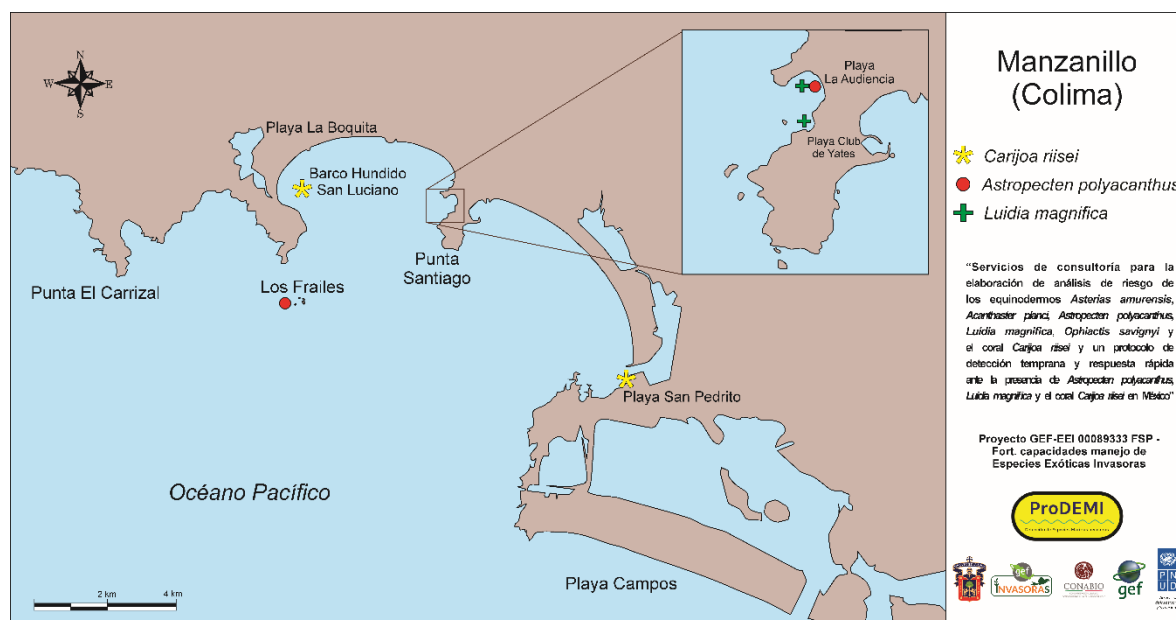


Figura 12. Localidades en Manzanillo donde se han encontrado las especies exóticas invasoras (Fuente: Cristian Galván).

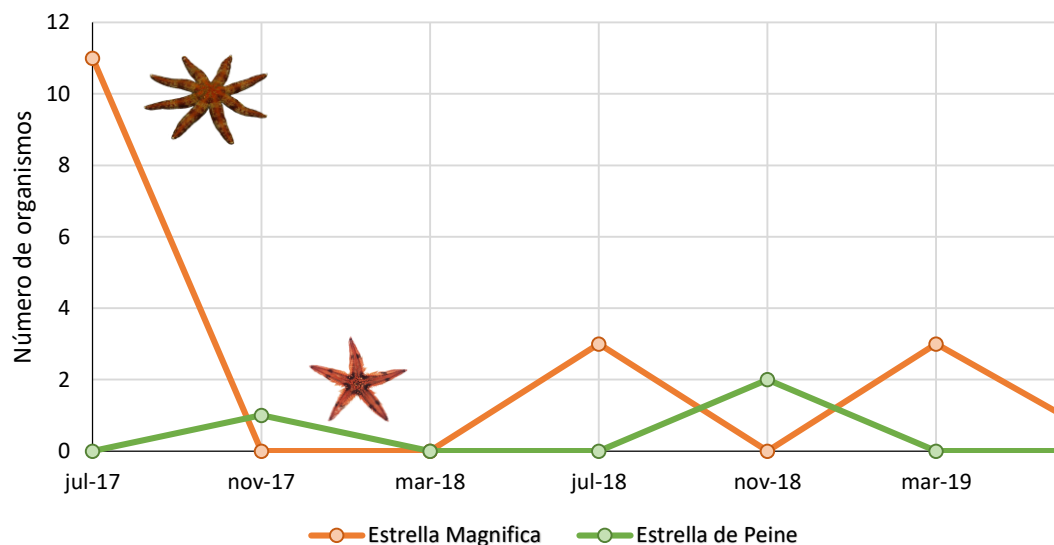


Figura 13. Número de estrellas de mar registradas en el período 2017-2019 en Manzanillo, Colima (Fuente: Cristian Galván).

Con base en los registros obtenidos se puede determinar que no se han presentado brotes masivos de estas estrellas de mar. Por el contrario, en el caso del coral Copo de Nieve, el

número de colonias contabilizadas se ha incrementado desde el año 2016, cuando se registró por primera vez. Durante la última salida de campo en junio de 2019, se encontró un gran número de colonias cubriendo gran parte del casco del barco San Luciano (Figuras 14 y 15). Esto se atribuye principalmente a los incrementos en la temperatura del agua. Sin embargo, su distribución se ha mantenido restringida a solo dos localidades: Playa San Pedrito y Barco hundido San Luciano.

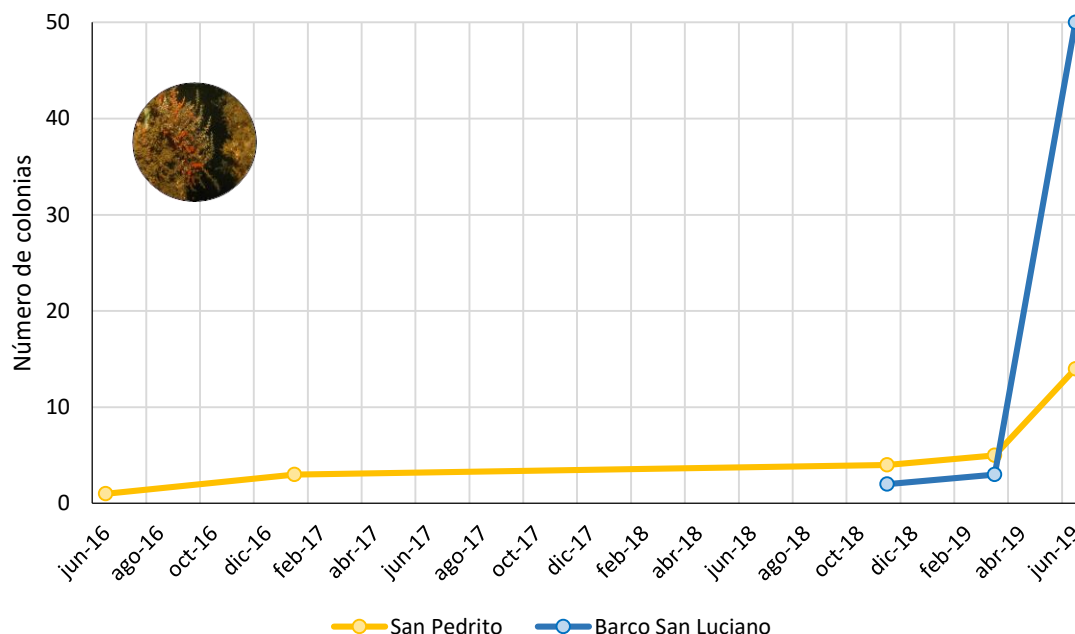


Figura 14. Número de colonias del coral Copo de Nieve registradas en el período 2016-2019 en Manzanillo, Colima (Fuente: Galván-Villa & Ríos-Jara, 2018: registros de 2016-2017; Cristian Galván, datos sin publicar: registros de 2018-2019).

Es muy importante seguir con un programa de monitoreo continuo en los dos puntos donde se ha encontrado y explorar otros sitios donde potencialmente puedan establecerse para evitar un brote masivo de alguna de estas especies. Así mismo, es indispensable gestionar y programar una campaña de extracción para reducir la tasa de crecimiento del coral y evitar en la medida de lo posible que se siga propagando por la bahía.

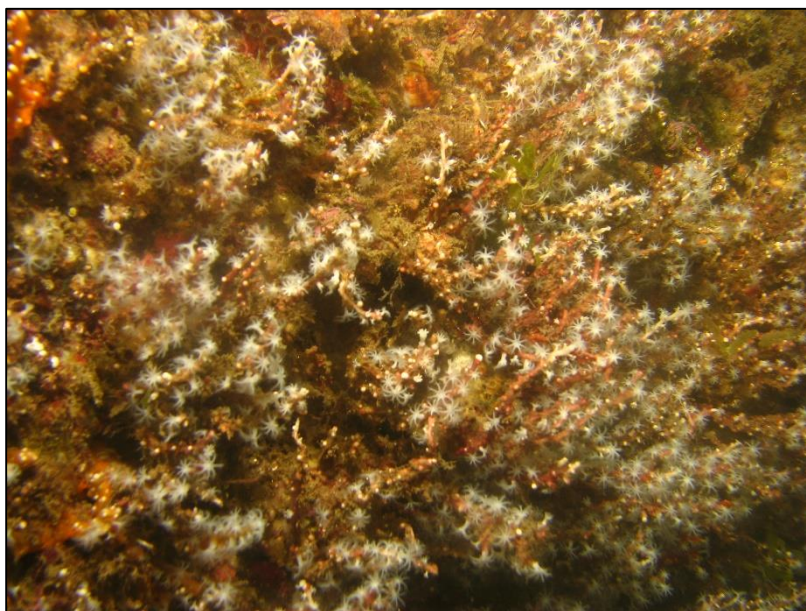


Figura 15. Colonias del coral Copo de Nieve *Carijoa riisei* encontradas sobre el casco del buque “San Luciano” en el puerto de Manzanillo, Colima (Fotografía: Cristian Galván).

9. LECCIONES APRENDIDAS

A pesar de que se han implementado muchas técnicas para el control de especies marinas invasoras y pocas han resultado ser eficientes, un factor esencial en el control de estas especies ha sido la detección temprana, es decir, el monitoreo continuo para identificar las introducciones antes de que estas se vuelvan un problema serio. De esta manera se puede dar una respuesta rápida a la invasión y con esto ahorrar mucho dinero y esfuerzo. En muchos casos de problemas ambientales por la introducción de una especie exótica, la reacción se presentó mucho después, por lo que, una pronta reacción es esencial para el éxito de cualquier programa de control.

Se debe tener en cuenta que en general los programas de control de especies invasoras marinas han fallado debido a los altos costos, el tiempo que tardan en poner en marcha los programas (esto puede ser por la disponibilidad de fondos y opiniones contradictorias de expertos o tomadores de decisiones), ineficiencia de los métodos de control actualmente disponibles y la terminación temprana de los programas que llevan a la investigación intermitente y la pérdida de experiencia. Por lo tanto, como se presentó en este documento el caso de Manzanillo, es necesario desarrollar programas de monitoreo en todos los puertos marítimos de México, ya que estos son puntos importantes y susceptibles para la

introducción en la llegada de especies exóticas, con el objetivo de detectar la introducción de estas especies a tiempo y en caso de ser necesario implementar acciones para su control y erradicación.

10. PLAN DE GESTIÓN/MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD

Prescripciones de gestión y control aplicables a los buques según el Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques (OMI, 2007):

- Los buques tienen que llevar a bordo y aplicar un plan de gestión del agua de lastre (regla B-1). El plan de gestión del agua de lastre es específico de cada buque e incluye una descripción detallada de las medidas que han de adoptarse para implantar las prescripciones sobre gestión del agua de lastre y las respectivas prácticas complementarias.
- Los buques deben llevar a bordo un Libro registro del agua de lastre (regla B-2) con el objeto de registrar cuando se tome a bordo, se haga circular o se trate el agua de lastre a los efectos de su gestión, o se la descargue en el mar. También deberían registrarse las descargas del agua de lastre en una instalación receptora, así como sus descargas accidentales u otras descargas excepcionales de este tipo de agua.
- Los buques construidos antes de 2009 con una capacidad de agua de lastre comprendida entre 1 500 y 5 000 m³, inclusive, habrán de llevar a cabo una gestión del agua de lastre que cumpla como mínimo las normas para el cambio del agua de lastre o bien las normas de eficacia de la gestión del agua de lastre hasta 2014, fecha después de la cual habrán de cumplir como mínimo la norma de eficacia de la gestión del agua de lastre.
- Los buques construidos antes de 2009 con una capacidad de agua de lastre inferior a 1 500 m³ o superior a 5 000 deberán de llevar a cabo una gestión del agua de lastre que cumpla como mínimo las normas para el cambio del agua de lastre o bien las normas de eficacia de la gestión del agua de lastre hasta 2016, fecha después de la cual habrán de cumplir como mínimo la norma de eficacia de la gestión del agua de lastre.
- Los buques construidos en 2009 o posteriormente con una capacidad de agua de lastre inferior a 5 000 m³ deberán llevar a cabo una gestión del agua de lastre que cumpla como mínimo la norma de eficacia de la gestión del agua de lastre.

- Los buques construidos en 2009 o posteriormente, pero antes de 2012, con una capacidad de agua de lastre igual o superior a 5 000 m³, habrán de llevar a cabo una gestión del agua de lastre que cumpla como mínimo la norma descrita en la regla D-1 o bien en la regla D-2 hasta 2016, fecha después de la cual habrán de cumplir como mínimo la norma de eficacia de la gestión del agua de lastre.
- Los buques construidos en 2012 o posteriormente, con una capacidad de agua de lastre igual o superior a 5 000 m³, habrán de llevar a cabo una gestión del agua de lastre que cumpla como mínimo la norma de eficacia de la gestión del agua de lastre.
- Podrán aceptarse también otros métodos de gestión del agua de lastre diferentes a la norma para el cambio del agua de lastre o la norma de eficacia de la gestión del agua de lastre, siempre que dichos métodos garanticen como mínimo el mismo grado de protección del medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos, y cuenten en principio con la aprobación del Comité de protección del medio marino (MEPC).

De conformidad con lo dispuesto en la regla B-4, Cambio del agua de lastre, todos los buques que lleven a cabo el cambio del agua de lastre deberían ajustarse a las siguientes prescripciones:

- siempre que sea posible, efectuar el cambio del agua de lastre a por lo menos 200 millas marinas de la tierra más próxima y en aguas de 200 m de profundidad como mínimo, teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización;
- en los casos en que el buque no pueda efectuar el cambio del agua de lastre de conformidad con lo dispuesto en el párrafo precedente, tal cambio del agua de lastre debería llevarse a cabo tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, y en todos los casos por lo menos a 50 millas marinas de la tierra más próxima y en aguas de 200 m de profundidad como mínimo.
- Cuando no sea posible cumplir estas prescripciones, se podrán designar zonas en las que se permita al buque efectuar el cambio del agua de lastre. Todos los buques extraerán y evacuarán los sedimentos de los espacios destinados a transportar agua de lastre de conformidad con las disposiciones del plan de gestión del agua de lastre del buque (regla B-4).

11. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo.** 1993. Evaluación de los recursos naturales costeros de los estados de Jalisco y Colima. Documento Interno. Proyecto DGO-01/93, Depto. De Recursos Marinos-IOP. Dir. Gral. de Oceanografía Naval. Secretaría de Marina. 151 p.
- Arriaga, L., Castellanos, A., Moreno, E. & Alarcón, J.** 2004. Potential Ecological Distribution of Alien Invasive Species and Risk Assessment: A Case Study of Buffel Grass in Arid Regions of Mexico. *Conservation Biology* 18(6): 1504-1514.
- Barbosa, T. M., Gomes, P. B., Bergeron, A. S., Santos, A. M., Chagas, C., Freitas, E. M. S. & Perez, C. D.** 2014. Comparisons of sexual reproduction in *Carijoa riisei* (Cnidaria, Alcyonacea) in South Atlantic, Caribbean, and Pacific areas. *Hydrobiologia* 734: 201-212.
- Bax, N., Williamson, A., Agüero, M., González, E. & Geeves, W.** 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy* 27(4): 313-323.
- Bayer, F. M.** 1961. The shallow-water Octocorallia of the West Indian region: a manual for marine biologists. *Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands* 12: 1-373.
- Bayer, F. M.** 1981. On some genera of stoloniferous octocorals (Coelenterata: Anthozoa), with descriptions of new taxa. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 94(3): 878-901.
- Bell, R., Kettle, B. & Stump, R.** 1986. An evaluation of the effectiveness of artificial barriers for meso-scale Crown-of-thorns management. Marine Bio Logic Pty. Ltd report to GBRMPA.
- Birkeland, C. & Lucas, J. S.** 1990. *Acanthaster planci*: major management problems of coral reefs. Florida, CRC Press.
- Born-Schmidt, G., de Alba, F., Parpal, J. & Koleff, P.** 2017. Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. 255 pp.
- Boström-Einarsson, L. & Rivera-Posada, J.** 2016. Controlling outbreaks of the coral-eating crown-of-thorns starfish using a single injection of common household vinegar. *Coral Reefs* 35: 223-228.
- Braithwaite, H.** 2000. Weed surveillance plan for the Department of Conservation. Wellington, Department of Conservation.
- Buck, A. C. E., Gardiner, N. M. & Boström-Einarsson, L.** 2016. Citric Acid Injections: An Accessible and Efficient Method for Controlling Outbreaks of the Crown-of-Thorns Starfish *Acanthaster cf. solaris*. *Diversity* 8: 1-12.
- Carbajal, N. & Galicia, M. A.** 2002. Earthquake-induced helmholtz resonance in Manzanillo lagoon, México. *Revista Mexicana de Física* 48: 192-196.
- Carlton, J. T.** 1999. The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans. pp.195-212. En: Invasive species and biodiversity management. Sandlund, O. T., Schei, P. J., Viken, Å. (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Castro, C. B., Medeiros, M. S. & Loiola, L. L.** 2010. Octocorallia (Cnidaria: Anthozoa) from Brazilian reefs. *Journal of Natural History* 44: 763-827.
- Chao, S. M.** 1999. A revision of the family Astropectinidae (Echinodermata: Asteroidea) from Taiwan, with description of five new records. *Zoological Studies* 38(3): 257-267.

- CITES.** 2013. ¿Qué es la CITES?. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Consultado el 16 de mayo de 2019. <https://cites.org/esp/disc/what.php>
- Clark, A. M. & Rowe, F. W. E.** 1971. Monograph of shallow-water Indo-west Pacific Echinoderms. Trustees of the British Museum (Natural History). London. x + 238 p. + 30 pls.
- Coles, S. L., Kandel, F. L. M., Reath, P. A., Longenecker, K. & Eldredge, L. G.** 2006. Rapid Assessment of Nonindigenous Marine Species on Coral Reefs in the Main Hawaiian Islands. *Pacific Science* 60: 483-507.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras.** 2010. Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México: Prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Concepcion, G. T., Kahng, S. E., Crepeau, M. W., Franklin, E. C., Coles, S. L. & Toonen, R. J.** 2010. Resolving natural ranges and marine invasions in a globally distributed octocoral (genus *Carijoa*). *Marine Ecological Progress Series* 401: 113-127.
- Copp, G. H., Vilizzi, L., Tidbury, H., Stebbing, P. D., Tarkan, A. S., Miossee, L. & Gouletquer, P.** 2016. Development of a generic decision-support tool for identifying potentially invasive aquatic taxa: AS-ISK. *Management of Biological Invasions* 7(4): 343-350.
- Deichmann, E.** 1936. The Alcyonaria of the western part of the Atlantic Ocean. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology* 53: 1-317.
- Devictor, S. T. & Morton, S. L.** 2010. Identification guide to the shallow water (0–200 m) octocorals of the South Atlantic Bight. *Zootaxa* 2599: 1–62.
- DOF.** 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico. Diario Oficial de la Federación, 30 de mayo de 2000.
- DOF.** 2006. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación, 30 de noviembre de 2006.
- DOF.** 2010a. 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, 6 de abril de 2010.
- DOF.** 2010b. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental -Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.
- DOF.** 2016. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental. 28 de enero de 1988- Última reforma, Diario Oficial de la Federación, 13 de mayo de 2016.
- DOF.** 2017. Decreto Promulgatorio del Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, adoptado en Londres, el trece de febrero de dos mil cuatro, en el marco de la Organización Marítima Internacional (OMI). Diario Oficial de la Federación, 8 de septiembre de 2017.
- DOF.** 2018. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Diario Oficial de la Federación, 24 de abril de 2018.

- Downey, M. E. & Wellington, G. M.** 1978. Rediscovery of the giant sea-star *Luidia superba* A.H. Clark in the Galapagos Islands. *Bulletin of Marine Science* 28(2): 375-376.
- Duffy, C. A. J. & Ah Yong, S. T.** 2015. Annotated checklist of the marine flora and fauna of the Kermadec Islands Marine Reserve and northern Kermadec Ridge, New Zealand. *Bulletin of the Auckland Museum* 20: 19-124.
- FAO.** 1995. Enfoque precautorio para la pesca. Parte 1. Directrices relativas al enfoque precautorio para la pesca y las introducciones de especies. FAO. Documento Técnico de Pesca 350: 1-58. En: Gutiérrez F. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. Colombia 156 pp.
- FAO.** 1996. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. Código de conducta para la importación y liberación de agentes exóticos de control biológico. FAO. Roma, 21 pp. En: Gutiérrez F. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. Colombia 156 pp.
- Fisher, W. K.** 1906. The starfishes of the Hawaiian Islands. *Bulletin of the United States Fish Commission* 23: 987-1130.
- Flores-Martínez, J. J., Rodríguez-Medina, R. y Pérez-Cabrerales, M. & Sánchez-Cordero, V.** 2016. Protocolo de Detección Temprana y Respuesta Rápida para Especies Exóticas Invasoras en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. (PNUD, CONABIO, CONANP, CONBIODES, IB-UNAM).
- Fofonoff, P. W., Ruiz, G. M., Steves, B., Simkanin, C. & Carlton, J. T.** 2018. National Exotic Marine and Estuarine Species Information System. <http://invasions.si.edu/nemesis/>. Consultado el 3 de Agosto de 2019.
- Galicia-Pérez, M. A.** 1994. Aspectos de modelación numérica tridimensional de la bahía de Manzanillo. *Geos* 14(5): 2.
- Galicia-Pérez, M. A., Gaviño-Rodríguez, J., Torres-Orozco, E. & Quijano-Scheggia, S. I.** 2016. Descripción general de la circulación hidrodinámica en el litoral. En: La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado. CONABIO. México, pp. 51-58.
- Galtsoff, P. S.** 1933. Pearl and Hermes reef, Hawaii, hydrographical and biological observations. *Bernice P Bishop Museum*. p. 19.
- Galván-Villa, C. M. & Ríos-Jara, E.** 2018. First detection of the alien snowflake coral *Carijoa riisei* (Duchassaing and Michelotti, 1860) (Cnidaria: Alcyonacea) in the port of Manzanillo in the Mexican Pacific. *BiolInvasions Records* 7(1)1-6.
- González-Martínez, A. I., Morales-Guerrero, N., Barrios-Caballero, Y. & De Jesús-De Jesús, S.** 2017. Rutas de introducción e impactos. 79-90 pp. En: Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras. Born-Schmidt, G., de Alba, F., Párpal, J. & Koleff, P. (coord.). Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, CESOP.
- Grigg, R. W.** 2003. Invasion of a Deep Black Coral bed by an Alien Species, *Carijoa riisei*, off Maui, Hawaii. *Coral Reefs* 22: 121-122.

- Hart, D. R.** 2006. Effects of sea stars and crabs on sea scallop *Placopecten magellanicus* recruitment in the Mid-Atlantic Bight (USA). *Marine Ecology Progress Series* 306: 209-221.
- Hoover, J. P.** 1999. *Hawai'i's sea creatures: a guide to hawai'i's marine invertebrates*. Mutual publishing, 366 pp.
- Humphreys, W.** 1981. The echinoderms of Kenya's marine parks and adjacent regions. *Musée Royal de L'Afrique Centrale, Tervuren, Belgium: Documentation Zoologique* 19: 1-39.
- INEGI.** 2019. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Biblioteca digital de mapas. Consultado el 14 de junio de 2019. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.
- Kahng, S. E., Benayahu, Y., Wagner, D. & Rothe, N.** 2008. Sexual reproduction in the invasive octocoral *Carijoa riisei* in Hawaii. *Bulletin of Marine Science* 82: 1-17.
- Katsanevakis, S., Tempera, F. & Teixeira, H.** 2016. Mapping the impact of alien species on marine ecosystems: the Mediterranean Sea case study. *Diversity and Distributions* 22: 694-707.
- Katsanevakis, S., Wallentinus, I., Zenetos, A., Leppäkoski, E., Çinar, M. E., Oztürk, B., Grabowski, M., Golani, D. & Cardoso, C.** 2014. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. *Aquatic Invasions* 9(4): 391-423.
- Lancin, M. & Carranza-Edwards, A.** 1976. Estudio geomorfológico de la bahía y de la playa de Santiago en Manzanillo, Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 10(2): 42-65.
- Lassig, B.** 1995. Controlling crown-of-thorns starfish. Great Barrier Reef Marine Park Authority.
- Mah, C. L. & Blake, D. B.** 2012. Global Diversity and Phylogeny of the Asteroidea (Echinodermata). *PLoS ONE* 7(4): e35644. doi:10.1371/journal.pone.0035644.
- MacDonald, I. A. W., Loope, L. L., Usher, M. B. & Harmann, O.** 1989. Wildlife conservation and the invasion of nature reserves by exotic species: a global perspective. En: J. Drake, F. diCastri, R. Groves, F. Kruger, H. A. Mooney, M. Rejmanek & M. Williamson, (eds.). *Biological invasions: a global perspective*. Wiley and Sons.
- Martínez-Panizo, P. C.** 2013. Potencial amenaza de la especie invasora de octocoral *Carijoa riisei* en Áreas Marinas Protegidas de Ecuador. Instituto Nazca de Investigaciones Marinas.
- Méndez-Vergara, E.** 1997. Los Problemas Ambientales: entre la globalización y la lugarización. *Espacio y Desarrollo* 9: 11-23.
- Moutardier, G., Gereva, S., Mills, S. C., Adjeroud, M., Beldade, R., Ham, J., Kaku, R. & Dumas, P.** 2015. Lime Juice and Vinegar Injections as a Cheap and Natural Alternative to Control COTS Outbreaks. *PLoS ONE* 10: e0137605.
- Naciones Unidas.** 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Consultado el 16 de mayo de 2019. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Olivos-Ortíz, A. H. Quijano-Scheggia, S. I., García-Uribe, G. et al.** 2005. Influencia de los parámetros fisicoquímicos en la distribución de los principales grupos fitoplanctónicos en las costas del estado de Colima durante el 2002. *Ciencia en la frontera* 3(1): 13-28.
- OMI.** 2007. Aplicación del Convención internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, 2004. Resolución A.1005(25). Adoptada el 29 de noviembre de 2007. Organización Marítima Internacional. Asamblea 25° periodo de sesiones. 2 pp.








- Periódico oficial.** 2013a. Reglamento de la Ley de Pesca y Acuacultura Sustentables para el Estado de Colima. Ley publicada en el Suplemento No. 1 del Periódico Oficial del Estado de Colima, el sábado 13 abril 2013.
- Periódico oficial.** 2013b. Decreto 391 Ley de Pesca y Acuacultura Sustentables para el Estado de Colima. Última reforma publicada en el Periódico Oficial: 12 octubre 2013.
- Periódico oficial.** 2015. Decreto No. 216.- Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima. Última reforma publicada en el Periódico Oficial: 11 julio 2015.
- Periódico oficial.** 2018. Reglamento de la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, en Materia de Evaluación del Impacto y Riesgo Ambiental. Reglamento publicado en el tomo 103 del Periódico Oficial del Estado de Colima, 29 septiembre 2018.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).** 2018. Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo de los equinodermos *Asterias amurensis*, *Acanthaster planci*, *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica*, *Ophiactis savignyi*, y el coral *Carijoa riisei* y un protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México. Proyecto 00089333 “FSP - Fort. capacidades manejo de Especies Exóticas Invasoras 083999”. 130 pp. + 7 Anexos.
- Quintanilla, E., Wilke, T., Ramírez-Portilla, C., Sarmiento, A., Sánchez, J. A.** 2017. Taking a detour: invasión of an octocoral into the Tropical Eastern Pacific. *Biological Invasions* 19: 2583-2597.
- Reichelt, R. E., Bradbury, R. H. & Moran, P. J.** 1990. The Crown-of-Thorns starfish, *Acanthaster planci*, on the Great Barrier Reef. *Mathematical and Computer Modelling* 13(6): 45-60.
- Rivera-Posada, J. & Prachett, M.** 2012. A review of existing control efforts for *Acanthaster planci*: limitations to successes. Report. NERP, Tropical Environmental Hub, Townsville, QLD, Australia.
- Ross, D. J., Johnson, C. R. & Hewitt, C. L.** 2003. Assessing the ecological impacts of an introduced seastar: the importance of multiple methods. *Biological Invasions* 5: 3-21.
- Rowe, F. W. E. & Gates, J.** 1995. Echinodermata. Pp: 1-510. En: Zoological catalogue of Australia. Wells, A. (Ed). Vol. 33, Melbourne: CSIRO, Australia.
- Sánchez, J. A. & Ballesteros, D.** 2014. The invasive snowflake coral (*Carijoa riisei*) in the Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 62: 199-207.
- SCT.** 2019. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). <http://www.puertomanzanillo.com.mx> (revisado el 21 de abril de 2019).
- Tarkan, A. S., Sari, H. M., İlhan, A., Kurtul, I. & Vilizzi, L.** 2016. Risk screening of non-native and translocated freshwater fish species in a Mediterranean-type shallow lake: Lake Marmara (West Anatolia). *Zoology in the Middle East* 63: 48-57.
- Tarkan, A. S., Vilizzi, L., Top, N., Ekmekçi, F. G., Stebbing, P. D. & Copp, G. H.** 2017. Identification of potentially invasive freshwater fishes, including translocated species, in Turkey using the Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK). *Hydrobiology* 102: 47-56.
- Tovar-Hernández, M. A., Villalobos-Guerrero, T. F., Kupriyanova, E. K. & Sun, Y.** 2016. A new fouling Hydroides (Annelida, Sabellida, Serpulidae) from southern Gulf of California. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(3): 693-705.

- Tunnell, Jr. J. W., Chávez, E. A. & Withers, K.** 2007. *Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico, Appendix 1*. Texas A&M University Press. Texas, pp. 141-148.
- IUCN.** 2019. The IUCN Red List of Threatened Species: Introduction (en inglés). Archivado desde el original el 2 de marzo de 2009. Consultado el 16 de mayo de 2019. <https://www.iucnredlist.org/>
- Ventura, C. R.** 2017. Coleção de Echinodermata do Museu Nacional - MNRJ-ECHINO. Version 1.6. Museu Nacional / UFRJ. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/wlblsg> accessed via GBIF.org on 2019-08-03. <https://www.gbif.org/occurrence/1269445230>.
- Yamaguchi, M.** 1986. *Acanthaster planci* infestations of reefs and coral assemblages in Japan: a retrospective analysis of control efforts. *Coral Reefs* 5: 23-30.
- Zarco-Perelló, S., Mascaró, M., Garza-Pérez, R. & Simoes, N.** 2013. Topography and coral community of the Sisal Reefs, Campeche Bank, Yucatán, México. *Hidrobiológica* 23(1): 28-41.

12. ANEXOS

Anexo 1. Materiales y equipos para realizar la captura de organismos marinos y la aplicación de ácido acético (Fotografías: Cristian Galván).

Equipo de buceo autónomo (SCUBA)	Linternas de buceo (primaria y secundaria)
	
Malla o bolsa colectora	Tabla o cuaderno de notas sumergible
	
Cuchillo de buceo o espátula	Hojas de registro
	
Cámara fotográfica	Brújula submarina
	

<p>Cinta métrica</p> 	<p>Lápices de grafito</p> 
<p>Jeringa especial (Se recomienda SIMCRO 15 ml Premium variable syringe)</p> 	<p>Agujas</p> 
<p>Contenedor (puede ser una piseta de laboratorio)</p> 	<p>Ácido acético</p> 
<p>Conectores de plástico (pueden ser mangueras para acuario)</p> 	

Anexo 2. Siglas de agencias de buceo internacionales.

Sigla	Nombre
ACUC	American Canadian Underwater Certifications
BSAC	British Sub-Aqua Club
CMAS	Confederation Mondiale des Activites Subaquatiques
FMAS	Federación Mexicana de Actividades Subacuáticas
IANTD	International Association of Nitrox and Technical Divers
IDEA	International Diving Educators Association
NAUI	National Association of Underwater Instructors
PADI	Professional Association of Diving Instructors
SSI	Scuba School International