



Revista Mexicana de Biodiversidad

ISSN: 1870-3453

falvarez@ib.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Murtaugh, Michael P.; Hernández, Luis
Inventario de la macro-fauna reclutada sobre sustrato artificial suspendido en bahía Concepción, Baja
California Sur, México
Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 85, núm. 2, 2014, pp. 402-413
Universidad Nacional Autónoma de México
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42531364034>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Inventario de la macro-fauna reclutada sobre sustrato artificial suspendido en bahía Concepción, Baja California Sur, México

Checklist of the macro-fauna recruited onto suspended artificial substrate in Bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico

Michael P. Murtaugh y Luis Hernández✉

Laboratorio de Sistemas Arrecifales, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al sur Km. 5.5, 23080, La Paz, Baja California Sur, México.

✉ lghm@uabcs.mx

Resumen. Los asentamientos humanos a lo largo de la zona costera han traído consigo impactos a la biota natural. Para disminuir los impactos provocados por pesquerías, el centro regional de investigación pesquera comenzó con el maricultivo de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) en bahía Concepción. No obstante, la colocación de artes de cultivo en el mar actúa como sustrato favorable para especies no deseadas. El presente estudio atendió la iniciativa de un grupo de pescadores con vías a expandir el piscicultivo en bahía Concepción, el objetivo fue evaluar los cambios estacionales en los ensamblajes de la fauna que se recluta en los sistemas de cultivo. Cada uno de 3 módulos –compuestos de 4 canastas ostrícolas– se suspendieron en la columna y al mes se retiraron para registrar la fauna reclutada. Enseguida, los módulos se limpiaron exhaustivamente y nuevamente se colocaron en el sitio del cultivo para ser examinados al siguiente mes, y así sucesivamente durante un año. Se registraron en total 74 especies, de las cuales el 14% ampliaron su distribución geográfica. Mediante el índice de Jaccard, se detectó que hay un 42% de similitud entre temporadas cálidas y frías, lo que denota una marcada estacionalidad de los ensamblajes a lo largo del año.

Palabras clave: canastas Nestier, reclutamiento, Olmstead Tukey, golfo de California, inventario.

Abstract. Human settlements along the marine coastlines have brought with them anthropic pressures that affect the natural biota. To decrease the pressures caused by fisheries in Baja California Sur, the regional fisheries research center has begun marine farming of the spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) in Bahía Concepción. The placement of farming materials in the marine environment also acts as favorable substrate for the colonization and recruitment of many unwanted marine organisms. To evaluate the seasonal change of fauna recruiting onto farming materials, this study used the help of local fishermen to possibly expand fish farming in Bahía Concepción. The biofouling assemblage that is later listed was obtained by submerging 3 modules of 4 oyster boxes each for a month; then all organisms were identified and counted, the modules were cleaned, and submerged again for the following month. This methodology was repeated during a year-round cycle, and by this means a total of 75 species were identified, out of which 14% had expanded their distribution. Moreover, a 42% Jaccard similarity was registered between the warm and cold season, which demonstrates a noticeable seasonal change in the biofouling assemblages.

Key words: Nestier boxes, recruitment, Olmstead Tukey, Gulf of California, inventory.

Introducción

La zona costera es un área de gran importancia ecológica y representa también una fuente primordial de recursos económicos, ya que es una zona de crianza y reproducción para numerosas especies con valor comercial (Ramos y Mas, 1995). Debido a estos atributos, los asentamientos humanos a lo largo de esta área han proliferado durante siglos (Lam et al., 2009); sin embargo,

el constante aumento poblacional crea una demanda de pesca destinado al consumo mayor a lo que la pesca por sí sola puede proporcionar (Cottee y Petersan, 2009; FAO, 2012; Bergqvist y Gunnarsson, 2013). Como alternativa para abastecer esta creciente demanda, se ha implementado el uso de la acuicultura por todo el mundo (Cottee y Petersan, 2009; Bergqvist y Gunnarsson, 2013) y, en particular, dentro de bahía Concepción con el maricultivo de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Mercado-Ortiz, 2009). La colocación de jaulas flotantes en el medio marino actúan como atrayentes de fauna, ya que los materiales de cultivo; estructura plástica, redes, lastres, cabos y boyas;

sirven como sustrato disponible para la colonización de organismos incrustantes (Inclán, 1986; Nagabhushanam y Thompson, 1998; Mannino y Sara, 2008; Mercado-Ortiz, 2009; Sliskovic et al., 2011). Esta colonización de especies no deseadas provocan serios problemas técnicos y económicos para las distintas industrias marinas (Rosenhahn et al., 2008; Rosenhahn y Sendra, 2012; Cho, 2013), ya que en el caso de la acuicultura, pueden obstruir la circulación de agua rica en oxígeno y nutrientes hacia el interior del cultivo y aumentar el peso total de las instalaciones (LeBlanc et al., 2002; Pit y Southgate, 2003; Qian et al., 2007; Huang et al., 2010; Cao et al., 2011). Aunado al impacto ambiental que provoca un piscicultivo (Vita et al., 2002), la fauna incrustante puede provocar alteraciones al ambiente por una excesiva producción de nutrientes limitantes como nitrógeno, en forma de nitrato o amonio, y fósforo, en forma de fosfato (Mazouni et al., 2001; Vita et al., 2002; Mannino y Sara, 2008; David et al., 2009; Sliskovic et al., 2011). Debido a la importancia de esta fauna en el funcionamiento del ecosistema, una gran cantidad de estudios se han realizado en relación con estos ensamblajes por todo el mundo, como, por ejemplo, el monitoreo de fauna incrustante sobre plataformas de petróleo en California (Bram et al., 2005; Page et al., 2006), muelles en Italia (Marchini et al., 2007), sistemas de enfriamiento de agua en Corea (Lee et al., 1998) y cultivos de bivalvos en India (Balakrishnan et al., 1984), México (Inclán, 1986), Rusia (Khalaman, 2001) y Nueva Zelanda (Woods et al., 2012).

Por otro lado, mediante la utilización de descriptores ecológicos, distintos autores han logrado describir la sucesión de estos ensamblajes en India (Rajagopal et al., 1997) y Rusia (Kravtsova et al., 2006), la variación espacio-temporal de su reclutamiento en Australia (Rule y Smith, 2005) y México (Winfield et al., 2007), patrones de colonización asociados a la profundidad en Australia (Rule y Smith, 2007) y comparaciones entre la fauna incrustante y la biota natural del lugar en el mar Rojo (Perkol-Finkel et al., 2006), Australia (Rule y Smith, 2007) y China (Lam et al., 2009). Gracias a estos estudios se conoce que la fauna incrustante presenta cierto grado de semejanza a la biota natural, sin embargo, va a depender en gran medida de las características estructurales de ambos sustratos, artificial y natural (Perkol-Finkel et al., 2006), ya que el reclutamiento de la mayoría de las especies es llevado a cabo por medio de asentamiento larval y metamorfosis (Sahu et al., 2013). Por esta razón, el sustrato artificial proporcionará el único espacio favorable para el asentamiento de ciertas especies en un área determinada, de tal manera que también favorece el reclutamiento de especies invasoras o exóticas (Marchini et al., 2007; Pérez-Schultheiss, 2009).

La colocación de estructuras artificiales dentro de las zonas costeras, con el propósito de crear un hábitat favorable para el asentamiento de especies se ha llevado a cabo desde tiempos muy antiguos, principalmente como un método para aumentar la captura de organismos sujetos a la pesca (Moura et al., 2004; Boaventura et al., 2006; Castro-Hernández et al., 2007). Sin embargo, más recientemente se han utilizado para la captación de semilla con fines de acuicultura (Inclán, 1986; Monteforte, 2003; Núñez et al., 2006), el repoblamiento de especies o restauración de áreas perturbadas (Félix-Pico et al., 1997; Medina-Rosas et al., 2005), la creación de nuevos hábitats para fines recreativos (Boaventura et al., 2006; Perkol-Finkel y Benayahu, 2005) y la descripción faunística de un sitio en específico (Inclán, 1986; Winfield et al., 2007, 2010). Debido a que la utilización de estructuras en el mar tienen una dimensión conocida, se ha logrado disminuir la problemática relacionada con la evaluación de la biodiversidad referida a una superficie o área de observación, de tal manera que conociendo las dimensiones del sustrato introducido en el mar, se obtienen resultados comparables a diferentes escalas (Crossman y Cairns, 1974; Smith y Rule, 2002). El monitoreo de la biodiversidad incrustante se considera un componente principal para el desarrollo de acuicultura sustentable (Lee et al., 1998; Vita et al., 2002; Woods et al., 2012), ya que evalúa la naturaleza, la gravedad y la magnitud de los impactos derivados de la presión ambiental (Piscart et al., 2006). Asimismo, es un prerequisite para entender la dinámica poblacional y organización comunitaria del sitio (Sahu et al., 2013).

En particular, el conocimiento sobre la biodiversidad de bahía Concepción se restringe a algunos inventarios faunísticos para diferentes grupos taxonómicos, entre ellos, artrópodos (Ramírez-Guillén, 1983; Ríos, 1992), poliquetos (Salazar-Vallejo, 1985) y peces (Rodríguez-Romero et al., 1992, 1994, 1997). De esta manera, se conocen para la bahía 30 especies de cangrejos anomuros (Ramírez-Guillén, 1983), 16 especies de camarones alfeidos (Ríos, 1992), 99 especies de gusanos poliquetos (Salazar-Vallejo, 1985) y 146 especies de peces (Rodríguez-Romero et al., 1992, 1994, 1997). Por otro lado, Hinojosa-Arango y Riosmena-Rodríguez (2004) describieron la fauna asociada a mantos de rodolitos en 2 sitios de bahía Concepción, en donde registraron 47 especies pertenecientes a 9 fila. Además, varios estudios con fines de acuicultura malacológica han sido realizados en la bahía por diversos autores (Baquero et al., 1983; Villalejo-Fuerte et al., 1995, 1996a, 1996b; Arreola-Hernández, 1997; Gorrostieta-Hurtado, 1997; Baquero y Aldana, 2000; Ceballos-Vázquez et al., 2000), sin embargo, la mayor cantidad son dedicados a los moluscos bivalvos, con énfasis en la almeja catarina *Argopecten*

ventricosus (Félix-Pico et al., 1989; León et al., 1991; Villalejo-Fuerte y Ochoa, 1993; Martínez y Garate, 1994; Félix-Pico et al., 1997; Félix-Pico, 2006). A diferencia de la mayoría de los estudios mencionados anteriormente, el presente trabajo se desarrolló en un solo sitio de muestreo: playa Guadalupe, dentro de bahía Concepción, ya que en ese lugar se desarrolla el maricultivo del pargo lunarejo. Por lo anterior, la fauna mencionada a continuación representa un ensamblaje local de organismos incrustantes con potencial de impactar el piscicultivo y el ambiente circundante. Debido a que los impactos provocados por jaulas flotantes son considerados altamente localizados (Vita et al., 2002) y la elaboración de bases de datos de la biota nativa es esencial para la creación de protocolos de mantenimiento (Mandal y Harkantra, 2013), el objetivo del presente estudio fue generar una base de datos a escala local, con abundancias temporales y similitud faunística entre ellas, que servirá como línea base para el monitoreo del sitio de cultivo y mantenimiento de las instalaciones. Por esta razón, la información presentada a continuación fue desarrollada para beneficiar la continuación y posible expansión del maricultivo de pargo lunarejo en playa Guadalupe.

Materiales y métodos

Área de estudio. Playa Guadalupe se encuentra en la porción noreste de bahía Concepción, cercano a la boca de la bahía, en las coordenadas 26°49'43" N, 111°49'59" O. Presenta un sustrato arenoso con presencia estacional de algas y pastos marinos. Un estudio reciente y puntual en el sitio de muestreo indicó que la temperatura superficial del agua fluctúa anualmente entre los 16±1.8° C en invierno y 30±0.83° C en verano; la salinidad varía poco, alrededor de su media anual de 35.8 ppm y el oxígeno disuelto va desde 6.5±0.96 mg/L para otoño hasta 10±0.86 mg/L a finales de invierno (Mercado-Ortiz, 2009).

Trabajo de campo. El sustrato artificial utilizado fueron canastas plásticas de tipo Nestier, comúnmente conocidas como canastas ostrícolas, debido a su utilización en acuicultura del ostión. Cada canasta presenta una superficie de 1 067 m² y aperturas de 1 cm de luz. Se ensamblaron 3 módulos compuestos por 4 canastas ostrícolas (Figs. 1A, B) cada uno y se suspendieron con una boya en las inmediaciones de playa Guadalupe, procurando que permanecieran superficialmente a no más de 3 m de profundidad. Después de un mes, los módulos se retiraron del agua envueltos en una tela plástica con luz de malla de 1 mm para su transporte a la playa. Los módulos se revisaron minuciosamente separando y cuantificando la fauna y los ejemplares colectados se fijaron en alcohol al 70% para su transporte e identificación en un laboratorio.



Figura 1. A, módulo limpio listo para ser colocado en el sitio de colecta; B, módulo recuperado después de un mes de estar sumergido en el mar.

En el caso de organismos altamente abundantes sólo una porción de ejemplares se preservaron, mientras que el resto sólo fue cuantificado y en situaciones extremas, este conteo fue por medio de extrapolación. Posterior a la recolección de especímenes se llevó a cabo la limpieza exhaustiva de cada canasta ostrícola para eliminar todo rastro de materia orgánica. Los módulos limpios fueron reubicados en el agua en la misma localidad, repitiéndose esta operación mensualmente durante un ciclo anual, adicionalmente, se registró la temperatura superficial de agua con un termómetro marca YSI modelo 50B.

Trabajo de laboratorio. Todo el material obtenido fue transportado al laboratorio de Sistemas Arrecifales, de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, para su revisión. Mediante la utilización de microscopios estereoscópico y óptico, y con el apoyo de literatura especializada, se llevó a cabo la identificación de los organismos hasta el nivel mínimo posible. El análisis de los datos consistió en elaborar un diagrama de Olmstead Tukey (Sokal y Rohlf, 1981) para categorizar a las especies en función de su abundancia y frecuencia de aparición como dominantes, abundantes, frecuentes o raras. De esta manera, una especie tendrá la categoría de dominante si presenta una abundancia y frecuencia mayor a las medias aritméticas, mientras que una especie rara será aquella con valores de abundancia y frecuencia menores a las medias. Posteriormente, el ciclo anual de muestreo fue dividido en 2 temporadas definidas, con base en las medias de las temperaturas superficiales del agua: cálida y fría. Las medias se obtuvieron de las temperaturas superficiales registradas mensualmente durante el presente estudio. La temporada cálida estuvo representada por aquellos meses con temperaturas mayores a la media y la temporada fría por los meses con temperaturas por debajo de la media. De esta manera, se calculó la abundancia total de las especies reclutadas por temporada. Finalmente, se aplicó un análisis de similitud de Jaccard (Magurran, 1988), con el fin de determinar el nivel de cambio de

la comunidad en función de la variación estacional por temporadas.

Resultados

Se registraron 74 especies incrustantes pertenecientes a 9 fila, 14 clases, 24 órdenes, 57 familias y 72 géneros, siendo el grupo de los artrópodos el que reclutó mayor cantidad con 38 especies (Fig. 2). Dentro de los artrópodos, los decápodos y anfípodos conformaron el 90% de la riqueza total, mientras que el resto se conformó por 1 tanaidáceo, 1 isópodo y 2 cirripedios. A lo largo del año, el mayor reclutamiento de especies se observó durante la temporada cálida correspondiente a los meses de mayo a octubre, cuando la temperatura superficial osciló entre los 25.6 ± 0.53 y $30.2 \pm 0.83^\circ \text{C}$. De las 74 especies encontradas, 10 (13.5%) ampliaron su distribución geográfica (Apéndice 1).

De acuerdo con el análisis de Olmstead-Tukey, la mayoría de las especies registradas caen dentro de la categoría de raras (57.3%); en tanto que las dominantes acumularon el 24.0% del total (Fig. 3). Con la finalidad de no afectar este análisis, se omitieron las 4 especies dominantes (*Anomia peruviana*, *Balanus trigonus*, *A. ventricosus* y *Ericthonius brasiliensis*) las cuales, por su elevada abundancia, provocaron un fuerte sesgo al resultado obtenido. Se estimó el índice de similitud de Jaccard para comparar los ensamblajes de las 2 temporadas de muestreo y se encontró un valor de 41.8%, por lo que se deduce que sí hay una importante variación entre el periodo más frío y el periodo más caliente.

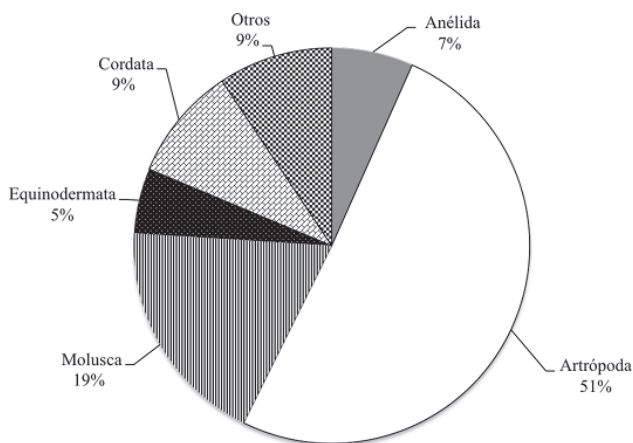


Figura 2. Porcentaje de la riqueza de especies por filum reclutada en sustratos artificiales en playa Guadalupe, durante el periodo de estudio. Dentro de la categoría de “Otros” se encuentran 2 especies de platelmintos, 2 de briozoos, 1 especie de esponja y 1 de gusano echiuro.

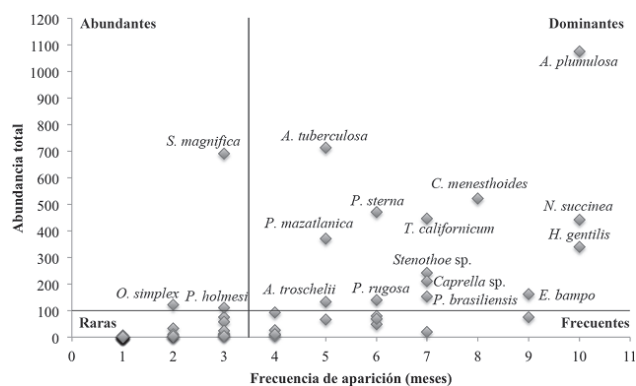


Figura 3. Diagrama de Olmstead Tukey donde se representan las categorías de raras, abundantes, frecuentes y dominantes para la fauna reclutada en playa Guadalupe.

Discusión

Tradicionalmente, la elaboración de inventarios faunísticos se realizan a partir de recolecciones exhaustivas, con el fin de categorizar o describir algún sitio. En el presente estudio el método empleado fue pasivo y el reclutamiento de la fauna se registró mediante la utilización de sustratos artificiales en playa Guadalupe. Esta estrategia permitió documentar una riqueza relativamente alta, 75 especies, ampliar la distribución de 10 especies y registrar por primera ocasión 28 especies para la bahía Concepción. Esfuerzos de reclutamiento en sustratos artificiales se han realizado en otras localidades mexicanas, aunque usualmente el material y métodos utilizados son distintos. Tal es el caso de lo realizado por Winfield et al. (2007, 2010) quienes utilizaron placas de barro y de plástico entre 9 y 13 m de profundidad, cercanos al bentos, durante 1 y 2 meses, y lograron documentar 33 y 26 especies, respectivamente, de crustáceos incrustantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. El reclutamiento de fauna en sustratos artificiales suspendidos está más relacionado con la recolección de semilla con fines de acuicultura, como, por ejemplo, en el caso de Wright (1997) quien registró 68 especies en la región de La Paz.

Por otro lado, hay grandes carencias en la información básica de muchos grupos taxonómicos, tal es el caso de las esponjas. Este grupo no ha sido muy estudiado en la región, pero se determinó la especie *Leucetta losangelensis*, la cual se distribuye abundantemente a lo largo de las costas del sur de California, por todo el golfo de California (Dickinson, 1958; Vázquez-Maldonado, 1994) y hasta cabo Corrientes en Jalisco, México (Brusca, 2005a). En un estudio previo dentro de bahía Concepción, Hinojosa-Arango y Riosmena-Rodríguez (2004) identificaron una esponja a nivel género, reclutada sobre mantos de rodolitos

(*Leucetta*), por lo que el presente estudio confirma la presencia de este género en el área. También, por primera ocasión se registraron 2 especies de planarias: *Hylocelis* cf. *californica* y *Notocomplana saxicola*. Estas especies con distribución californiana fueron citadas por Diosdado-Anaya (2006) para la bahía de La Paz (24°06' y 24°47' N, 110°16' y 110°45' O), aproximadamente, 400 km al sur de bahía Concepción, por lo que el presente estudio brinda el registro más norteño para ambas especies dentro del golfo de California. Asimismo, se registró una especie de "gusano cuchara", *Ochetostoma edax* (Echiura), cuya distribución dentro del golfo de California fue asumida desde cabo Lobos, Sonora hasta el canal de Cerralvo (Brusca, 1980, 2005b; Kerstitch y Bertsch, 2007); sin embargo, no se había documentado puntualmente en bahía Concepción.

Respecto a las 5 especies de poliquetos registradas durante el presente estudio, 3 de ellas (*Lepidonotus hupferi*, *Hesione intertexta* y *Neanthes succinea*) fueron previamente registradas para bahía Concepción por Salazar-Vallejo (1985), mientras que las otras 2 (*Sabellastarte indica* y *Hydroides diramphus*) no fueron mencionadas en el inventario de dicho autor. Estas 2 especies presentan distribuciones en el sur del golfo de California, ambos con registros en La Paz (Bastida-Zavala, 1993), por lo que se amplían su distribución hacia el golfo central, aproximadamente 300 km al norte del anterior registro.

La fauna de crustáceos es posiblemente una de las más estudiadas de la región del golfo de California, sin embargo, resultan pocos los estudios dedicados a bahía Concepción. Posiblemente esa sea la razón del elevado porcentaje de registros nuevos (42%), los que se componen principalmente por anfipodos y camarones carideos. Dentro de los camarones carideos, Ríos (1992) señaló la presencia de 16 especies de alfeidos para bahía Concepción, en donde se incluye *Synalpheus biunguiculatus*, además, *Palaemonella holmesi* y *Periclimenes infrasinis* fueron citadas por Rathbun (1904, en Villalobos et al., 1989). Para los anfipodos, Barnard (1979) citó 15 especies presentes en bahía Concepción, mientras que García-Madrigal (2007) documentó 18 especies, entre las cuales *Ampithoe plumulosa*, *E. brasiliensis* y *Melita sulca* estuvieron presentes. La mayoría de los cangrejos braquiuros identificados durante este estudio fueron anteriormente señalados para la bahía por distintos autores (Rathbun, 1930; Brusca, 1980; Villalobos et al., 1989; Hendrickx, 1995; Wicksten, 1996; Arzola-González et al., 2010); sin embargo, los registros de *Moreiradromia sarraburei* y *Panopeus purpureus* dentro de la bahía son nuevos. Por otro lado, entre las especies de decápodos que se reclutaron en las canastas, aparecieron algunas con importancia comercial (e. g., Sicyonidae y Portunidae), aunque con abundancia relativa muy baja. Otras especies

registradas podrían tener un mercado en el comercio de ornato, como los camarones carideos *Lysmata californica* y *Gnathophyllum panamense* (Piña-Espallargas, 2004; Lango et al., 2012).

El crustáceo con la mayor abundancia numérica en reclutamiento fue el balano *B. trigonus*, el cual fue anteriormente registrado para la bahía por Pilsbry (1916, en Young y Ross, 2000). En condiciones de laboratorio, se ha visto que esta especie sincroniza su desove con afloramientos de diatomeas y los cambios estacionales de temperatura y salinidad (Thiyagarajan et al., 2003). Durante el presente estudio, se registró su máxima abundancia después de una variación en temperatura de 21.9 a 24.4° C y una en salinidad de 34.5 a 35.8 ppm durante el mes de marzo. El comportamiento dominante de balanos durante el reclutamiento en sustrato artificial se ha documentado anteriormente durante un par de estudios en otras localidades mexicanas (Winfield et al., 2007, 2010) y se le atribuye a la alta disponibilidad y dispersión de larvas (Brown y Swearingen, 1998), sus elevados intervalos de tolerancia y sus adaptaciones para el asentamiento en diversos sustratos (Celis-Villalba, 2004).

Los moluscos bivalvos de bahía Concepción son relativamente bien estudiados, ya que gracias a su alto valor comercial ha existido un interés por cultivarlos desde hace mucho tiempo. Durante la década de los noventa, los ciclos reproductivos de *Glycymeris gigantea* (Villalejo-Fuerte et al., 1995), *Megapitaria squalida* (Castro et al., 1992; Villalejo-Fuerte et al., 1996a), *Laevicardium elantum* (Villalejo-Fuerte et al., 1996b), *Arca pacifica* y *Cardita affinis* (Gorrostieta-Hurtado, 1997) fueron descritos dentro de la bahía. Recientemente, los ciclos de *Pinna rugosa* y *Spondylus calcifer* se dieron a conocer por Ceballos-Vázquez et al. (2000) y Villalejo-Fuerte y Muñetón-Gómez (2002), respectivamente. Sin embargo, la mayor cantidad de publicaciones enfocadas a una sola especie provienen de estudios dedicados a aspectos relacionados con la recolección y engorda de la almeja catarina *A. ventricosus*, en bahía Concepción (León et al., 1991; Villalejo-Fuerte y Ochoa, 1993; Martínez y Garate, 1994; Félix-Pico et al., 1997; Santamaría et al., 1999; Baqueiro y Aldana, 2000; Félix-Pico, 2006). En el presente estudio, dicha almeja fue reclutada temporalmente con su máximo pico en diciembre, lo que podría ayudar a definir una estrategia de captura de semillas para fines comerciales. Sin embargo, como menciona Félix-Pico et al. (1989), la utilización de canastas Nestier no es el óptimo para su engorda, ya que los orificios se tapan por organismos epibiontes y, de esta manera, ocasionó la mayor cifra de mortalidad en su estudio. Las 4 especies de gastropodos (*Engina* cf. *maura*, *Mitrella caulerpae*, *Crucibulum* (C.) *monticulus* y *Couthouyella menesthoides*) habían sido

previamente registradas para otras localidades del golfo de California (Keen, 1971), particularmente se amplía la distribución de *M. caulerpae* y *C. menesthoides* desde La Paz hacia el golfo central, aproximadamente 300 km. De manera general, el molusco más abundante del presente estudio fue la almeja papelillo *A. peruviana*, descrita anteriormente como uno de los principales competidores por espacio y alimento de la almeja catarina en bahía Concepción (Bojórquez-Verastica, 1997). Debido a su alta abundancia y capacidad de reclutarse durante todo el año, es considerada dominante y con el mayor potencial de moldear los protocolos de mantenimiento de las jaulas flotantes en playa Guadalupe.

Se identificaron 2 especies de briozoarios (Ectoprocta) de amplia distribución geográfica, de los cuales *Bugula neritina* fue documentada para bahía Concepción anteriormente por Hinojosa-Arango y Riosmena-Rodríguez (2004). La segunda especie *Membranipora membranacea* es considerada originaria del Pacífico noreste desde donde logró expandirse por todo el mundo (Caines y Gagnon, 2012; Heindl et al., 2012); sin embargo, dentro del golfo de California su registro había sido limitado a bahía Las Ánimas (28°49' N, 113°21' O) (Pacheco-Ruiz et al., 2007), por lo que su distribución geográfica se extiende hacia el sur, aproximadamente 220 km.

Dentro del grupo de los equinodermos se registró 1 pepino de mar (*Holothuria (Lessonothuria) pardalis*), 1 erizo de mar (*Eucidaris thouarsii*) y 2 ofiueros (*Ophiactis simplex* y *Ophiotrix spiculata*). El ofiuero *O. spiculata* fue anteriormente citado para bahía Concepción por Hinojosa-Arango y Riosmena-Rodríguez (2004), mientras que *O. simplex* y el erizo se consideran habitantes de todo el golfo (Hendrickx et al., 2005). El pepino de mar, previamente registrado por un solo ejemplar en Punta Marcial (25°33' N, 110°59' O) del golfo de California (Solís-Marín et al., 2009), extiende su distribución, aproximadamente 150 km hacia el norte con su registro en bahía Concepción.

En el caso de los peces, 5 de las 7 especies identificadas durante el presente estudio fueron citadas anteriormente dentro de los amplios inventarios ictiológicos de Rodríguez-Romero et al. (1992; 1994; 1998) para bahía Concepción. La ausencia de las 2 especies adicionales (*Labrisomus xanti* y *Hypsoblennius gentilis*) se podría deber principalmente a la metodología utilizada, ya que estas especies tienen hábitos crípticos (Calderón-Parra, 2004; Zayas-Álvarez, 2005) y son difíciles de capturar por los métodos clásicos empleados por Rodríguez-Romero et al. (1992, 1994, 1998). Esto se confirma, ya que el único registro de estas especies en bahía Concepción es por medio de la identificación de larvas ícticas recolectadas por arrastres de zooplankton por Peguero-Icaza y Sánchez-Velasco (2004).

A pesar de que el 38% de las especies identificadas en el presente estudio son nuevos registros para la bahía, el 64% de éstas presentan rangos de distribución que incluyen bahía Concepción, por lo que fueron especies con alta probabilidad de aparición. Otras 10 especies ampliaron su rango de distribución hacia el interior del golfo, principalmente de bahía de La Paz a bahía Concepción. Las pocas excepciones fueron el pycnogónido *Tanystylum californicum* y el anfípodo *Monocorophium insidiosum* que anteriormente sólo habían sido registrados para las costas sureñas de California (Hendrickx, 2012) y el briozoo *M. membranacea* que fue citado para bahía Las Ánimas a 220 km al norte de bahía Concepción (Pacheco-Ruiz et al., 2007).

Se concluye que la colocación de jaulas flotantes en playa Guadalupe proporciona sustrato disponible para el asentamiento de gran variedad de especies, por lo que se le puede considerar similar a un arrecife artificial no planeado, como lo mencionado por Moura et al. (2004). Debido a que el sustrato natural de playa Guadalupe es arena-arcillosa, una gran parte de las especies citadas durante el presente estudio no pudieran existir en el sitio sin la estructuras de cultivo, por lo tanto, la fauna reclutada en los módulos pudo llegar vía dispersión larvaria en la columna de agua. Esta hipótesis explicaría la colonización de nuevos sitios lejanos de su punto de origen (Osman, 1978; Steinberg et al., 2002; Levin, 2006; Qian et al., 2007; Sahu et al., 2013), tal fue el caso de las especies que se consideran exóticas o invasoras en México (*M. insidiosum*, *Erichthonius brailiensis*, *Podocerus brasiliensis*, *H. diramphus* y *B. neritina*) (Okolodkov et al., 2007; Pérez-Schultheiss, 2009; Winfield et al., 2011; Hendrickx, 2012; Villalobos-Guerrero et al., 2012).

Agradecimientos

Agradecemos a Martín Camacho por su apoyo en el trabajo de campo, al personal del Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz por facilitarnos sus instalaciones en playa Guadalupe, así como a la Universidad Autónoma de Baja California Sur por las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente proyecto.

Literatura citada

- Arreola-Hernández, J. F. 1997. Aspectos reproductivos de *Dosinia ponderosa*, Gray 1838 (Bivalvia: Veneridae) en Punta Arenas, bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz. 85 p.
- Arzola-González, J. F., L. M. Flores-Campaña y A. Vázquez-Cervantes. 2010. Crustáceos decápodos intermareales de las islas de la costa de Sinaloa, México. Universidad y Ciencia

- 26:179-19.
- Balakrishnan, N., K. Dharmaraj, P. K. Abdul, M. Arunachalam y K. Krishna. 1984. Ecology of biofouling on *Crassostrea madrasensis* (Preston) (Mollusca: Bivalvia) in a tropical backwater. *Proceedings of the Indian Academy of Science* 93:419-430.
- Baqueiro, C. E., J. A. Massó y A. Vélez. 1983. Crecimiento y reproducción de una población de caracol chino *Hexaplex erythrostomus* (Swainson, 1831), de bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencia Pesquera* 4:19-31.
- Baqueiro, C. E. y D. Aldana. 2000. A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from Mexico. *Bulletin of Marine Science* 66:13-27.
- Barnard, F. L. 1979. Littoral gammaridean Amphipoda from the gulf of California and the Galapagos Islands. *Smithsonian Contributions to Zoology* 271:1-160.
- Bastida-Zavala, J. R. 1993. Taxonomía y composición biogeográfica de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista de Investigación Científica* 4:11-39.
- Bergqvist, J. y S. Gunnarsson. 2013. Finfish aquaculture: animal welfare, the environment, and ethical implications. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 26:75-99.
- Boaventura, D., A. Moura, F. Leitao, S. Calvalho, J. Cúrdia, P. Pereira, L. Cancela da Fonseca, M. Neves y C. Costa. 2006. Macrobenthic colonization of artificial reefs 51 on the southern coast of Portugal (Ancao, Algarve). *Hydrobiologia* 555:335-343.
- Bojórquez-Verastica, G. 1997. Reclutamiento, crecimiento y supervivencia de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842), en bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis, Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. 81 p.
- Bram, J. B., H. M. Page y J. E. Dugan. 2005. Spatial and temporal variability in early successional patterns of an invertebrate assemblage at an offshore oil platform. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 317:223-237.
- Brown, K. M. y D. C. Swearingen. 1998. Effects of seasonality, length of immersion, locality and predation on an intertidal fouling assemblage in the Northern gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 225:107-121.
- Brusca, R. C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona Press, Tucson. 513 p.
- Brusca, R. C. 2005a. Porifera. In *A distributional checklist of the macrofauna of the gulf of California, Mexico, Part I: Invertebrates*, M. E. Hendrickx, R. C. Brusca y L. T. Findley (eds.). Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson. p. 23-35.
- Brusca, R. C. 2005b. Echiura. In *A distributional checklist of the macrofauna of the gulf of California, Mexico, Part I: Invertebrates*, M. E. Hendrickx, R. C. Brusca y L. T. Findley (eds.). Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson. p. 50-52.
- Caines, S. y P. Gagnon. 2012. Population dynamics of the invasive bryozoan *Membranipora membranacea* along a 450-km latitudinal range in the subarctic northwestern Atlantic. *Marine Biology* 159:1817-1832.
- Calderón-Parra, P. M. 2004. Ictiofauna asociada a dispositivos agregadores de peces dentro de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis, Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. 78 p.
- Cao, S., J. D. Wang, H. S. Chen y D. R. Chen. 2011. Progress of marine biofouling and antifouling technologies. *Chinese Science Bulletin* 56:598-612.
- Castro, J. L., A. Trippy y B. Anguas. 1992. Crecimiento de la almeja chocolate *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Investigaciones Marinas* 7:1-7.
- Castro-Hernández, J. J., J. J. Hernández-López, Y. Pérez-González, A. T. Santana-Ortega, D. Castro-Arbelo, A. Betancor-Alvarado y M. A. Hernández. 2007. Seguimiento científico de los sistemas de arrecifes artificiales ubicados en el litoral de las islas de Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y La Palma. Consejería de agricultura, ganadería, pesca y alimentación, Departamento de Biología, Universidad de las Palmas de Gran Canarias. Las Palmas, Gran Canaria. 16 p.
- Ceballos-Vázquez, B. P., M. Arellano-Martínez, F. Y. García-Domínguez y M. Villalejo-Fuerte. 2000. Reproductive cycle of the rugose pen shell, *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) (Mollusca: Bivalvia) from bahía Concepción, gulf of California and its relation to temperature and photoperiod. *Journal of Shellfish Research* 19:95-99.
- Celis-Villalba, A. 2004. Taxonomía y patrones de distribución de los cirripedios (Crustacea: Cirripedia: Thoracica) sublitorales de la parte sur del golfo de México. Tesis, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 151 p.
- Cho, J. Y. 2013. Antifouling chromanols isolated from brown alga *Sargassum horneri*. *Journal of Applied Phycology* 25:299-309.
- Cottee, S. Y. y P. Petersan. 2009. Animal welfare and organic aquaculture in open systems. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 22:437-461.
- Crossman, J. S. y J. Cairns Jr. 1974. A comparative study between two different artificial substrate samplers and regular sampling techniques. *Hydrobiologia* 44:517-522.
- David, C. P. C., Y. Y. Sta. María, F. P. Siringan, J. M. Reotita, P. B. Zamora, C. L. Villanoy, E. Z. Sombrito y R. V. Azanza. 2009. Coastal pollution due to increasing nutrient flux in aquaculture sites. *Environmental Geology* 58:447-454.
- Dickinson, M. G. 1958. Sponges of the Gulf of California. Allan Hancock Foundation Publications, Allan Hancock Pacific Expeditions 11:1-252.
- Diosdado-Anaya, J. A. 2006. Revisión taxonómica de policládidos (Platyhelminthes: Turbellaria) de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. 97 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Roma, Italia. 251 p.
- Félix-Pico, E. F., A. Tripp-Quezada y B. Singh-Cabanillas. 1989. Antecedentes en el cultivo de *Argopecten circularis* (Sowerby), en Baja California Sur, México. Investigaciones Marinas 4:73-92.
- Félix-Pico, E. F., A. Tripp-Quezada, J. L. Castro-Ortiz, G. Serrano-Casillas, P. G. González- Ramírez, M. Villalejo-Fuerte, R. Palomares-García, F. A. García-Domínguez, M. Mazón-Suástegui, G. Bojórquez-Verástica y G. López-García. 1997. Repopulation and culture of the Pacific calico scallops in bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. Aquaculture International 5:551-563.
- Félix-Pico, E. F. 2006. Mexico. In Scallops: biology, ecology and aquaculture, S. E. Shumway y J. Parsons (eds.). Elsevier Science, Amsterdam. p. 1337-1367
- García-Madrigal, M. S. 2007. Annotated checklist of the amphipods (Peracarida: Amphipoda) from the tropical eastern Pacific. Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans 4:63-195.
- Gorrostieta-Hurtado, E. 1997. Ciclo gonádico de *Arca pacifica* (Sowerby, 1833) y de *Cardita affinis* Sowerby, 1833 (Mollusca: Bivalvia) en Punta Arenas, bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz. 85 p.
- Heindl, H., V. Thiel, J. Wiese y J. F. Imhoff. 2012. Bacterial isolates from the bryozoan *Membranipora membranacea*: influence of culture media on isolation and antimicrobial activity. International microbiology 15:17-32.
- Hendrickx, M. E. 1995. Checklist of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from the eastern tropical Pacific. Bulletin de l'Institut des Sciences naturelles de Belgique, Biologie 65:125-150.
- Hendrickx, M. E., R. C. Brusca y L. T. Findley. 2005. A distributional checklist of the macrofauna of the gulf of California, Mexico. Part I. Invertebrates. Arizona-Sonora Desert Museum and Conservation International. Tucson. 429 p.
- Hendrickx, M. E. 2012. Crustacea. In Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano, A. M. Low-Pfeng y E. M. Peters-Recagno (eds.). Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. p. 9-24.
- Hinojosa-Arango, G. y R. Riosmena-Rodríguez. 2004. Influence of rhodolith-forming species and growth-forming on associated fauna of rhodolith beds in the central-west gulf of California, Mexico. Marine Ecology 25:109-127.
- Huang, J. R., W. T. Lin, R. Huang, C. Y. Lin y J. K. Wu. 2010. Marine biofouling inhibition by polyurethane conductive coatings used for fishing net. Journal of Coatings Technology and Research 7:111-117.
- Inclán, R. 1986. Análisis de la comunidad incrustante en las balsas para el cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg) en bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis, Departamento de Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada. Ensenada. 107 p.
- Keen, A. M. 1971. Sea shells of tropical west America: marine mollusk from Baja California to Peru. Stanford University Press, Stanford, California. 1064 p.
- Kerstitch, A. y H. Bertsch. 2007. Sea of Cortez Marine Invertebrates: a guide for the Pacific Coast, Mexico to Peru. Sea Challengers, Monterey, California. 124 p.
- Khalaman, V. V. 2001. Succession of fouling communities on an artificial substrate of a mussel culture in the White Sea. Russian Journal of Marine Biology 27:345-352.
- Kravtsova, L. S., I. V. Weinberg, I. V. Khanaev, D. Y. Sherbakov, S. V. Semovsky, F. V. Adov, N. A. Rozhkova, G. V. Pomazkina, N. G. Shevelyova y I. A. Kaygorodova. 2006. The formation of a fouling community on artificial substrate in Lake Baikal. Hydrobiologia 568:51-55.
- Lam, N. W. Y., R. Huang y B. K. K. Chan. 2009. Variations in intertidal assemblages and zonation patterns between vertical artificial seawalls and natural rocky shores: a case study from Victoria Harbor, Hong Kong. Zoological Studies 48:184-195.
- Lango, F., M. Castañeda-Chávez, J. E. Zamora-Castro, G. Hernández-Zárate, M. A. Ramírez-Barragán y E. Solís-Morán. 2012. La acuafilia de especies ornamentales marinas: un mercado de retos y oportunidades. Latin American Journal of Aquatic Research 40:12-21.
- LeBlanc, A., T. Landry y G. Miron. 2002. Fouling organisms in a mussel cultivation bay: their effect on nutrient uptake and release. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2431:1-16.
- Lee, H. J., D. G. Han, S. H. Lee, J. W. Yoo, S. H. Baek y E. K. Lee. 1998. On-line monitoring and quantitative analysis of biofouling in low-velocity cooling water system. Korean Journal of Chemical Engineering 15:71-77.
- León, C. G., M. A. Reinecker y N. Cesenae. 1991. Abundancia y estructura poblacional de los bancos de almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) durante abril de 1988, en bahía Concepción, Baja California Sur, México. Ciencia Pesquera 8:35-40.
- Levin, L. A. 2006. Recent progress in understanding larval dispersal: new directions and digressions. Integrative and Comparative Biology 46:282-297.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton. 179 p.
- Mandal, S. y S. N. Harkantra. 2013. Changes in the soft-bottom macrobenthic diversity and community structure from the ports of Mumbai, India. Environmental Monitoring Assessment 185:653-672.
- Mannino, A. M. y G. Sara. 2008. Effects of fish-farm biodeposition on periphyton assemblages on artificial substrate in the southern Tyrrhenian Sea (Gulf of Castellammare, Sicily). Aquatic Ecology 42:575-581.
- Marchini, A., R. Sconfiatti y T. Krapp-Schickel. 2007. Role of the artificial structures on biodiversity: the case of arthropod fauna in the North Adriatic lagoons. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica 83:27-31.
- Martínez, A. y I. Garate. 1994. Cantidad y calidad de la materia

- orgánica particulada en bahía Concepción, en la temporada de reproducción de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835). *Ciencias Marinas* 20:301-320.
- Mazouni, N., J. C. Gaertner y J. M. Deslous-Paoli. 2001. Composition of biofouling communities on suspended oyster cultures: an *in situ* study of their interactions with the water column. *Marine Ecology Progress Series* 214:93-102.
- Medina-Rosas, P., J. D. Carriquiry y A. L. Cupul-Magaña. 2005. Reclutamiento de *Porites* (Scleractinia) sobre sustrato artificial en arrecifes afectados por El Niño 1997-98 en bahía de Banderas, Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas* 31:103-109.
- Mercado-Ortiz, R. 2009. Determinación de un sitio para el cultivo del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) en jaulas flotantes en bahía Concepción Baja California Sur, México. Tesis, Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. 132 p.
- Monteforte, M. 2003. Aprovechamiento racional de las ostras perleras (*Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*) en bahía de La Paz, Baja California Sur, México: cultivo, repoblamiento y pericultura. Informe final del proyecto Q008, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. La Paz. 156 p.
- Moura, A., D. Boaventura, J. Cúrdia, S. Carvalho, P. Pereira, L. Cancela da Fonseca, F. M. Leitao, M. N. Santos y C. C. Monteiro. 2004. Benthic succession on an artificial reef in the south of Portugal-Preliminary results. *Revista de Biología (Lisboa)* 22:169-181.
- Nagabhushanam, R. y M. F. Thompson. 1998. Fouling organisms of the Indian ocean: biofouling and control technology. *Aquatic Ecology* 32:367-373.
- Núñez, P., C. Lodeiros, V. Acosta y I. Castillo. 2006. Captación de semilla de moluscos bivalvos en diferentes sustratos artificiales en la Ensenada de Turpialito, golfo de Cariaco, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 24:483-496.
- Okolodkov, Y. B., R. Bastida-Zavala, A. L. Ibáñez, J. W. Chapman, E. Suárez-Morales, F. Pedroche y F. J. Gutiérrez-Mendieta. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar* 32:29-67.
- Osman, R. W. 1978. The influence of seasonality and stability on the species equilibrium. *Ecology* 59:383-399.
- Pacheco-Ruiz, I., J. A. Zertuche-González, J. Espinoza-Ávalos, R. Riosmena-Rodríguez, L. Galindo-Bect, A. Gálvez-Télles, A. E. Meling-López y J. Orduña-Rojas. 2007. Macroalgas. In *Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad*, línea base, G. D. Danemann y E. Ezcurra (eds.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. p. 181-200.
- Page, H. M., J. E. Dugan, C. S. Culver y J. C. Hoesterey. 2006. Exotic invertebrate species on offshore oil platforms. *Marine Ecology Progress Series* 325:101-107.
- Peguero-Icaza, M. y L. Sánchez-Velasco. 2004. Spatial distribution of fish larvae in a bay of the gulf of California (June and November 1997). *Pacific Science* 58:567-578.
- Pérez-Schultheiss, J. 2009. Nuevos registros de anfipodos corofideos (Crustacea: Amphipoda: Corophiidea) en el sur de Chile, con comentarios acerca de la invasión de especies exóticas marinas. *Boletín de Biodiversidad de Chile* 1:24-30.
- Perkol-Finkel, S. e Y. Benayahu. 2005. Recruitment of benthic organisms onto a planned artificial reef: shifts in community structure one decade post-deployment. *Marine Environmental Research* 59:79-99.
- Perkol-Finkel, S., N. Shashar e Y. Benayahu. 2006. Can artificial reefs mimic natural reef communities? The roles of structural features and age. *Marine Environmental Research* 61:121-135.
- Piña-Espallargas, R. 2004. La pesquería de especies marinas con fines de ornato en México: el parque marino de Loreto, Baja California Sur, México, como estudio de caso. Tesis, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz. 103 p.
- Piscart, C., J. C. Moreteau y J. N. Beisel. 2006. Monitoring changes in freshwater macroinvertebrate communities along a salinity gradient using artificial substrates. *Environmental Monitoring and Assessment* 116:529-542.
- Pit, J. H. y P. C. Southgate. 2003. Fouling and predation; how do they affect growth and survival of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, during nursery culture? *Aquaculture International* 11:545-555.
- Qian, P. Y., S. C. K. Lau, H. U. Dahms, S. Dobretsov y T. Harder. 2007. Marine biofilms as mediators of colonization by marine macroorganisms: implications for antifouling and aquaculture. *Marine Biotechnology* 9:399-410.
- Rajagopal, S., K. V. K. Nair, G. Van Der Velde y H. A. Jenner. 1997. Seasonal settlement and succession of fouling communities in Kalpakkam, east coast of India. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 30:309-325.
- Ramírez-Guillén, P. A. 1983. Sistemática, ecología y biogeografía de los crustáceos decápodos anomuros de bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. 133 p.
- Ramos, A. y J. Mas. 1995. La protección de los espacios marinos en España: análisis y propuesta de actuación. In *Aulas del mar: aula de pesquerías*, S. Zamora, B. García, L. Bermudez y C. Bas (eds.). Universidad de Murcia. Murcia, España. p. 173-182.
- Rathbun, M. J. 1930. The Cancroid crabs of America of the families Euryalidae, Portunidae, Atelecyclidae, Cancridae and Xanthidae. *Smithsonian Institution Bulletin* 152:1-609.
- Ríos, R. 1992. Camarones carideos del golfo de California VI. Alpheidae del estuario de Mulegé y de bahía Concepción, Baja California Sur, México (Crustacea: Caridea). *Proceedings of the San Diego Society of Natural History* 14:1-13.
- Rodríguez-Romero, J., L. A. Abitia-Cárdenas, J. de la Cruz-Agüero y F. Galván-Magaña. 1992. Lista sistemática de los peces marinos de bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 18:85-95.
- Rodríguez-Romero, J., L. A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña y H. Chávez-Ramos. 1994. Composición, Abundancia y Riqueza específica de la ictiofauna de bahía Concepción,

- Baja California Sur, México. Ciencias Marinas 20:321-350.
- Rodríguez-Romero, J., L. A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña, F. J. Gutiérrez-Sánchez, B. Aguilar-Palomino y J. Arvizu-Martínez. 1997. Ecology of fish communities from the soft bottoms of bahía Concepción, Mexico. *Archive of Fishery and Marine Research* 46:61-76.
- Rosenhahn, A., T. Ederth y M. E. Pettitt. 2008. Advanced nanostructures for the control of biofouling: the FP6 EU integrated project AMBIO. *Biointerphases* 3:1-5.
- Rosenhahn, A. y G. H. Sendra. 2012. Surface sensing and settlement strategies of marine biofouling organisms. *Biointerphases* 7:50-63.
- Rule, M. J. y S. D. A. Smith. 2005. Spatial variation in the recruitment of benthic assemblages to artificial substrata. *Marine Ecology Progress Series* 290:67-78.
- Rule, M. J. y S. D. A. Smith. 2007. Depth-associated patterns in the development of benthic assemblages on artificial substrata deployed on shallow, subtropical reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 345:38-51.
- Sahu, G., K. K. Satpathy y A. K. Mohanty. 2013. Larval abundance and its relation to macrofouling settlement pattern in the coastal waters of Kalpakkam, southeastern part of India. *Environmental Monitoring and Assessment* 185:1951-1967.
- Salazar-Vallejo, S. I. 1985. Contribución al conocimiento de poliquetos (Annelida: Polychaeta) de bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis, Departamento de Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada. 311 p.
- Santamaría, N. A., E. F. Félix-Pico, J. L. Sánchez-Lizaso, J. R. Palomares-García y M. Mazón-Suástegui. 1999. Temporal coincidence of the annual eelgrass *Zostera marina* and juvenile scallops *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842) in bahía Concepción, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 18:415-418.
- Sliskovic, M., G. Jelic-Mrcelic, B. Antolic e I. Anicic. 2011. The fouling of fish farm cage nets as bioindicator of aquaculture pollution in the Adriatic Sea (Croatia). *Environmental Monitoring Assessment* 173:519-532.
- Smith, S. D. A. y M. J. Rule. 2002. Artificial substrata in a shallow sublittoral habitat: do they adequately represent natural habitats or the local species pool? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 277:25-41.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1981. *Biometry: the principles and practices of statistics in biological research*. Freeman and Company. New York, New York. 859 p.
- Solis-Marín, F. A., J. A. Arriaga-Ochoa, A. Laguarda-Figueras, S. C. Frontana-Urbe y A. Durán-González. 2009. Holoturoideos (Equinodermata: Holothuroidea) del golfo de California. *Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad*. México, D. F. 177 p.
- Steinberg, P. D., R. De Nys y S. Kjelleberg. 2002. Chemical cues for surface colonization. *Journal of Chemical Ecology* 28:1935-1951.
- Thiyagarajan, V., T. Harder y P. Y. Qian. 2003. Combined effect of temperature and salinity on larval development and attachment of the subtidal barnacle *Balanus trigonus* Darwin. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 287:223-236.
- Vázquez-Maldonado, L. E. 1994. Estudio taxonómico y distribución de las esponjas del Pacífico mexicano de los estados de Nayarit, Michoacán y Guerrero, México. Tesis, Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. 172 p.
- Villalejo-Fuerte, M. y R. I. Ochoa. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con la temperatura y fotoperiodo, en bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 19:181-202.
- Villalejo-Fuerte, M., F. Y. García-Domínguez y R. I. Ochoa-Báez. 1995. Reproductive cycle of *Glycymeris gigantea* (Reeve, 1843) (Bivalvia: Glycymerididae) in bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. *The Veliger* 38:126-132.
- Villalejo-Fuerte, M., G. García-Melgar, R. Ochoa-Báez y A. García-Gasca. 1996a. Ciclo reproductivo de *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Boletín Científico de Santa Fe de Bogotá* 4:29-39.
- Villalejo-Fuerte, M., B. P. Ceballos-Vázquez y F. García-Domínguez. 1996b. Reproductive cycle of *Laevicardium elatum* (Sowerby, 1883) (Bivalvia: Cardiidae) in bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 15:741-745.
- Villalejo-Fuerte, M. y M. S. Muñetón-Gómez. 2002. Tópicos sobre la biología de la almeja burra *Spondylus calcifer* (Carpenter, 1857). *Hidrobiológica* 12:79-87.
- Villalobos, J. L., J. C. Nates, A. C. Díaz, M. D. Valle, P. Flores, E. Lira y P. Schmidtsdorf. 1989. Listados faunísticos de México: I. Crustáceos estomatópodos y decápodos intermareales de las islas del golfo de California, México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 114 p.
- Villalobos-Guerrero, T. F., B. Yáñez-Rivera y M. A. Tovar-Hernández. 2012. Polychaeta. In *Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano*, A. M. Low-Pfeng y E. M. Peters-Recagno (eds.). Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. p. 45-66.
- Vita, R., A. Marín, J. A. Madrid, B. Jiménez-Brinquis, A. César y L. Marín-Guirao. 2002. Impacto ambiental de la acuicultura en el bentos marino: experimentos de exclusión-inclusión. *Boletín Instituto Español de Oceanografía* 18:75-86.
- Wicksten, M. K. 1996. Decapod crustaceans and pycnogonids of Rocas Alijos. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 285-293 p.
- Winfield, I., L. G. Abarca-Arenas y S. Cházaro-Olivera. 2007. Crustacean macrofoulers in the Veracruz coral reef system, SW Gulf of Mexico: checklist, spatial distribution and diversity. *Cahiers de Biologie Marine* 48:287-295.
- Winfield, I., S. Cházaro-Olivera, G. Horta-Puga, M. A. Lozano-Aburto y V. Arenas-Fuentes. 2010. Macrocrustáceos

- incrustantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversidad, abundancia y distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:165-175.
- Winfield, I., S. Cházaro-Olvera, M. Ortiz y U. Palomo-Aguayo. 2011. Lista actualizada de las especies de anfípodos (Peracarida: Gammaridea y Corophiidea) marinos invasores en México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46:349-361.
- Woods, C. M. C., O. Floerl y B. J. Hayden. 2012. Biofouling on Greenshell™ mussel (*Perna canaliculus*) farms: a preliminary assessment and potential implications for sustainable aquaculture practices. *Aquaculture International* 20:537-557.
- Wright, H. 1997. Ecología de la captación de la semilla de madreperla *Pinctada mazatlanica* y concha nácar *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae), en la isla Gaviota, bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. 138 p.
- Young, P. S. y A. Ross. 2000. Cirripedia. In Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento, Volumen II, J. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. p. 213-238.
- Zayas-Álvarez, J. A. 2005. Análisis temporal de la estructura comunitaria de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial en Punta Diablo, bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. 87 p.

Apéndice 1. Abundancia por temporadas de la fauna registrada en sustratos artificiales suspendidos en playa Guadalupe, bahía Concepción, Baja California Sur, México.

Especie	Abundancia por temporada	
	fría	cálida
Porifera		
<i>Leucetta losangelensis</i> (de Laubenfels, 1930)	0	1
Platyhelminthes		
<i>Hylocelis</i> cf. <i>californica</i> (Heath y McGregor, 1912)	0	1
<i>Notocomplana saxicola</i> (Heath y McGregor, 1912)	0	2
Echiura		
<i>Ochetostoma edax</i> Fisher, 1946	0	3
Annelida		
<i>Lepidonotus hupferi</i> Augener, 1918	27	21
<i>Hesione intertexta</i> Grube, 1878	0	33
<i>Neanthes succinea</i> (Frey y Leuckart, 1847)	409	34
<i>Sabellastarte indica</i> (Savigny, 1818)	0	692
<i>Hydroides diramphus</i> Mörch, 1863	1	66
Arthropoda		
<i>Tanystylum californicum</i> Hilton, 1939	15	432
<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854	15 807	2 831
<i>Lepas</i> sp.	10	0
<i>Sicyonia disparri</i> (Burkenroad, 1934)	1	2
<i>Hippolyte williamsi</i> Schmitt, 1924	4	90
<i>Hippolyte californiensis</i> Holmes, 1895	0	2
<i>Lysmata californica</i> Stimpson, 1866	0	4
<i>Thor algicola</i> Wicksten, 1987	0	6
<i>Alpheus leviusculus</i> Dana, 1852	0	1
<i>Synalpheus biunguiculatus</i> (Stimpson, 1860)	0	1
<i>Gnathophyllum panamense</i> Faxon, 1893	0	1
<i>Palaemon ritteri</i> Holmes, 1895	0	3
<i>Palaemonella holmesi</i> (Nobili, 1907)	2	109
<i>Periclimenes infraspinis</i> (Rathbun, 1902)	0	10
<i>Cronius ruber</i> (Lamarck, 1818)	2	0
<i>Callinectes bellicosus</i> (Stimpson, 1859)	0	8
<i>Portunus (Portunus) xantusii</i> (Stimpson, 1860)	7	13
<i>Podochela latimanus</i> (Rathbun, 1983)	0	75

<i>Stenorhynchus debilis</i> (Smith, 1871)	1	2
<i>Epialtus minimus</i> Lockington, 1877	0	1
<i>Herbstia</i> sp.	1	10
<i>Panopeus purpuratus</i> Lockington, 1877	0	1
<i>Cataleptodius occidentalis</i> (Stimpson, 1871)	14	62
<i>Pilumnus townsendi</i> Rathbun, 1923	0	26
<i>Moreiradromia sarraburei</i> (Rathbun, 1910)	7	0
<i>Petrolisthes</i> sp.	0	1
<i>Ampithoe plumulosa</i> Shoemaker, 1938	250	825
<i>Laticorophium baconi</i> (Shoemaker, 1934)	12	1
<i>Monocorophium insidiosum</i> (Crawford, 1937)	11	69
<i>Erichthonius brasiliensis</i> (Dana, 1853)	1 755	1 269
<i>Elasmopus bampo</i> Barnard, 1979	6	155
<i>Melita sulca</i> (Stout, 1913)	3	0
<i>Podocerus brasiliensis</i> (Dana, 1853)	50	104
<i>Stenothoe</i> sp.	10	231
<i>Caprella mendax</i> Mayer, 1903	58	0
<i>Caprella</i> sp.	147	64
<i>Leptochelia</i> sp.	0	1
<i>Paracerceis</i> sp.	1	0
Mollusca		
<i>Chione (Chionopsis) gnidia</i> (Broderip y Sowerby, 1829)	0	1
<i>Anomia peruviana</i> D'Orbigny, 1846	34 772	186 299
<i>Argopecten ventricosus</i> (Sowerby II, 1842)	8 441	1 602
<i>Spondylus limbatus</i> (Sowerby II, 1847)	0	4
<i>Arca pacifica</i> Sowerby, 1833	0	4
<i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby I, 1833)	1	712
<i>Glycymeris gigantea</i> (Reeve, 1843)	44	24
<i>Pteria sterna</i> Gould, 1851	461	9
<i>Pinctada mazatlanica</i> (Hanley, 1856)	2	370
<i>Pinna rugosa</i> Sowerby, 1835	6	133
<i>Engina cf. maura</i> (Sowerby, 1832)	0	9
<i>Mitrella caulerpae</i> Keen, 1971	0	7
<i>Crucibulum (Crucibulum) monticulus</i> Berry, 1969	0	1
<i>Couthouyella menesthoides</i> (Carpenter, 1864)	67	455
Ectoprocta	11 2	0 0
<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1756)		
<i>Membranipora membranacea</i> (Linnaeus, 1767)		
Echinodermata		
<i>Eucidaris thouarsii</i> (Valenciennes, 1842)	2	1
<i>Holothuria (Lessonothuria) pardalis</i> Selenka, 1867	0	23
<i>Ophiactis simplex</i> (Le Conte, 1851)	0	122
<i>Ophiothrix spiculata</i> Le Conte, 1851	0	5
Chordata		
<i>Abudefduf troschelli</i> (Gill, 1862)	0	133
<i>Hypsoblennius gentilis</i> (Gerard, 1854)	246	94
<i>Labrisomus xanti</i> Gill, 1860	1	2
<i>Caranx caballus</i> Günther, 1868	3	0
<i>Gnathonodon speciosus</i> (Forsskal, 1775)	0	1
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)	0	1
<i>Balistes polylepis</i> Steindachner, 1876	0	1