



UNIVERSIDAD DEL MAR

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Variación espacio-temporal de la comunidad de invertebrados
incrustantes de la marina Chahué, Oaxaca y su relación con las variables
ambientales

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS: ECOLOGÍA MARINA

PRESENTA

Biól. Axl Ramos Morales

DIRECTOR

Dr. José Rolando Bastida Zavala

CO-DIRECTORA

Dra. María del Socorro García Madrigal

Puerto Ángel, Oaxaca, México

Febrero, 2022



UNIVERSIDAD DEL MAR

Puerto Escondido ~ Puerto Angel ~ Huatulco

O A X A C A

Puerto Ángel, Oaxaca, febrero de 2022

Dr. Miguel Ángel Ahumada Sempoal

Jefe de la División de Estudios de Posgrado

Universidad del Mar

P R E S E N T E

Después de haber analizado y evaluado la tesis titulada: “**Variación espacio-temporal de la comunidad de invertebrados incrustantes de la marina Chahué, Oaxaca y su relación con las variables ambientales**” del Programa de Estudios de Posgrado Maestría en Ciencias: Ecología Marina que presenta la Biol. Axl Ramos Morales, le comunicamos que SÍ cumple con los requisitos académicos para ser defendida públicamente en el examen de grado.

A T E N T A M E N T E

Dr. José Rolando Bastida Zavala

Director

Dra. María del Socorro García
Madrigal

Co-Directora

Dr. Francisco Benítez Villalobos

Revisor

M. en C. Luz María Hernández
Ballesteros

Revisora

M. en C. Gerardo Esteban Leyte
Morales

Revisor



Dedicatorias

A mi familia, que sin ellos nada tendría sentido. Por apoyarme en cada paso a lo largo de toda mi vida: Mi corazón siempre está con ustedes.

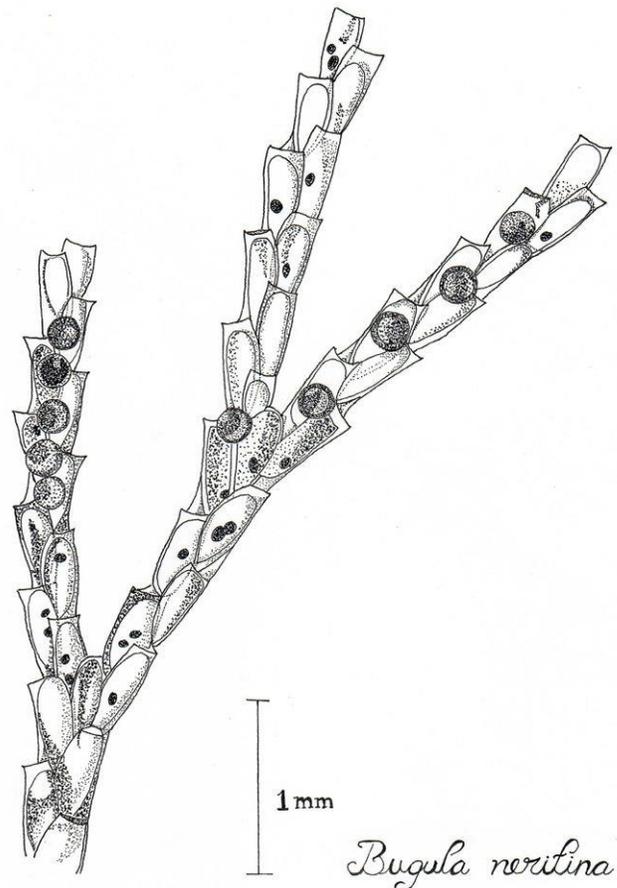
A mi mamá Sandra, mi papá Oscar, mi hermanito Drako, las moscas (Maylo y Marvin), Osita, Lola, Scott, Yuki, y a todos los que ya no están

A Julio Daniel por estar conmigo en los momentos cruciales. Por motivarme cada día a hacer lo imposible

A todos los invertebrados incrustantes que dieron su vida para que este proyecto fuera posible

“Any hard substratum immersed anywhere in the ocean will inevitably become colonized...if it is no continuously disturbed or well defended”

Wahl 1997



[Handwritten signature]



Agradecimientos

Nunca será sencillo resumir los agradecimientos necesarios a todos aquellos que hicieron posible este trabajo, ya que incluso las palabras más simples son necesarias para continuar; sin embargo, es imposible que todos sean nombrados en este breve espacio. Deseo, por lo tanto, que anónimos y conocidos reciban mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, quiero agradecer a mis directores de tesis y revisores, sin los cuales este trabajo no habría sido posible.

Al Dr. Rolando Bastida-Zavala, por confiar en mí, y abrirme las puertas del LABSIM. Por el apoyo en todos los rubros durante estos años y por inspirarme a continuar en el estudio de los invertebrados. Gracias, que sin usted quizás no habría seguido en este camino.

A la Dra. María del Socorro García-Madrigal, por siempre a motivarme a dar más en cada aspecto de este trabajo; a fomentar mi punto de vista crítico y a siempre estar dispuesta a escuchar nuestras dudas y penas, por muy simples y variadas que fueran.

Al Dr. Francisco Benítez-Villalobos, por las revisiones y comentarios para la realización y mejora de este trabajo. Por ser parte fundamental de mi formación como ecóloga marina.

A la M. en C. Luz María Hernández Ballesteros las sugerencias para la mejora de este documento; sus comentarios ayudaron mucho a tener más claridad en las ideas presentadas.

Al M. en C. Gerardo Esteban Leyte Morales por revisar y enriquecer este documento, lo cual ayudó enormemente a presentar un mejor trabajo.

A la Dra. Betzabé Moreno-Dávila, por su curso de identificación de ascidias, por la paciencia que tuvo para explicarnos con claridad y amor, el complejo mundo de las ascidias.

Al Dr. Pedro Cervantes-Hernández, por ayudarme a resolver mis problemas estadísticos, dejar que asistiera a su clase de redes neuronales y proporcionarme el mapa detallado de la marina Chahué. A mis compañeros de redes (Lore, Juan Pablo y Cotsi) por sus consejos y ayuda.



A todos los profesores investigadores que fueron parte de mi formación académica; cada asignatura fue un nuevo descubrimiento y un gran reto; gracias por ser parte de mi formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyt) por otorgarme la beca de manutención para realizar mis estudios de maestría.

A la beca LABSIM que fue gran ayuda durante los tiempos difíciles.

Por las facilidades para realizar este trabajo dentro de la marina Chahué, agradecimiento especial al Lic. Arturo Morales Pérez, al Gerente de Operación API-Huatulco Ing. Mario Harrigan Garfias, Lic. Daniel Ortega Flores y Lic. Ezequiel Gutiérrez Aréchiga.

A Greg Ruiz y al Smithsonian Environmental Research Center (SERC) por donar las placas de PVC para la realización de este experimento.

A mi familia, el pilar de mi vida: A mi mami por construir con su ejemplo todo lo que soy ahora; por ser mi heroína desde que tengo memoria, por inspirarme y motivarme a estudiar biología; por enseñarme a apreciar hasta el más pequeño *bicho*, por fomentar nuestra curiosidad, por ser mi amiga en cada momento, estar a mi lado en cada tropiezo y enseñarme a ser perseverante. Por ser la persona más importante en mi vida y la razón de mi felicidad. Gracias por ser la mejor mamá del mundo♥.

A mi papi por ponerle su toque especial a mi vida, por interesarse en todos mis pasatiempos a lo largo de los años (y apoyarme en cada uno); por hacer de mí una mujer fuerte e independiente que sabe que “todo es un arma”. Gracias por tantos de años de amor.

A mis abuelitos, por llenar mi vida de ternura. A mi abuelita Lupita, por enseñarme que el amor se expresa con comida. A mi abuelito Hugo, por la magia, las historias y por confiar en mí más de lo que yo lo hago.

A Julio Daniel, por ser mi taxónomo favorito, enseñarme tantas cosas del nuevo mundo que representó para mí la biología marina, por tener paciencia para soportar cada una de mis crisis. Por todo el amor que me diste, las tardes de comida y anime, por sumergirnos en agua, los interminables muestreos y horas de trabajo... porque eres el lado bonito de la vida.



A mi compa, Luis Fernando, por tantos años de amistad sincera, consejos y apoyo moral. Por ayudarme a revisar este documento y motivarme todos los días a continuar. Desde la distancia haces más por mí de lo que puedo agradecer, gracias por ser mi mejor amigo.

A toda la familia del LABSIM, por mostrarme lo que les apasiona y compartir su conocimiento; Juan Pablo, Ubaldo, Dahani, Christopher, Yessica, Mariela, Héctor e Itzahí.

En especial agradezco a Erick Jauregui, Quetzalli, Dr. Rolando, Dra. Socorro y a su familia por apoyarnos en los muestreos más difíciles; por el transporte, el trabajo en campo y la buena compañía.

A mis roomies: Marisol, Ale y Zapato (¿Quién es Jorge?), por aguantarme durante el último año y medio, por los ratos de esparcimiento, la comida, por todo lo bueno, lo divertido y lo malo que vivimos bajo el mismo techo, de corazón espero que cada uno logre sus metas personales.

Gracias Marisol por ser la amiga más constante durante estos dos años, y por prestarme la cámara con la que fue posible realizar este proyecto. Gracias infinitas a Antonio Rojas; por llegar en el momento adecuado, por motivarme y alimentarme con rica comida, por los paseos en la playa y los atardeceres.

Este camino ha sido solo breve trozo del infinito, pero sé que es especial gracias a las personas con las que tuve la fortuna de coincidir. En especial a Emma por su ayuda estadística durante los cursos, gracias por apiadarte de los mortales.

*If we find no words to say
To the rhythm of the waves
Then we'll both surrender there
King Crimson, "Walking On Air" 🎵*

"Vive con orgullo y la frente en alto. Si te ves abatido por tu debilidad y tus miedos; llena de coraje tu corazón, ármate de valentía y continua tu camino. Aun si te detienes y te acobardas, no detendrás el flujo del tiempo"

Kyojuro Rengoku



Contenido

| | |
|--|-----|
| Resumen | 1 |
| Abstract | 2 |
| Introducción | 3 |
| Antecedentes | 18 |
| Justificación | 23 |
| Hipótesis | 23 |
| Objetivo general | 24 |
| Objetivos específicos | 24 |
| Material y métodos | 25 |
| <i>Área de estudio</i> | 25 |
| <i>Diseño del experimento</i> | 27 |
| Resultados | 39 |
| <i>Sistemática</i> | 41 |
| <i>Caracterización ambiental</i> | 104 |
| Sucesión trimestral | 108 |
| <i>Primer trimestre</i> | 108 |
| <i>Segundo trimestre</i> | 116 |
| <i>Tercer trimestre</i> | 124 |
| <i>Cuarto trimestre</i> | 132 |
| Sucesión anual | 142 |
| Discusión | 156 |
| Conclusiones | 175 |
| Referencias | 177 |
| Anexo I | 193 |
| Anexo II | 194 |
| Anexo III | 195 |
| Anexo IV | 196 |



Resumen

La bioincrustación es el asentamiento de invertebrados incrustantes sobre superficies artificiales; éstos forman complejas comunidades en sitios con impacto antropogénico, como puertos y marinas, ya que poseen sustratos susceptibles a la colonización y condiciones ambientales particulares que promueven el desarrollo de comunidades únicas con respecto a las observadas de manera natural. El estudio de los cambios a través del tiempo puede dar un acercamiento a la comprensión de la dinámica, la diversidad, el desarrollo y la respuesta a las presiones ambientales de los invertebrados incrustantes. Por ello, el objetivo de este estudio fue el describir el efecto de la variación ambiental sobre la sucesión ecológica en periodos trimestrales y durante un año, en sustratos artificiales de PVC colocados en la marina Chahué, Oaxaca.

La riqueza obtenida fue de 43 taxones distribuidos en nueve filos: Porifera (cuatro), Cnidaria (tres), Annelida (12), Sipuncula (uno), Mollusca (10), Arthropoda (tres), Entoprocta (uno), Bryozoa (tres) y Chordata (seis). El 20.9% de estos taxones corresponden a especies exóticas, exóticas invasoras, potenciales y criptogénicas. Los filos que obtuvieron mayores registros de cobertura en porcentaje durante el año fueron: Porifera, Annelida, Arthropoda, Bryozoa y Chordata; presentaron dos periodos de mayor cobertura, que aproximadamente coinciden con el primer y tercer trimestre. El segundo trimestre presentó una disminución en la cobertura, diversidad, número de individuos y biomasa, y generó también un cambio de los grupos dominantes. Cada periodo presentó diferencias en los primeros colonizadores que a su vez generaron comunidades temporalmente distintas. Las variables ambientales fueron relativamente homogéneas dentro de la marina Chahué y no presentaron una correspondencia estadísticamente significativa con las estaciones de muestreo, ni con la cobertura de los taxones; lo que permite concluir que la influencia de los factores en el asentamiento y sobrevivencia de los individuos deben tomarse en conjunto con la dinámica dentro de la comunidad y la biología de los organismos. Se concluye que en el bentos la sucesión ecológica es una competencia centrada principalmente en el sustrato disponible.

Palabras clave: Bioincrustantes, colonización, registro de cobertura, variación espacial, variación temporal.



Abstract

Biofouling is the settlement of encrusting invertebrates on artificial surfaces; these invertebrates form complex communities in sites with anthropogenic activities, such as ports and marinas, since they have susceptible substrates to colonization, with environmental conditions so particular that the communities that develop there are usually unique to those observed that occurred naturally. Studying changes over time can deepen our understanding of the interactions, diversity, development, and response to environmental pressures of encrusting invertebrates. The ecological succession and the effects of environmental changes that occurs quarterly and through over a year on artificial PVC substrates placed over Chahué's Marina, Oaxaca.

Obtained richness consisted of 43 taxa distributed in nine phyla: Porifera (four), Cnidaria (three), Annelida (12), Sipuncula (one), Mollusca (10), Arthropoda (three), Entoprocta (one), Bryozoa (three) and Chordata (six). The 20.9% of these taxa correspond to exotic, exotic invasive, potential, and cryptogenic species. The phyla that obtained higher records throughout the year were: Porifera, Annelida, Arthropoda, Bryozoa, and Chordata, with two seasons of higher records in percentage of coverage, which approximately coincide with the first and third quarters. Second quarter presented a decrease in coverage, diversity, number of individuals, and biomass, also generated a change in the dominant groups. Each period presented differences in the first colonizers that in turn generated temporarily different communities. The environmental variables did not present a statistically significant correspondence with sampling stations, nor with the coverage of the taxa, which allows us to conclude about the relative homogeneity of the conditions within the Chahué's Marina, and that the factors that influence the settlement and survival of the individuals must be taken together with the dynamics within the community and the biology of the organisms. It was shown that ecological succession it is a competition primary focus one and only resource: substrate available.

Keywords: Biofouling, colonization, cover record, spatial variations, temporal variations.



Introducción

Comunidad béntica

Los organismos que habitan los ecosistemas marinos se clasifican de acuerdo con su ubicación; los organismos pelágicos están asociados a la columna de agua; mientras que los organismos bénticos se asocian al fondo marino, los cuales a su vez se pueden considerar sésiles o móviles, de acuerdo con su estilo de vida. Se considera que los ecosistemas bénticos, especialmente los de aguas someras y cercanas a la costa, son mucho más diversos que los pelágicos (Margalef 1974, Castro & Huber 2003, Lara-Lara *et al.* 2008).

Los ecosistemas bénticos van a estar conformados por diferentes grupos que ocupan un área determinada, que en este caso es el bentos marino, e interactúan tanto directa como indirectamente. Estas interacciones pueden ser: la competencia por recursos, como el sustrato disponible o alimento, o bien puede existir una cooperación mutua al generarse microhábitat y asociaciones beneficiosas para diversos organismos (Castro & Huber 2003, Smith & Smith 2007).

Las comunidades bénticas están constituidas principalmente de fauna heterótrofa, que depende de la materia orgánica suspendida y de la que se precipita. Representan un recurso sumamente importante dentro de la dieta de otros organismos y juegan un papel relevante en el mantenimiento de la calidad del agua, al filtrar las partículas suspendidas y otros compuestos (Sanders *et al.* 1980, Nixon *et al.* 1986, Smith & Smith 2007).

En los ambientes marinos dominados por sustratos duros, se presentan dos fenómenos: la bioincrustación y la epibiosis; ambos tienen una relación estrecha, pero se diferencian en cuestiones puntuales (Claereboudt *et al.* 1994, Lodeiros *et al.* 1998).

El término bioincrustación, o “*biofouling*”, en inglés, se entiende como el asentamiento de invertebrados incrustantes sobre sustratos duros artificiales. Siendo esto último lo que la diferencia de la epibiosis, fenómeno que ocurre sobre sustratos duros naturales (*e.g.*, conchas de moluscos) o superficies vivas (*e.g.*, caparazones de tortugas) (Characklis 1990).

Mientras que, la epibiosis es una asociación facultativa no simbiótica entre un epibionte (organismo incrustante) y un basibionte (organismo que sirve de sustrato ya



sea vivo o muerto), la cual está determinada por la biología y ciclo de vida de los organismos implicados (Novak 1984).

Ambos fenómenos pueden suceder de manera simultánea y algunos organismos son capaces de vivir como incrustantes, como sustratos, o ambos simultáneamente; como es el caso, por ejemplo, de los ostiones (Abelló & Macpherson 1992).

Por su parte, la bioincrustación implica efectos negativos para determinadas actividades portuarias, de navegación y de maricultivo; siendo un término utilizado más para cuestiones prácticas que biológicas; sin embargo, tiene el mismo peso ecológico que la epibiosis, ya que conlleva una gran cantidad de complejas interacciones químicas, físicas y biológicas (George & Thomas 1979, Bastida *et al.* 2007).

Debido a su relativa facilidad metodológica, rápido desarrollo y estandarización para ser replicado, el estudio de las comunidades incrustantes se realiza principalmente en superficies artificiales, ya no solo buscando extrapolar los resultados a la epibiosis (Sutherland & Karlson 1973).

Las comunidades incrustantes en sustratos artificiales son cada vez más comunes, ya que dichos sustratos aumentan en el medio marino junto con las poblaciones humanas; lo que ha generado estudios sobre impacto ambiental (de áreas perturbadas comparadas con áreas prístinas), efecto de contaminantes, procesos de colonización y sucesión (Long 1974, George & Thomas 1979, Holland *et al.* 1987, Bulleri & Chapman 2010).

Principales grupos incrustantes

Una de las características importantes dentro de las comunidades, o al menos una de las más evidentes, es la existencia de grupos funcionales, y basados principalmente en su plan corporal y en su organización funcional se presentan de manera general dos divisiones: los organismos solitarios y los coloniales (Jackson 1977, Woodin & Jackson 1979, Greenfield *et al.* 2016).

Los organismos solitarios, son individuos que generalmente son capaces de realizar todas sus funciones de manera independiente, contrastando con los coloniales, los cuales todos los miembros están físicamente conectados teniendo en común todas

sus funciones (Jackson 1977). Esto puede ser de suma relevancia a medida que la sucesión avanza, ya que en ciertos casos los organismos coloniales tendrán cierta ventaja, de manera particular por su reproducción asexual y rápido crecimiento, por lo cual muchos sustratos podrían principalmente estar dominados por organismos coloniales (Greene *et al.* 1983).

Dentro de los principales taxones de invertebrados incrustantes en sustratos artificiales se encuentran, los filos Porifera (esponjas), Cnidaria (hidrozoos), Annelida (poliquetos), Mollusca (moluscos), Arthropoda (crustáceos), Bryozoa (briozoos) y Chordata (ascidias).

Porifera (esponjas): Constituidos por un tejido conjuntivo bien desarrollado y un esqueleto de soporte constituido por espículas de sílice y/o carbonato de calcio, y por fibras de espongina. Presentan un modelo corporal compuesto por un sistema de canales acuíferos y cámaras por los cuales fluye el agua; su funcionamiento se basa en la actividad de las células flageladas denominadas coanocitos (Simpson 1984, Ruppert & Barnes 1996, Nava *et al.* 2015).

Las aperturas de salida del flujo son llamadas ósculos y los poros inhalantes, ostiolos; el flujo desemboca en espongocele o atrio, con el cual se cumplen los requerimientos nutricionales, el intercambio gaseoso y la remoción de sustancias de desecho. De manera estructural de acuerdo con el grado de plegamiento de la pared del cuerpo pueden clasificarse en asconoides, siconoides y leuconoides (Fig. 1B-A) (Ruppert & Barnes 1996, Lee *et al.* 2007, Carballo *et al.* 2014).

Debido a su diversidad y abundancia pueden asentarse en diferentes sitios lo que, aunado a su capacidad filtradora, les confiere un rol ecológico importante; clarificando el agua, fijando el carbono, nitrógeno, además de ser basibiontes al albergar a una gran cantidad de organismos en su interior e incluso a organismos incrustantes que se asientan sobre ellas (Fig. 1C) (Ruppert & Barnes 1996, Lee *et al.* 2007).

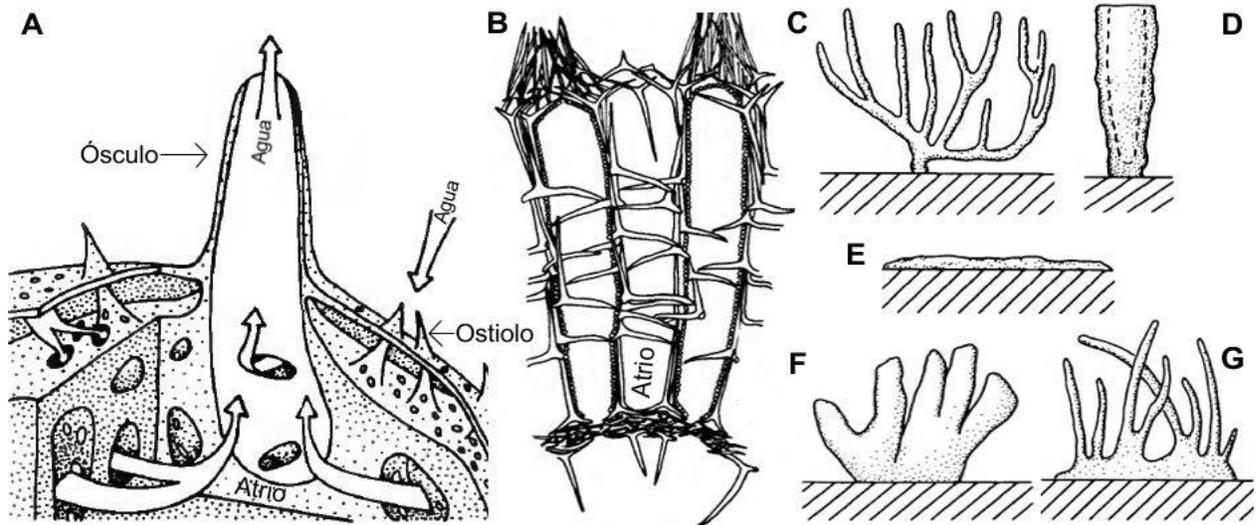


Figura 1. Morfología interna y externa A) sistema de conducción de agua entre los ostiolo y el ósculo que comprenden el sistema inhalante y exhalante; B) arreglo de espículas rodeando el atrio. Variaciones morfológicas: C) ramificada, D) tubular, E) incrustante, F) palmada, G) digitada (modificado de Boury-Esnault & Rützler 1997).

Cnidaria (hidrozoos): La clase Hydrozoa, presenta una fase sésil (pólipo) y en varias especies existe una fase medusa de vida libre. En la fase de pólipo en su mayoría son depredadores bénticos, pueden ser coloniales o ser solitarios; en general permanecen unidos a un sustrato, y excepcionalmente son pelágicos (Bouillon *et al.* 2006).

Poseen un disco basal que les permite asentarse en los sustratos duros, una base denominada hidrorriza que fija las colonias a través de una red de la cual surge el hidrocaule (tallo), que en colonias muy ramificadas puede poseer hidrocladios. El hidrocaule posee una cubierta quitinosa llamada perisarco, rodeando al tejido vivo llamado cenosarco (Cartwright 2004, Mills *et al.* 2007).

El hidrocaule presentan zooides que poseen distintas funciones: gonozoides (reproducción), dactilozoides (defensa) e hidrantes o gastrozoides (alimentación); estos últimos pueden tener una cápsula denominada hidroteca, siendo una extensión del perisarco (Fig. 2) (Millard 1975, Brusca & Brusca 2003, Cartwright 2004).

Su capacidad de fijación les confiere la posibilidad de ser los primeros colonizadores en superficies duras (naturales o artificiales), propiciando la llegada de otros invertebrados en busca de resguardo. Además, establecen relaciones epibióticas con facilidad debido a que su ciclo de vida es corto y su tamaño reducido, de esta manera



mitigan la competencia por espacio (Boero & Fresi 1986, Lewbel *et al.* 1987, Faucci & Boero 2000).

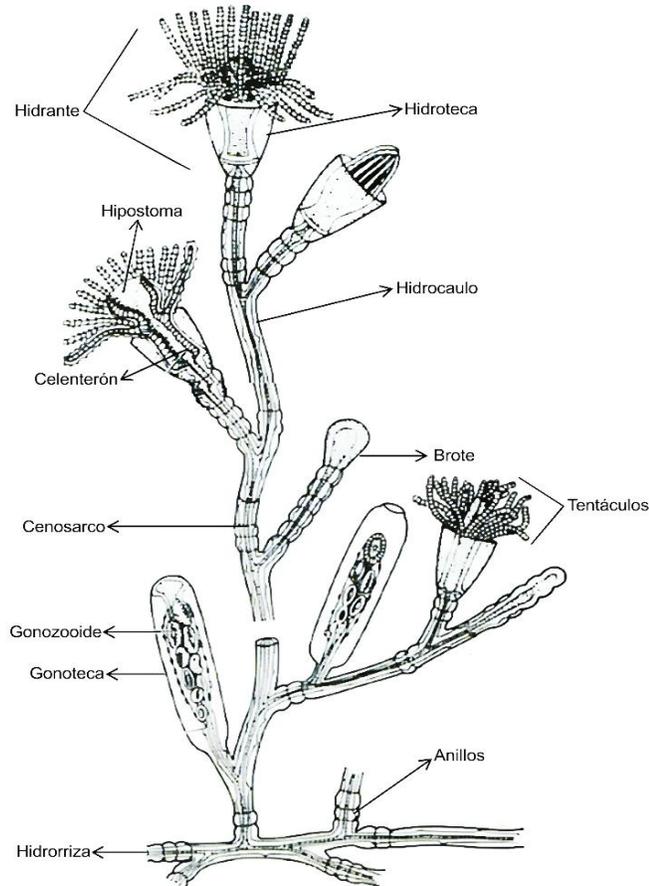


Figura 2. Esquema de un hidrozoo colonial con las principales estructuras que lo conforman (modificado de Mills *et al.* 2007).

Annelida (poliquetos): Son gusanos marinos de la clase Polychaeta. Las familias Sabellidae y Serpulidae, son las principales representantes de poliquetos sésiles formadores de tubos, los cuales se incrustan, tanto a sustratos naturales como artificiales (Bastida-Zavala & ten Hove 2003, Bastida-Zavala *et al.* 2014).

En ambas familias su cuerpo se divide en tórax, abdomen y una corona branquial, la cual tiene la función de llevar a cabo la respiración, además de atrapar el alimento que consiste generalmente en partículas suspendidas. Su porción anterior se denomina tórax y la posterior se distingue, por la inversión setal, en la cual las notosetas pasan de tener una posición dorsal en el tórax, a una posición ventral en el abdomen; esta inversión es



debido a la disposición del surco fecal (Fig. 3A–B) (Bastida-Zavala 2009, Tovar-Hernández 2009).

En los sabélidos los tubos pueden ser: proteínicos rígidos, de arena fina con consistencia suave, quitinosa y flexible, e incluso logran incorporar algas y detritos en el tubo para mimetizarlo con el medio. En los serpúlidos los tubos están formados de carbonato de calcio, son mucho más característicos, ya que varían en ornamentación entre las especies. La mayoría de los serpúlidos poseen un pedúnculo y un opérculo el cual presenta una morfología variable y es útil para el reconocimiento de las especies (Fig. 3B) (Bastida-Zavala 2009, Tovar-Hernández 2009).

Los tubos de los poliquetos constituyen un refugio para animales móviles, o ser basibionte de otros invertebrados incrustantes, ya que al ser de los primeros colonizadores su asentamiento permite el establecimiento de otros invertebrados (Bastida-Zavala & ten Hove 2003, Terlizzi & Faimali 2010, Bastida-Zavala *et al.* 2014).

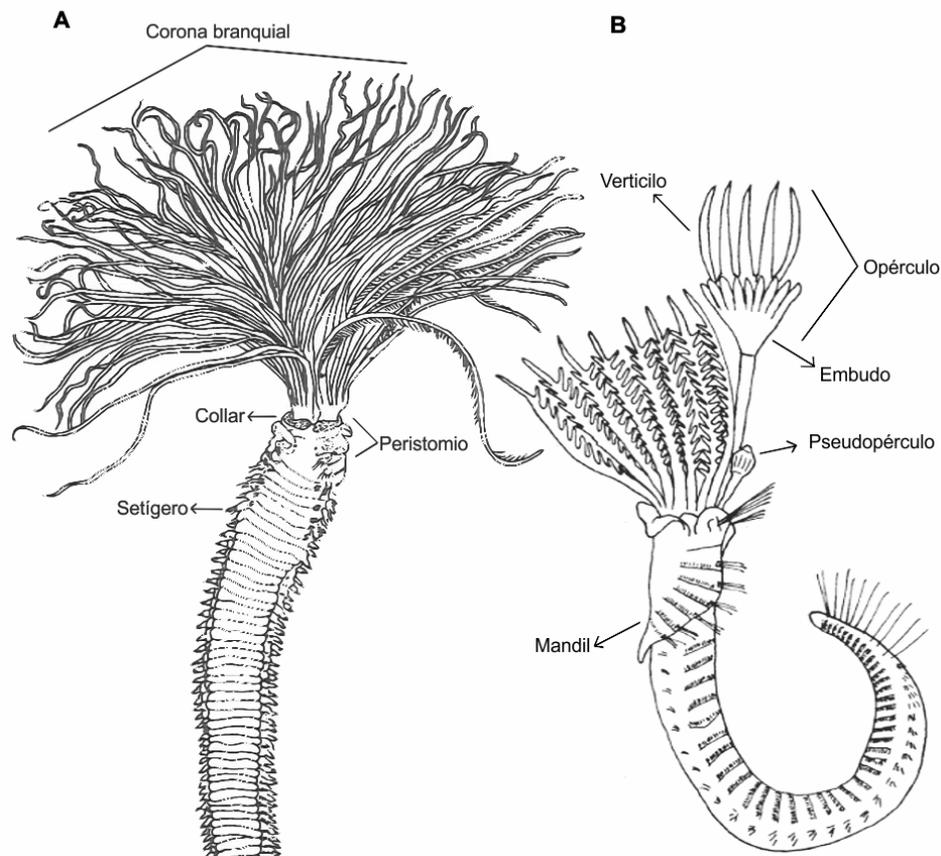


Figura 3. Morfología general de sabélidos y serpúlidos: A) vista anterodorsal de un sabélido; B) vista dorsal de un serpúlido. A: Modificado de Ishaq & Mustaqim (1996); B: Modificado de Bastida-Zavala (2009).

Mollusca (moluscos): La clase Bivalvia incluye especies comprimidas lateralmente y que poseen dos valvas, iguales o subiguales, que se unen dorsalmente, lo que determina su plano de simetría bilateral que contiene al eje de articulación; las valvas encierran la cabeza, el pie y la masa visceral (Coan & Valentich-Scott 2007).

Algunas especies de bivalvos se fijan al sustrato mediante un biso (que provee fuerte adhesión), el cual es una secreción proteica producida por una glándula situada en el pie, o bien pueden cementar una de las valvas al sustrato. Si la concha es la que se fija al sustrato se produce una asimetría en cuanto al tamaño de las valvas (Ruppert & Barnes 1996, Camacho *et al.* 2008).

La protuberancia dorsal que destaca en la concha se conoce como umbo, la superficie exterior de las valvas puede estar recubierta por una capa córnea o periostraco. Dichas valvas están unidas por una bisagra o charnela, la cual es un ligamento elástico córneo. En la zona de articulación algunas especies poseen ornamentaciones para evitar el desplazamiento de las valvas, las cuales son una serie de dientes o crestas; el movimiento de las valvas está dado por acción de los músculos abductores (Fig. 4) (Ruppert & Barnes 1996, Coan & Valentich-Scott 2007).

En general, los bivalvos presentan altas densidades en poblaciones adheridas a superficies tanto naturales como artificiales, siendo un componente importante como basibiontes, porque se constituyen como sustrato secundario para otros incrustantes, y como refugio de invertebrados móviles (Ruppert & Barnes 1996, Coan & Valentich-Scott 2007).

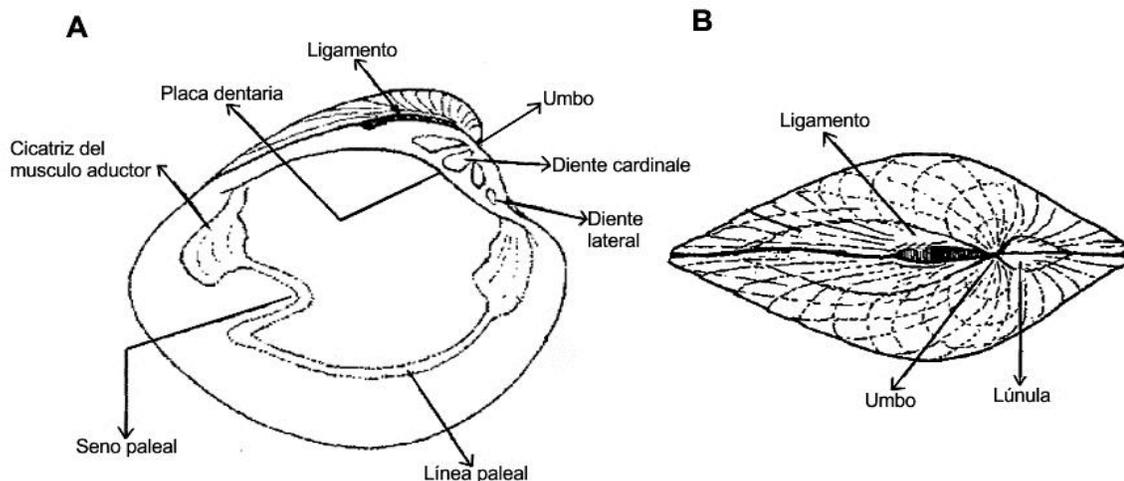


Figura 4. Morfología general de bivalvos: A) vista interna de la concha; B) vista externa posición dorsal de la concha (modificado de Fischer *et al.* 1995).



Arthropoda (crustáceos): El único grupo de crustáceos sésiles es la infraclase Cirripedia (subclase Thecostraca, clase Maxillopoda), son diversos y pueden encontrarse virtualmente en todos los ambientes marinos. La mayoría de las especies viven adheridas a distintos sustratos por medio de glándulas cementantes; como rasgo distintivo poseen una larva cipris planctotrófica que puede permanecer en la columna de agua durante varias semanas, y en ocasiones hasta dos meses. Destacan como colonizadores primarios (fauna pionera), como basibiontes y epibiontes, además de su dominancia entre los incrustantes (Scheltema & Carlton 1984 *In: Anil et al.* 1995, Ruppert & Barnes 1996, Martin & Davis 2001, Brusca & Brusca 2003).

Los balanomorfos generalmente tienen una concha formada por ocho placas simétricas; con dos placas principales (rostró y carina), y de una a tres placas laterales conectadas por intervalos quitinosos, la base de la concha puede ser membranosa o calcárea. El opérculo tiene cuatro placas en total, un par conforma el escudo y un par conforma el tergo, articulados a cada lado de la abertura (Fig. 5) (Zullo 1979, McLaughlin 1980).

La abertura del opérculo se dirige hacia arriba, permitiendo al organismo extender los apéndices del tórax, llamados cirros, que le permiten generar corrientes de agua para el intercambio de gases, eliminar excretas y alimentarse. Al ser organismos suspensívoros tienen un papel esencial en la cadena alimenticia. Proveen de sustrato secundario para otros invertebrados sésiles o de protección en el caso de los móviles (Fig. 5) (Newman & Ross 1976, Ruppert & Barnes 1996, Chan *et al.* 2009).

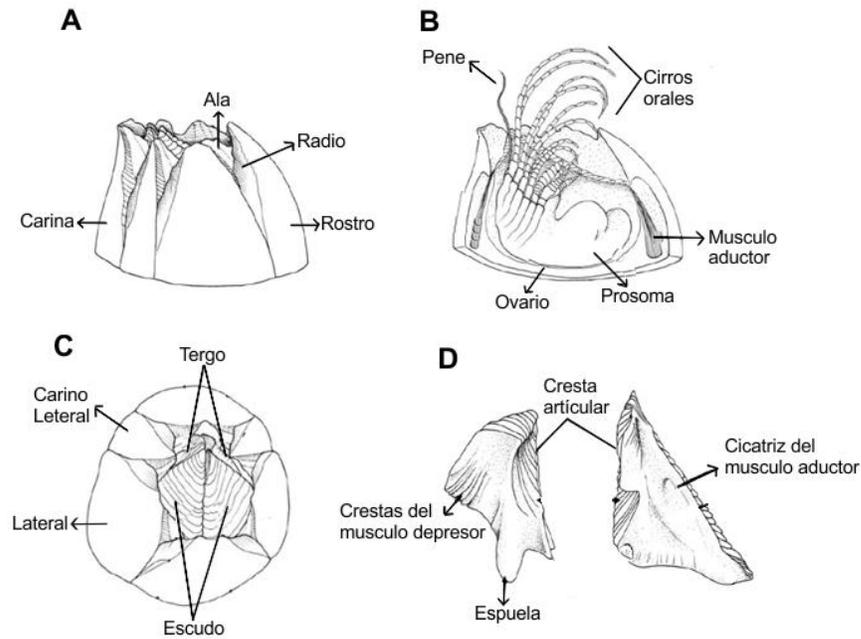


Figura 5. Morfología general de balanomorfos: A) vista lateral de la concha; B) corte longitudinal que muestra la orientación del cuerpo dentro de las placas; C) vista superior de la concha; D) placas operculares, tergo (izquierda) y escudo (derecha) (modificado de Chan *et al.* 2009).

Bryozoa (=Ectoprocta): Es un filo reconocido por su gran diversidad. Son coloniales y filtradores. Las colonias están formadas por zooides, los cuales poseen un exoesqueleto rígido, constituido por quitina o por carbonato de calcio, que protege al zooides en un zoecio. Presentan un tracto digestivo en forma de U, con el ano situado fuera del lofóforo, este último está conformado por una fila de tentáculos los cuales se extienden formando un embudo en cuya base se encuentra la boca (Osburn 1950, Ruppert & Barnes 1996, Delgadillo & Flórez 2015) (Fig. 6).

En algunas especies existen distintos tipos de zooides que poseen diferentes funciones, tal es el caso de los autozooides que tienen una función trófica, los avicularios que tienen una función defensiva y los quenzoooides los cuales forman el disco de fijación (Moyano 1983, Ruppert & Barnes 1996).

Las ovicelas son una cámara externa en la que se va a desarrollar el embrión, que a su vez se va a transformar en una larva la cual, después de asentarse, se transformará en el primer zooides de la colonia, denominado ancéstrula. Y por reproducción asexual se originan nuevos zooides, lo que genera el crecimiento de la colonia (Osburn 1953, Ruppert & Barnes 1996).



La diversa morfología y fisiología de los briozoos les permite distribuirse a distintos gradientes de salinidad y profundidad, siendo tolerantes a los cambios fisicoquímicos del agua, lo que puede contribuir a su facilidad para asentarse en diversos sustratos, por lo cual son organismos comunes dentro de la comunidad incrustante (Delgadillo & Flórez 2015).

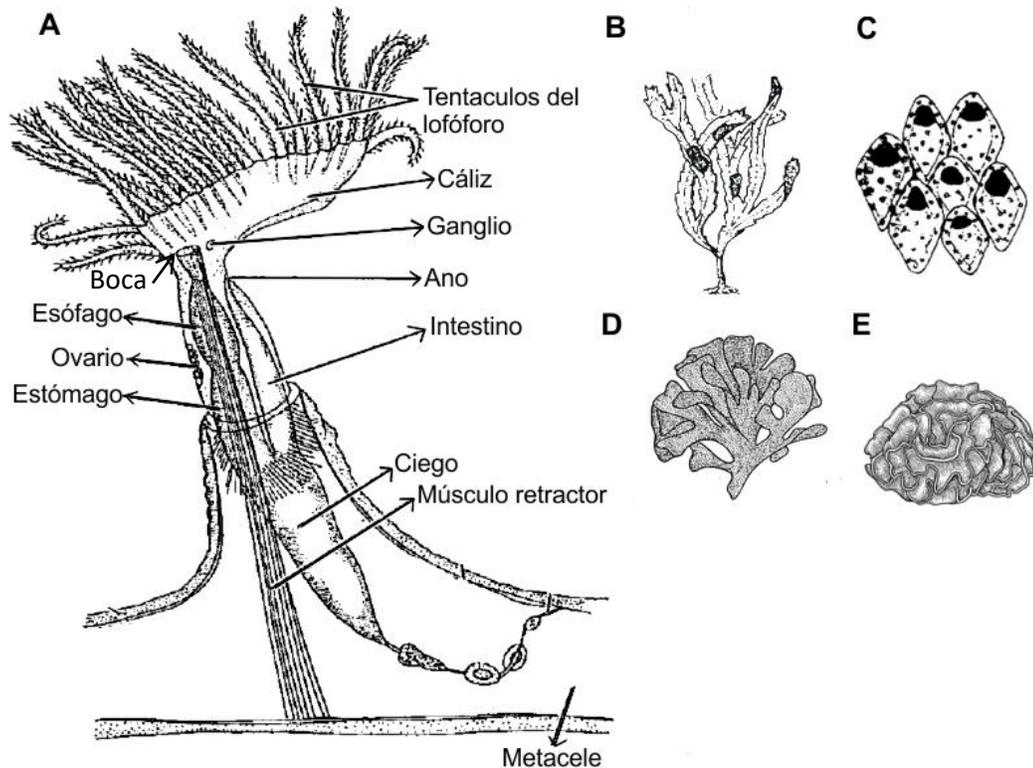


Figura 6. Morfología general de briozoos: A) vista interna externa de un zooid. Morfología de las colonias: B) arborescente; C) incrustante; D) foliácea; E) en forma de col (modificado de Brusca & Brusca 2003).

Chordata (ascidias): El subfilo Urochordata (=Tunicata) posee las características propias de un cordado, es decir, una notocorda en etapas larvales que posteriormente es reabsorbida. Las larvas se asientan en diferentes sustratos (naturales o artificiales) y como adultos son invertebrados sésiles (Ruppert & Barnes 1996, Lambert *et al.* 2005).

Su cuerpo se caracteriza principalmente por poseer una túnica que les brinda soporte y protección, la cual está compuesta por un polisacárido llamado tunicina. El cuerpo de los adultos se puede dividir en tres regiones: Tórax (faringe y atrio), abdomen (asa digestiva) y post-abdomen (gónadas). Entre las ascidias existen especies coloniales

y solitarias. Las especies solitarias presentan dos sifones (oral y atrial) y en el interior de la túnica se encuentra el manto, que conforma la pared del cuerpo (Van Name 1945, Ruppert & Barnes 1996, Brusca & Brusca 2003) (Fig. 7A-B).

Las especies coloniales están compuestas por zooides que se encuentran embebidos en una túnica común, cada zoide puede tener un par de sifones o bien se presenta una apertura en común (Ruppert & Barnes 1996).

Las ascidias toleran un amplio intervalo de salinidad en el cual pueden desarrollarse, además son un grupo poco depredado, debido que algunas especies pueden mimetizarse con el sustrato, servir como sustrato secundario y otras producen sustancias químicas que les confiere un sabor desagradable o son tóxicas (Monniot *et al.* 1991, Brusca & Brusca 2003).

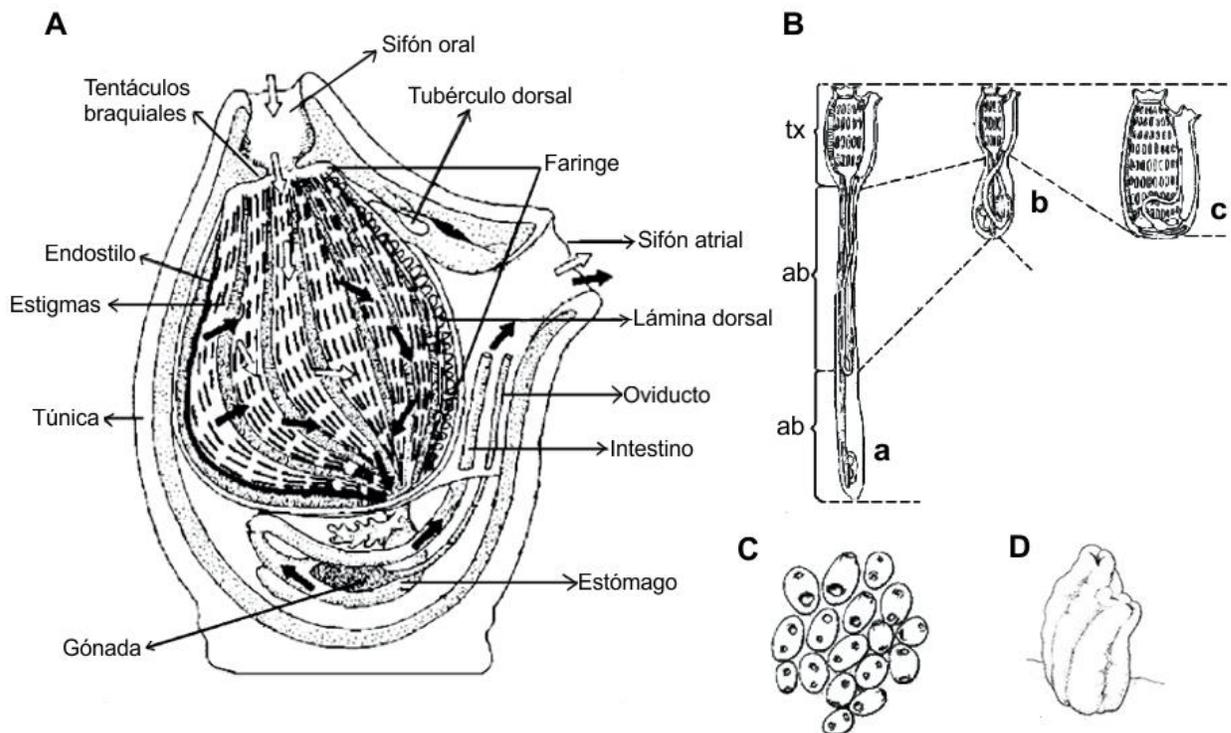


Figura 7. Morfología general de ascidias: A) características de una ascidia solitaria; B) vista lateral de la división del cuerpo: a) tres regiones, b) dos regiones, c) una región; C) morfología general de una ascidia colonial; D) morfología general de una ascidia solitaria (modificado de Ruppert & Barnes 1996 y Brusca & Brusca 2003).



Sucesión ecológica

El concepto general de sucesión ecológica es el cambio gradual y direccional en la estructura de la comunidad a través del tiempo, y que sucede en respuesta a diversas presiones bióticas y abióticas (Hawatt 1935, Clements 1938, Smith & Smith 2007, Terlizzi & Faimali 2010).

La colonización de un sustrato nuevo requiere de cuatro procesos principales para que sea exitosa: acondicionamiento bioquímico, colonización bacteriana (biopelículas), colonización eucarionte unicelular y colonización eucarionte multicelular (Fig. 8) (Butman 1987, Claereboudt *et al.* 1994).

Los cuatro procesos anteriores de manera esquemática y generalizada se presentan como una serie de pasos consecutivos; sin embargo, en un entorno dinámico, como el medio marino, debe considerarse que suelen interactuar y ejecutarse de manera simultánea (Callow & Callow 2002, Dobretsov 2010, Terlizzi & Faimali 2010).

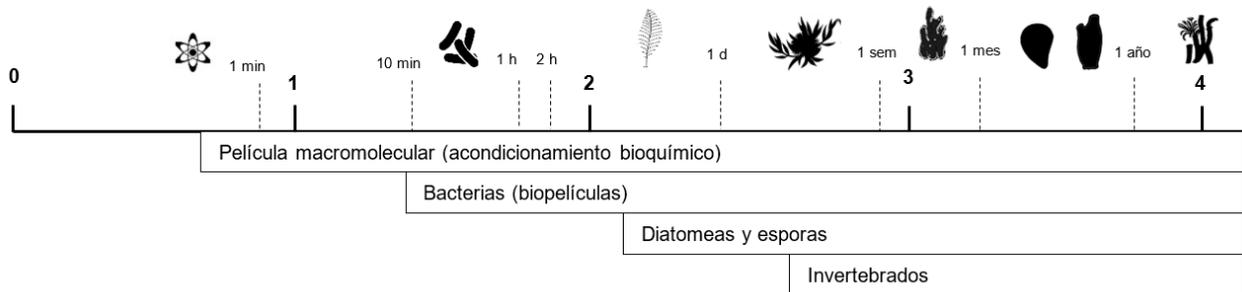


Figura 8. Esquematización y simplificación de los cuatro procesos de colonización de la comunidad de incrustantes. Los tiempos presentados son una simplificación de cada etapa (modificado de Wahl 1989).

El momento en el que estos sustratos son incorporados al medio puede tener un enorme impacto en la sucesión debido a la estacionalidad, ya que esto está ligado a los ciclos reproductivos y de crecimiento de los organismos (Breitbart 1985).

El establecimiento de la comunidad incrustante es una carrera competitiva que genera un cambio en las especies; existen tres modelos que explican algunos aspectos de estos cambios: facilitación, tolerancia e inhibición (Connell & Slatyer 1977).

El modelo de facilitación plantea que la sucesión primaria está dada por las especies pioneras que llegan a los sustratos disponibles y son capaces de colonizar

debido a sus características particulares; estos modifican el sustrato facilitando la llegada de colonizadores posteriores (sucesión secundaria) (Connell & Slatyer 1977).

En el modelo de tolerancia, las condiciones ambientales y la respuesta de las especies a las mismas son lo que determinan la secuencia de las especies. Aquellas especies que sean más eficientes en la explotación de los recursos y posean un amplio rango de tolerancia a los cambios ambientales son las que prevalecerán (Connell & Slatyer 1977).

En el modelo de inhibición, los primeros colonizadores ocupan todo el espacio disponible lo que les permite inhibir el asentamiento y el crecimiento de los colonizadores posteriores, la sucesión está dada a través del remplazo de los colonizadores tempranos (Connell & Slatyer 1977).

Independientemente del modelo de sucesión que se presente, el resultado es un clímax o “punto estable”, en el cual la comunidad se mantiene sin cambios drásticos y no se generan cambios competitivos (Underwood & Denley 1984, Underwood & Fairweather 1989, Margalef 1997, Castro & Huber 2003, Jenkins & Martins 2010, Terlizzi & Faimali 2010).

Sin embargo, se considera que la comunidad nunca deja de cambiar por lo cual podrá presentar “múltiples puntos estables” y la duración dependerá del entorno en el que se esté desarrollando (Underwood & Denley 1984, Margalef 1997, Castro & Huber 2003, Terlizzi & Faimali 2010).

Un factor que genera cambios en la comunidad, son las perturbaciones; ya que eliminan parcialmente a ciertos grupos, lo cual deja espacio libre, permitiendo que se inicie de nuevo la colonización (Connell & Slatyer 1977, Jenkins & Martins 2010).

Puede ser consecuencia de daños físicos, como la acción de las olas, o procesos biológicos como la depredación; ambos casos poseen un efecto equivalente y aunque es una fuerza no selectiva, ciertos factores (como la sensibilidad de las especies o las interacciones depredador-presa) puede dar como resultado una mayor pérdida de ciertos taxones (Jenkins & Martins 2010).

Cuando la frecuencia de las perturbaciones es alta las especies tardías no tendrán oportunidad de colonizar, por el contrario, en ausencia de perturbaciones las especies tardías dominarán el espacio, dándose en ambos casos una baja diversidad. Si la



frecuencia es intermedia, permite la colonización y a su vez el establecimiento de especies tardías de una manera alternada, dando como resultado una mayor diversidad, lo anterior forma parte de la hipótesis del disturbio intermedio. El disturbio es un suceso que cambia la estructura de la comunidad y la disponibilidad de los recursos, como el sustrato (Connell 1975, Hutston 1979, Pickett & White 1985, Hobbs & Huenneke 1992, Smith & Smith 2007).

Variables ambientales

Los sitios como las marinas y puertos son un efecto colateral de la urbanización costera y del desarrollo de las actividades marítimas lo cual ha generado una gran cantidad de estructuras dentro del medio marino, como diques, rompeolas, pilotes y muelles flotantes (Chapman & Bulleri 2003, Evans 2008, Chapman & Blockley 2009).

Lo anterior genera un hábitat con condiciones distintas a los ecosistemas bénticos naturales; ocasionando la disminución del flujo de agua marina, aumento del flujo de agua dulce, altas temperaturas, continuas perturbaciones antropogénicas, aumento en la suspensión de sedimentos y materia orgánica (Bulleri & Chapman 2004, Bulleri 2006, Bulleri & Chapman 2010).

Además, al ser áreas semicerradas, suelen interrumpir o actuar como facilitadores del flujo de las corrientes costeras y corrientes impulsadas por el viento, lo que genera una nueva distribución de las larvas y propágulos que promueven una composición y riqueza de especies diferente a la asociada a sitios naturales (Bulleri & Chapman 2004, Bulleri 2006, Bulleri & Chapman 2010).

La temperatura, es un determinante en la distribución y supervivencia en etapas críticas del ciclo de vida; regula procesos biológicos (crecimiento, metabolismo y reproducción), siendo los meses más calurosos los que propician un mayor crecimiento de los organismos, lo cual también tiene relación con la disponibilidad del alimento (Anil *et al.* 1995, Pörtner 2002, Poloczanska & Butler 2010).

El éxito o fracaso de una especie esta dado por sus características, aquellos con una mayor capacidad euritérmica, pueden mantener sus funciones fisiológicas en un amplio intervalo de temperatura, lo que les va a permitir establecerse y sobrevivir (Carlton 2000, Castro & Huber 2003).



En cuanto a la salinidad esta suele estar regida por la estacionalidad pluvial, ya que generalmente en la marinas y puertos suelen haber canales pluviales o desembocan ríos que, en temporada de lluvias, permiten la entrada de agua dulce, lo que reduce drásticamente la salinidad y aumenta la cantidad de sólidos disueltos y el enriquecimiento orgánico a través de la escorrentía del continente. En cambio, en la temporada de secas aumenta la evaporación y con ello la salinidad (Bulleri & Chapman 2010, Poloczanska & Butler 2010).

Estas fluctuaciones en la salinidad, aunado con los cambios del pH, dan como resultado una alta mortalidad de invertebrados sésiles, que poseen estructuras calcáreas (conchas o tubos). Dado el alto porcentaje de organismos calcificantes dentro de las comunidades incrustantes y la sensibilidad en etapas larvales a pH bajos, se puede producir un cambio hacia especies no calcificantes o más tolerantes a estas afectaciones (Straughan 1972, Poloczanska & Butler 2010).

Por otra parte, los aportes de materia orgánica pueden influir en el crecimiento de los invertebrados incrustantes, pero la descarga terrestre intensa y constante puede provocar anoxia por eutrofización y mortalidad a gran escala (Mayer-Pinto & Junqueira 2003).

Los efectos de las variables ambientales sobre los invertebrados incrustantes, también está relacionado con la dispersión de las especies, particularmente en la introducción y supervivencia de especies exóticas invasoras (Tyrrell & Byers 2007, Walther *et al.* 2009, Poloczanska & Butler 2010).

Especies exóticas invasoras

Las especies exóticas, por definición, se refieren a especies y subespecies que se presentan fuera de su área natural de distribución y su área de dispersión potencial (es decir, que puedan dispersarse por sus propios medios); esto también incluye cualquier parte del organismo que pueda sobrevivir y reproducirse eventualmente. También pueden ser llamadas especies alóctonas, no nativas, no indígenas, o alienígenas (Mendoza & Koleff 2014).

Mientras que una especie exótica invasora es una especie exótica que se ha establecido en ecosistemas naturales o seminaturales fuera de su ámbito de distribución



natural, con éxito reproductivo y con potencial de dispersión por sus propios medios (Mendoza & Koleff 2014).

Se han registrado casi 200 especies acuáticas exóticas, entre confirmadas, criptogénicas y potenciales, de las cuales el 86% de ellas han sido introducidas por medio del agua de lastre y de la bioincrustación en los cascos de los barcos y superficies flotantes (Okolodkov *et al.* 2007, Okolodkov & García-Escobar 2014).

Las marinas y puertos poseen condiciones fisicoquímicas particulares, que pueden propiciar el establecimiento de especies exóticas invasoras en comparación con las especies nativas (Ruiz *et al.* 1999, Gian-Reto *et al.* 2009).

Antecedentes

Las comunidades de invertebrados incrustantes se han estudiado durante décadas, no solo para mitigar su aparición, sino también para conocer su composición y los mecanismos asociados a su desarrollo (Terlizzi & Faimali 2010).

En un ambiente dinámico, las perturbaciones poseen un papel muy importante en la estructuración de las comunidades, y esto fue explicado por el trabajo de Dayton (1971) en la costa del Pacífico de América del norte; en el cual demostró los efectos de las olas y de los troncos a la deriva, cuya acción mecánica propicia la generación de espacios para la colonización, lo cual influye en el resultado de la competencia interespecífica.

Long (1974) documentó en tres sitios de Oahu, Hawái, la relación de la composición de la comunidad incrustante con la variación ambiental a tres profundidades (9, 15, 30 metros). Observó que el número de especies alcanzó su punto máximo a los tres meses de inmersión y posteriormente disminuyó; debido principalmente al aumento de competencia por espacio; sin embargo, a los nueve meses el número de especies aumentó nuevamente. Las variaciones ambientales no presentaron un efecto sobre el asentamiento de los organismos, y los grupos con mayor porcentaje de cobertura fueron: balanos (aprox.40%), briozoos (aprox.20%) y ascidias (aprox.40%).

Sutherland & Karlson (1977) observaron el desarrollo de la comunidad incrustante en un periodo de cuatro años, en Beaufort, Carolina del Norte, en donde los colonizadores están asociados al tiempo de inmersión del sustrato, y la sucesión inicia cuando los



primeros colonizadores son eliminados, lo que sugiere un modelo de inhibición. Sin embargo, predecir el orden de asentamiento es imposible debido a la respuesta de las especies a cada cambio ambiental. No obstante, observaron que el equilibrio en la comunidad se presenta a las ocho y 10 especies.

Por otra parte, Greene & Schoener (1982), analizaron durante 81 semanas la comunidad incrustante en los muelles flotantes del club de yates Bremerton, en bahía Phinney, Washington. Obtuvieron el porcentaje de cobertura y la clasificación de los organismos de acuerdo con su forma de crecimiento. Concluyeron el crecimiento solitario permite la inhibición de los colonos posteriores y que el espacio solo volverá a estar disponible debido a algún daño o a la muerte de los organismos, lo que hace que el cambio de la comunidad gradualmente tienda hacia las especies que viven más tiempo. Los mayores porcentajes de cobertura los obtuvieron los hidrozooos (35%), briozoos (20%) y ascidias coloniales (30%).

Greene *et al.* (1983) monitorearon durante cinco años la comunidad incrustante en siete localidades de Puget Sound, en Washington; obtuvieron la abundancia relativa clasificando a los organismos en coloniales y solitarios. Observaron un mayor porcentaje de especies solitarias (90%), tales como anémonas, sabélidos, serpúlidos, bivalvos, balanos y ascidias; debido posiblemente a la longevidad de las especies, la reproducción y el continuo asentamiento de las larvas; sin embargo, enfatizaron que cada especie va a responder de distinta manera a las condiciones a las cuales esté inmerso y dominarán las más eficientes.

Por su parte Dean & Hurd (1980) realizaron un estudio en bahía Delaware durante 20 meses, obtuvieron el porcentaje de cobertura de un total de 24 especies, de las cuales cinco fueron las más dominantes (un hidrozoo, un serpúlido, un bivalvo, un balano y una ascidia solitaria); siendo los balanos los primeros en asentarse, mientras que los bivalvos fueron el taxón dominante hacía el final del experimento; debido a su crecimiento rápido, su tamaño y la capacidad para crecer sobre otros organismos y sofocarlos.

Underwood & Anderson (1994) analizaron el reclutamiento y la sucesión del bivalvo *Saccostrea commercialis* y otros invertebrados incrustantes durante cinco meses en bahía Quibray, Nueva Gales del Sur, Australia. Encontraron como taxones dominantes a los serpúlidos, bivalvos, balanos y briozoos. La diferenciación en los porcentajes de



cobertura se presentó debido a que la reproducción y crecimiento es diferencial a lo largo del año, con lo cual concluyeron que la temporada de inmersión de los sustratos es un factor que modifica la composición de la comunidad.

Lin & Shao (2002) observaron el desarrollo de la comunidad incrustante en el puerto Keelung, Taiwán, encontrando que en épocas más cálidas (primavera) existe una mayor cantidad de taxones y una mayor biomasa, en contraste con las temporadas más frías (otoño). Concluyeron que al cabo de 12 meses el desarrollo de la comunidad toma el mismo curso, ya que la composición de especies es similar, tanto en aquellos que fueron sumergidos en primavera como en los que fueron sumergidos en otoño.

Cifuentes *et al.* (2007) realizaron un estudio en bahía La Herradura, Chile, donde examinaron el efecto de la perturbación en diferentes tiempos, los resultados delatan el bajo efecto de la perturbación dentro de las comunidades de incrustantes ya establecidas, debido a que generalmente están dominadas por especies oportunistas, las cuales poseen un crecimiento clonal y pueden recolonizar el espacio rápidamente.

Dziubińska & Szaniawska (2010) estudiaron la sucesión de invertebrados incrustantes en paneles de PVC a cinco profundidades en la bahía de Puck fuera de la península de Hel, Polonia. Sacaron paneles cada 10 días e identificaron 12 taxones. Encontraron un patrón de crecimiento denominado multi-estrato, en todas las profundidades, en el cual los balanos cubrían al estrato inferior dominado por moluscos; siendo el balano *Amphibalanus improvisus* y el molusco *Mytilus trossulus* los taxones dominantes.

Karlson & Osman (2012) efectuaron una revisión de los registros de organismos incrustantes a lo largo de la costa oriental de Estados Unidos, estudios previos solo cubrían pocos sitios o estaban enfocados a las especies más abundantes, por lo cual existían vacíos en el conocimiento de los patrones de distribución. Analizaron 1,443 registros de 317 especies, de los cuales los briozoos, cnidarios y ascidias son los mejor representados. Los registros más frecuentes son dos especies de ascidias, *Botryllus schlosseri* y *Molgula manhattensis*, con 43 observaciones; siendo las que poseen una mayor distribución geográfica y forman parte del 9.1% de las especies que son consideradas invasoras en la costa oriental de Estados Unidos.

Galicia-Nicolás *et al.* (2018) realizaron un estudio de colonización y sucesión en el muelle flotante de la marina La Costa, en La Paz, Baja California Sur. Al final de tres meses de inmersión contabilizaron 15 taxones de invertebrados incrustantes, siendo el más abundante, la ascidia colonial *Distaplia stylifera*, representando más del 80% de la cobertura total, cubriendo incluso a los organismos ya establecidos y desplazando el asentamiento de otros.

Fauna exótica incrustante

Bastida-Zavala & ten Hove (2003) realizaron una revisión de las especies del género *Hydroides* del Pacífico oriental, siendo uno de los géneros de poliquetos incrustantes más comunes. Describen 21 taxones, de los cuales dos son de amplia distribución y se consideran criptogénicos (*Hydroides dirampha* y *H. elegans*) y se registra en Oaxaca a *H. sanctaecrucis* por primera vez como una especie exótica, proveniente del Caribe.

Tyrrell & Byers (2007) monitorearon el desarrollo de la comunidad incrustante durante seis meses en Wells, Main en Estados Unidos, en sustratos artificiales y naturales. Aunque en ambos sustratos se registró presencia de especies nativas y exóticas; las superficies artificiales obtuvieron un mayor crecimiento de ascidias exóticas. Debido a que las superficies artificiales proporcionan un contexto novedoso para las interacciones competitivas y dan a las especies exóticas mayor probabilidad de éxito.

Se ha puesto en consideración la importancia de la fauna incrustante en el transporte y establecimiento de especies exóticas invasoras, siendo uno de los vectores antropogénicos más antiguos, prácticamente desde el inicio de la navegación. Bastida-Zavala *et al.* (2014) realizaron un listado de invertebrados exóticos para las costas de México, teniendo como vectores de transporte e introducción: El agua de lastre, la acuicultura, el acuariofilia, la pesca de arrastre y las incrustaciones. Entre los invertebrados exóticos confirmados se encontraron 12 especies de esponjas, nueve poliquetos y 11 ascidias; además de nueve especies de poliquetos y cuatro de ascidias que son considerados como potenciales especies exóticas para México.

En el caso de los crustáceos Rodríguez-Almaraz & García-Madrigal (2014) realizaron una síntesis de las especies exóticas, cripticas, criptogénicas y cuestionables. Con relación a los crustáceos sésiles, para la costa de México hay ocho especies



exóticas, de las cuales *Amphibalanus amphitrite*, *A. eburneus*, *A. improvisus* y *A. reticulatus* están confirmadas para la costa del Pacífico mexicano.

Bastida-Zavala *et al.* (2016) realizaron muestreos de sabélidos y serpúlidos incrustantes en distintas marinas y puertos de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Michoacán, Oaxaca, Guerrero y Chiapas, descubriendo varias especies exóticas y/o criptogénicas, como: *Branchiomma bairdi*, *Ficopomatus miamiensis*, *F. uschakovi*, *Hydroides dirampha*, *H. elegans* e *H. sanctaecrucis*.

Bastida-Zavala *et al.* (2017) hicieron un estudio sobre los serpúlidos asociados a placas de incrustantes en la costa de Estados Unidos, con especial interés en las especies exóticas; con ello encontraron 25 especies de serpúlidos, de los cuales cuatro se registraron por primera vez en las costas de Estados Unidos; además confirmaron la presencia de tres especies exóticas (*Ficopomatus enigmaticus*, *F. uschakovi* y *Spirobranchus minutus*), dos que se presumen exóticas (*Protula balboensis* y *Pseudovermilia occidentalis*) y tres que son criptogénicas (*Hydroides dianthus*, *H. dirampha* e *H. elegans*).



Justificación

En la costa de Oaxaca son escasos los estudios enfocados a puertos y marinas; pese a su importancia como ambientes fragmentados sometidos a impactos antropogénicos y que adicionan continuamente superficies artificiales al medio marino (Chapman 2003).

La marina Chahué, en Bahías de Huatulco, es un área constituida por sitios con importancia ecológica, turística y con alta diversidad biológica. Además, presenta infraestructura portuaria que genera sitios de incrustación potenciales para el desarrollo de los invertebrados; actualmente no existen estudios ecológicos en esta área.

El seguimiento periódico de los cambios en las comunidades incrustantes es clave para el conocimiento de la fauna marina del estado y permite obtener información sobre el ecosistema en el que se desarrollan, las reacciones a los cambios ambientales asociados a entornos urbanizados y su efecto sobre procesos ecológicos (como la sucesión) (Chapman & Bulleri 2010).

Además, conociendo la composición de especies se puede determinar su localidad de origen; lo que contribuye a comprender el estado de la comunidad local con respecto a las invasiones; ya que las actividades asociadas a las marinas y puertos generan puntos de conectividad entre poblaciones geográficamente distantes (Chapman 2003, Okolodkov *et al.* 2007, Bastida-Zavala *et al.* 2013).

Por lo anterior, el estudio de la fauna incrustante en sustratos artificiales dentro de puertos y marinas, como la marina Chahué, es necesario para contribuir en el conocimiento, la conservación y el manejo de la fauna marina del estado.

Hipótesis

La inmersión de sustratos artificiales limpios (paneles de PVC), permitirá el establecimiento de hidrozoos, serpúlidos y balanos, considerados como fauna pionera; con el tiempo se diversificarán los taxones, asentándose esponjas, moluscos, briozoos y ascidias, sustituyendo a los previamente asentados.

Como respuesta a los cambios ambientales y al remplazo de sustrato se observará una mayor cobertura de taxones tolerantes, principalmente briozoos y ascidias, en el experimento trimestral con respecto al experimento anual.



Cada estación de muestreo tendrá diferencias ambientales a consecuencia de su posición en los muelles, esto a su vez propiciará el desarrollo diferencial de los invertebrados incrustantes.

Los cambios en la temperatura y la salinidad favorecerán el aumento en la cobertura de los invertebrados incrustantes; obteniendo mayor cobertura y biomasa en los periodos más cálidos.

Al menos una de las especies exóticas invasoras incrustantes registradas previamente para el Pacífico oriental tropical, será encontrada en este estudio (*Branchiomma bairdi*, *Hydroides sanctaecrucis*, *Amphibalanus amphitrite*, *Bugula neritina* y *Botrylloides violaceus*).

Objetivo general

Evaluar espacio-temporalmente la composición de invertebrados incrustantes en sustratos artificiales colocados en la marina Chahué, así como su relación con la transparencia del agua, sólidos totales disueltos, temperatura, salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto y pH, a corto (tres meses) y mediano plazo (1 año).

Objetivos específicos

- Identificar al máximo nivel taxonómico posible los invertebrados incrustantes.
- Determinar las especies nativas y las posibles especies exóticas invasoras.
- Obtener la relación de las variables ambientales con la variación espacio-temporal de los registros de cobertura de los invertebrados incrustantes.



Material y métodos

Área de estudio

La marina Chahué se encuentra dentro de la bahía con el mismo nombre, dicha bahía se encuentra situada en las coordenadas 15°45'48" N, 96°07'18"O. La zona pertenece al municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca, localizado en el Pacífico oriental tropical (POT).

La marina Chahué tiene un muelle flotante para el atraque de embarcaciones, cuenta con 128 lugares de amarre distribuidos de la siguiente manera: muelle uno (20 espacios para embarcaciones de hasta 10 metros), muelle dos (36 espacios para embarcaciones de hasta 11.89 metros), muelle tres (26 espacios para embarcaciones de hasta 18.3 metros) y el canal secundario (46 posiciones para embarcaciones de hasta 12.2 metros), posee una profundidad mínima de 3.5 metros, zona de talleres y patio de maniobras. Es un canal de navegación utilizado solo para embarcaciones menores como yates y lanchas de pesca (Anónimo 2012) (Fig. 9).

La dársena de la marina Chahué presenta una estructura semicerrada, presentando en el extremo sur una apertura al mar, la cual permite la entrada y salida de las corrientes en la marina. En el extremo noroeste desemboca el canal de recolección de agua pluvial "Chahué", el cual permite la llegada de grandes cantidades de agua dulce, sobre todo en los meses de mayor precipitación (junio a octubre) (de la Lanza-Espino 1991), aunque a lo largo del año recibe aportes variables de agua dulce tratada, originada en la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada 700 m de distancia de la marina (Fig. 9).

La temperatura del agua posee un valor máximo de 31°C y 26.7°C de valor mínimo y un promedio anual de 29.76°C. La salinidad oscila entre 23.15 y 34.58 con una media en la superficie de 29.66 (PanAmEx 2018).

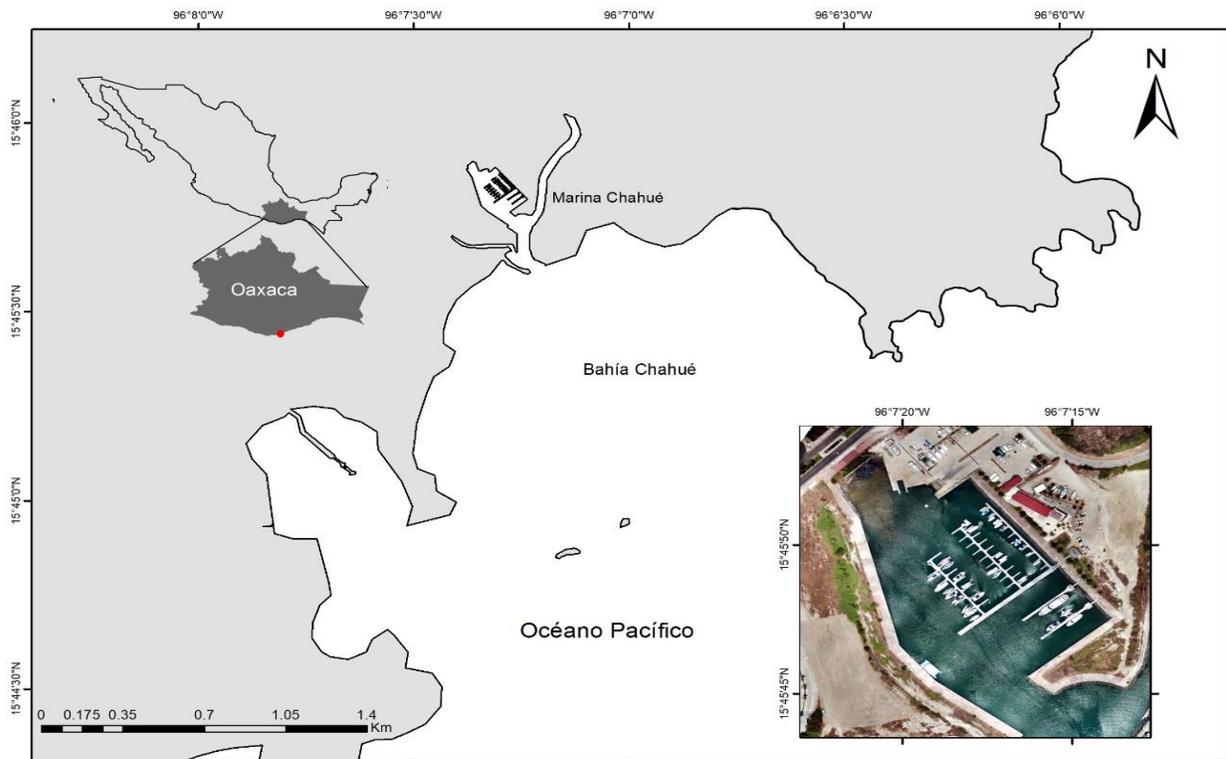


Figura 9. Localización espacial de la marina Chahué, en las bahías de Huatulco, Oaxaca. Foto de la marina Chahué (crédito: SIG-UMAR).

Las estaciones de muestreo fueron situadas en los muelles uno, dos, tres y el corredor central que conecta a los tres muelles, habiendo una separación de aproximadamente 50 m entre cada estación. La estación de muestreo A está situada en el muelle tres el cual está caracterizado por ser el más alejado de la entrada del mar, en cambio está mayormente influenciado por la entrada de agua dulce proveniente del canal de recolección de agua pluvial (Fig. 10).

La estación de muestreo B se encuentra justo a la mitad del muelle dos, mientras que la estación de muestreo C se encuentra al inicio del muelle uno, en la zona con menor influencia de las corrientes y en donde el agua se queda mayormente estancada y se observa una mayor acumulación de materia orgánica y basura (Fig. 10).

Finalmente, la estación de muestreo D se localiza en el extremo más alejado del corredor central que conecta a los tres muelles, teniendo por lo tanto una mayor influencia marina (Fig.10).



Figura 10. Los círculos rojos señalan la posición de las cuatro estaciones de muestreo del experimento dentro de los muelles de la Marina Chahué (crédito: Google® 2021).

Diseño del experimento

Sucesión trimestral: Se monitoreó la sucesión de invertebrados incrustantes en cuatro sitios dentro del muelle de la marina Chahué. Cada estación de muestreo (A, B, C y D) fue seleccionada con el fin de poder abarcar la mayor área y condiciones relativamente diferentes.

En cada estación de muestreo se colocaron tres placas de PVC opaco, de 15 x 15 cm por lado y 0.6 cm de grosor. Dichas placas son recolectores pasivos para la colonización de invertebrados incrustantes.



Antes de su colocación la superficie del lado expuesto de la placa fue previamente lijada. Asimismo, se usó un fragmento de ladrillo, fijado en el lado contrario, con lo cual se evitó que las placas flotaran. Cada placa fue amarrada con una cuerda y fijada al muelle con grapas. Las placas se sumergieron a un metro de profundidad, con una separación horizontal entre placas de un mínimo de 2 m.

Sucesión anual: Siguiendo la misma metodología del experimento trimestral se colocaron en cada estación de muestreo dos placas para incrustantes, que fueron mantenidas en cada estación de muestreo durante todo un año (jun 1, 2019–jun 6, 2020).

Caracterización ambiental

Se obtuvo el registro quincenal *in situ* de la temperatura (°C), sólidos totales disueltos (STD (mg/l)), salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto (%OD) y pH, utilizando un multiparámetro (Hanna 9878); a tres profundidades en cada estación de muestreo (0 m, 1 m y 2 m). La transparencia del agua fue estimada con el disco de Secchi, con el que posteriormente se calculó el coeficiente de atenuación difusa (K) (Jerlov 1968).

$$K = 1.7 / Z_{DS}$$

Donde:

Z_{DS} : es la profundidad donde el disco de Secchi deja de ser visible.

La caracterización ambiental de cada estación de muestreo inicia con la quincena cero, que corresponde al inicio del experimento, posteriormente la quincena uno es cuando se obtienen los primeros datos de cobertura y así sucesivamente. Con el promedio de los datos se obtuvo la caracterización de cada estación de muestreo en cada periodo trimestral y durante el año (promedio \pm error estándar).

Los datos ambientales de la estación de muestreo D inician a partir de la quincena dos (junio 29, 2019) que es cuando las placas fueron colocadas en dicha estación.

Las variables ambientales fueron comparadas para analizar si existe una diferenciación entre las estaciones de muestreo, para ello se utilizó el análisis de comparación de dos muestras de t de Student (Zar 2010). La hipótesis que probar es:



H₀: $\mu_1 = \mu_2$; la variable x en la estación de muestreo x es igual a la presentada en la estación de muestreo x .

H_a: $\mu_1 \neq \mu_2$; la variable x en la estación de muestreo x es diferente a la presentada en la estación de muestreo x .

Para los análisis adicionales se incluyó el registro mensual de las mareas obtenido en la página de la NOAA Tides & Currents (<https://tidesandcurrents.noaa.gov/>); de la estación de Salina Cruz, Oaxaca, México. Los registros obtenidos fueron utilizados para la construcción de una matriz de datos (matriz P1). En este caso se utilizó la variación histórica mensual de la marea en la zona para determinar si existe una correspondencia con el registro de cobertura en porcentaje de los invertebrados.

Obtención de organismos

En el experimento trimestral se extrajeron y remplazaron tres placas en cada estación de muestreo, hasta completar los cuatro periodos trimestrales: Junio-agosto, septiembre-noviembre, diciembre-febrero y marzo-junio.

Para lo cual se establecieron cuatro periodos de extracción:

- Primer periodo: 1 de junio al 24 de agosto del 2019.
- Segundo periodo: 24 de agosto al 30 de noviembre del 2019.
- Tercer periodo: 30 de noviembre al 22 de febrero del 2020.
- Cuarto periodo: 22 de febrero al 13 de junio del 2020*.

*Tanto el monitoreo fotográfico como la recuperación de las placas del cuarto periodo trimestral fueron cancelados y aplazados, respectivamente, debido a las medidas de confinamiento dictadas por las autoridades debido a la pandemia producida por el virus SARS-CoV-2.

Las placas removidas fueron separadas de sus ladrillos (peso muerto), los cuales fueron lavados y guardados para uso posterior. Los bordes y la parte no expuesta de cada placa fueron raspados *in situ* con una espátula, para retirar los organismos incrustantes, debido a que solo se evaluó la cobertura de organismos incrustantes adheridos a la parte expuesta. Antes de la fijación de los organismos, cada placa de PVC



fue pesada en una báscula digital marca Santul® y se registró el peso húmedo, con lo que se obtuvieron los valores de biomasa (kg/m²) en cada trimestre.

Las placas fueron colocadas en bolsas plásticas Ziploc® de 26.8 cm x 27.3 cm, con 500 ml de cloruro de magnesio, posteriormente se sustituyó con 500 ml formol al 4% (poliquetos, balanos, briozoos), o bien alcohol al 96%, (crustáceos) dependiendo de las características de fijación de los grupos presentes. Cada bolsa fue etiquetada con la fecha, estación y número de placa correspondiente, para su traslado al Laboratorio de Sistemática de Invertebrados Marinos (LABSIM), donde los organismos fueron desprendidos de la placa y separados en grandes grupos taxonómicos.

Para realizar la identificación taxonómica al máximo nivel posible, se usó microscopio estereoscópico, microscopio óptico, claves de identificación y literatura especializada para cada grupo taxonómico (Tabla 1). Se realizaron descripciones generales de los taxones, en la sección de material examinado se abrevian los lotes en que se encuentran los ejemplares, el número de ejemplares (en el caso de los organismos solitarios), la estación de muestreo (A, B, C o D) y en el último trimestre se diferencia si corresponden al experimento trimestral (T) o al experimento anual (A), seguido de la fecha (ddmmaa); por ejemplo: las placas obtenidas en la estación de muestreo B durante el primer trimestre tendrá el siguiente lote (BT–240819); las placas obtenidas en la estación de muestreo C del experimento anual tendrá en siguiente lote (CA–130620) y finalmente aquellas muestras obtenidas en placas trimestrales y anuales en la estación D tendrá el siguiente lote (DTA–130629).

Los taxones identificados fueron preservados en frascos con alcohol al 70%; asimismo, se etiquetaron con los datos respectivos de cada muestreo. La identificación taxonómica obtenida hasta el máximo nivel (especie), fue utilizada para determinar aquellas especies que de acuerdo con registros previos o bien a la literatura si son consideradas: exótica (E), exótica invasora (EI), potencial (P) o criptogénica (CRI) o reportada para el Pacífico (RP), en el caso de los taxones con poca resolución de identificación este criterio no es aplicable.



Tabla 1. Literatura especializada utilizada para identificar cada grupo taxonómico.

| Grupo taxonómico | Literatura |
|--------------------|---|
| Porifera | Boury-Esnault & Rützler (1997), Lee <i>et al.</i> (2007), Hooper & Van Soest (2002) |
| Cnidaria | Bouillon <i>et al.</i> (2006), Fraser (1938a, 1938b, 1938c, 1948) |
| Annelida | |
| Serpúlidos | Bastida-Zavala & ten Hove (2003), Bastida-Zavala (2009), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016) |
| Sabélidos | Tovar-Hernández (2009), Tovar-Hernández <i>et al.</i> (2009a), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016). |
| Espiónidos | Delgado-Blas (2009) |
| Terébelidos | Londoño-Mesa (2009) |
| Maldánidos | Salazar-Vallejo & Díaz-Díaz (2009) |
| Sipuncula | Cutler (1994) |
| Mollusca | Fischer <i>et al.</i> (1995), Coan & Valentich-Scott (2007), Lodeiros <i>et al.</i> (2020) |
| Arthropoda | Darwin (1854), Pilsbry (1916), Henry & McLaughlin (1975), Zullo (1979) |
| Entoprocta | Robertson (1900), Osburn (1953), Wasson & Mariscal (2007) |
| Bryozoa | Osburn (1952, 1953) |
| Chordata | Van Name (1945), Tokioka (1967), Monniot & Lambert (2008), Rocha <i>et al.</i> (2012) |

Ecología de la comunidad

Índices ecológicos

Con los registros de cobertura en porcentaje, obtenidos quincenalmente, se calculó la tasa de cambio en la composición de los taxones en cada estación de muestreo, con ello se obtuvieron las quincenas que presentaron un mayor porcentaje de renovación (dado por el asentamiento de nuevos taxones y sustitución de taxones).

1) Tasa de renovación

$$TO = (I + E)/(S_t + S_{t+1})$$

Donde:

To= Tasa de renovación entre los tiempos t y $t+1$.

I= Tasa de inmigración, especies presentes en el momento $t+1$ que no están en el tiempo t .

E= Tasa de extinción, especies en el tiempo t , que no están presentes en el tiempo $t+1$.

S= Número total de especies en la comunidad.



La diversidad y dominancia de especies se cuantificó con el índice de Shannon-Wiener (1949), que permite calcular la incertidumbre que se tiene al predecir a qué especie podría pertenecer un individuo seleccionado al azar dentro de una comunidad. Como medida adicional se calculó el índice de diversidad verdadera (“true diversity”), que proporciona el número efectivo de especies, ya que mide la diversidad que tendría la comunidad integrada por i especies igualmente comunes; de esta forma los números efectivos de especies sirven para describir la diversidad de una comunidad y comparar de forma directa la magnitud de la diferenciación en la diversidad de dos o más comunidades (Hill 1973, Jost 2006, Moreno *et al.* 2011).

Para determinar si todas las especies presentan la misma abundancia se utilizó el índice de equidad, en este caso el modelo de Pielou el cual complementa al índice de Shannon-Wiener (Moreno 2001).

2) Índice de Shannon-Wiener

$$H' = - \sum (p_i * \ln p_i)$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

3) Diversidad verdadera

$$D = \exp(H')$$

Donde:

H' = es el valor del índice de Shannon obtenido con anterioridad. Su resultado es un valor cuyas unidades son el número de especies equivalentes de la comunidad.

4) Modelo de Pielou

$$H'_{max} = \log S$$

$$J = H' / H'_{max}$$

Donde:

S = número total de especies.

Para saber si existen diferencias en la diversidad basadas en la equidad (H'), en cada uno de los trimestres, se realizó la prueba de Hutcheson (Moreno 2001). Con los conteos



de los ejemplares obtenidos al final de cada trimestre; considerando a los organismos coloniales (no contables) como un solo individuo para ser incluidos en el análisis.

5) Prueba de Hutcheson

$$H_p = \frac{(N * \log N) - (\sum f_i * \log f_i)}{N}$$

Donde:

H₀= la diversidad de la estación (x) es igual a la de la estación (y).

H_a= la diversidad de la estación (x) es diferente a la de la estación (y).

f_i= frecuencia registrada de la especie.

Posteriormente se calculó la varianza del índice de diversidad ponderado, la diferencia de varianza de ambas muestras, y el valor de t calculado.

6)

$$Var = \frac{(\sum f_i * \log f_i) - (\sum f_i * \log^2 f_i)/N}{N^2}$$

7)

$$Dvar = \sqrt{var_1 + var_2}$$

8)

$$t = \frac{Hp_1 - Hp_2}{Dvar}$$

Estimación de la cobertura de invertebrados incrustantes

Quincenalmente cada placa fue fotografiada con una cámara Canon EOS Rebel T6, la cual fue fijada a un tripié a una distancia vertical de 49 cm; de esta manera se registró la presencia y el cambio en la cobertura de incrustantes. Con el registro fotográfico quincenal se obtuvo el porcentaje de cobertura de los invertebrados incrustantes utilizando el programa ImageJ® v.1.48 (Rasband 2016. <http://rsbweb.nih.gov/ij/>).

Para el análisis de la cobertura se estableció una escala en el programa, tomando como referencia la longitud de la placa (15 cm); una vez establecida la escala fue utilizada en todas las imágenes; la herramienta *ROI Manager* se utilizó para realizar las múltiples mediciones por cada grupo de organismos, estos fueron seleccionados con la herramienta *selection brush tool*.



Posterior a esto, con el comando *Measure* se obtuvo el valor del área de cada una de las selecciones; esto fue trasladado a una hoja de Excel® para calcular el área total cubierta por grupo taxonómico y finalmente con ello obtener el registro de cobertura en porcentaje (RC en %) (González 2018).

Con el promedio del registro de cobertura en porcentaje (RC en %) de las tres placas trimestrales por estación de muestreo se construyó una matriz de datos nombrada como matriz P. Se realizó lo mismo con las dos placas anuales por estación de muestreo, la matriz de datos se nombró como matriz Pa.

Variación espacio-temporal

Con el promedio del registro de cobertura en porcentaje (RC en %) de las tres placas, se realizaron gráficos para cada estación de muestreo por trimestre, para los gráficos anuales se realizó el promedio de las dos placas correspondientes. Con ello se obtuvo la variación de la cobertura de los taxones a lo largo del tiempo.

La biomasa se obtuvo al restarle el peso de la placa vacía (166 g) al peso húmedo obtenido *in situ*; posteriormente se calculó el promedio las tres placas trimestrales y el promedio de las dos placas anuales de cada estación de muestreo; y se realizó la conversión para obtener los valores expresados en kg/m².

Con los datos obtenidos se realizó un gráfico para comparar la variación de la biomasa obtenida en cada estación de muestreo en cada trimestre y en el experimento anual.

Para la variación espacial se implementó un modelo de Clasificación por Redes Neuronales (CRN) (Haykin 1999) en el programa STATISTICA® versión 7.0, el cual se ejecutó con la matriz P y Pa. Para un grupo de resultados por desplegar (clasificación lineal, clasificación lineal multicapa y clasificación radial), se decidió usar el tercer tipo de resultado, para analizar los efectos en la posición espacial de las cuatro estaciones de muestreo donde ocurrió la fijación de invertebrados al interior de la marina Chahué (Fig. 10). Para el modelo CRN radial, la información de entrada son los registros de cobertura en porcentaje (RC en %), para los invertebrados fijados e identificados en las cuatro estaciones de muestreo durante el año de estudio.

El CRN radial, está constituido por i ecuaciones lineales (en los espacios sinápticos) y por i ecuaciones “no lineales” (en las capas de activación). Las funciones sinápticas y de activación fueron elegidas por el software STATISTICA® versión 7.0.

Por otra parte, las salidas del CRN radial son los i registros probabilísticos clasificados para el total de los invertebrados fijados en las cuatro estaciones de muestreo.

En los cinco análisis espaciales realizados (cuatro trimestrales y uno anual), un modelo radial de clasificación por redes neuronales (RBF) fue implementado con tres capas de activación, usando el RC en % de los invertebrados fijados en las cuatro estaciones de muestreo (nombrada variable r_i) siendo la información de entrada. Un modelo lineal [$P(1) = a_i + b_i \cdot (r_i)$] fue utilizado para activar la primera capa de aprendizaje. Entre la capa mencionada anteriormente y la segunda capa de aprendizaje, se utilizó un modelo lineal como señal sináptica [$S(1) = c_i + d_i \cdot P(1)$] y para activar la segunda capa de aprendizaje, se utilizó un modelo exponencial [$P(2) = (e^{-S^1})$]. Entre la segunda y tercera capa de aprendizaje, un modelo radial [$S(2) = ((P(2) - f_i)^2 \cdot g_i)$] se empleó como señal sináptica y para activar la tercera capa de aprendizaje, un modelo lineal [$P(3) = c_i + b_i \cdot (S_2)$]. Finalmente, con esta última capa se calcularon los registros probabilísticos clasificados para la P (RC en % (r_i)), que incluye a todos invertebrados que se fijaron en cada estación de muestreo (Fig. 11).

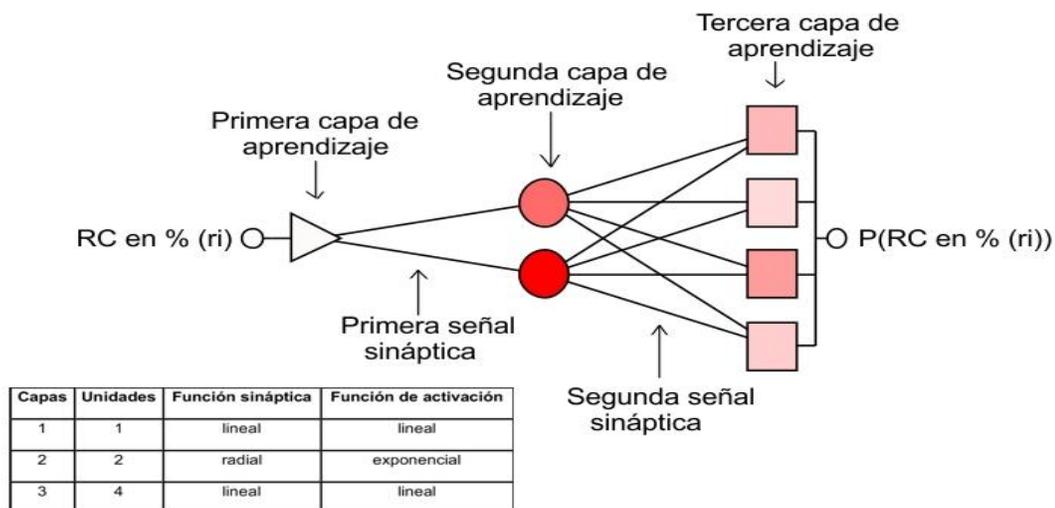


Figura 11. Diagrama del modelo de Clasificación por Redes Neuronales que se obtuvo a partir de registro de cobertura en porcentaje de los invertebrados incrustantes en cada estación de muestreo.



Variables ambientales

Con el promedio de los registros obtenidos *in situ* (temperatura, sólidos totales disueltos, salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto y transparencia del agua) se realizó la caracterización general del sitio durante el año de estudio.

Los registros obtenidos a un metro de profundidad en cada una de las estaciones de muestreo fueron utilizados para estructurar la matriz P1, de esta manera se realizó el pretratamiento de los datos para posteriores análisis.

Con la matriz P1 se implementó un modelo de Clasificación por Redes Neuronales (CRN) (Haykin 1999), usando el programa STATISTICA® versión 7.0. Para un grupo de resultados por desplegar (clasificación lineal, clasificación lineal multicapa y clasificación radial), se decidió usar el tercer tipo de resultado, para analizar el efecto de las variables ambientales en las estaciones de muestreo sobre el registro de cobertura en porcentaje (RC en %) de los invertebrados. Para el modelo CRN radial, la información de entrada son los registros de cobertura (RC en %), transparencia del agua, sólidos totales disueltos (STD), temperatura, salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto (%OD), potencial de hidrogeno (pH), obtenidos el durante el año de estudio (junio 2019–julio 2020).

El CNR radial está constituido por i ecuaciones lineales (en los espacios sinápticos) y por i ecuaciones “no lineales” (en las capas de activación). Las funciones sinápticas y de activación fueron elegidas por el software STATISTICA® versión 7.0.

Por otra parte, las salidas CRN radial son i registros probabilísticos clasificados, se denominaron P (RC en %), P (transparencia del agua), P (STD), P (temperatura), P (salinidad), P (%OD), P (pH).

De manera adicional, en un segundo análisis de Clasificación por Redes Neuronales, se incluyó el registro mensual de las mareas denominado como P (mareas).

En los cinco análisis de las variables ambientales realizados (cuatro trimestrales y uno anual), un modelo radial de clasificación por redes neuronales (RBF) fue implementado con tres capas de entrenamiento usando: el registro de cobertura en porcentaje (RC en %), transparencia del agua, sólidos totales disueltos (STD), temperatura, salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto (%OD), pH y mareas, (nombradas variables r_i) siendo la información de entrada. Un modelo lineal fue usado para la activación de la primera capa de aprendizaje [$P(1) = a_i + b_i \cdot (r_i)$]. Entre la primera y la

segunda capa de aprendizaje se utilizó un modelo lineal como señal sináptica [$S(1) = c_i + d_i \cdot P(1)$] y para activar la segunda capa de aprendizaje se utilizó un modelo exponencial [$P(2) = (e^{-S1})$]. Entre la segunda y tercera capa de aprendizaje, se utilizó un modelo radial [$S(2) = e_i + f_i \cdot P(2)$] como señal sináptica, y para activar la tercera capa de aprendizaje se utilizó una función lineal [$P(3) = S^2 + S^1 \cdot (ri)$]. Finalmente, a partir de la última capa de aprendizaje se calculó el $P(ri)$, que se denominó de la siguiente manera: P (RC en %), P (transparencia del agua), P (STD), P (temperatura), P (salinidad), P (%OD), P (pH), P (mareas) (Fig. 12).

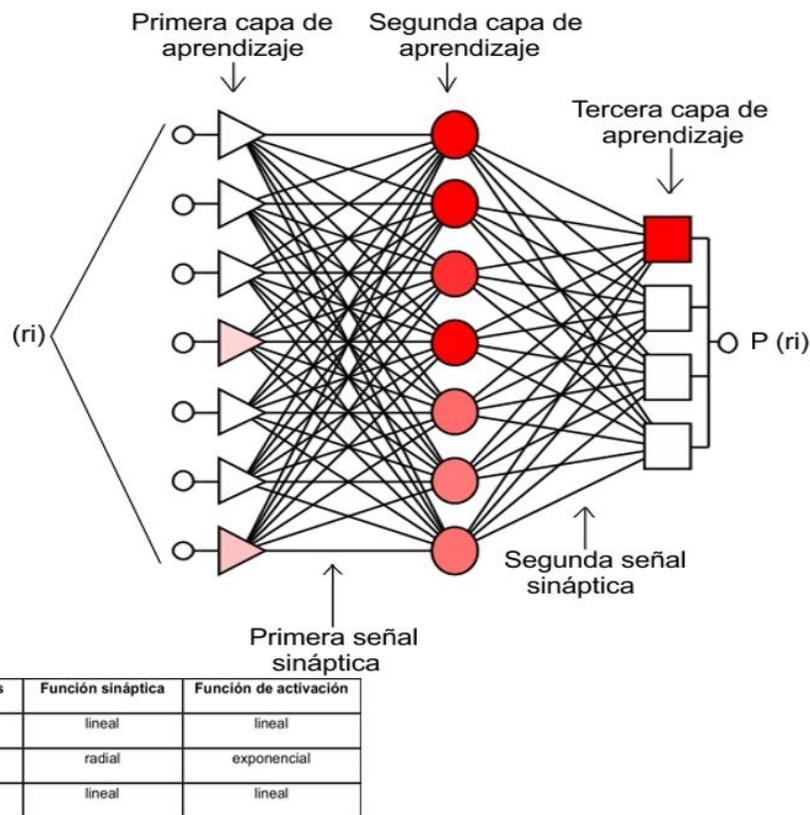


Figura 12. Diagrama de la red neuronal que se obtuvo a partir de registro de cobertura en porcentaje, transparencia del agua, sólidos totales disueltos, temperatura, salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto y pH en cada estación de muestreo.

Los promedios de los registros probabilísticos clasificados, obtenidos con el análisis de Clasificación por Redes Neuronales (CRB) para cada variable ambiental, se utilizaron para construir una matriz de contingencia denominada “variables ambientales”.



La matriz de contingencia “variables ambientales” fue utilizada para realizar un Análisis de Correspondencia (AC) implementado para explicar, en términos de “afectación”, cómo los gradientes de cada variable afectaron al registro de cobertura en porcentaje en cada una de las estaciones de muestreo. La matriz constó de siete renglones (*i*) correspondientes a las variables ambientales: temperatura, sólidos totales disueltos (STD), salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto (%OD), transparencia del agua, mareas y el registro de cobertura en porcentaje (RC%); así como de cuatro columnas (*j*) que correspondieron a las estaciones de muestreo: A, B, C, D. La interacción fue *i, j*.

El resultado del análisis de correspondencia se evaluó con base al valor del índice de inercia total ($IT = \text{Eigen-valor } 1 + \text{Eigen-valor } 2$), cuyos valores cercanos a cero indican que el análisis es confiable y valores cercanos a 1 indican que el análisis no es confiable.

Además se empleó un gráfico perceptual de correspondencia (Hair *et al.* 1999) y para interpretarlo se consideró únicamente el eje X, el signo y la magnitud del valor de la correspondencia, de manera que ésta fue “baja” para valores de correspondencia negativos, “media” para valores de cercanos a cero y “alta” para valores positivos mayores a cero. El análisis de correspondencia se implementó mediante el programa STATISTICA® versión 7.0.



Resultados

Se recolectaron y revisaron 55 placas de PVC a lo largo del año, se obtuvo un total de 12,553 ejemplares de invertebrados, de los cuales se identificaron 43 taxones distribuidos en nueve filos. Porifera (cuatro taxones), Cnidaria (tres), Annelida (12), Sipuncula (uno), Mollusca (10), Arthropoda (tres), Entoprocta (uno), Bryozoa (tres) y Chordata (seis).

De los taxones obtenidos, algunos fueron identificados a nivel de especie, de estos se obtuvieron a las especies con registros previos para la zona, y en algunos casos de acuerdo con la literatura, se menciona su naturaleza exótica, exótica invasora o criptogénica (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de taxones encontrados. La clave del estatus es: *= registrada en el Pacífico, CRI= especie criptogénica. E= especie exótica, EI= especie exótica invasora, P= especie potencialmente exótica.

| Taxón | Estatus | Referencia |
|--|---------|---|
| Porifera | | |
| Demospongiae sp. 1 | - | - |
| Demospongiae sp. 2 | - | - |
| Demospongiae sp. 3 | - | - |
| <i>Cliona</i> sp. | - | - |
| Cnidaria | | |
| <i>Pennaria disticha</i> | */CRI | Fraser (1938a, b), Humara-Gil & Cruz-Gómez (2018) |
| <i>Clytia</i> cf. <i>exilis</i> | - | - |
| <i>Obelia</i> sp. | - | - |
| Annelida | | |
| Maldanidae sp. | - | - |
| <i>Branchiomma bairdi</i> | EI | Tovar-Hernández <i>et al.</i> (2009a, b), Villalobos-Guerrero <i>et al.</i> (2012), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2014), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016) |
| <i>Parasabella</i> cf. <i>lacunosa</i> | - | - |
| <i>Hydroides brachyacantha</i> | * | Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016) |
| <i>Hydroides dirampha</i> | E/CRI | Rioja (1942), Bastida-Zavala & ten Hove (2003), Villalobos-Guerrero <i>et al.</i> (2012), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016), de León-González <i>et al.</i> (2021) |
| <i>Hydroides elegans</i> | E/CRI | Bastida-Zavala & ten Hove (2003), Bastida-Zavala (2008), Tovar-Hernández <i>et al.</i> (2009b), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2014), de León-González <i>et al.</i> (2021). |
| <i>Hydroides panamensis</i> | * | Bastida-Zavala & ten Hove (2003), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016) |
| <i>Hydroides sanctaecrucis</i> | * | Bastida-Zavala & ten Hove (2002), Bastida-Zavala & ten Hove (2003), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2014), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016) |
| <i>Spirobranchus minutus</i> | * | Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2016) |



| Taxón | Estatus | Referencia |
|---|---------|---|
| <i>Dipolydora</i> sp. | - | - |
| <i>Polydora</i> sp. | - | - |
| <i>Streblosoma</i> sp. | - | - |
| Sipuncula | | |
| <i>Phascolosoma</i> (<i>P.</i>) <i>puntarenae</i> | * | Fisher (1952), Silva-Morales & Gómez-Vásquez (2021) |
| Mollusca | | |
| <i>Leiosolenus aristatus</i> | * | Olsson (1961), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2013) |
| <i>Ostrea conchaphila</i> | * | Carpenter (1857), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2013) |
| <i>Saccostrea palmula</i> | * | Carpenter (1857), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2013), Sowerby (1857) |
| <i>Striostrea prismatica</i> | * | Carpenter (1864), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2013) |
| <i>Bivalvia</i> sp. 1 | - | - |
| <i>Bivalvia</i> sp. 2 | - | - |
| <i>Thylacodes margaritaceus</i> | * | Chenu (1844), Keen (1971), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2013) |
| <i>Thylaeodus indentatus</i> | * | Carpenter (1857), Keen (1961), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2013) |
| Patellidae sp. | - | - |
| <i>Crucibulum spinosum</i> | * | Sowerby (1824), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2013) |
| Arthropoda | | |
| <i>Balanus</i> cf. <i>trigonus</i> | - | - |
| <i>Amphibalanus</i> cf. <i>amphitrite</i> | - | - |
| <i>Amphibalanus</i> cf. <i>eburneus</i> | - | - |
| Entoprocta | | |
| <i>Barentsia discreta</i> | E/CRI | Osburn (1953), Wasson & Mariscal (2007) |
| Bryozoa | | |
| <i>Bugula neritina</i> | EI | Medina-Rosas & Tovar-Hernández (2012) |
| <i>Savignyella lafontii</i> | * | Osburn (1952) |
| <i>Smittina</i> sp. | - | - |
| Chordata | | |
| <i>Diplosoma listerianum</i> | EI | Van Name (1945), Moreno-Dávila (2010) |
| <i>Ascidia ceratodes</i> | * | Van Name (1945), Carballo (2006), Moreno-Dávila (2010) |
| <i>Botrylloides niger</i> | EI | Moreno-Dávila (2010), Tovar-Hernández (2012) |
| <i>Botrylloides violaceus</i> | EI | Carballo (2006), Moreno-Dávila (2010), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2014) |
| <i>Styela</i> cf. <i>canopus</i> | - | - |
| <i>Symplegma brakenhielmi</i> | EI | Lambert & Lambert (1998, 2003), Moreno-Dávila (2010), Tovar-Hernández (2012), Bastida-Zavala <i>et al.</i> (2014) |



Sistemática

Filo Porifera Grant, 1836

Clase Demospongiae Sollas, 1885

Demospongiae sp. 1

Figura 13A

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-PORI-005 (AT, BT, CT, DT–301119), UMAR-PORI-006 (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-PORI-007 (AA, BA, CT, DA–130620).

Descripción: Esponja incrustante que genera un revestimiento delgado sobre las superficies, con una consistencia frágil y suave. Ósculos dispersos de 1–2 mm de diámetro. Coloración *in vivo* amarillo olivo o anaranjado claro, con puntos anaranjado intenso en la superficie distribuidos de manera aleatoria. Color preservado en alcohol beige. La esponja es compresible.

Hábitat: Sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre las placas de PVC.

Comentarios: Los ejemplares de este taxón, por su la consistencia suave, se deshicieron en trozos más pequeños al ser desprendidos del sustrato, lo cual impidió su correcta observación.

Demospongiae sp. 2

Figura 13B–C

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-PORI-008 (BA–130620).

Descripción: Forma parecida a dedos largos y delgados (digitada), divididos profundamente. Ósculos redondos o semiovalados, distribuidos de manera aleatoria de 1–4 mm de diámetro. Consistencia compresible pero firme, color en vivo purpura; coloración café claro al ser preservada en alcohol. Superficie recubierta de espículas.

Hábitat: Sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre las placas de PVC.



Comentarios: Obtuvo un registro de cobertura del 90% en la estación de muestreo B, cubriendo por completo a los invertebrados anteriormente incrustados. La falta de observación de espículas y el arreglo de estas en el ejemplar no permitió la identificación.

Demospongiae sp. 3

Figura 13D–F

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-PORI-009 (CA–130620).

Descripción: Crecimiento incrustante en forma de cojín, con elevación de hasta 2 cm. Consistencia firme pero quebradiza al ejercer fuerza. Ósculos circulares. Con espículas de tipo oxas; curvadas y en forma de estilos. Esqueleto ectosómico como red tangencial uniespicular, que forman mallas triangulares y cuadrangulares. Color verde claro en vivo, color crema después de ser fijada.

Hábitat: Sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre las placas de PVC.

Comentarios: Los ejemplares con estas características solo se presentaron en la estación de muestreo C, el particular arreglo de las espículas permitió determinar que el ejemplar era diferente a los encontradas en las otras estaciones de muestreo; sin embargo, para la correcta identificación se requeriría la extracción de espículas para determinar si presenta solo oxas curvadas y estilos o si posee más tipos de espículas.

Orden Clionaida Morrow & Cárdenas, 2015

Familia Clionaidae d'Orbigny, 1851

Género *Cliona* Grant, 1826

***Cliona* sp.**

Figura 13G–H

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-PORI-010 (AT, BT, CT–240819), UMAR-PORI-011 (BT, CT, DT–301119), UMAR-PORI-012 (BT, CT, DT–220220), UMAR-PORI-013 (AT, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Con forma de revestimiento ligeramente elevado que recubre ampliamente el sustrato; superficie cubierta de poros. Color crema en vida de consistencia compresible pero firme; color blanco después de la fijación y consistencia quebradiza. Con estilos con arreglo en forma alveolada. Espículas de tipo tilostilos.

Hábitat: Sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre las placas de PVC.

Comentarios: Se encontró en pequeños parches sobre otros invertebrados y sobre la placa de PVC; también se encontró entre las conchas de los balanos.

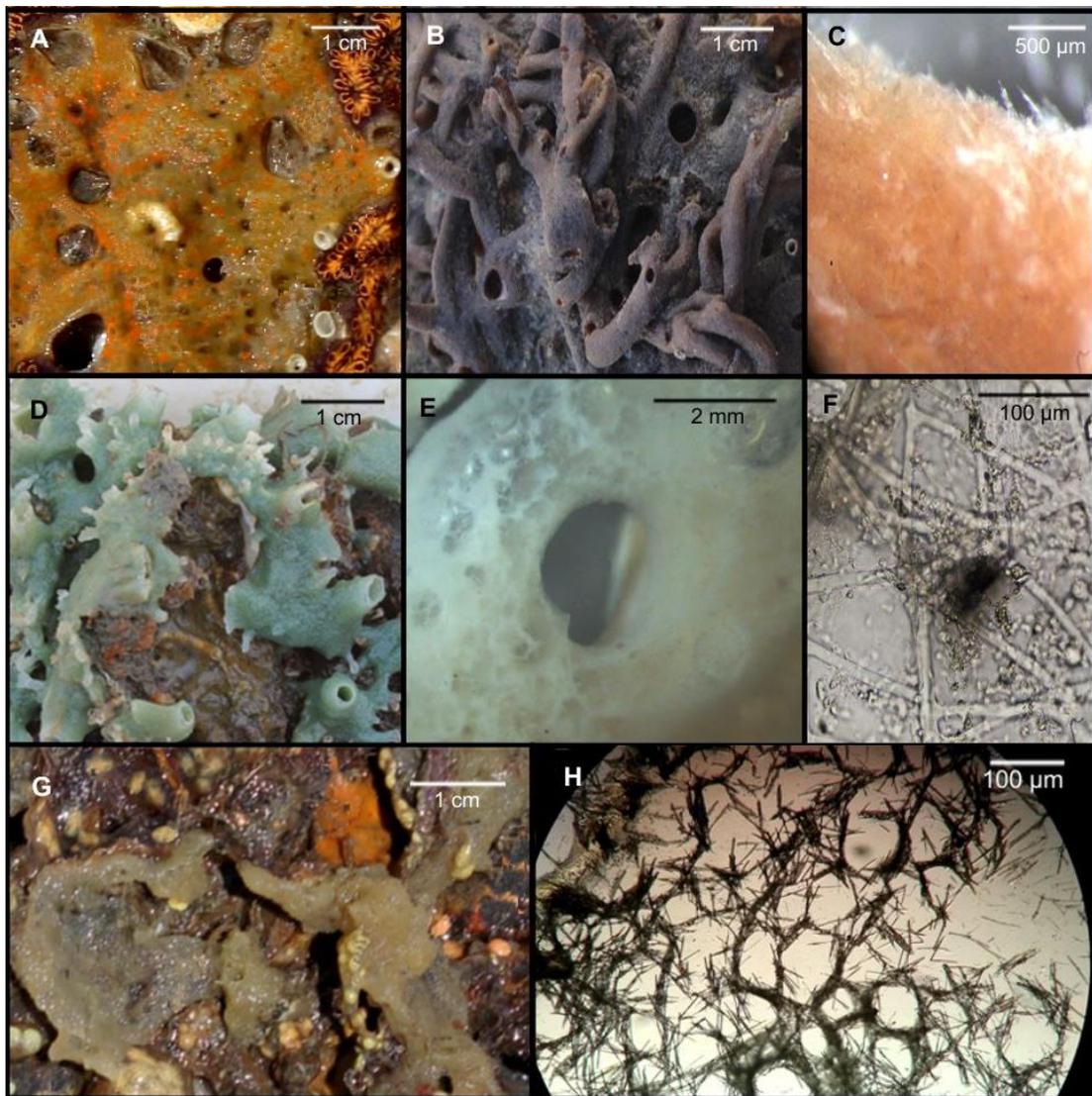


Figura 13. A) *Demospongiae* sp. 1, *in vivo*. *Demospongiae* sp. 2: B) coloración en vivo; C) acercamiento espículas. *Demospongiae* sp. 3: D) coloración en vivo; E) coloración después de ser fijado; F) arreglo de las espículas. *Cliona* sp.: G) coloración en vivo; H) arreglo de espículas.



Filo Cnidaria Hatschek, 1888

Clase Hydrozoa Owen, 1843

Subclase Hydroidolina Collins, 2000

Orden Anthoathecata Cornelius, 1992

Familia Pennariidae McCrady, 1859

Género *Pennaria* Goldfuss, 1820

***Pennaria disticha* Goldfuss, 1820**

Figura 14

Pennaria disticha Goldfuss, 1820: 89 (localidad tipo: golfo de Nápoles, Italia).—Calder *et al.* 2003: 1198 (Pacífico occidental).—Schuchert 2006: 364, fig. 15 (Mallorca, Cala Murada).—Calder 2010: 63, fig. 43 (archipiélago Hawaiano).—Humara-Gil & Cruz-Gómez 2018: 456, fig. 2 (bahía Estacahuite, Oaxaca).

Pennaria tiarella.—Fraser 1938a: 25 (San Francisco, Panamá).—Fraser 1938b: 132 (San Pedro, California; bahía San Francisco; Pacífico de Panamá; La Libertad, Ecuador).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-HYDR-013, una colonia (AA-130620).

Descripción: Colonias de crecimiento monopodial de 4.2–6.6 mm de longitud, con hidrantes en los extremos, estolones rastrosos y ramificados. Eje principal grueso (hidrocaule) de color café oscuro, en la porción más cercana a la punta se curva ligeramente, con anulaciones. Ramas más delgadas que el hidrocaule, hidrantes distribuidos a lo largo de la rama; con anulaciones en toda su longitud (ramas más jóvenes sin anulaciones). Hidrantes con forma de pera, hipostoma globoso, tentáculos filiformes distribuidos en todo el hidrante. Gonóforos ovalados con cuatro bulbos pequeños.

Hábitat: Sobre sustratos naturales, como rocas (Humara-Gil & Cruz-Gómez 2018).

Distribución geográfica: Circumglobal en aguas templadas y aguas tropicales. Golfo de California, bahía Santa Elena, bahía San Francisco, este de Panamá, Ecuador, bahía Estacahuite y bahía Aguate (Oaxaca) (Fraser 1938a, 1938b, Cornelius 1992, Humara-Gil & Cruz-Gómez 2018).

Comentarios taxonómicos: Fraser (1938a, b) registró en varias localidades del Pacífico oriental *Pennaria tiarella*, aunque no incluyó descripciones sus ejemplares.

Posteriormente, esta especie fue sinonimizada con *P. disticha* (van der Land 2008). Recientemente, Humara-Gil & Cruz-Gómez (2018), registraron por primera vez a *P. disticha* para la costa de Oaxaca, siguiendo la redescrición de Schuchert (2006). Schuchert (2006) y Humara-Gil & Cruz-Gómez (2018) describieron variaciones en el número de tentáculos, en la posición y número de anulaciones en el pedicelo, características observadas también en los ejemplares de la marina Chahué; además, se observó que las colonias de la marina Chahué son 1.2 mm más largas que las descritas por Humara-Gil & Cruz Gómez (2018).

Observaciones generales: Debido a la suspensión de los muestreos quincenales no se pudo determinar en cual quincena del cuarto trimestre se asentó *Pennaria disticha*; sin embargo, el periodo de asentamiento se dio entre los meses de abril a junio.

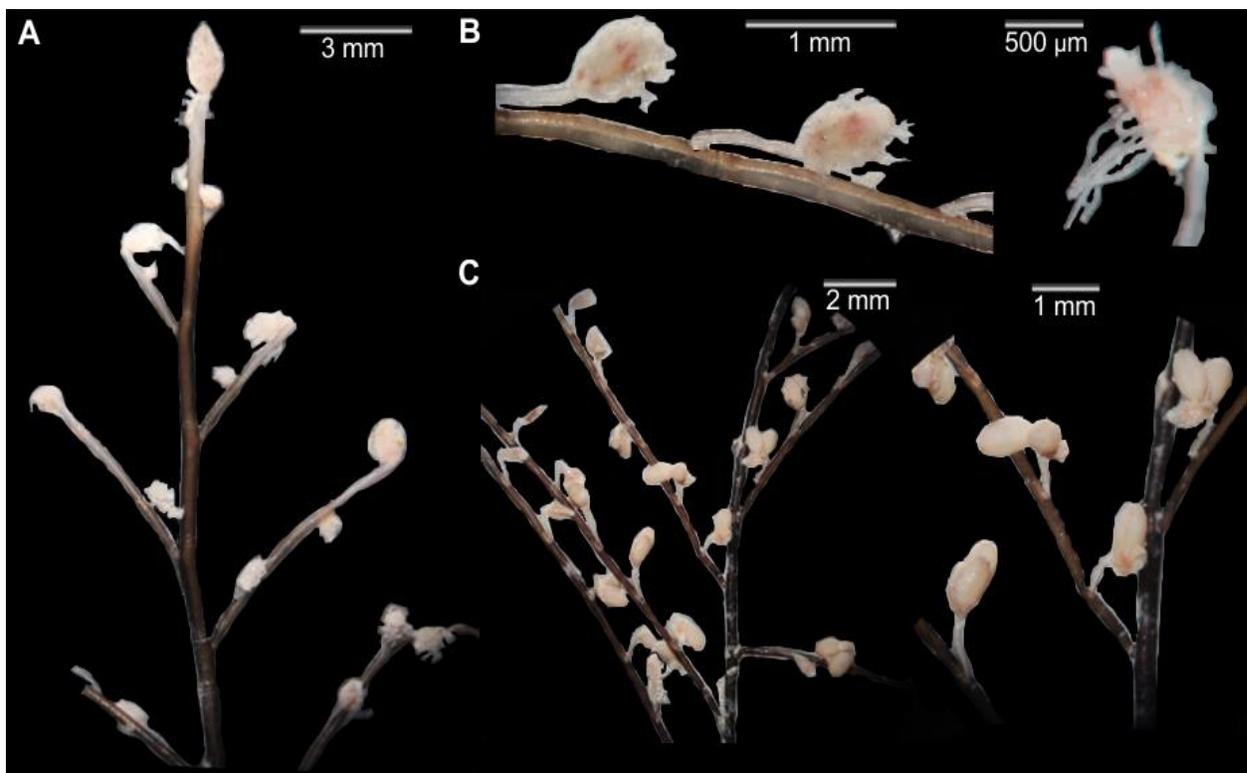


Figura 14. *Pennaria disticha*: A) porción de la colonia; B) hidrantes; C) gonóforos.



Orden Leptothecata Cornelius, 1992

Familia Campanulariidae Johnston, 1836

Género *Clytia* Lamouroux, 1812

Clytia cf. *exilis*

Figura 15A–B

Especie nominal: *Clytia exilis* Fraser, 1948: 207, pl. 24, fig. 5. (localidad tipo: Hueneme, California).

Material examinado: Marina Chahué, UMAR-HYDR-014, cinco colonias (AT, CT–240819), UMAR-HYDR-015, 11 colonias (AT, BT, CT, DT–301119), UMAR-HYDR-016, una colonia (BT–220220), UMAR-HYDR-017, 12 colonias (AT, BA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Colonias erectas, 1–2 mm de alto, simpodiales; derivado de una hidrorriza rastrera. Hidrocaule sin ramificar recta o en zigzag, con entrenudos a intervalos regulares. Perisarco uniforme, de espesor medio. Pedicelos cortos, anulados irregularmente; con 4–5 anulaciones discretas a lo largo del pedicelo y 2–4 bien marcadas proximales a las hidrotecas. Hidrotecas en forma de campana, hasta 270 µm de largo, 130 µm de ancho en el margen disminuyendo en la base. Margen hidrotecal con alrededor de 10–15 cúspides bien marcadas con las puntas romas.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: De acuerdo con la descripción de *Clytia exilis* (Fraser 1948), las hidrotecas son grandes con el margen de las cúspides profundamente marcadas, características observadas en los ejemplares encontrados; sin embargo, la resolución no es clara debido a la falta de la observación del gonóforo. Se requiere una observación exhaustiva para poder definir con seguridad la identidad específica de los ejemplares.

En el listado realizado por Bastida-Zavala *et al.* (2013), presentan 11 especies del género *Clytia*, para la costa de Oaxaca; sin embargo, no hay registro de la especie nominal *C. exilis*.

Observaciones generales: La frecuencia de los ejemplares de *Clytia* cf. *exilis* fue constante durante todo el año de estudio. Se pudo observar en conjunto con *Obelia* sp.

Género *Obelia* Perón & Lesueur, 1810

Obelia sp.

Figura 15C–D

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-HYDR-018, dos colonias (AT, CT–240819), UMAR-HYDR-019, 11 colonias (AT, BT, CT, DT–301119), UMAR-HYDR-020, una colonia (BT–220220), UMAR-HYDR-021, dos colonias (CTA, DTA–130620).

Descripción: Colonia erecta, ramificada, monosifónica, variablemente flexuosa; estolones no anastomosados; entrenudos anulados proximalmente, pedicelo corto con hidrante terminal. Hipostoma globoso que forma una "cavidad bucal", con 10–12 tentáculos orales filiformes, gonotecas no observadas.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: La falta de observación de características diagnósticas, no permitió definir la especie de los ejemplares. Bastida-Zavala *et al.* (2013), en su listado para la costa de Oaxaca, presentan dos especies del género *Obelia*; sin embargo, los caracteres observados no corresponden a ninguna de estas dos especies.

Observaciones generales: Al igual que *Clytia* cf. *exilis*, la presencia de *Obelia* sp. fue constante durante el año de estudio con porcentajes variables.

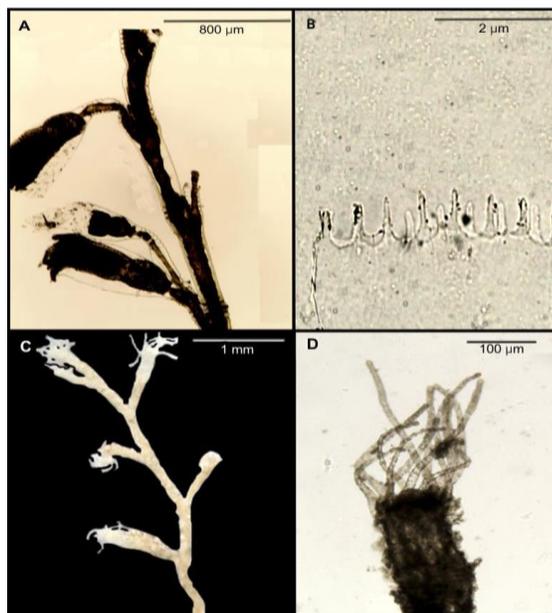


Figura 15. *Clytia* cf. *exilis*: A) porción de la colonia; B) hidroteca. *Obelia* sp.: C) porción de la colonia; D) hidrante.



Filo Annelida Lamarck, 1809

Clase Polychaeta Grube, 1850

Familia Maldanidae Malmgren, 1867

Maldanidae sp.

Figura 16A–B

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-990, un ej. (DT–220220).

Descripción: Ejemplar incompleto. Cuerpo largo y cilíndrico. Con lóbulos parapodiales bien definidos, con 18.2 mm de largo aproximadamente. Placa anal con 24 cirros de distinto tamaño, alternando largos y cortos.

Hábitat: Se encontró al retirar todos los organismos incrustados de la placa de PVC, por lo cual no se pudo determinar con exactitud el hábitat dentro de la comunidad.

Comentarios taxonómicos: A pesar de presentar características diagnósticas en todo el cuerpo, el ejemplar no presentaba el extremo anterior, por lo que no fue posible llegar a un mejor nivel de identificación, ya que tal como menciona Salazar-Vallejo (1991) y Salazar-Vallejo & Díaz-Díaz (2009) los extremos anterior y posterior suelen ser vitales para la correcta identificación.

Observaciones generales: El ejemplar se encontró sin su tubo y fue el único ejemplar encontrado durante el año de estudio.

Familia Sabellidae Latreille, 1825

Subfamilia Sabellinae Rioja, 1923

Género *Branchiomma* Kölliker, 1858

***Branchiomma bairdi* (McIntosh, 1885)**

Figura 16C–F

Dasychone bairdi McIntosh, 1885: 495–497, pl. 30A, figs. 13–16; pl. 39A, figs. 2, 9 (localidad tipo: Santo Tomas, Antillas menores).—Monro 1933: 267 (Tortugas Secas, Florida).—Rioja 1951: 513–516: pl. 1, figs. 1–7 (isla Sacrificios, Veracruz).

Branchiomma bairdi.—Tovar-Hernández & Knight-Jones 2006: 13–17, figs. 3A–D, H–K, 9C–D, 10C, 11B (Florida, Caribe Mexicano, Atlántico de Panamá y Antillas menores).—Tovar-Hernández *et al.* 2009a, b: 2–5, figs. 2–4 (Mazatlán, Sinaloa).—Villalobos-Guerrero *et al.*

2012: 47 (Guasave y Ahome, Sinaloa).—Bastida-Zavala *et al.* 2014: 324, fig. 19.1a (Pacífico Mexicano).—Tovar-Hernández *et al.* 2014: 390 (Sinaloa, Sonora y Baja California Sur).—Bastida-Zavala *et al.* 2016: 406, fig. 2.10A (Baja California, Baja California Sur, Oaxaca).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-991, 58 ej. (AT, BT, CT, DT–240819), UMAR-POLY-992, 25 ej. (BT, CT, DT–301119), UMAR-POLY-993, 98 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-POLY-994, 383 ej. (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Especie tubícola, tubos flexibles color oscuro, en ocasiones se puede diferenciar bandas horizontales de distintas tonalidades (del marrón oscuro al gris claro). Cuerpo de 38 mm de longitud, color café olivo con manchas café claro. Corona branquial con 10–16 pares de radiolos, bandas blancas alternadas entre el café olivo, con manchas anaranjadas. Lóbulos del collar subtriangulares con ápices redondeados.

Hábitat: Presente en raíces de mangle y rocas. Comúnmente encontrado en sustratos antropogénicos (pilotes de muelles, boyas, cascos de barcos y en granjas de ostras y camarones). Se encuentra a salinidades del 25.6 a 35.2 y temperaturas de 18.4–32.1° C. (Tovar-Hernández & Yáñez-Rivera 2012, Villalobos-Guerrero *et al.* 2012).

Distribución geográfica: Océano Atlántico oeste (golfo de México y mar Caribe). Océano Pacífico. Océano Índico. Este del océano Atlántico. Especie exótica en el golfo de California (Sinaloa, Baja California y Baja California sur), laguna de Chacahua y Salina de Cruz, Oaxaca. (Capa & López 2004, Tovar-Hernández & Knight-Jones 2006, Çinar 2009, Villalobos-Guerrero *et al.* 2012, Ramalhosa *et al.* 2014).

Comentarios taxonómicos: Especie exótica registrada en la costa de Oaxaca por Bastida-Zavala *et al.* (2016) en la laguna de Corralero y Salina Cruz, así como en marinas y puertos de Santa Rosalía, Loreto y Puerto Escondido; su capacidad de establecerse en sustratos de origen antropogénico y en sitios perturbados ha facilitado su introducción a nuevas áreas por igual (Bastida-Zavala *et al.* 2014).

Observaciones generales: Se obtuvieron 564 ejemplares a lo largo de todo el año, asentándose generalmente un mes después de la inmersión de la placa. Se observaron adheridos a otros organismos, como moluscos, balanos y briozoos; y también a la superficie de PVC.



Género *Parasabella* Bush, 1905

Parasabella cf. *lacunosa*

Figura 16G–I

Especie nominal: *Parasabella lacunosa* (Perkins, 1984): 317–321, fig. 18–20 (localidad tipo: isla Hutchinson, Florida).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-995, 58 ej. (AT, BT, CT, DT–240819), UMAR-POLY-996, dos ej. (CT–301119), UMAR-POLY-997, 135 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-POLY-998, 69 ej. (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Tubos de consistencia suave, de color marrón claro a marrón oscuro. Corona branquial larga. Tori del abdomen no forma cinturones, uncinos torácicos aviculares con manubrio corto, más corto que la distancia entre la cresta y el pecho. Sin ojos compuestos subdistales. Collar del anillo peristomial subtriangular corto.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: Debido a que la localidad tipo de la especie nominal es en el Atlántico y que está no fue registrada en el listado realizado por Bastida-Zavala *et al.* (2013), ni en el estudio de Bastida-Zavala *et al.* (2016), pese a que los ejemplares poseen las características diagnósticas de la especie, se requerirán más observaciones de los ejemplares para la confirmación inequívoca de la especie.

Observaciones generales: Los ejemplos estuvieron presentes durante todo el año de estudio, asentándose generalmente un mes después de la inmersión de las placas; manteniendo un número de individuos menor a los observados de *Branchiomma bairdi*, exceptuando el tercer trimestre en el cual se contabilizaron más ejemplares de *Parasabella* cf. *lacunosa*.

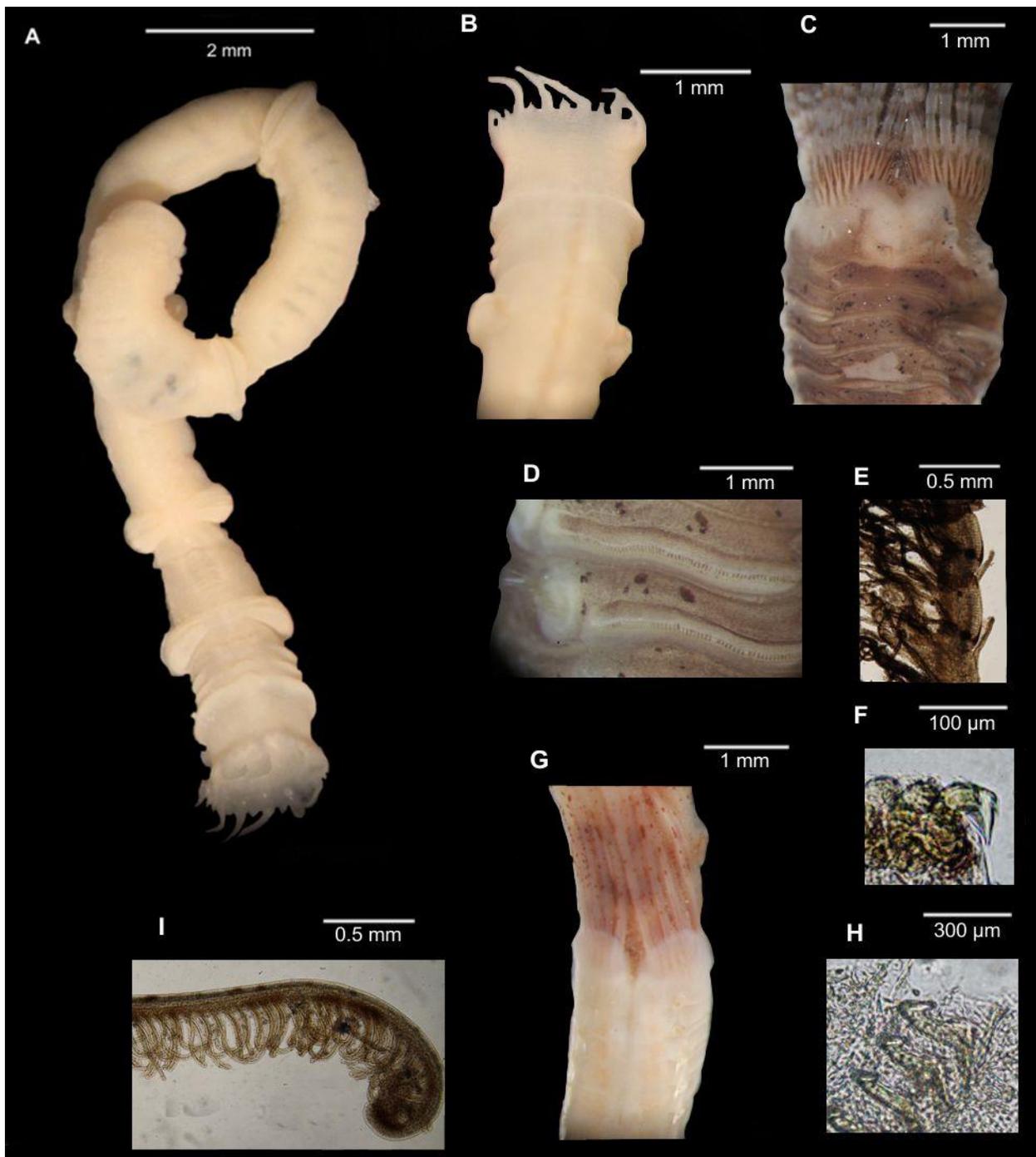


Figura 16. Maldanidae sp.: A) cuerpo incompleto; B) placa anal. *Branchiomma bairdi*: C) lóbulos del collar y parte de la corona branquial; D) torus; E) radiolos con macroestíloidos; F) uncinos torácicos. *Parasabella* cf. *lacunosa*: G) lóbulos del collar y parte de la corona branquial; H) uncinos torácicos; I) radiolos.



Familia Serpulidae Rafinesque, 1815

Género *Hydroides* Gunnerus, 1768

Hydroides brachyacantha Rioja, 1941

Figura 17A

Hydroides brachyacantha Rioja, 1941a: 169–172, pl.3, fig. 2, pl. 4, fig. 1–9 (localidad tipo: Mazatlán, Sinaloa).—Gómez *et al.* 1997: 1071 (Puerto Ángel, La Entrega y Cacaluta, Oaxaca).—Hernández-Alcántara *et al.* 2003: 9 (isla Socorro).

Eupomatus brachyacantha Rioja, 1960: 255 (isla Socorro).—Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa 2004: 54 (Pacífico oriental tropical).

Hydroides brachyacanthus.—Bastida-Zavala & ten Hove 2003: 73–76, figs. 3A–M, 7A–F (California, Baja California; Sonora, Guerrero, Oaxaca, Costa Rica, Panamá, Ecuador).—Bastida-Zavala 2008: 22–23, fig. 6C (Baja California Sur, Guerrero y Oaxaca).—Tovar-Hernández *et al.* 2009b: 328–330, figs. 3j, 7d-f. (Mazatlán, Sinaloa).—Villalobos-Guerrero *et al.* 2014: 107 (Sinaloa).—Bastida-Zavala *et al.* 2016: 413, fig.11B (Sonora, Michoacán, Guerrero, Oaxaca).—Sun *et al.* 2016: 49, figs. 5, 6A–F (golfo de California, Mazatlán, Sinaloa).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-999, dos ej. (AT–220220), UMAR-POLY-1000, nueve ej. (AA, BA, CA, DA–130620).

Descripción: Tubo no observado. Pedúnculo opercular suave y blanco. Embudo opercular con 32 radios con terminación puntiaguda; verticilo con ocho espinas fuertemente curvadas hacia el interior, espina dorsal larga y curvada al centro; todas las espinas con espínula basal interna. Collar con setas bayoneta.

Hábitat: Se encuentra hasta 20 metros de profundidad, en áreas tropicales. Se encuentra sobre sustratos naturales (raíces de mangle, pastos marinos, rocas, coral muerto) y sustratos artificiales (muelles, pilotes, cascos de barcos) (Bastida-Zavala & ten Hove 2008).

Distribución geográfica: Brasil, Hawái, India, Japón, el Mediterráneo y Micronesia. Mazatlán (Sinaloa) y Acapulco (Guerrero), México (Sun *et al.* 2016).

Comentarios taxonómicos: La especie nominal tiene como localidad tipo Mazatlán, Sinaloa y ha sido registrada en varios sitios del Pacífico y en Oaxaca (laguna de Corralero, laguna de Chacahua, Agua Blanca, Mazunte, San Agustínillo, playa Camarón, playa Panteón, Puerto Ángel, Estacahuite, playa Tijera, el Arrocito y Salina Cruz) (Bastida-Zavala *et al.* 2016).

El carácter distinguible en la especie, la presencia de la espina dorsal más grande curvada hacia el centro. Sin embargo, Bastida-Zavala & ten Hove (2003) registran la variabilidad de la especie, esto también es mencionado por Sun *et al.* (2016), en donde se menciona que *Hydroides brachyacantha* es un complejo de especies que requiere revisión. Los registros de la especie son abordados detalladamente en Bastida-Zavala *et al.* (2016).

Observaciones generales: De acuerdo con Bastida-Zavala *et al.* (2016) *Hydroides brachyacantha*, no es una especie común en sustratos antropogénicos; sin embargo, realizaron registros en muelles de la costa de Oaxaca. En el presente estudio la especie obtuvo 11 ejemplares, recalando su establecimiento en sustratos artificiales, pero manteniendo bajas densidades en comparativa con otras especies del género.

***Hydroides dirampha* Mörch, 1863**

Figura 17B–C

Hydroides (Eucarphus) dirampha Mörch, 1863: 379, pl. 11, fig. 10 (localidad tipo: Santo Thomas, Antillas menores).

Hydroides malleophorus Rioja, 1942: 126–130, fig. 7–14 (Mazatlán, Sinaloa).—Salazar-Vallejo 1989: 199 (costas mexicanas).—Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa 2004: 54 (Pacífico oriental tropical).

Hydroides lunulifera Nelson-Smith, 1967: 31, fig. 16 (canal de Panamá).—Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa 2004: 54 (Pacífico oriental tropical).

Hydroides dirampha Mörch, 1863.—Long 1974: 28 (Hawái).—Dueñas 1981: 100, fig. 30A-F (Colombia).—Bastida-Zavala 1993: 35 (playa Caimancito, bahía La Paz, Baja California Sur).

Hydroides diramphus.—Bastida-Zavala & Salazar-Vallejo 2000: 845–846, fig. 2A-d (San Juan de Ulúa, Veracruz).—Bastida-Zavala & ten Hove 2002: 161–164, fig. 34A-P, 36 (Bermuda, Veracruz, Curazao, Atlántico de Panamá, Venezuela, Brasil).—Bastida-Zavala & ten Hove 2003: 83–86, fig. 10A-L (California, Baja California Sur y Hawái).—Rodríguez-Valencia 2004: 520 (Guerrero).—Bastida-Zavala 2008: 25, fig. 6G (Hawái, California y Sinaloa).—Tovar-Hernández *et al.* 2014: 388, 390, fig. 2G (Guaymas, Sonora y marina Palmira, La Paz, Baja California Sur).—Bastida-Zavala *et al.* 2016: 418–419, figs. 4, 11E (Baja California Sur, Oaxaca).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1001, dos ej. (CT–220220).

Hábitat: Se puede encontrar a una profundidad máxima de 36 m y a salinidades de 31–37, presente en sustratos naturales como moluscos, crustáceos, rocas, corales y en sustratos artificiales como cascos de barcos, pilotes de muelles, boyas y placas de PVC (Zibrowius 1970, Bastida-Zavala & ten Hove 2002, Bastida-Zavala *et al.* 2016).



Distribución geográfica: Circumtropical. Mar Caribe. Desde Bahamas hasta Brasil. Hawái, San Diego (California), sureste de California, Mazatlán (Sinaloa), Salina Cruz (Oaxaca) (Bastida-Zavala & Salazar-Vallejo 2000, Tovar-Hernández *et al.* 2014, Bastida-Zavala *et al.* 2016).

Descripción: Tubo blanco calcáreo, sin costillas longitudinales visibles. Pedúnculo opercular suave y blanco. Embudo opercular con 27 radios con terminación puntiaguda, verticilo con 14 espinas con terminación en forma de T aplanada, con una espínula basal interna. Collar con setas bayoneta.

Comentarios taxonómicos: La especie ha sido registrada en diversos puntos de la costa del Pacífico; Rioja (1942) registró a la especie en Mazatlán, Sinaloa (como *Hydroides malleophorus*), mientras que Rodríguez-Valencia (2004) la registró como *H. diramphus* en Guerrero, y Bastida-Zavala *et al.* (2016) hicieron lo mismo en marinas de Santa Rosalía, Puerto Escondido, La Paz, San José del Cabo y Cabo San Lucas (Baja California Sur) y en Salina Cruz (Oaxaca).

Villalobos-Guerrero *et al.* (2012), enlistaron a *Hydroides dirampha* como exótica ocasional para el Pacífico sudcaliforniano y golfo de California. Es considerada exótica para el Pacífico mexicano y el golfo de México, siendo sus principales vectores de distribución la fauna incrustante en barcos y estructuras flotantes y el agua de lastre (Bastida-Zavala *et al.* 2014). De León-González *et al.* (2021) remarcaron el estatus de la especie como criptogénica, dada la incertidumbre que existe con respecto a su distribución natural.

Observaciones generales: Tovar-Hernández *et al.* (2012) mencionaron que es una especie capaz de dominar las comunidades incrustantes y alcanzar altas abundancias, sin embargo, durante el estudio solo se obtuvieron dos ejemplares durante el trimestre correspondiente a la temporada de secas.

***Hydroides elegans* (Haswell, 1883)**

Figura 17D

Eupomatus elegans Haswell, 1883: 633, pl. 12, fig. 1 (localidad tipo: puerto Jackson, Australia).

Hydroides norvegica (non Gunnerus 1768).—Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa 2004: 54 (Pacífico oriental tropical).

Hydroides elegans.—Zibrowius 1970: 721–725, fig. 56–64 (Hawái, Los Ángeles, California).—Long (1974): 28 (Hawái).—Dueñas 1981: 100–101, fig. 31A-G (Colombia).—Bastida-Zavala & Salazar-Vallejo 2000: 846–848, fig. 2e-f (Celestún, Champotón, isla Contoy y San Juan de Ulúa).—Bastida-Zavala & ten Hove 2002: 164–166, figs. 35A-J, 36 (Florida, Veracruz, Campeche, Quintana Roo, Puerto Rico, Atlántico de Panamá, Aruba y curazao).—Bastida-Zavala & ten Hove 2003: 86–87, fig. 11A-S (California y Hawái).—Bastida-Zavala 2008: 25–26, fig. 6H (California y Baja California Sur).—Tovar-Hernández *et al.* (2009b): 331, figs. 3l, 8a-c (Mazatlán, Sinaloa).—Tovar-Hernández *et al.* 2012: 16–17 (Guaymas, Sonora y Topolobampo, Sinaloa).—Bastida-Zavala *et al.* 2016: 419–420, figs. 4–11F–G (Baja California Sur, Oaxaca).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1002, dos ej. (DA–130620).

Descripción: Tubo blanco, sin dos costillas longitudinales. Pedúnculo opercular suave y blanco. Embudo opercular con 24 radios con terminación roma, verticilo con 16 espinas, con terminación puntiaguda de tamaño similar, todas las espinas con 3 pares de espínulas laterales.

Hábitat: Sobre sustratos naturales como, moluscos, cangrejos, coral muerto, rocas, pastos marinos, algas, esponjas, gasterópodos, briozoos, ascidias y rocas. En sustratos artificiales como cascos de barcos, pilotes de muelles, boyas, placas de PVC, terracota y paredes de canales (Bastida-Zavala & ten Hove 2002, 2003, Bastida-Zavala *et al.* 2016).

Distribución geográfica: Aguas tropicales. Mediterráneo, mar del Norte, golfo de México, Brasil, Sur África, golfo Pérsico, India, Australia. De California a Oaxaca (México). (Zibrowius 1970, Bastida-Zavala & ten Hove 2002, 2003, Sun *et al.* 2015, Bastida-Zavala & ten Hove 2016).

Comentarios taxonómicos: *Hydroides elegans* ha sido registrada en el Pacífico tropical por Bastida-Zavala (2008) en bahía La Paz (Baja California Sur) y por Tovar-Hernández *et al.* (2009b) en Mazatlán (Sinaloa), siendo común en puertos y marinas o en sustratos antropogénicos. Debido al mal estado del ejemplar, no se observaron las setas del collar, siendo una de las características que diferencian a *H. elegans* y *H. norvegica*; sin embargo, dada la distribución de *H. norvegica*, limitada al Atlántico boreal y aguas



submareales en el Mediterráneo, y a las características observadas en el opérculo el ejemplar corresponde a *H. elegans* (Bastida-Zavala *et al.* 2016).

Observaciones generales: La especie es considerada criptogénica, exótica y potencialmente invasora en el Pacífico mexicano (Villalobos-Guerrero *et al.* 2012, Bastida-Zavala *et al.* 2014, de León-González *et al.* 2021).

Bastida-Zavala *et al.* (2016) mencionan que *Hydroides elegans* ha sido utilizado como modelo para evitar la bioincrustación en estructuras portuarias debido a su abundancia y la presencia de tubos calcáreos. Sin embargo, en este estudio no fue una especie abundante.

***Hydroides sanctaecrucis* Krøyer [in] Mörch, 1863**

Figura 17E

Hydroides (Eucarphus) sanctae-crucis Krøyer [in] Mörch, 1863: 378–379, pl. 11, fig. 12. (localidad tipo: Santa Cruz, Antillas menores).

Hydroides sanctaecrucis.—Long 1974: 262–264 (Hawái).—Bastida-Zavala & ten Hove 2002: 148–151, figs. 25A–R, 28 (Pacífico de Panamá).—Bastida-Zavala & ten Hove 2003: 101–102, fig. 19P–Q (Oaxaca y Panamá).—Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa 2004: 54 (Pacífico oriental tropical).—Bastida-Zavala 2008: 29, fig. 6R (Oaxaca).—Tovar-Hernández *et al.* 2014: 390 (Topolobampo, Sinaloa; Guaymas, Sonora y Baja California Sur).—Bastida-Zavala *et al.* 2016: 426, figs. 6, 12E (Baja California Sur, Oaxaca).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1003, 272 ej. (AT, BT, CT, DT–240819), UMAR-POLY-1004, 89 ej. (AT, BT, CT, DT–301119), UMAR-POLY-1005, 398 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-POLY-1006, 393 ej. (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Tubo blanco, con dos costillas poco pronunciadas. Pedúnculo opercular suave y blanco. Embudo opercular con 24 radios con terminación puntiaguda la base de color blanco y la punta color ámbar; verticilo con 12 espinas, con terminación puntiaguda y aproximadamente la mitad de ellas presentan una curvatura ventral. Con espínula externa en todas las espinas, con alas ligeramente extendidas. Collar con setas bayoneta.

Hábitat: Se encuentra desde el intermareal hasta 15 metros de profundidad, sobre sustratos duros naturales (conchas de moluscos, raíces de mangle, corales y rocas) o artificiales (muelles, pilotes, cascos barcos). Se puede encontrar a salinidades de 19–37 (Bastida-Zavala *et al.* 2016).

Distribución geográfica: Mar Caribe, Guyana Francesa, golfo de México. Pacífico de Panamá, golfo de California, Hawái y en Salina Cruz (Oaxaca) (Long 1974, Bastida-Zavala & ten Hove 2002, Bastida-Zavala & ten Hove 2003, Tovar-Hernández *et al.* 2012, Bastida-Zavala *et al.* 2016).

Comentarios taxonómicos: Bastida-Zavala & ten Hove (2002) realizaron el primer registro de *Hydroides sanctaecrucis* en el Pacífico oriental tropical. En Oaxaca fue registrada por Bastida-Zavala & ten Hove (2003) en un puerto de Huatulco, indicando probablemente el transporte marítimo de la especie. Actualmente es considerada como especie exótica invasora a lo largo de la costa del Pacífico mexicano (Bastida-Zavala *et al.* 2014, Bastida-Zavala *et al.* 2016, de León-González *et al.* 2021).

Observaciones generales: En comparativa con las otras especies del género, *Hydroides sanctaecrucis* obtuvo la mayor abundancia y estuvo presente durante todo el año de estudio; obteniendo la mayor abundancia durante el tercer trimestre y la menor en el segundo. También se observó que, junto con los hidrozoos y balanos, era de los primeros taxones en asentarse en las placas de PVC.

***Hydroides panamensis* Bastida-Zavala & ten Hove, 2003**

Figura 17F

Hydroides panamensis Bastida-Zavala & ten Hove, 2003: 97–99, fig. 18A (localidad tipo: playa Paitilla, Panamá).—Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa 2004: 54 (Pacífico oriental tropical).—Tovar-Hernández *et al.* 2015: 3 (Costa Rica).—Bastida-Zavala *et al.* 2016: 424, fig. 6, 12D (Michoacán y Oaxaca).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1007, dos ej. (AT–240819).

Descripción: Tubo blanco. Pedúnculo suave color blanco. Embudo con 25 radios con puntas afiladas, verticilo con 9-11 espinas con porción más ancha en la base del verticilo, ligeramente curvadas al centro, con un par de espinas laterales cortas que van de posición lateral a posición ventral. Collar con setas bayoneta.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Distribución geográfica: Pacífico de Panamá, Ecuador, Costa Rica. En México Michoacán y Oaxaca (Tovar-Hernández *et al.* 2015, Bastida-Zavala & ten Hove 2003, Bastida-Zavala *et al.* 2016).



Comentarios taxonómicos: De acuerdo con lo descrito por Bastida-Zavala & ten Hove (2003) se observó el cambio de posición de las espinas laterales a espinas en posición ventral a diferencia de *Hydroides crucígera*, *H. chilensis* y *H. parva*, que siempre tiene las espinas en posición lateral.

Observaciones generales: De acuerdo con estudio realizado por Bastida-Zavala *et al.* (2016) la especie fue encontrada en la marina Chahué adherida a conchas de moluscos. Por lo cual es considerada una especie común dentro de las comunidades incrustantes en marinas y puertos, sobre sustratos artificiales; sin embargo, mencionan que es escasa en México en comparación con lo observado en Panamá, debido a su introducción relativamente reciente a través del transporte marítimo.

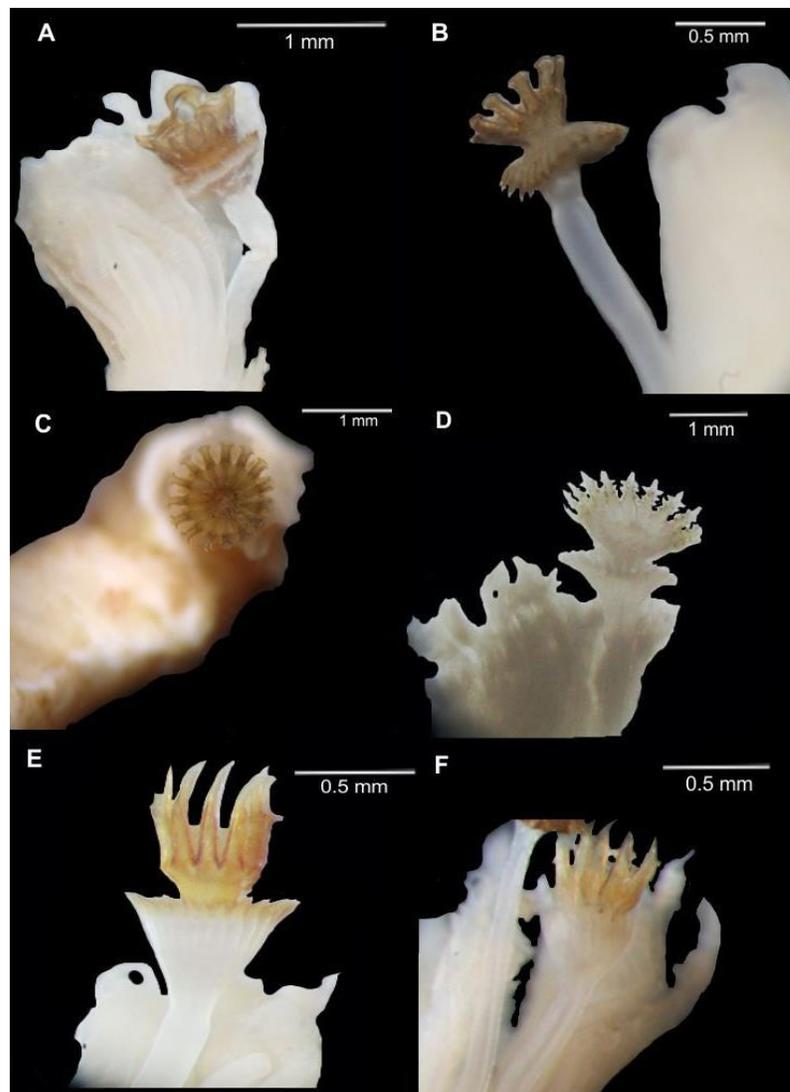


Figura 17. A) *Hydroides brachyacantha*. *H. dirampha*: B) vista lateral del opérculo; C) vista superior del opérculo; D) *H. elegans*; E) *H. sanctaecrucis*; F) *H. panamensis*.

Género *Spirobranchus* Blainville, 1818

Spirobranchus minutus (Rioja, 1941)

Figura 18A–D

Pomatoceros minutus Rioja, 1941a: 734–738, lám. 9, figs. 15–26 (localidad tipo: Acapulco, Guerrero, México).—Rioja 1942: 130–132, figs. 15–21 (Mazatlán, Sinaloa y Río Mayo, Sonora).—Bastida-Zavala 1993: 35 (playa Caimancito, Baja California Sur).—Bastida-Zavala 2008: 31–33, fig. 7H-M (Hawái, Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca, Costa Rica y Perú).

Spirobranchus minutus.—Bastida-Zavala *et al.* 2016: 435–437, figs. 8, 13H (Baja California, Michoacán, Guerrero, Oaxaca).—Bastida-Zavala *et al.* 2017: 54, figs. 9F-G, 10 (Hawái, Florida y Brasil).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1008, un ej. (CT–240819), UMAR-POLY-1009, tres ej. (BT, CT–301119), UMAR-POLY-1010, seis ej. (BT, CT–220220), UMAR-POLY-1011, 15 ej. (AA, BTA, DT–130620).

Descripción: Tubo blanco externamente, con tres costillas longitudinales y con dos filas de alveolos a lo largo de todo el tubo; circular en sección transversal. Corona branquial con dos lóbulos semicirculares con radiolos. Pedúnculo opercular insertado en el lóbulo izquierdo, con alas cortas y lisas, terminando en punta placa opercular, con una ligera depresión media distal. Opérculo cónico, de consistencia suave, con un par de manchas ovaladas de color obscuro laterales en la parte media del opérculo. Notosetas del collar tipo “*Spirobranchus*” ausentes. Neurosetas del collar ausentes. Tórax con setas limbadas. Uncinos torácicos rectangulares. Neurosetas abdominales de tipo trompeta.

Hábitat: Presente en profundidades de hasta 42 m, en lagunas de agua salobre y bahías con salinidades promedio de 20. Sobre sustratos naturales (hidrozoos, conchas de moluscos, rocas, colonias de sabeláridos y coral muerto) y artificiales (marinas, cascos de barcos y pilotes de muelles) (Rioja 1941a, Bastida-Zavala & Salazar-Vallejo 2000, Lewis *et al.* 2006, Bastida-Zavala 2008, Bastida-Zavala *et al.* 2016).

Distribución geográfica: Anfiamericana. Atlántico occidental tropical, desde bahía de Pensacola, Florida hasta el sur de Brasil. Desde California hasta Perú y Hawái (Zibrowius 1970, Bastida-Zavala & Salazar-Vallejo 2000, Bastida-Zavala 2008, Bastida-Zavala *et al.* 2016).

Comentarios taxonómicos: Rioja (1941a) menciona que la corona branquial posee dos lóbulos semicirculares con radios amarillos y el pedúnculo opercular amarillo; sin



embargo, en los ejemplares el color ya no estaba presente; el opérculo en la mayoría de los ejemplares era casi transparente, con las manchas laterales oscuras, las alas muy cercanas al opérculo y con las puntas oscurecidas.

Spirobranchus minutus ha sido registrada con anterioridad por Bastida-Zavala *et al.* (2016) en la marina Chahué sobre rocas y menciona que es una especie incrustante que puede asentarse en sustratos artificiales.

Observaciones generales: La abundancia de *Spirobranchus minutus* durante los primeros tres trimestres estuvo por debajo de los 10 individuos. Su mayor abundancia la presentó en el cuarto trimestre con 15 individuos. Se encontró adherido a conchas de moluscos, balanos y sobre las ramas de *Bugula neritina*.

Familia Spionidae Grube, 1850

Género *Dipolydora* Verrill, 1881

***Dipolydora* sp.**

Figura 18E–F

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1012, siete ej. (AT, BT, CT–240819), UMAR-POLY-1013, ocho ej. (AT, BT, DT–220220). UMAR-POLY-1014, 36 ej. (AA, BTA, CTA, DA–130620).

Descripción: Cuerpo delgado y traslucido; las galerías son de color marrón oscuro y de una textura blanda. Branquias a partir del setígero cinco. Setígero cinco presenta setas modificadas con un diente lateral. Posee manubrio de ganchos cubiertos sin constricción. Presenta antena nual.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: Hernández-Alcántara *et al.* (1994) registraron a *Dipolydora socialis* en golfo de California y golfo de Tehuantepec; sin embargo, Bastida-Zavala *et al.* (2013) lo consideran como un registro cuestionable para la zona. Por su parte Chávez-López & Cruz-Gómez (2019) realizan el registro de *Dipolydora* cf. *socialis* y de *Dipolydora* sp. Debido al estado de los ejemplares no se observaron los caracteres que permitieran la identificación de la especie.

Se requieren más estudios para corroborar a que especie pertenecen los ejemplares de la marina Chahué, *Dipolydora* cf. *socialis* o *Dipolydora* sp. de Chávez-López & Cruz-Gómez (2009), y posteriormente describir la especie.

Observaciones generales: *Dipolydora* sp. 1 presentó un conjunto de galerías en las cuales se observó que algunas pertenecían a *Polydora* sp.

Género *Polydora* Bosc, 1802

Polydora sp.

Figura 18G

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1015, 38 ej. (AA-130620).

Descripción: Cuerpo delgado y traslucido; las galerías son de color marrón oscuro y de una textura fangosa. Con branquias desde el setígero seis al 11, setígero cinco presenta setas modificadas con un diente lateral. Posee ganchos con constricción.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: Hernández-Alcántara *et al.* (1994) registraron a *Polydora cornuta* y *P. websteri* en el golfo de California y golfo de Tehuantepec; sin embargo, Bastida-Zavala *et al.* (2013) no consideran el registro de dichas especies. Por su parte Chávez-López & Cruz-Gómez (2019) registran a *Polydora heterochaeta* en la costa de Oaxaca. Se requieren más estudios para corroborar, a que especie pertenecen los ejemplares de la marina Chahué y posteriormente describir la especie.

Observaciones generales: Durante el año de estudio *Polydora* sp. sólo se presentó durante el cuarto trimestre junto con individuos de *Dipolydora* sp. Presentando un mayor número de individuos *Polydora* sp.

**Familia Terebellidae Grube, 1850****Subfamilia Thelepodinae Hessle, 1917****Género *Streblosoma* Sars, 1872*****Streblosoma* sp.**

Figura 18H–J

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-POLY-1016, 99 ej. (AT, BT, CT, DT–240819), UMAR-POLY-1017, dos ej. (CT–301119), UMAR-POLY-1018, 136 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-POLY-1019, 38 ej. (ATA, BA, CTA–130620).

Descripción: Labio superior más amplio que le inferior, redondeado y liso. Labio inferior ligeramente abultado. Membrana tentacular lisa, con una fila de ocelos en hilera. Uncinos torácicos aviculares con un diente grande y otro más pequeño. Notópodos cilíndricos, notosetas limbadas y estriadas hasta la punta.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: Londoño-Mesa (2009) realiza una clave de identificación del género, incluyendo seis especies, tanto del Pacífico, Gran Caribe y Baja California, con ello se pudo determinar el género de los ejemplares, sin embargo, la mayor parte de estos estaban incompletos o dañados. Por lo que requeriría de una observación más detalla para determinar la especie.

Observaciones generales: Durante todo el año se encontraron ejemplares de *Streblosoma* sp., sin embargo, no se pudo estimar su porcentaje de cobertura, debido a que los ejemplares se encontraban ocultos por otros invertebrados y no eran distinguibles.



Filo Sipuncula Rafinesque, 1814

Clase Phascolosomatidea Cutler & Gibbs, 1985

Orden Phascolosomatiformes Cutler & Gibbs, 1985

Familia Phascolosomatidae Stephen & Edmonds, 1972

Género *Phascolosoma* Leuckart, 1828

***Phascolosoma (Phascolosoma) puntarenae* (Grube & Örsted in Grube, 1858)**

Figura 18K–M

Phascolosoma puntarenae Grube & Örsted *In*: Grube, 1858: 13 (localidad tipo: Puntarenas, Costa Rica).—Fisher 1952: 430–432, pl. 36, figs. 1–2, pl. 37, figs. 1–3, pl. 39, fig. 3 (desde el golfo de California hasta Panamá).

Phascolosoma puntarena.—Brusca 1980: 127 (golfo de California).

Phascolosoma nigrescens (non Keferstein, 1865).—Cutler *et al.* 1992: 154–156 (Costa Rica).—Dean *et al.* 2010: 63 (isla de Cocos, Costa Rica).

Phascolosoma puntarenae.—Silva-Morales & Gómez-Vásquez 2021: 91, fig. 7 (Guerrero y Oaxaca, México).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-SIPU-160, un ej. (AT–220220).

Descripción: Cuerpo con coloración beige, cubierto de papilas en forma de domo, las cuales poseen una coloración ligeramente más oscura que el resto del cuerpo. Presenta tentáculos digitiformes. Presenta anillos formados por ganchos unidentados. Cuatro músculos retractores.

Hábitat: Intermareal a submareal (15 m); en tubos de sabeláridos y coral muerto (Silva-Morales & Gómez-Vásquez 2021).

Distribución geográfica: Del golfo de California a Panamá (Silva-Morales & Gómez-Vásquez 2021).

Comentarios taxonómicos: Las características diagnósticas de la especie nominal no fueron observadas de manera detallada debido al tamaño y desarrollo del ejemplar encontrado. Sin embargo, la forma de los ganchos (curvados, sin punta pronunciada y ausencia de diente secundario), además de la presencia de pequeñas papilas mamiliformes, permite dejar al ejemplar como *Phascolosoma (Phascolosoma) puntarenae*.



Observaciones generales: El ejemplar fue encontrado dentro de la concha vacía de un balano (*Amphibalanus* cf. *eburneus*), lo cual de acuerdo con Cutler (1994) es un comportamiento generalizado dentro de los sipúnculos, ya que muchas especies buscan refugio en conchas vacías de moluscos, gasterópodos, tubos de poliquetos, testas de foraminíferos y balanos.

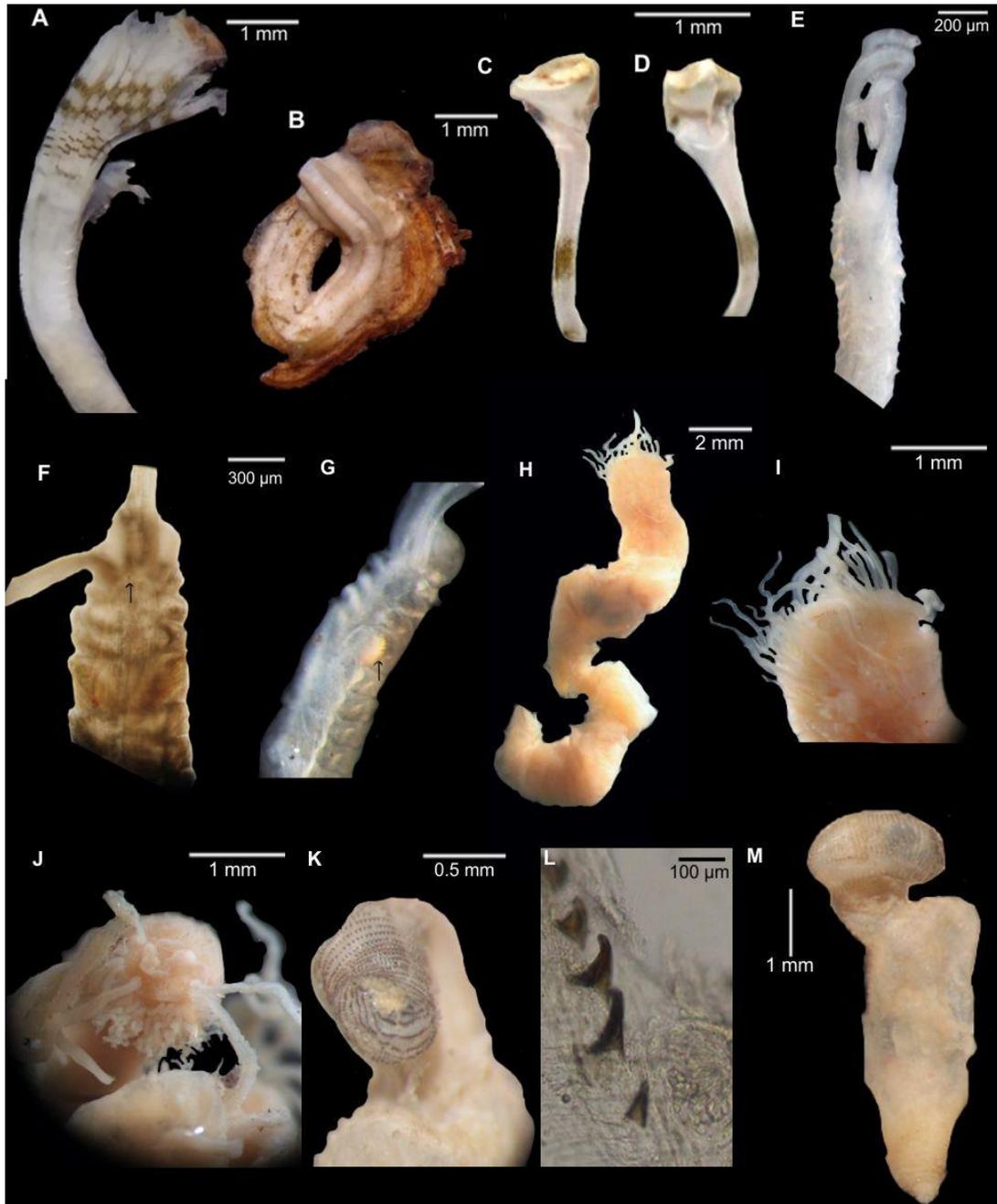


Figura 18. *Spirobranchus minutus*: A) parte anterior del cuerpo; B) tubo; C) opérculo, vista lateral; D) vista frontal del opérculo. *Dipolydora* sp.: E) cuerpo; F) antena nuchal. *Polydora* sp.: G) extremo anterior. *Streblosoma* sp.: H) cuerpo; I) extremo anterior, vista dorsal; J) extremo anterior, vista superior. *Phascolosoma* (*Phascolosoma*) *puntarenae*: K) parte anterior, L) ganchos; M) cuerpo completo.

Filo Mollusca**Clase Bivalvia Linnaeus, 1758****Orden Mytilida Férussac, 1822****Familia Mytilidae Rafinesque, 1815****Género *Leiosolenus* Röding, 1798*****Leiosolenus aristatus* (Dillwyn, 1817)**

Figura 20D

Mytilus aristatus Dillwyn, 1817: 303 (localidad tipo: costas de Senegal).

Modiola caudigera.—Lamarck 1819: 116 (costa africana).

Lithophagus aristatus var. *tumidior*.—Carpenter 1857: 129 (Mazatlán, Sinaloa).

Lithophaga (Myoforceps) aristata.—Olsson 1961: 137, pl. 16, fig. 2–2C (Manta, Ecuador).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BIVA-020, dos ej. (BT–220220), UMAR- BIVA-021, 23 ej. (AA, BA, CA, DA–130620).

Descripción: (longitud 11 mm) concha cilíndrica elongada de color amarillo pálido con partes más claras, aguda hacia el extremo anterior con terminación redondeada y las puntas entrecruzadas. Con adherencias calcáreas terminales. Patrón de líneas en la concha visible.

Hábitat: Perforador de sustratos calcáreos, incluidas conchas de bivalvos, esqueletos coralinos y gasterópodos; ocupa cavidades ajustadas al tamaño de los individuos (Cantera & Contreras 1988).

Distribución geográfica: Desde el golfo de California hasta Perú. De Carolina del Norte hasta Quintana Roo. Cuba, Indias occidentales, Venezuela y Pacífico oriental (Cantera & Contreras 1988, Turgeon *et al.* 2009).

Comentarios taxonómicos: Carpenter (1857) no realizó la descripción de *Lithophagus aristatus* var. *tumidior*, sin embargo, menciona que la variedad podría ser considerada como una especie distinta, pero fue sinonimizada con *Leiosolenus aristatus* (van der Land 2008). De acuerdo con la descripción realizada por Olsson (1961), los ejemplares tienen una longitud promedio de 32 mm; siendo una talla muy superior al intervalo encontrado en este trabajo (6–11 mm). Sin embargo, es notoria la terminación de las valvas en puntas largas y redondeadas que se cruzan alternadamente asemejando a un par de tijeras;



incluso se observa en los ejemplares de menor tamaño; difiriendo solo en la prolongación de las puntas. Bastida-Zavala *et al.* (2013) enlistaron a *Lithophaga (Myoforceps) aristata* como un registro válido para Oaxaca.

Observaciones generales: Se incluyeron a los ejemplares de *Leiosolenus aristatus* dentro de este trabajo pese a que no son organismos incrustantes; particularmente se consideran como endobiontes; los cuales viven bajo la superficie de un basibionte ya sea vivo o muerto (Taylor & Wilson 2002). Los ejemplares fueron encontrados principalmente perforando agrupaciones de balanos muertos y conchas de otros bivalvos; en cavidades bien definidas.

Su mayor abundancia se presentó en las placas del experimento anual, ya que estas son las que presentaron una mayor estructura multi-estrato y que, debido a esta complejidad, facilita el asentamiento de los organismos endobiontes (Álvarez-Cerrillo *et al.* 2017).

Orden Ostreida Férussac, 1822

Familia Ostreidae Rafinesque, 1815

Género *Ostrea* Linnaeus, 1758

***Ostrea conchaphila* Carpenter, 1857**

Figura 19A–B

Ostrea rufa Carpenter, 1857: 159 (localidad tipo: California)

Ostrea conchaphila Carpenter, 1857: 161 (Guayaquil, Ecuador).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BIVA-022, 33 ej. (AT, BT, CT, DT–240819), UMAR-BIVA-023, 112 ej. (BT, CT, DT–301119), UMAR-BIVA-024, 63 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-BIVA-025, 669 ej. (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: (longitud 4.86 cm) Concha dorsoventralmente elongada, valva superior ligeramente aplanada; valva inferior anclada al sustrato y ligeramente cóncava. Margen ligeramente ondulado. Ligamento corto y triangular. Cómata no visible. Color interno blanco con manchas café a verde claro. Color exterior café claro con bandas más oscuras con bandas blancas, con escamas de conquiolina en la superficie.

Hábitat: A nivel medio de marea, en rocas y conchas. En sustratos artificiales como pilotes y cascos de barcos (Carpenter 1864).

Distribución geográfica: Del golfo de California a Ecuador. Mazatlán (Sinaloa) y Panamá (Carpenter 1864, Lodeiros *et al.* 2020).

Comentarios taxonómicos: De acuerdo con la descripción de Carpenter (1857) los ejemplares más jóvenes pueden presentar coloración interna naranja o violeta y conforme crecen se torna casi totalmente blanca; registró ejemplares de 6.8 cm de longitud. En este trabajo se observan ejemplares de 4.8 cm de longitud, que presentan coloración interna casi completamente blanca.

Bastida-Zavala *et al.* (2013) enlistó a *Ostrea conchaphila* es como un registro válido para la costa de Oaxaca; asimismo es una especie comúnmente asociada a sustratos artificiales.

Observaciones generales: Con respecto a otras especies de bivalvos encontradas en este estudio, es *Ostrea conchaphila* la que posee las mayores abundancias, durante todo el año de estudio; siendo el tercer trimestre el que obtuvo un menor número de organismos.

Género *Saccostrea* Dollfus & Dautzenberg, 1920

Saccostrea palmula (Carpenter, 1857)

Figura 19C–D

Ostrea conchaphila var. *palmula* Carpenter, 1857: 163 (localidad tipo: Mazatlán, México).

Ostrea mexicana G. B. Sowerby II, 1857: 35, fig. 35 (Mazatlán, Sinaloa).

Ostrea amara Carpenter, 1864: 223 (California).

Ostrea frons (Linnaeus, 1758) *sensu* Carpenter, 1864: 520 (Acapulco).

Crassostrea palmula.—Ramírez & Sevilla 1965:136, fig. 8 (golfo de California)

Material examinado: Marina Chahué. UMAR- BIVA-026, dos ej. (CA–130620).

Descripción: (longitud 8.7 cm) Concha ovalada, más larga que ancha. Valva inferior en forma de copa ligeramente pronunciada de mayor tamaño, valva superior ligeramente aplanada. Color interno de blanco a color verde amarillento. Margen de valva superior con cómatas. Color exterior verde olivo, café claro o blanco con crecimiento laminar.



Hábitat: Zonas supramareales y mesomareales, áreas rocosas expuestas. Esteros y áreas de manglar. Asociados a sustratos naturales y artificiales (Lodeiros *et al.* 2020).

Distribución geográfica: Laguna de San Ignacio, isla de Cocos, Costa Rica, Ecuador, islas Galápagos. De Baja California Sur hasta Bayovar (Piura, Perú) (Lodeiros *et al.* 2020).

Comentarios taxonómicos: El organismo de mayor tamaño encontrado, presentó 10 cm de longitud, lo cual es el doble de lo registrado como longitud máxima de la especie (3.7–4.9 cm); sin embargo, la forma de la valva inferior y las cómatas presentes en el borde interno, son caracteres más representativos que el tamaño de los organismos.

Observaciones generales: Solo dos ejemplares fueron obtenidos durante el año del estudio, sin embargo, el tamaño fue mayor a lo registrado Carpenter (1857). Bastida-Zavala *et al.* (2013) enlistaron a *Saccostrea palmula* como un registro válido para la costa de Oaxaca.

Género *Striostrea* Vialov, 1936.

***Striostrea prismatica* (Gray, 1825)**

Figura 19E–G

Ostrea rufa Lamarck, 1819: 208 (localidad tipo: América).

Ostrea iridescens Hanley, 1845: 89, pl. 2 (centro América).

Ostrea panamensis Carpenter, 1864: 362 (sur América).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BIVA-027, un ej. (DT–301119), UMAR-BIVA-028, tres ej. (AT–220220), UMAR-BIVA-029, 17 ej. (AA, BA–130620).

Descripción: (longitud 3.8 cm) Concha ovalada irregularmente. Valva superior plana con placas de conquiolina. Un pequeño receso presente bajo el área ligamental frecuentemente agrandada de la valva izquierda. Cómatas fuertemente marcadas, muy espaciadas, con cinco a cada lado del área ligamental. Superficie externa café oscura, superficie interna blanquecina fuertemente iridiscente.

Hábitat: Sobre rocas expuestas y sustratos artificiales (Lodeiros *et al.* 2020).

Distribución geográfica: Norte América. De Baja California (México) a Tumbes (Perú) (Lodeiros *et al.* 2020).

Comentarios taxonómicos: Los ejemplares encontrados poseen las características descritas por Carpenter (1864), las cómatas marcadas de forma redondeadas y con el interior iridiscente con unas de las valvas adherida fuertemente al sustrato.

Observaciones generales: Los ejemplares de la especie fueron encontrados durante todo el año de estudio exceptuando el primer trimestre, obteniendo el mayor número de ejemplares en el cuarto trimestre.

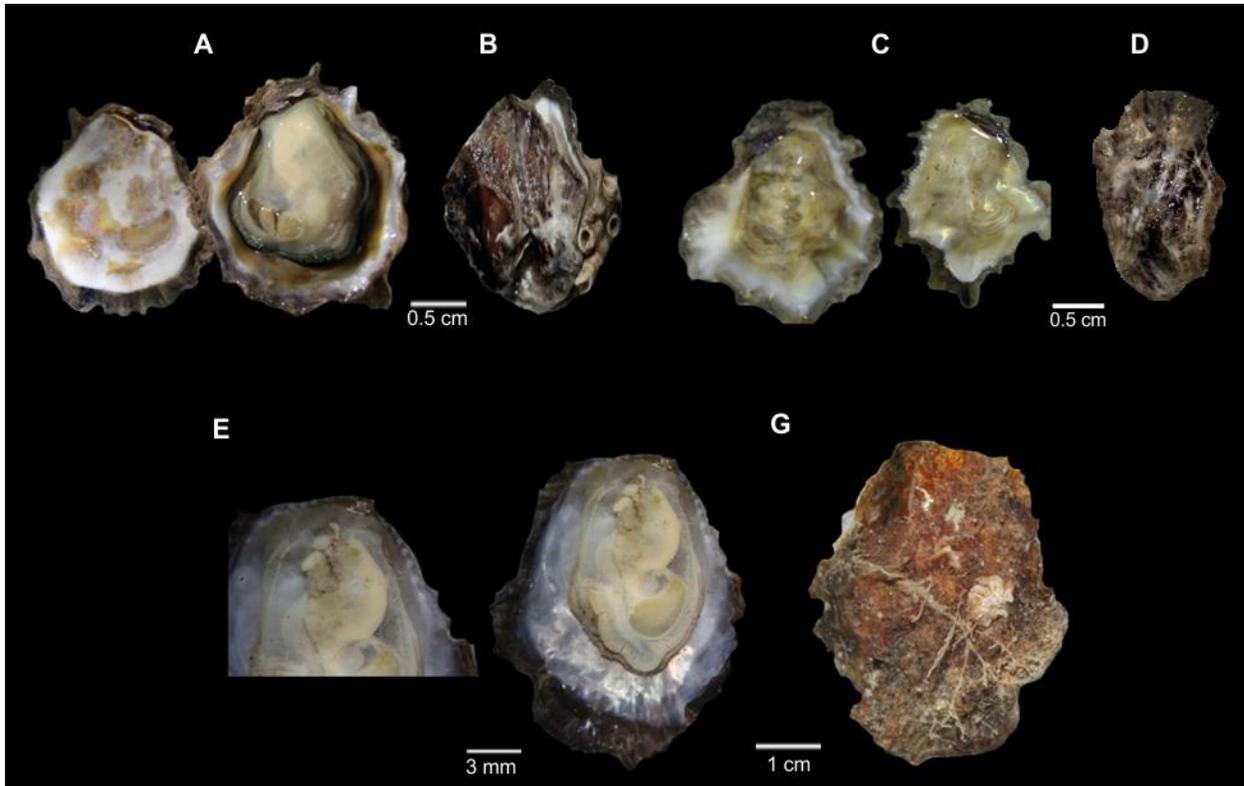


Figura 19. *Ostrea conchaphila*: A) valva superior e inferior, vista interna; B) valva superior, vista externa. *Saccostrea palmula*: C) valva superior e inferior, vista interna; D) valva superior, vista externa. *Striostrea prismatica*: E) valva inferior; detalle de cómatas; G) valva inferior, vista interna y externa.

Bivalvia sp. 1

Figura 20A

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BIVA-030, un ej. (AT-220219), UMAR-BIVA-031, cuatro ej. (AT, CT-130620).

Descripción: Concha subcircular, de 2.23 mm de longitud, margen dorsal ligeramente deprimido. Externamente presenta color blanco marfil y la superficie presenta líneas finas.



Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Observaciones generales: La falta de observación de los caracteres internos de la concha, limitaron la identificación de los ejemplares.

Bivalvia sp. 2

Figura 20B

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BIVA-032, cuatro ej. (DAT-301119).

Descripción: Concha ovalada, de 750 µm de longitud, textura quebradiza. Externamente la superficie presenta líneas finas y apariencia traslúcida.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como balanos, moluscos y tubos de serpúlidos, así como directamente sobre la placa de PVC.

Observaciones generales: La falta de observación de los caracteres internos debido a la fragilidad de la concha, limitaron la identificación de los ejemplares.

Clase Gastropoda Cuvier, 1795

Familia Vermetidae Rafinesque, 1815

Género *Thylacodes* Guettard, 1770

***Thylacodes margaritaceus* (Rousseau in Chenu, 1844)**

Figura 20F

Vermetus margaritaceus. Rousseau *In*: Chenu, 1844: 214, pl. 2–5, fig. 2 (localidad tipo: oeste de México).

Serpulorbis margaritaceus.—Keen 1971: 195, pl. 22 (oeste de México).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-GAST-010, un ej. (DA-130620).

Descripción: Concha tubular, sinuosa. Color de la parte superior de la concha café claro con parches más oscuros, la parte inferior color blanco; abertura circular. Superficie ornamentada con finas líneas a lo largo del tubo.

Hábitat: Sobre sustratos naturales y artificiales.

Distribución geográfica: Golfo de California. Jalisco, México (González-Villarreal 2005).

Comentarios taxonómicos: De acuerdo con Keen (1971) se pueden presentar ejemplares con tubos casi rectos y ornamentados por líneas a lo largo de tubo, tal cual se observa en el ejemplar encontrado en donde solo los extremos presentan una ligera curvatura. No se observa el opérculo.

Observaciones generales: Al igual *Thylaeodus indentatus*, los ejemplares fueron recolectados en las placas correspondientes al experimento anual; no se observaron ejemplares durante los trimestres. De acuerdo con Keen (1961) se puede hipotetizar sobre la búsqueda activa de la larva para asentarse en un lugar adecuado; por lo cual una comunidad mucho más compleja es beneficiosa para la sobrevivencia de los organismos ya que de esta manera encontrará sitios de protección.

Género *Thylaeodus* Mörch, 1860

***Thylaeodus indentatus* (Carpenter, 1857)**

Figura 20G

Bivonia contorta var. *indentata* Carpenter, 1857: 302 (localidad tipo: Mazatlán, Sinaloa).

Vermetus indentatus.—Keen 1961: 202, pl. 55, fig. 4 (Mazatlán, Sinaloa).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-GAST-011, ocho ej. (AA, BA, CA–130620).

Descripción: Concha tubular, con espiral muy marcado en forma de torre. Color negro con partes color tinto; abertura circular. Superficie ornamentada con finas líneas a lo largo del tubo.

Hábitat: Sobre sustratos naturales y artificiales.

Distribución geográfica: América occidental tropical. Del golfo de California a Mazatlán, Sinaloa (Carpenter 1857, Keen 1961).

Comentarios taxonómicos: De acuerdo con Keen (1961) la concha de los verméticos se caracteriza por poseer tres capas, a diferencia de los anélidos tubícolas; la capa interna es brillante y porcelanizada, los ejemplares encontrados poseían las características de la concha y el crecimiento espiral. También menciona que existen variaciones con respecto al color, con coloraciones rojizas, lo cual se puede observar



ligeramente en los bordes de los ejemplares. Es una especie que se distribuye ampliamente en el golfo de California.

Observaciones generales: Los ejemplares fueron recolectados en las placas correspondientes al experimento anual al igual que los ejemplares de *Thylacodes margaritaceus*. Lo anterior se relaciona con la presencia de los vermétidos en comunidades incrustantes más complejas que permitan la mejor obtención de alimento y protección (Keen 1961).

Subclase Patellogastropoda Lindberg, 1986

Familia Patellidae Rafinesque, 1815

Patellidae sp.

Figura 20E

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-GAST-012, un ej. (CT-130620).

Descripción: Concha ovalada de 9.6 mm. Ápice elevado curvado e inclinado hacia un lado. Concha lisa con estrías de coloración que va de color tinto a rojizo, la parte inferior color blanco con líneas pardas. Margen crenulado. Estructura en forma de copa delgada en la parte ventral de la concha.

Hábitat: Asociado a sustratos (rocas y algas) (Aguilar-Estrada *et al.* 2017).

Comentarios taxonómicos: La falta de observación de los caracteres diagnósticos, no permitió identificación de la especie. Particularmente los individuos de esta familia no son considerados organismos sésiles de manera estricta; sin embargo, están especialmente adaptadas para adherirse a las rocas o sobre otros sustratos; el pie está cubierto de un moco que actúa como órgano locomotor y adhesivo al mismo tiempo. Debido su poca movilidad se han incluido dentro de la fauna incrustante de este estudio (Ruppert & Barnes 1996).

Familia Calyptraeidae Lamarck, 1809**Género *Crucibulum* Schumacher, 1817*****Crucibulum spinosum* (G. B. Sowerby I, 1824)**

Figura 20C

Calyptra spinosa Sowerby I, 1824: 636, pl. 32 (localidad tipo: California).

Calyptra (Calypeopsis) tubifera Lesson, 1831: 399 (Perú).

Calyptra cinerea L. Reeve, 1842: 33, pl. 144, fig. 4 (Cabo Hornos, Chile).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-GAST-013, tres ej. (AA, CA, DA–130620).

Descripción: Concha ovalada de 19.3 mm. Ápice elevado curvado e inclinado hacia un lado. Espinas oblicuas dispuestas en hileras generalmente regulares, algunas espinas tubulares, especialmente aquellas de mayor longitud. Concha blanca con tonos grises, pardos y rojizos. Margen crenulado. Estructura en forma de copa delgada en la parte ventral de la concha.

Hábitat: Asociado a sustratos como rocas, algas y muelles (Aguilar-Estrada *et al.* 2017).

Distribución geográfica: De Monterey, California, hasta Tomé, Chile. Golfo de California e isla Gorgona (Hendrickx *et al.* 2014, Aguilar-Estrada *et al.* 2017).

Comentarios taxonómicos: Se encontraron tres ejemplares, dos de ellos medían menos de 10 mm y el de mayor tamaño no llegó a medir los 20 mm de diámetro, como lo registrado por Keen (1971); sin embargo, se observaron las características diagnósticas de la especie incluso en los ejemplares más pequeños. Estos últimos tenían menor definición en la distribución y el tamaño de las espinas.

Observaciones generales: Al igual que la familia anterior los individuos de esta familia no son considerados organismos sésiles de manera estricta; pero dada su poca movilidad se han incluido dentro de la fauna incrustante de este estudio (Ruppert & Barnes 1996).

Los tres ejemplares de este gasterópodo se encontraron en placas dominadas por esponjas, ascidias y poliquetos.

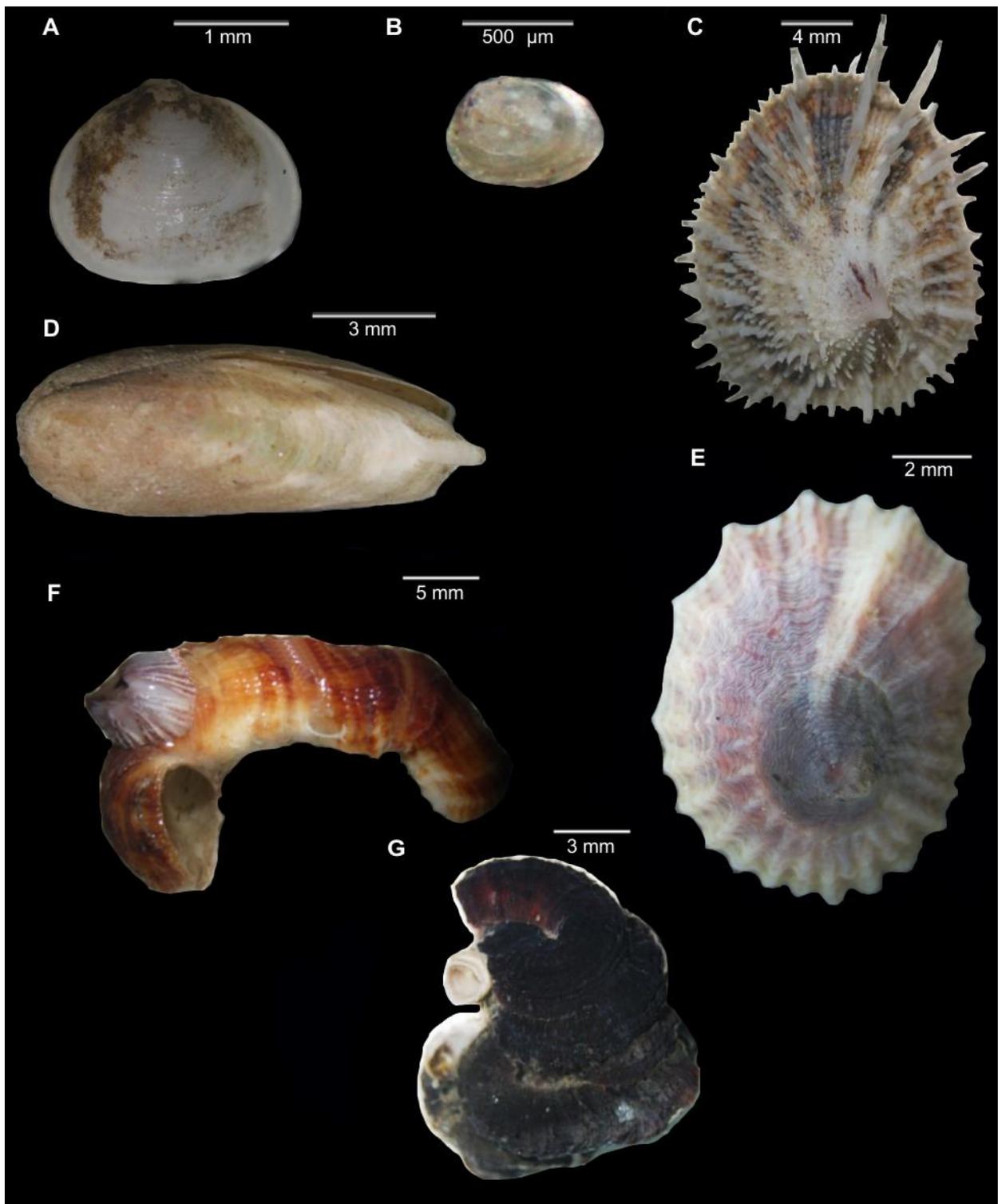


Figura 20. A) *Bivalvia* sp. 1; B) *Bivalvia* sp. 2; C) *Crucibulum spinosum*; D) *Leiosolenus aristatus*; E) *Patellidae* sp.; F) *Thylacodes margaritaceus*; G) *Thylaeodus indentatus*.

Filo Arthropoda von Siebold, 1848

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Maxillopoda Dahl, 1956

Superorden Thoracica Darwin, 1854

Orden Sessilia Lamarck, 1818

Familia Balanidae Leach, 1817

Subfamilia Balaninae Leach, 1817

Género *Balanus* Da Costa, 1778

Balanus cf. trigonus

Figura 21–22

Especie nominal: *Balanus trigonus* Darwin, 1854: 223, pl. 3 figs. 7a-f. (localidad tipo: Java; este de Archipiélago de India).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-THOR-030, cinco ej. (AT, BT, DT–220220) UMAR-THOR-031, 68 ej. (ATA, BTA, CA, DTA–130220).

Intervalo de talla (cm): Longitud carinal (0.3–0.7), longitud rostral (0.5–0.6) diámetro basal (0.8–1.2), diámetro carino-rostral (0.3–0.4).

Descripción: *Tamaño:* Longitud carinal (0.7 cm), longitud rostral (0.6 cm) diámetro basal (1.2 cm), diámetro carino-rostral (0.4 cm).

Color: Concha de coloración blanca con patrón de líneas verticales violeta-rosado, de grosor variable, que en ocasiones se presentan en pares y generan surcos notorios. Radios con coloración blanca de fondo, en ocasiones presentan parches rosa pálido (Fig. 21A-B).

Forma: Concha con seis placas, base calcárea sólida, con arreglo tubífero de una sola capa. Placas con borde ondulado, radios de anchos a estrechos. Rostro y carina ligeramente convexos. Orificio opercular triangular (Fig. 21A-B).

Escudo y tergo: Región interna del escudo ligeramente cóncavo en la parte media; región externa color blanco marfil y presenta parches color rosa pálido surcos longitudinales con cuatro hileras de perforaciones profundas, se presentan más



espaciadas en la base del escudo; margen ocluyente dentado. Tergo más ancho que largo y espuela tan larga como ancha; margen basal recto; ángulo basi-escudal pronunciado (Fig. 21C-F).

Cono bucal: Labio superior con tres dientes pequeños, muesca pronunciada en la parte media. Mandíbula con cinco dientes, 4° y 5° más pequeño con dentículos adicionales y punta irregular. Primera maxila sin muesca debajo del primer par superior de espinas, presenta 7 espinas entre pares superiores e inferiores y dos espinas cortas en el ángulo inferior. Cirro III márgenes posteriores con dientes erectos debajo de setas cortas en ángulos distales. Márgenes anteriores del cirro IV con dientes pequeños; rama posterior sin dientes (Fig. 22).

Pene: Punto basidorsal grande y ligeramente puntiagudo, curvado hacia la carina.

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como moluscos y directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: De acuerdo con descripciones previas el carácter distintivo de la especie son las perforaciones que presenta en el escudo, que de acuerdo con Darwin (1854) se pueden presentar de una a cinco o seis filas de perforaciones profundas circulares u oblongas. En los organismos encontrados se observaron de tres a cuatro filas de perforaciones profundas de forma oblonga; por lo cual se encuentra dentro rango descrito por Darwin (1854), ya que el número de filas puede variar por el tamaño del ejemplar o la erosión a la que esté sometido.

El tergo presenta una profunda curvatura interna, lo que difiere de lo descrito e ilustrado Darwin (1854) y Pilsbry (1916), ya que ellos no mencionan tal característica.

Con respecto al resto de los caracteres del cono bucal, la mandíbula presenta diferencias con respecto a la descrita por Darwin (1854) que la describió con cinco dientes (4° pequeño y 5° en ángulo inferior ausente o poco distinguible) y la descrita por Pilsbry (1916) con cuatro dientes y el ángulo inferior con punta irregular. Los ejemplares obtenidos presentaron una mandíbula con cinco dientes, 4° y 5° más pequeño con dentículos adicionales y punta irregular; por lo cual existen diferencias principalmente en la forma de los últimos dos dientes.

La primera maxila difiere principalmente de la descrita por Pilsbry (1916) en el número de espinas (7-8 espinas intermedias) mientras que en los ejemplares de la marina Chahué presentaron de 6-7 espinas.

Observaciones generales: La especie solo estuvo presente durante la segunda mitad del año, correspondiente a la temporada de secas y presentó bajas densidades a diferencia de *Amphibalanus* cf. *amphitrite* y *A.* cf. *eburneus* que estuvieron presentes todo el año y en altas densidades.

El tamaño de los ejemplares encontrados en el presente trabajo osciló entre 0.8-1.2 cm, mientras que Darwin (1854) describe ejemplares de un mayor intervalo de tamaño (1.2-2.5 cm), dicha variación puede estar dada por la edad de los organismos.

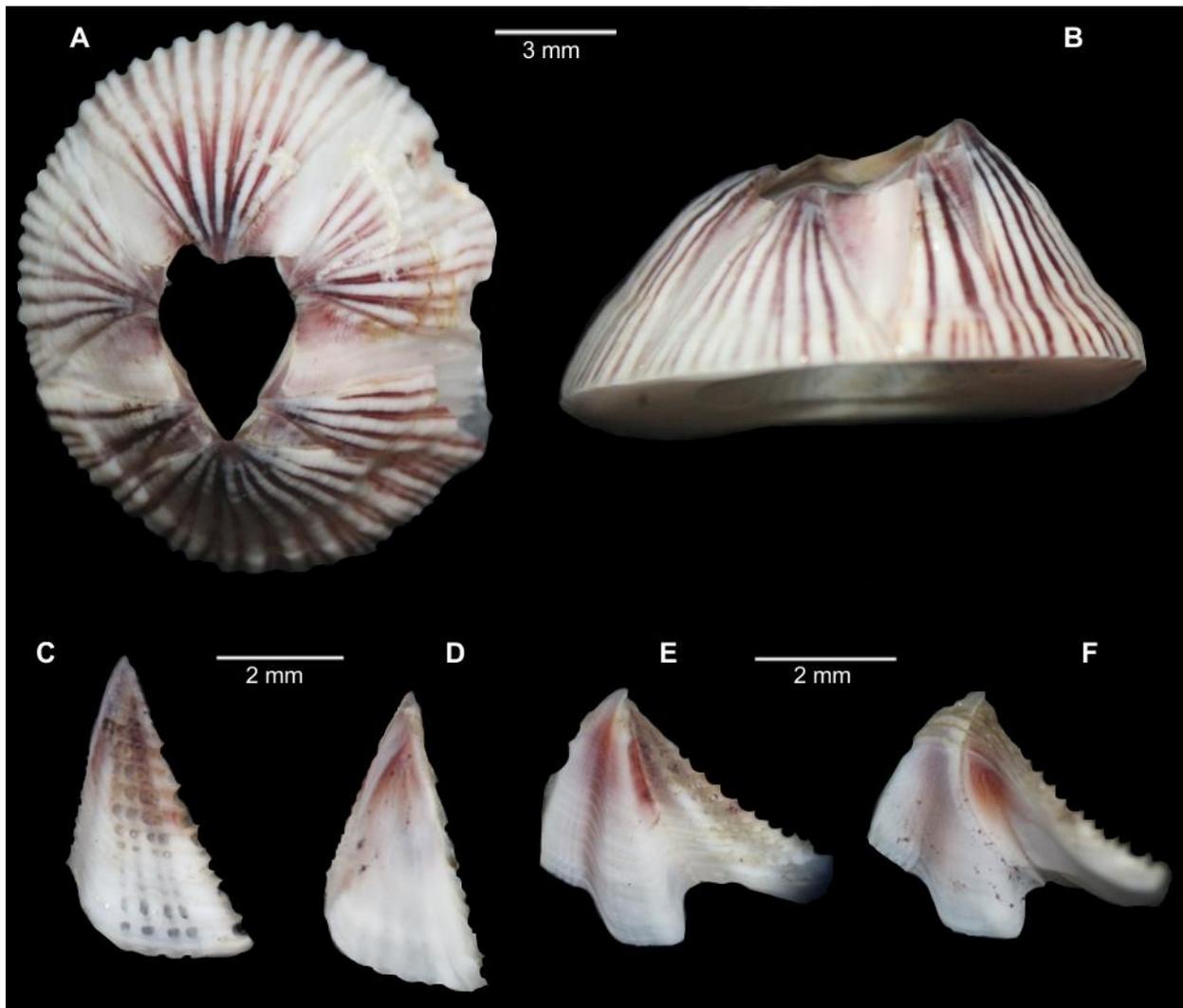


Figura 21. *Balanus* cf. *trigonus*: A) concha, vista superior; B) concha, vista lateral; C) escudo, vista exterior; D) escudo, vista interior; E) tergo, vista exterior; F) tergo, vista interior.

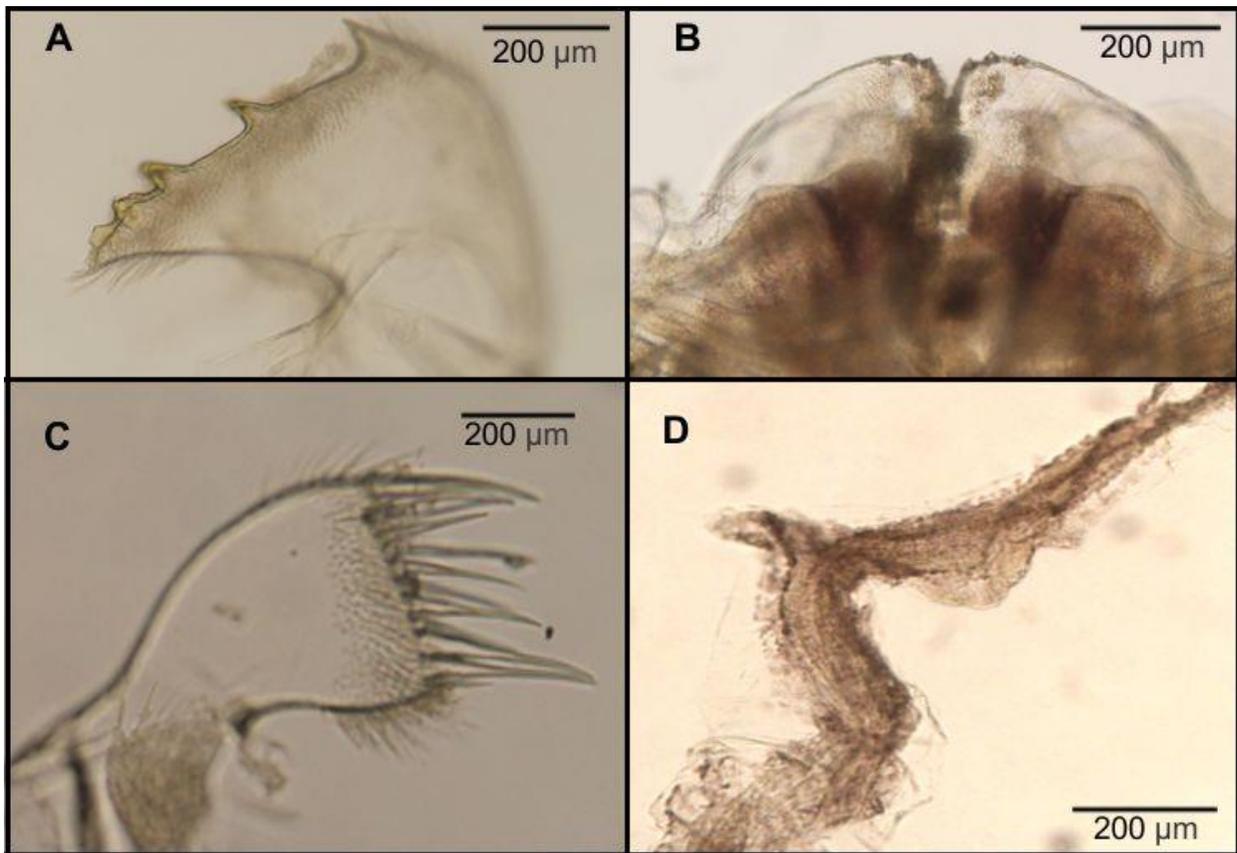


Figura 22. *Balanus cf. trigonus*. A) Mandíbula; B) labio superior; C) primera maxila; D) punto basidorsal del pene.

Género *Amphibalanus* Pitombo, 2004

Amphibalanus cf. amphitrite

Figura 23–24

Especie nominal: *Amphibalanus amphitrite* var. *communis* (Darwin, 1854): 240–246 (localidad tipo: Natal, República de Sudáfrica *sensu* Harding 1962).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-THOR-032, 1597 ej. (AT, BT, CT, DT–240819), UMAR-THOR-033, tres ej. (AT, CT–301119), UMAR-THOR-034, 1054 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-THOR-035, 92 ej. (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Intervalo de talla (cm): Longitud carinal (0.5–0.9), longitud rostral (0.4–0.7) diámetro basal (0.5–1.2), diámetro carino-rostral (0.4–1).

Descripción: *Tamaño:* Longitud carinal (0.7 cm), longitud rostral (0.4 cm) diámetro basal (0.6 cm), diámetro carino-rostral (0.5 cm).

Color: Concha con placas lisas blancas de fondo con patrón de líneas verticales de grosor y número variable que van del violeta al violeta-rosado mate, en ocasiones se presentan en pares, juntas o espaciadas. Radios con coloración blanca de fondo, en ocasiones presentan manchas de color violeta o violeta-rosado (Fig. 23A-B).

Forma: Concha con seis placas, base calcárea sólida con arreglo tubífero de una sola capa. Placas con borde ondulado. Concha ligeramente cónica, con rostro convexo y carina cóncava. Orificio del opérculo ligeramente triangular (Fig. 23A-B).

Parietal: La base presenta un patrón de figuras interlaminares entre cada poro. El patrón presenta estructura “en forma de árbol” en dirección al margen interior. Con un septo principal que puede ser recto o curvo, con seis costillas a cada lado distribuidas de manera regular a lo largo del septo. El patrón “en forma de árbol” corresponde a la porción blanca de la coloración externa de la concha (Fig. 23G).

Escudo y tergo: Región interna del escudo ligeramente cóncava en la parte media; región externa color violeta oscuro con surcos transversales. Tergo con ligera protuberancia carinal y espuela tan larga como ancha y redondeada (Fig. 23C-F).

Cono bucal: Labio superior multidentado con 13 dientes que disminuyen de tamaño, muesca pronunciada en la parte media. Mandíbula con seis dientes, 4° y 6° con dentículos adicionales. Primera maxila sin muesca debajo del primer par superior de espinas, presenta 12 espinas entre pares superiores e inferiores y dos espinas cortas en el ángulo inferior. Cirro III márgenes posteriores con dientes erectos debajo de setas cortas en ángulos distales. Márgenes anteriores del cirro IV con dientes pequeños; rama posterior sin dientes (Fig. 24)

Pene: Punto basidorsal delgado, corto y puntiagudo. Punta del pene con un grupo de setas largas a cada extremo y tres grupos de setas cortas intermedio (Fig. 24F).

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como moluscos y directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: Los ejemplares observados en este estudio presentan características comunes con *Balanus amphitrite* var. *amphitrite* Darwin, 1854; descrita en el trabajo de Henry & McLaughlin (1975). El tamaño de los ejemplares osciló entre los 0.5–1.2 cm de diámetro basal, mientras que Newman & Abbott (1980) registraron ejemplares de hasta 2 cm de diámetro basal, siendo este el diámetro promedio para la



especie; por lo cual los ejemplares del presente trabajo podrían tener poca definición debido a que los ejemplares más grandes tenían menos de un 1.5 cm de diámetro basal.

Harding (1962) describió el patrón presente en la base de los parietales, como un patrón de figuras interlaminares. Poros grandes y espaciados uniformemente; los septos entre ellos se extienden con nervaduras verticales, de las cuales se pueden extender costillas. En vista exterior los poros coinciden con las franjas de color violeta oscuro. Generalmente en la parte intermedia se observa una banda blanca más ancha.

En los ejemplares correspondientes a este estudio se observó el patrón descrito por Harding (1962); sin embargo, presentaron variación con respecto al número de costillas, y la distribución de las franjas y en ocasiones la banda blanca intermedia no era distinguible.

Con respecto al resto de los caracteres del cono bucal, la mandíbula presenta diferencias con respecto a la descrita por Darwin (1854) que la describió con tres dientes superiores y dos dientes inferiores y la descrita por Henry & McLaughlin (1975) con cuatro a seis dientes y 2° diente bífido y 3° y 6° con dentículos adicionales. Los ejemplares obtenidos presentaron una mandíbula con seis dientes, 4° y 6° con dentículos adicionales. El labio superior presenta el desprendimiento de la cutícula lo que generó la observación de una capa extra; sin embargo, se observó la presencia de 13 dientes que disminuyen de tamaño conforme se encuentran más cercanos a la muesca, en contraste con lo descrito por Darwin (1854) que contabilizó un promedio de seis dientes, por su parte Henry & McLaughlin (1975) describieron un promedio de 14.5 dientes y en ocasiones la presencia de setas. Sin embargo, coincide con el número y forma descrito por Harding (1962).

Observaciones generales: Henry & McLaughlin (1975) realizaron el primer registro en el Pacífico oriental de la especie nominal de *Amphibalanus amphitrite*, los múltiples registros alrededor del mundo hacen que la especie sea considerada cosmopolita en las regiones tropicales y subtropicales (Gittings *et al.* 1896, Celis 2009). Debido a su capacidad de asentarse en sustratos duros artificiales su transporte a diversas regiones del mundo está asociado a la bioincrustación y el transporte marítimo (Okolodkov *et al.* 2007). Sin embargo, debido a las diferentes variedades asociadas al complejo A.



amphitrite, los ejemplares requieren una mayor revisión para determinar a qué variedad pertenecen (Darwin 1854, Pilsbry 1916, Harding 1962, Henry & McLaughlin 1975).

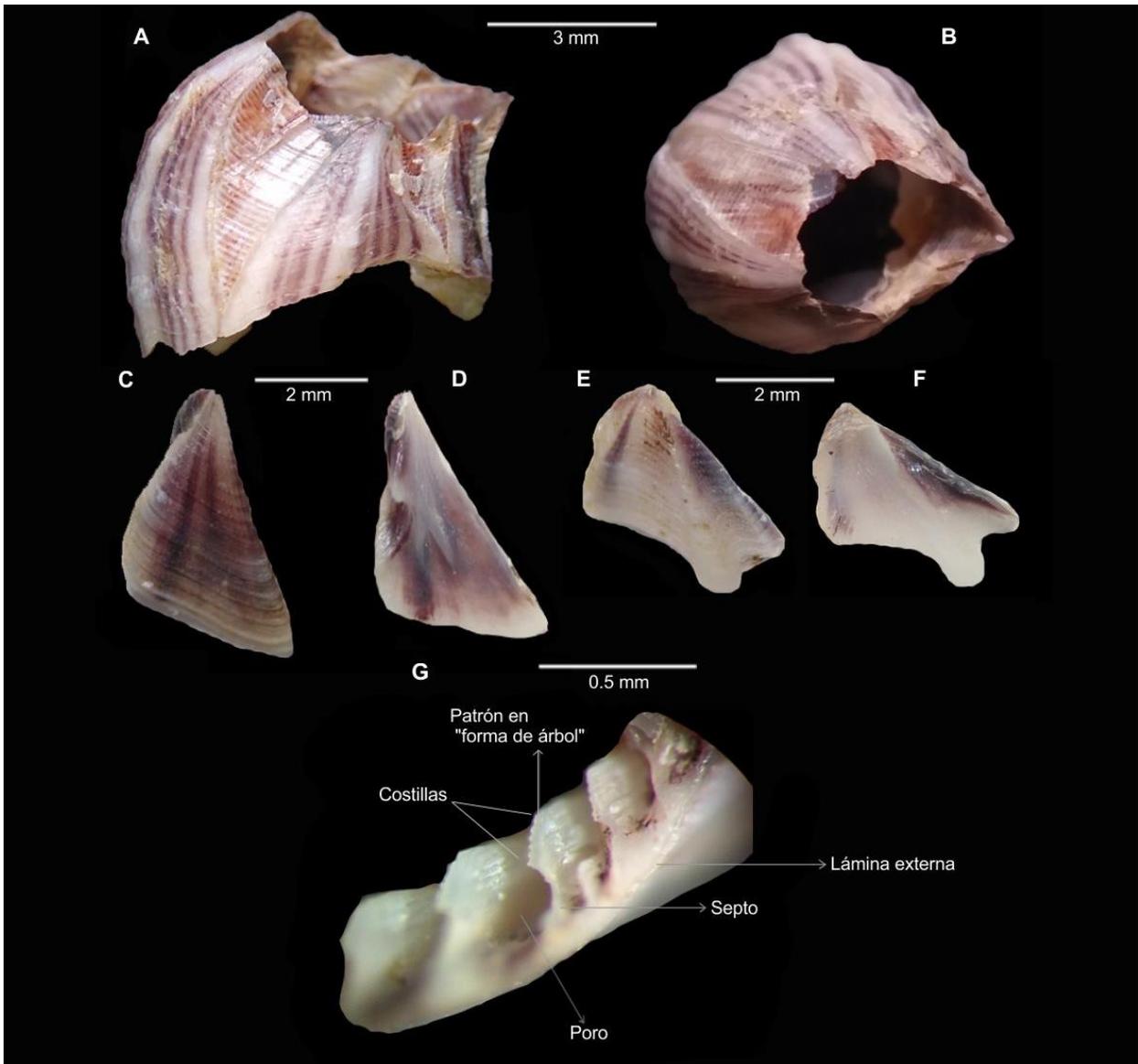


Figura 23. *Amphibalanus* cf. *amphitrite*: A) concha, vista lateral; B) concha, vista superior; C) escudo, vista exterior; D) escudo, vista interior; E) tergo, vista exterior; F) tergo, vista interior; G) vista interna del margen del parietal.

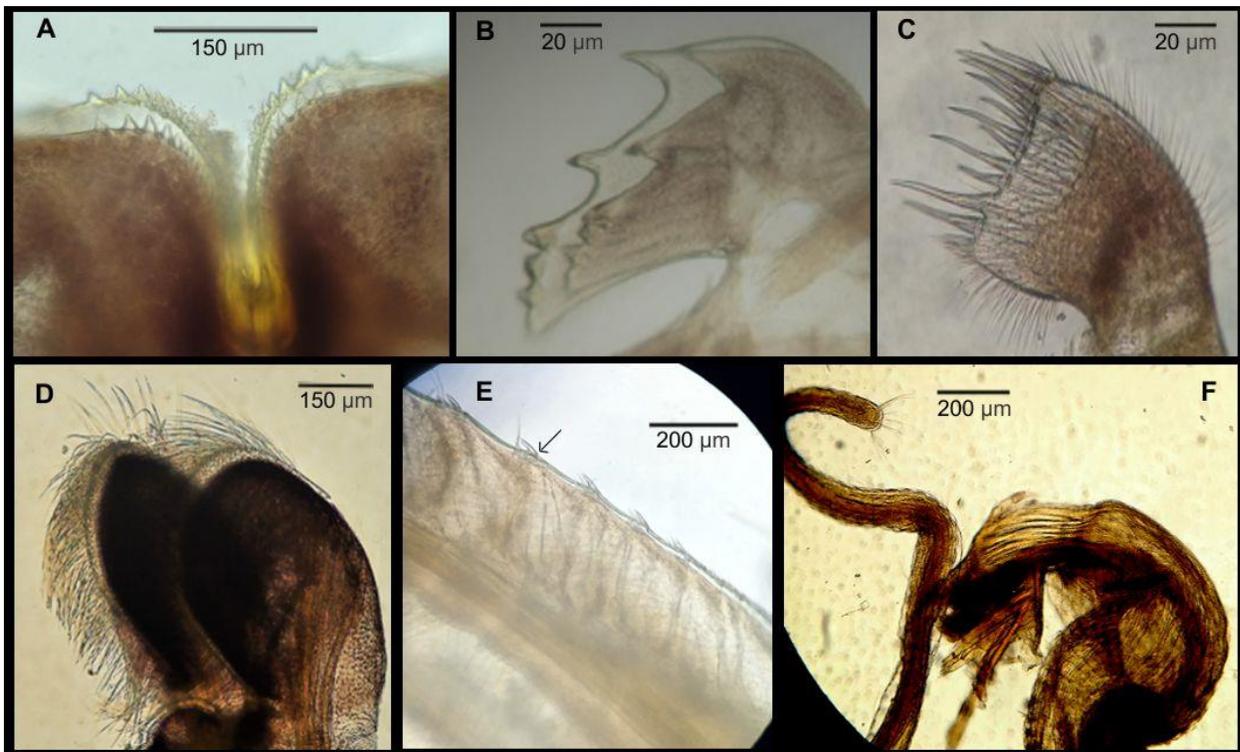


Figura 24. *Amphibalanus* cf. *amphitrite*: A) labio superior; B) mandíbula; C) primera maxila; D) palpo mandibular; E) segmento del cirro III, con dientes erectos; F) punto basidorsal del pene.

Amphibalanus cf. *eburneus*

Figura 25–26

Especie nominal: *Amphibalanus eburneus* (Gould, 1841):15-16 (localidad tipo: Bahía Boston, Massachusetts, *sensu* Henry & McLaughlin 1975).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-THOR-036, 2351 ej. (AT, BT, CT, DT–240819), UMAR-THOR-037, nueve ej. (AT, BT–301119), UMAR-THOR-038, 1040 ej. (AT, BT, CT, DT–220620), UMAR-THOR-039, 322 ej. (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Intervalo de talla (cm): Longitud carinal (0.6–1), longitud rostral (0.4–0.9) diámetro basal (0.6–1.8), diámetro carino-rostral (0.4–1).

Descripción: *Tamaño:* Longitud carinal (1.3), longitud rostral (0.5) diámetro basal (1.3), diámetro carino-rostral (0.9).

Color: Concha con placas lisas blanco marfil. Radios blancos (Fig. 25A-C).

Forma: Concha con seis placas, base calcárea sólida con arreglo tubífero de una sola capa. Placas con borde ondulado. Radios que van de anchos a estrechos, su

longitud es más de la mitad de la longitud total de la placa Rostro convexo y carina cóncava. Opérculo triangular con una punta muy marcada.

El escudo presenta crestas de crecimiento fuertemente marcadas y dientes en el margen de oclusión. El tergo posee un margen carinal protuberante y no posee un surco longitudinal marcado. Labio superior con 11 dientes a cada lado, la parte central presenta una muesca pronunciada. Mandíbula con seis dientes, 4°, 5° y 6° de forma irregular. Primera maxila con borde irregular con protuberancia presenta 10 espinas entre pares superiores e inferiores de espinas más largas. Punto basidorsal del pene muy bajo (Fig.26).

Hábitat: Se encontró sobre sustratos secundarios, como moluscos y directamente sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: Los caracteres del cono bucal, presentan diferencias en el número de dientes del labio superior de acuerdo con lo descrito por Henry & McLaughlin (1975) en donde obtuvieron un promedio de 13.5 dientes, mientras que en los ejemplares de este estudio se obtuvo un promedio de 11. La mandíbula presenta diferencias con respecto a la descrita por Gould (1841) y por Darwin (1854) quienes la describieron con cinco dientes, el tercero redondeado; los ejemplares obtenidos presentaron una mandíbula con seis dientes, 4°, 5° y 6° irregulares.

La primera maxila presentó un menor número de espinas (10) con respecto a la descrita por Gould (1841), Darwin (1854) y Henry & McLaughlin (1975) con 14 espinas; sin embargo, coincide en la presencia de un par superior e inferior de espinas más largas.

Observaciones generales: La especie nominal fue registrada como especie exótica en el Pacífico oriental; por Henry & McLaughlin (1975) en el golfo de California, Mazatlán, Sinaloa y la laguna de Manzanillo, Colima. Debido a su asociación a los sustratos artificiales el vector principal de introducción es la bioincrustación en barcos y sustratos flotantes (Rodríguez-Almaraz & García-Madrigal 2014).

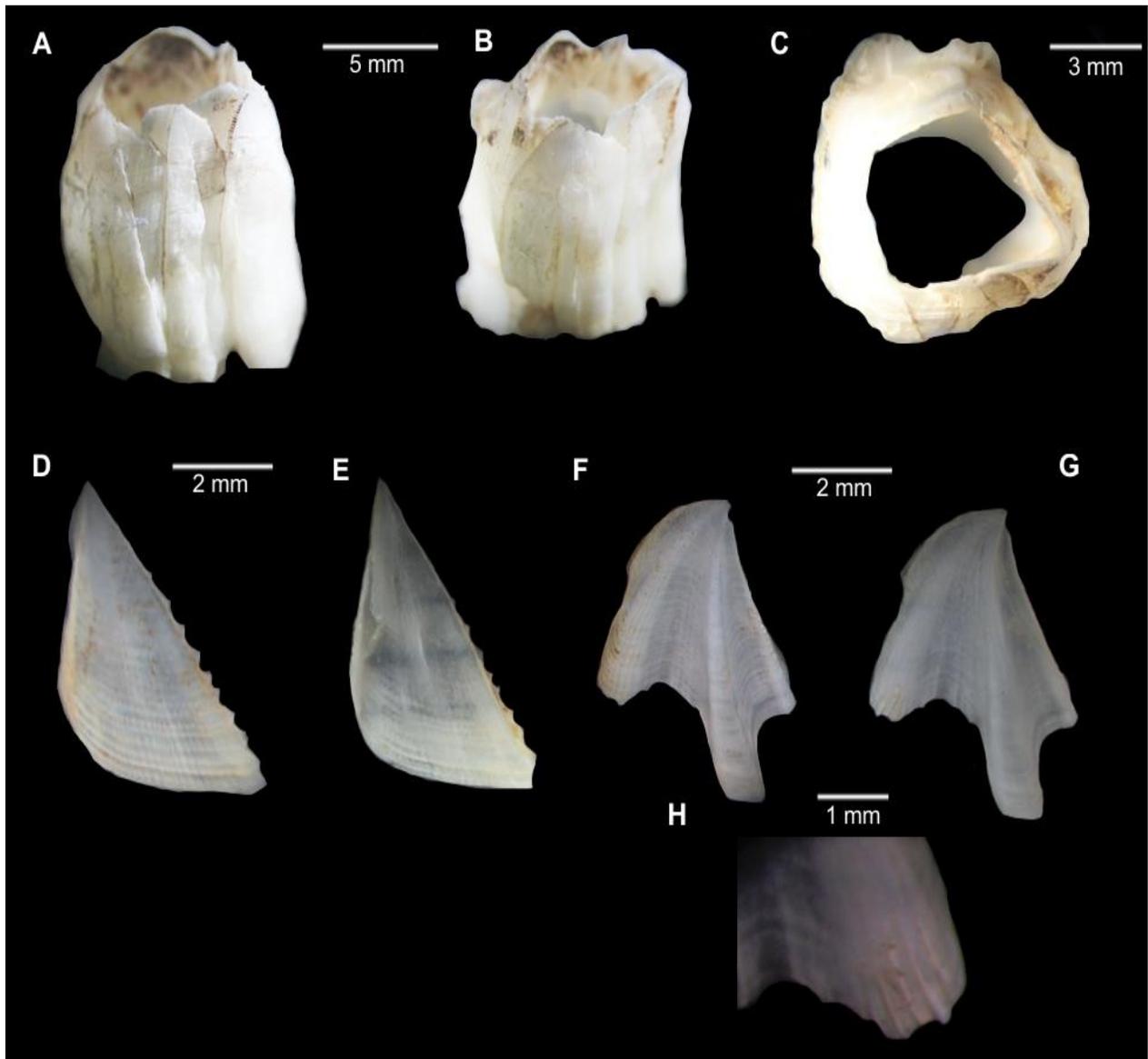


Figura 25. *Amphibalanus* cf. *eburneus*: A) concha, vista rostral; B) concha, vista lateral; C) concha, vista superior; D) escudo, vista exterior; E) escudo, vista interior; F) tergo, vista exterior; G) tergo, vista interior; H) crestas, del musculo depresor lateral.

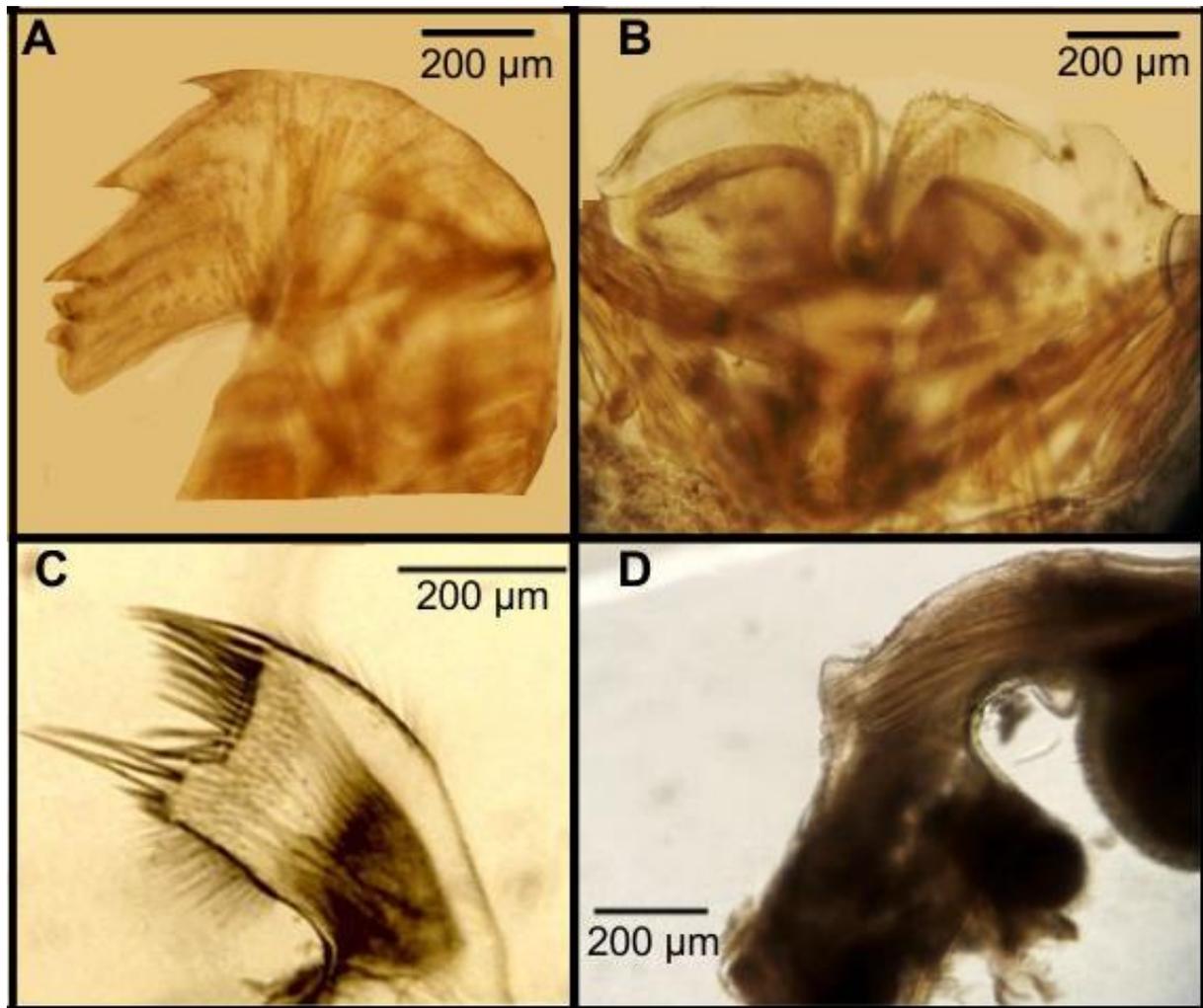


Figura 26. *Amphibalanus* cf. *eburneus*: A) mandíbula; B) labio superior; C) primera maxila; D) punto basidorsal del pene.

Filo Entoprocta Nitsche, 1890

Familia Barentsiidae Emschermann, 1972

Género *Barentsia* Hincks, 1880

***Barentsia discreta* (Busk, 1886)**

Figura 27

Ascopodaria discreta Busk, 1886: 44 (localidad tipo: estación 135 Challenger de la isla del Ruiseñor, Ascensión y Tristán de Acuña).

Barentsia discreta Marcus, 1937:15.—Osburn, 1940: 32.—Osburn, 1953: 766 pl. 83 fig. 8; (Costa del Pacífico).

Ascopodaria misakiensis Oka, 1890: 234 (Tokio, Japón).

Barentsia misakiensis Oka, 1895: 76 (Indias occidentales).



Material examinado: Marina Chahué. UMAR-ENTO-001, (CT–240819), UMAR-ENTO-002, (BT, CT–301119), UMAR-ENTO-003, (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-ENTO-004, (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Estolón progresivo y delgado, presentando algunas bifurcaciones, los zooides se observaron de distintos tamaños. El musculo basal es ligeramente largo, siendo en ocasiones hasta una cuarta parte de la longitud del tallo; es ligeramente transparente y de consistencia compresible, tiene forma de copa alargada invertida. Pedúnculo delgado recto, ampliándose ligeramente hacia arriba, presenta perforaciones en la capa interna, no presentó articulaciones.

El cáliz tiene forma de jarrón, el lofóforo es terminal; la base del cáliz está separada del pedicelo por una porción corta y flexible. El número de tentáculos va de 12–20, debido a la variación del tamaño de los zooides.

Hábitat: Se encuentra hasta 500 metros de profundidad, tanto en sitios protegidos como en áreas expuestas. Se han registrado adheridos a tubos de serpúlidos, briozoos y moluscos; y también adheridos a superficies artificiales (muelles y pilotes) (Osburn 1953, Wasson 1997).

Distribución geográfica: Pantropical. En la costa del Atlántico en Cabo Cape (sur de California) hasta Cabo Hornos (Chile) (Osburn 1953, Wasson & Mariscal 2007).

Comentarios taxonómicos: En vivo y recién fijado el cáliz presentaba iridiscencia en toda la superficie, la cual se va perdiendo después cierto tiempo de fijación. El estolón y el pedúnculo presentaron una coloración opaca y de color marrón, el área de las perforaciones es mucho más oscura; mientras que el musculo basal presenta un color más claro (color beige). Los tentáculos son filiformes y uniformes, aunque se presentaron en un número menor al registrado por Osburn (1953) se encuentran en el intervalo con respecto al tamaño del zooide.

Osburn (1953) observó que en ocasiones se pueden presentar articulaciones, sin embargo, en ninguna colonia de la marina Chahué se observaron dichas articulaciones.

De acuerdo con Wasson (1997), colonias examinadas al sur de California se reproducen de mayo a septiembre, y la maduración sexual se presenta cuando hay un aumento en la temperatura; a pesar de que en el presente estudio no se pudo observar

si la abundancia de *Barentsia discreta* era mayor en los periodos con temperatura más cálidas, se pudo determinar que estuvo presente durante todo el año.

Observaciones generales: La especie fue registrada para el Pacífico por Osburn (1953), y de acuerdo con Emschermann (1993) es una especie de presencia mundial, debido a que se encuentra en aguas profundas y someras; en sitios naturales y artificiales; lo cual está dado por su amplia tolerancia fisiológica a las condiciones ambientales.

Sin embargo, es precisamente esta amplia tolerancia lo que genera incertidumbre con respecto a su verdadera distribución geográfica, lo cual requiere mayores estudios taxonómicos y moleculares, lo anterior también fue mencionado por Wasson (1997) ya que las poblaciones distantes geográficamente podrían ser diferenciadas con rasgos genéticos o morfológicos; pero hasta que no se realicen más estudios el “complejo *discreta*” será considerado como una sola especie.

En el presente estudio la especie fue encontrada como epibionte de moluscos, balanos, ascidias, serpúlidos, sabélidos y briozoos; presentando altas densidades, sin embargo, determinar su porcentaje de cobertura presentó dificultades debido a que se presentaba los estolones delgados y formando redes; lo que era imposible de distinguir en las fotografías dado su tamaño.

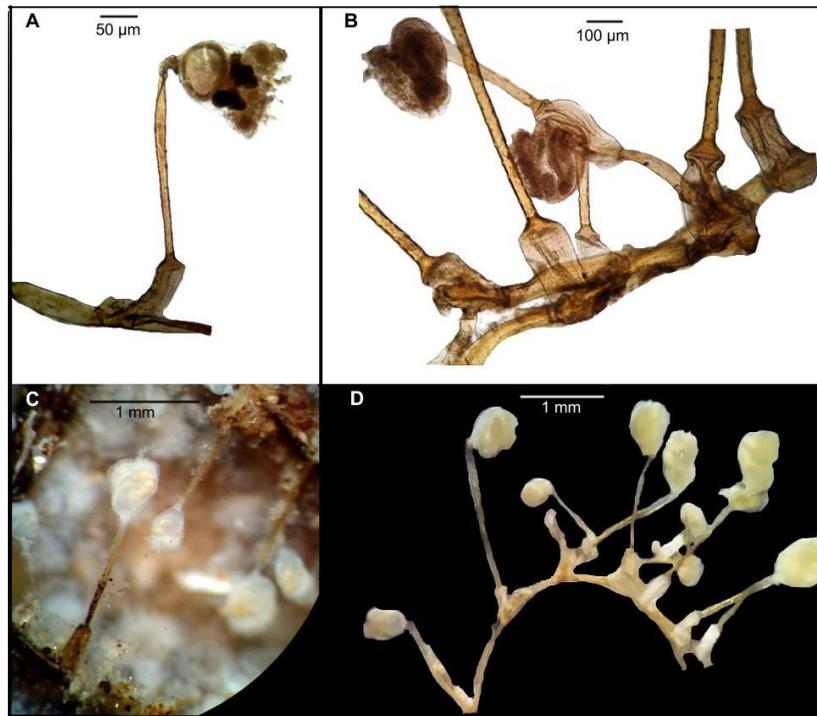


Figura 27. *Barentsia discreta*: A) zooide; B) estolón de la colonia; C) zooides incrustados en el opérculo de un balano; D) porción de la de la colonia.



Filo Bryozoa

Clase Gymnolaemata Allman, 1856

Orden Cheilostomata Busk, 1852

Superfamilia Buguloidea Gray, 1848

Familia Bugulidae Gray, 1848

Género *Bugula* Oken, 1815

Bugula neritina (Linnaeus, 1758)

Figura 28A–B

Sertularia neritina Linnaeus, 1758: 38 (localidad tipo: Mediterráneo y mar Árabe).

Bugula neritina Robertson, 1905: 266 (Bahía Monterey).—Hastings 1930: 704 (islas Galápagos).—Cohen *et al.* 2002: 13–17 (Puerto de Los Ángeles).—Cohen *et al.* 2005: 998 (sureste de California).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BRYO-005, (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-BRYO-006, (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Presenta ramas erectas en forma arbustiva, su coloración va del morado rojizo al café claro. La ramificación es dicotómica y los zooides se alternan en dos filas en las ramas; presentan una forma ovalada y son visibles a simple vista midiendo aproximadamente de 200–300µm. No presenta avicularios, ni espinas, sin embargo; en el margen exterior superior se observan un ligero borde puntiagudo. Las ovicelas son redondas de consistencia quebradiza; poseen una coloración clara a marrón oscuro y están situadas en la parte media de las ramas en filas verticales.

Hábitat: Presente en aguas cálidas. Es uno de los briozoos más abundantes en puertos y marinas. Se encuentra en sustratos artificiales como pilotes de muelles, cascos de barcos y boyas. Y en sustratos naturales como rocas, conchas (Osburn 1953).

Distribución geográfica: Bahía Monterey, California, a islas Galapagos. Pacífico mexicano (Robertson 1905, Osburn 1953).

Comentarios taxonómicos: Las ovicelas presentaban una textura quebradiza muy diferente a la textura del resto de los zooides, además la coloración adyacente a las mismas en algunas ocasiones se muestra más clara u oscura que el resto de la colonia.

Los registros de *Bugula neritina* deben ser confirmados ya que distintos estudios indican que se trata de tres especies genéticamente distintas, pero morfológicamente similares, siendo el halotipo S1 el más común en comunidades incrustantes, por ello Medina-Rosas & Tovar-Hernández (2012) consideraron necesario el análisis molecular para confirmar la identidad de la especie (Davidson & Haygood 1999, Mackie *et al.* 2006).

La presencia de *Bugula neritina* es muy abundante en cualquier sustrato disponible, incluyendo estructuras artificiales; lo que le ha permitido colonizar zonas de la costa del Pacífico de Estados Unidos, México y Centroamérica (Okolodkov *et al.* 2007).

Observaciones generales: Las colonias de *Bugula neritina* se presentaron a partir de la segunda mitad del año (tercer trimestre), marcando una notoria diferenciación temporal con respecto a los primeros trimestres en los cuales no estuvo presente; se observó cubriendo a otros organismos y fungiendo también como basibionte de ascidias coloniales y de galerías de invertebrados móviles.

Familia Savignyellidae Levinsen, 1909

Género *Savignyella* Levinser, 1909

Savignyella lafontii (Audouin, 1826)

Figura 28C–E

Eucratea lafontii Audouin, 1826: 242 (localidad tipo: estrecho de Magallanes).

Catenaria lafontii, Hastings, 1930:732 (islas Coiba y Taboga, Panamá y Colombia).

Savignyella lafontii.—Osburn 1940: 466, pl. 51, figs. 11–12 (estrecho de Magallanes).—Harmer 1957: 761, pl. 51, figs. 11–12 (Indonesia).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BRYO-007, una colonia (BT–130620).

Descripción: Colonia erecta de consistencia muy frágil, crecimiento uniseriado, articulaciones en cada entre nudo formadas por un único zooide que posee un estolón de longitud variable. Zooides alargados con la superficie cubierta de poros. Apertura oral ovalada, presenta de cuatro a seis espinas no articuladas. Aviculario de forma irregular. Ovicela redonda presenta poros en la superficie

Hábitat: Aguas cálidas. Se puede encontrar adherido a sustratos naturales (esqueleto de coral, algas, esponjas y otros briozoos). Y a sustratos artificiales (cascos de barcos, muelles y pilotes) (Winston 1982).



Distribución geográfica: Golfo de México y de Bermudas hasta Brasil. En la costa del Pacífico: isla Coiba e isla Taboga, Panamá, isla Gorgona y Colombia (Osburn 1952, Winston 1982).

Comentarios taxonómicos: Las colonias son de textura delicada, quebradizas al contacto y ramificadas, no son visibles a simple vista, solo hasta que el material es examinado bajo el microscopio, lo cual coincide con lo registrado por Winston (1982).

Observaciones generales: Durante todo el estudio solo se encontró una colonia durante el cuarto trimestre (feb 22–jun 13, 2020). Lo cual coincide con lo registrado por Osburn (1940) quien recolectó colonias en reproducción principalmente en el mes de junio en Puerto Rico.

Familia Smittinidae Levinsen, 1909

Género *Smittina* Norman, 1903

***Smittina* sp.**

Figura 28F

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-BRYO-008, tres colonias (CT, DT–130620).

Descripción: Colonia incrustante, unilaminar, multiseriada, forma pequeños parches irregulares de color blanco. Autozoides ligeramente hexagonales y convexos, situados en series alternas, ligeramente sobrelapados, superficie con perforaciones pequeñas. Apertura primaria subcircular, con el borde proximal ligeramente cóncavo. Espinas orales ausentes. Aviculario suboral pequeña y semitriangular. Ovicelas no observadas.

Hábitat: Se encontró sobre la placa de PVC.

Comentarios taxonómicos: Osburn (1953) registra nueve especies del género, para el sur de California; sin embargo, debido al estado de la colonia y la falta de observación de caracteres no se pudo determinar la especie. Se requieren más observaciones.

Observaciones generales: Se observaron en parches pequeños sobre la superficie de PVC.

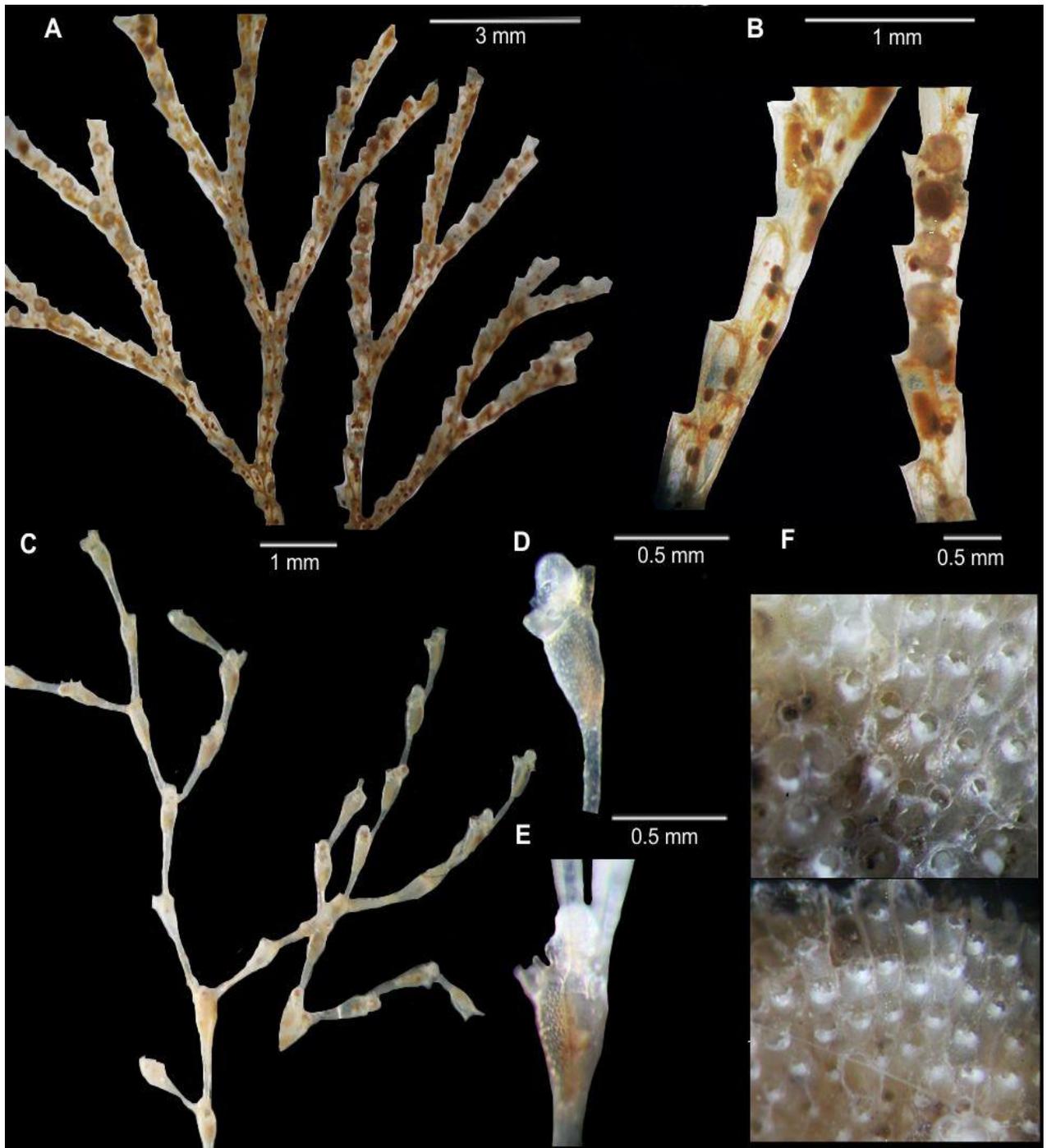


Figura 28. *Bugula neritina*: A) porción de una colonia; B) zooides y ovicelas. *Savignyella lafontii*: C) porción de una colonia; D-E) zooides y ovicelas; F) *Smittina* sp. 1.



Filo Chordata Heackel, 1874

Subfilo Tunicata Lamarck, 1816

Clase Ascidiacea Blainville, 1824

Orden Aplousobranchia Lahille, 1887

Familia Didemnidae Verrill, 1871

Género *Diplosoma* McDonald, 1859

***Diplosoma listerianum* (Milne-Edwards, 1841)**

Figura 29A–C

Diplosoma listerianum Milne-Edwards, 1841: 300 (localidad tipo: canal de la Mancha, Europa).

Didemnum gelatinosum (Milne Edwards, 1841): 250 (canal de la Macha)

Diplosoma macdonaldi Herdman, 1886 (Puerto Rico).—Van Name 1945: 109–110 (isla Vancouver).

Diplosoma pizoni Ritter & Forsyth, 1917 (San Diego, California).—Van Name 1945: 110–111 (sur de California).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-ASCI-070 (BT, CT, DT–240819), UMAR-ASCI-071 (BT, CT, DT–301119), UMAR-ASCI-072 (BT, CT, DT–220220), UMAR-ASCI-073 (BTA, CT–130620).

Descripción: Ascidia colonial. Túnica transparente de consistencia suave, lo que permite la observación de los zooides embebidos. Zooides de color marrón, grisáceo o negro en zonas como el sifón oral y el abdomen, presentan variación en la coloración incluso en el mismo zooide, algunos presentan tonalidad amarilla en el tórax. Sifón atrial con la apertura situada a un costado de la faringe, que se extiende a lo largo de la misma. Gónada masculina dividida en dos. En algunos zooides el tórax ligeramente alargado, pero de manera general presentan una forma ovalada.

Faringe con dos a cuatro hileras de estigmas branquiales; de siete a 10 estigmas en cada hilera. En la región abdominal se sitúan el resto de los órganos.

La larva es ovalada, se localizaron embebidas en la túnica en pequeñas agrupaciones. Poseen tres papilas adhesivas en hilera, con un pedúnculo delgado. Con cuatro pares de ventosas ectodermales en cada lado. La cola sobre pasa la mitad del cuerpo.



Hábitat: Ambientes marinos subtropicales y tropicales; así como ambientes salobres (bocas de lagunas con conexión al mar). Sobre sustratos naturales (rocas, mangle) y artificiales (pilotes de muelles y raíz de mangle) (Van Name 1945).

Distribución geográfica: Europa. Atlántico occidental en el sur de Carolina, Florida, Bermudas, Puerto Rico, Jamaica, Belice, Venezuela y Brasil. En el Pacífico fue registrada para la bahía de San Diego, California. En el Pacífico oriental tropical: Santa Cruz y Chacahua (Oaxaca) (Van Name 1945, Moreno-Dávila 2010).

Comentarios taxonómicos: La variación con respecto al número de hileras y estigmas en la faringe con respecto a lo descrito por Van Name (1945), se debe principalmente a que los zooides poseían una consistencia muy frágil lo que dañaba parte de la faringe al ser disectados. Sin embargo, el resto de las características fueron observadas y la presencia de las larvas y su coincidencia con las características diagnósticas de las mismas contribuyó a la determinación de la especie.

Observaciones generales: Generalmente las colonias se encontraban sobre bivalvos y balanos, e incluso cubriendo pociones completas de las placas de PVC, sin embargo, debido a la dificultad para desprender las colonias se fragmentaron. Llegaron a cubrir porcentajes del sustrato de hasta el 40%.

La especie nominal tiene como localidad tipo el Atlántico europeo y Van Name (1945) incluye a *Diplosoma macdonaldi* como parte de las ascidias comunes en la región del Atlántico americano, incluyendo el golfo de México y sur de América. Moreno-Dávila (2010) realiza el primer registro de la especie para Oaxaca y para el Pacífico mexicano.

Esta especie es considerada exótica para el Atlántico americano (Karlson & Osman 2012). Con este trabajo se realiza el segundo registro de la especie para el Pacífico mexicano, y por esto puede considerarse como una especie exótica potencial para el resto del Pacífico tropical oriental.

**Orden Phlebobranchia Lahille, 1890****Familia Ascidiidae Herdman, 1880****Género *Ascidia* Linnaeus, 1767*****Ascidia ceratodes* (Huntsman, 1912)**

Figura 29D–G

Phallusia ceratodes Huntsman, 1912: 114-121, pl. 10, fig. 9 (localidad tipo: California).

Ascidia californica Ritter & Forysth 1917: 454, pl. 38, fig. 6 (sur de California).

Ascidia ceratodes Van Name, 1945: 196, fig. 109 (San Diego, California).—Lambert & Lambert 1998: 683 (sur de California).—Caballo 2006:36 (Pacífico mexicano).—Moreno-Dávila 2010: 43–46, fig. 7H–J, pl. 3C (Costa de Oaxaca).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-ASCI-074, dos ej. (CT, DT–240819), UMAR-ASCI-075, 219 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-ASCI-076, 67 ej. (ATA, BTA, CTA, DA–130620).

Descripción: Túnica lisa incolora o beige, posee forma ovoide, achatada de la parte posterior y comprimido lateralmente, sin la túnica se observa los músculos que parten de los sifones de manera circular ordenada y distribuidos en el resto del cuerpo en todas direcciones. Sifón oral presenta ocho lóbulos y el sifón atrial seis; ambos presentan un punto color anaranjado pálido entre cada lóbulo. El ganglio nervioso se presenta en la base del sifón atrial.

Presenta de 100–120 tentáculos branquiales simples filiformes de dos tamaños. El tubérculo dorsal en forma de U con una orilla enrollada hacia el centro; se presenta en el centro de la lámina dorsal. Faringe simétrica con 30–40 vasos longitudinales, y de 3–4 estigmas, papilas en forma de domo. De 70–75 vasos transversales. Tubo digestivo ocupa más de la mitad del lado izquierdo del cuerpo, presenta un asa intestinal angosta, el estómago es globoso.

Una porción del ovario se encuentra rodeado por la primera asa intestinal y la otra porción se encuentra sobre la segunda asa intestinal. Folículos masculinos ubicados sobre el estómago y la primera asa intestinal.

Hábitat: Ambientes marinos y salobres. A profundidades someras hasta 30 m, sobre superficies naturales (rocas, coral, coral muerto) o superficies artificiales (pilares de muelles) (Van Name 1945, Lambert & Lambert 1998).

Distribución geográfica: Columbia Británica hasta Chile. Islas Clipperton y Filipinas. En Oaxaca: laguna de Corralero, playa Panteón, playa Boquilla y Estacahuite (Van Name 1945, Lambert & Lambert 1998, 2003, Carballo 2006, Moreno-Dávila 2010).

Comentarios taxonómicos: Debido al tiempo y tipo de fijación de los ejemplares, algunos presentaron una coloración más tenue en los sifones y estos se encontraban contraídos hacia el cuerpo. La variación en el tamaño de los organismos generó variación en el número de tentáculos branquiales, así como de vasos longitudinales y transversales; observando un intervalo menor de tentáculos branquiales (100–120) que lo descrito por Van Name (1945), quien contabilizó 150–200 tentáculos branquiales. Sin embargo, la posición de las gónadas femeninas y la porción del cuerpo ocupada por el intestino permitieron la determinación de la especie.

Observaciones generales: Los ejemplares se encontraron como epibiontes de moluscos, balanos y serpúlidos, también asentados sobre la superficie de PVC. Generalmente se encontraban en conjunto con individuos de *Styela* cf. *canopus*; sin embargo, *Ascidia ceratodes* siempre obtuvo un menor número de individuos con respecto a los presentados por *S.* cf. *canopus*.

Orden Stolidobranchia Lahille, 1887

Familia Styelidae Sluiter, 1895

Género *Botrylloides* Milne-Edwards, 1841

***Botrylloides niger* Herdman, 1886**

Figura 30A–C

Botrylloides chazaliei Sluiter, 1898: 5–34, pl. 11 (Antillas menores).

Botrylloides nigrum Herdman, 1886: 50, pl. 3, fig. 19–21 (localidad tipo: Bermudas, Atlántico).—Sluiter 1909: 49–50 (Mozambique, sureste de África).—Van Name 1945: 227–229, fig. 133C, 137 (Atlántico).—Rocha & Bonnet 2009: 27–35 (sur de Brasil).—Moreno-Dávila 2010: 56–58, fig. 9G, pl. 2C (Costa de Oaxaca).

Botrylloides niger.—Van Name 1921: 399, fig. 74 (Caribe).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-ASCI-077 (BT, CT–301119), UMAR-ASCI-078 (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-ASCI-079 (AT, BT, CT, DT–130620).



Descripción: Colonia incrustada en forma de tapete delgado, túnica de color oscuro en la periferia, de consistencia suave y delgada. Zooides agrupados en sistemas largos de color anaranjado. Después de ser fijada la colonia presenta coloración purpura marrón. Zooides con longitud total de 1–1.9 mm. Sifón oral tubular; ambos sifones sin lóbulos. Faringe con 9–11 hileras de estigmas. Estigmas rectos. Estomago ovoide con pliegues, asa intestinal corta y cercana a la base ventral del zooide. Gónadas en la parte superior del intestino, ovario circular.

Hábitat: Presente en aguas poco profundas (0–3 m) y cálidas. Asociada a sustratos naturales (rocas, conchas de moluscos y raíces de mangle) y a sustratos artificiales (muelles y boyas) (Van Name 1945, Monniot & Monniot 2001).

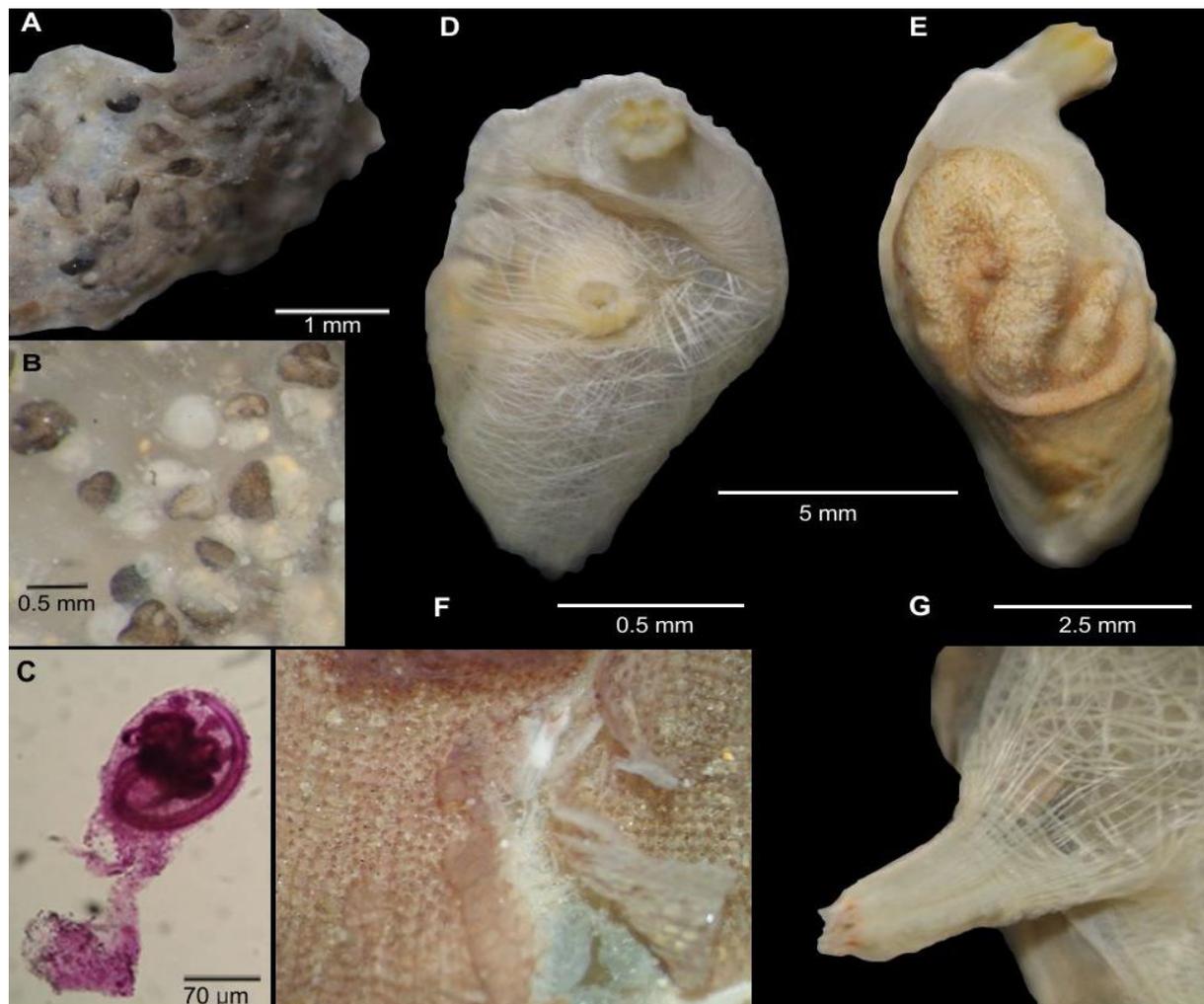


Figura 29. *Diplosoma listerianum*: A) Fragmento de la colonial; B) detalle de los zooides y larvas embebidos en la túnica; C) larva, con detalle de las tres papilas adhesivas y las ventosas ectodermales. *Ascidia ceratodes*: D) ascidia sin túnica; E) vista externa de gónadas; F) faringe; G) músculos del sifón atrial.

Distribución geográfica: Atlántico occidental. Islas Bermudas, Florida, Puerto Rico, Haití, Cuba, sur de Brasil. En México se encuentra en el norte de Yucatán y Veracruz. En Oaxaca laguna de Chacahua y Agua Blanca (Van Name 1921, Rocha & Bonnet 2009, Moreno-Dávila 2010).

Comentarios taxonómicos: Van Name (1921) describe colonias con coloración purpura, rojo o marrón. En este caso las colonias encontradas presentan la coloración más oscura en la túnica, mientras que los zooides presentan coloración naranja intenso. No se pudo determinar el grosor de la túnica, sin embargo, era de consistencia muy frágil y delgada sobre todo en las secciones más alejadas de los zooides. Se observó el sifón oral redondo; sin embargo, no se observó la presencia de la pequeña lengüeta en el sifón atrial. Se encontraron zooides de diferentes tamaños dentro de la misma colonia.

El número de estigmas se encuentra en el intervalo acorde con lo registrado por Van Name (1921), quien menciona que el número de hileras puede ir de 11–16. El estómago presentó de 7–9 pliegues, lo cual puede deberse a que los pliegues incompletos, no se hayan logrado visualizar correctamente y esto genere la variación en el conteo de estos.

Observaciones generales: Las colonias fueron encontradas con porcentajes de cobertura superiores al 30%; se observaron creciendo sobre bivalvos, balanos y tubos de poliquetos. Estando presentes principalmente en las estaciones de muestreo C y D con mayor frecuencia durante la segunda mitad del año.

De acuerdo con Tovar-Hernández (2012) *Botrylloides niger* es un registro que requiere confirmación, a pesar de que la especie fue registrada por Moreno-Dávila (2010) para las costas de Oaxaca, aun no se ha clasificado a la especie como exótica para el Pacífico mexicano.

***Botrylloides violaceus* Oka, 1927**

Figura 30D–F

Botrylloides violaceum Oka, 1927: 608 (localidad tipo: Japón).

Botrylloides violaceus Tokioka, 1967: 150–160, fig. 63 (Japón).—Lambert & Lambert 2003: 147–157 (California).—Carballo 2006: 46 (Pacífico).—Moreno-Dávila 2010:58–61, fig. 9H, pl. 2D (costa de Oaxaca).



Material examinado: Marina Chahué. UMAR-ASCI-080 (BT, CT–301119), UMAR-ASCI-081 (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-ASCI-082 (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Colonia adherida en forma de tapete. Túnica delgada y suave. Zooides completamente embebidos en la túnica, coloración anaranjado intenso, color marrón claro en el área del sifón oral en vivo, y sistemas con textura esponjosa. Al fijarse la colonia presentó coloración purpura marrón.

Sifón oral redondo y sifón atrial con abertura amplia y lengüeta. Faringe sin pliegues, 7–10 hileras de estigmas. Gónadas en la parte superior del asa intestinal, ovarios redondos y testículos con folículos.

Hábitat: Aguas someras y cálidas. En sustratos naturales (rocas, rodolitos y sargazo) así como en sustratos artificiales (boyas y pilotes de muelles) (Lambert & Lambert 2003).

Distribución geográfica: Japón (Pacífico occidental), islas Palau (Pacífico central). De San Diego hasta Santa Bárbara, California (Pacífico oriental). Laguna de Chacahua (Oaxaca, México) (Tokiooka 1967, Lambert & Lambert 2003, Moreno-Dávila 2010).

Comentarios taxonómicos: Tokiooka (1953) describió que existe un parecido entre *Botrylloides violaceus* y *B. diegensis* los cuales son distinguibles con la coloración, siendo *B. diegensis* bicolor, mientras que *B. violaceus* presenta un solo color con distintas tonalidades. La colonia observada en el presente estudio tenía una aparente coloración marrón claro en la túnica; sin embargo, al ser desprendida la coloración de la túnica era casi transparente. En el caso de los zooides la coloración se intensificaba en la parte del sifón oral, llegando a ser marrón claro. La observación de la lengüeta difiere en longitud a lo registrado por Tokiooka (1953); sin embargo, esto puede deberse a que el método de fijación no incluyó la relajación de los organismos, por lo que esta estructura está retraída; pero es perfectamente observable.

Observaciones generales: La colonia se observó como epibionte de moluscos, balanos y tubos de poliquetos. Cubriendo porcentajes por arriba del 30%, en las estaciones de muestreo C y D, principalmente.

Bastida-Zavala *et al.* (2014) recabaron registros de *B. violaceus* como especie exótica en San Francisco (California), en la bahía de San Quintín, La Paz (Baja California Sur), Guaymas (Sonora), Puerto Vallarta (Jalisco), Topolobampo y Mazatlán (Sinaloa). En Oaxaca fue registrada por Moreno-Dávila (2010) sobre raíz de mangle en la laguna



de Chacahua. El principal vector de su introducción la bioincrustación y la acuicultura; dadas sus características como invertebrado incrustante coloniza con facilidad superficies de transporte, como cascos de barcos. Además, es un epibionte de *Crassostrea gigas* (ostión japonés), que facilitó su introducción a otras áreas donde se realiza el cultivo del molusco.

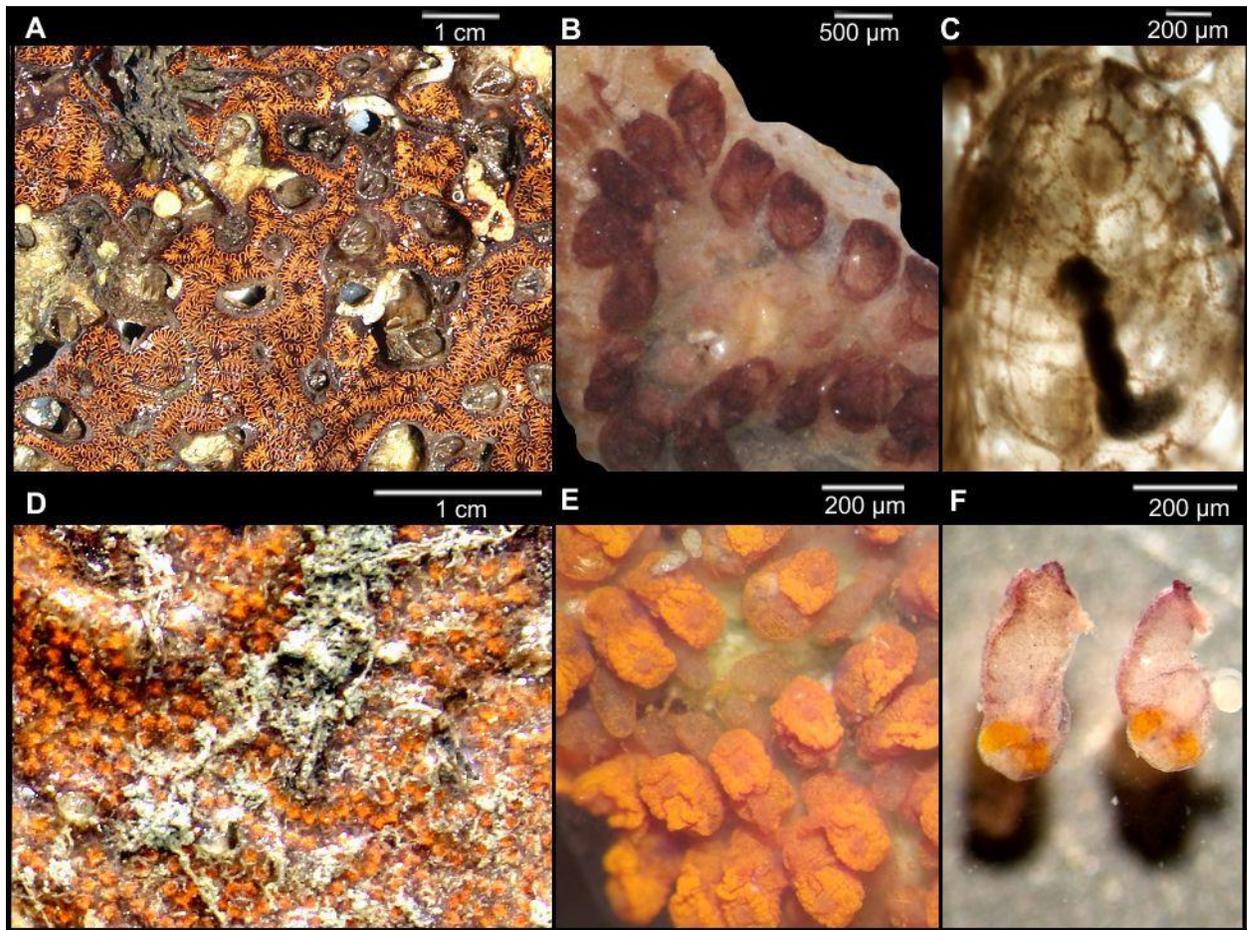


Figura 30. *Botrylloides niger*: A) colonia con coloración en vivo; B) porción de la colonia con coloración después de ser fijada; C) zooide. *Botrylloides violaceus*: D) colonia con coloración en vivo; E) porción de la colonia con coloración en vivo; F) zooide.

Género *Styela* Fleming, 1822

Styela cf. *canopus*

Figura 31

Especie nominal: *Styela canopus* Savigny, 1816 (localidad tipo: Estrecho de Magallanes).



Material examinado: Marina Chahué. UMAR-ASCI-083, 45 ej. (BT, CT–240819), UMAR-ASCI-084, cinco ej. (BT, CT, DT–301119), UMAR-ASCI-085, 1550 ej. (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-ASCI-086, 624 ej. (ATA, BTA, CTA, DTA–130620).

Descripción: Cuerpo achatado, forma irregular, al estar creciendo entre otros organismos (balanos y moluscos) adoptan la forma del espacio en el que se asientan, la longitud va de 1–2.5 cm. Túnica color ocre a marrón oscuro de consistencia firme. En los sifones la coloración se intensifica, con delgadas bandas color blanco *in vivo*. Músculos longitudinales surgen de los sifones.

Sifones conspicuos, se encuentran en la parte anterior del cuerpo manteniendo una distancia corta entre ellos, de tamaño similar y ambos tetralobulados. Manto color blanco brillante. De 22–30 tentáculos branquiales simples de tres tamaños. Orificio del tubérculo dorsal en forma de U muy cerrada. Faringe con cuatro pliegues longitudinales a cada lado, estigmas rectos longitudinales, de 20–30 vasos longitudinales (aproximadamente cuatro entre cada pliegue) y presenta vasos parastigmáticos. Lámina dorsal continua, lisa y ondulada. Intestino al lado izquierdo de la faringe. Estómago alargado, teniendo la pared interna 17–20 pliegues longitudinales. El ano presenta ondulaciones. Gónadas hermafroditas, dos a cada lado del cuerpo. La forma de la gónada es alargada; folículos masculinos dispuestos por fuera de las glándulas femeninas, rodeándolos. La forma de los folículos masculinos generalmente globulosa.

Comentarios taxonómicos: De acuerdo con la descripción de la especie nominal, la especie posee una coloración marrón con las bandas blancas en los sifones; sin embargo, la consistencia de la túnica de los ejemplares de este estudio es firme a diferencia de la consistencia suave y delgada de *Styela canopus*. En ambos casos el manto es blanco brillante. Van Name (1945) registró 18–30 pliegues en el estómago, mientras en los ejemplares revisados fueron 17–20; incluso en aquellos de mayor tamaño.

El tubérculo dorsal en *S. canopus* es en forma de U, mientras que en los ejemplares revisados presenta una U muy cerrada. En el caso de los tentáculos branquiales la especie nominal posee 40–50, mientras que en los ejemplares de este estudio se observaron 22–30.

Debido a lo anterior se tomó consideración el registro de *Styela* sp. realizado por Moreno-Dávila (2010), para comparar con los caracteres presentados con los ejemplares

analizados en este estudio y la especie nominal. Se observan diferencias en la forma del tubérculo dorsal, siendo para *Styela* sp. V inclinada y para *Styela* cf. *canopus* U cerrada; el número de tentáculos branquiales son menores (17-20) que los observados por Moreno-Dávila (2010) (22). El resto de los caracteres se mantienen dentro de los intervalos descritos. Si bien las diferencias podrían no ser significativas se requiere revisar con mayor cuidado los ejemplares para determinar si pertenece o no a la especie nominal; ya que los caracteres como la forma del tubérculo dorsal y el número de pliegues del estómago son más cercanos a *Styela canopus*.

Observaciones generales: Se obtuvieron ejemplares de diferentes tamaños, presentando un mayor registro de cobertura en porcentaje en la estación de muestreo C, durante la segunda mitad del año. Estaban presentes como epibiontes de moluscos, balanos y serpúlidos, también asentados sobre la superficie de PVC. Generalmente se encontraban en conjunto con individuos de *Ascidia ceratodes*, pero *Styela* cf. *canopus* presentó siempre mayores densidades.

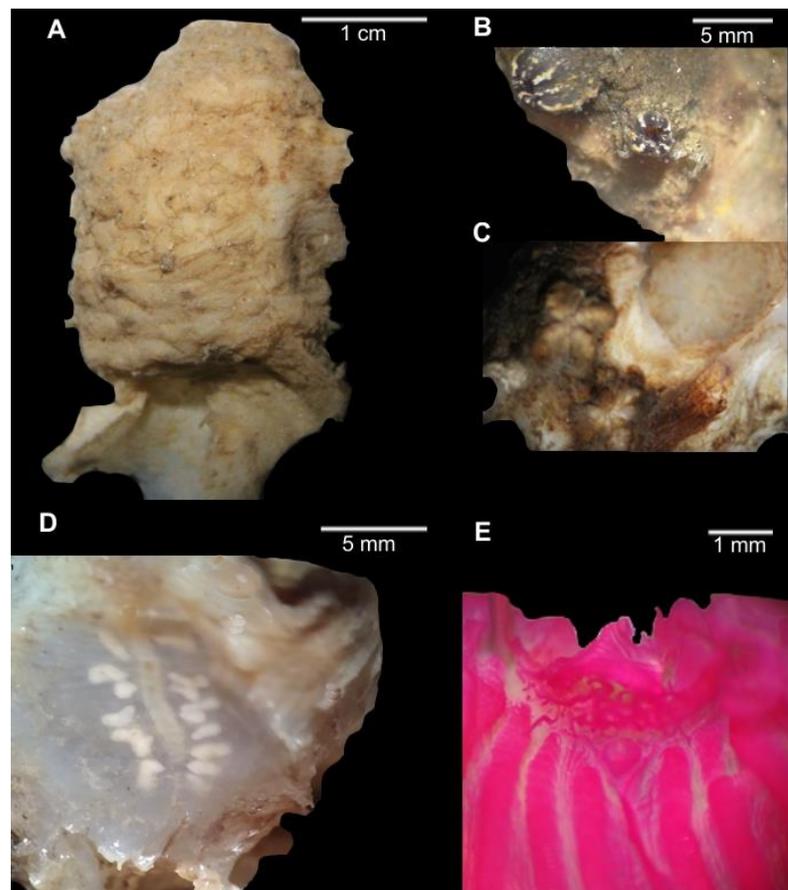


Figura 31. *Styela* cf. *canopus*. A) Cuerpo completo; B) sifones, *in vivo*; C) sifones después de la fijación; D) gónadas, con los ovarios alargados, y folículos masculinos rodeándola; E) faringe y tubérculo dorsal.



Género *Symplegma* Herdman, 1886

Symplegma brakenhielmi (Michaelsen, 1904)

Figura 32

Diandrocarpa brakenhielmi Michaelsen, 1904 (localidad tipo: Veracruz, México).

Symplegma brakenhielmi Coles *et al.*, 1999: 153 (islas Filipinas).—Lambert & Lambert 2003: 146, 148 (San Diego, California).

Material examinado: Marina Chahué. UMAR-ASCI-087 (AT, CT, DT–240819), UMAR-ASCI-088 (CT, DT–301119), UMAR-ASCI-089 (AT, BT, CT, DT–220220), UMAR-ASCI-090 (AT, BTA, CT, DTA–130620).

Descripción: Túnica transparente de apariencia gelatinosa, zooides transparentes con los vasos pigmentados de anaranjado o verde olivo *in vivo*, al igual que zonas como endostilo, parte distal de los sifones y entre ellos, poseen una forma ovalada y están dorso-ventralmente aplanados.

Zooides de 2.5 mm de largo por 1.5 mm de ancho. Ambos sifones circulares, con el contorno anaranjado, en ocasiones el color no se presentó continuo, sin lóbulos. Ambos sifones ubicados en la parte anterior del cuerpo. Faringe, con cuatro vasos longitudinales. Nueve hileras de estigmas, tres estigmas entre cada vaso. Estómago con forma ovalada, con 12–14 pliegues sobre su superficie, ubicado a la derecha de la faringe. Gónadas a ambos lados de la faringe, donde las gónadas femeninas se encuentran entre dos conjuntos de gónadas masculinas. Las gónadas femeninas son de forma circular. Y las gónadas masculinas son ramificadas y se unen de un extremo, de las cuales salen de cinco a seis en cada caso.

Hábitat: Profundidades someras. Sobre sustratos naturales (rocas, conchas, briozoos y otras ascidias como *Pyura bradleyi*) y sobre sustratos artificiales (muelles, cascos de barcos y boyas) (Lambert & Lambert 2003).

Distribución geográfica: Anfiamericana; en el Atlántico, desde Carolina del Norte hasta Florida, en golfo de México, Bermudas, Jamaica, Puerto Rico, isla Guadalupe, Belice, Panamá, Brasil, Senegal y Ghana. Pacífico oriental tropical (Monniot *et al.* 1991, Moreno-Dávila 2010).

Comentarios taxonómicos: Se observaron las dos coloraciones de los vasos de los zooides (anaranjado y verde olivo) las cuales se perdían después la fijación.

De acuerdo con la descripción de Monniot & Monniot (1996) el estómago presenta forma rectangular, sin embargo, en los zooides observados el estómago presentó una forma un poco más ovalada, pero coincidían en el número de pliegues de este.

Observaciones generales: Las colonias se encontraron asentadas sobre otros organismos, (balanos, moluscos, briozoos y tubos de sabélidos y serpúlidos); llegando a ser muy abundantes en cobertura durante los dos últimos trimestres. Se observaron dos diferentes coloraciones de los vasos en vivo.

Bastida-Zavala *et al.* (2014) mencionaron que la especie puede considerarse potencialmente exótica, debido a los registros realizados por Lambert & Lambert (1998, 2003) en el sur de California. Para la zona de Oaxaca, Moreno-Dávila (2010) realizó el primer registro de la especie nominal en la laguna de Corralero.

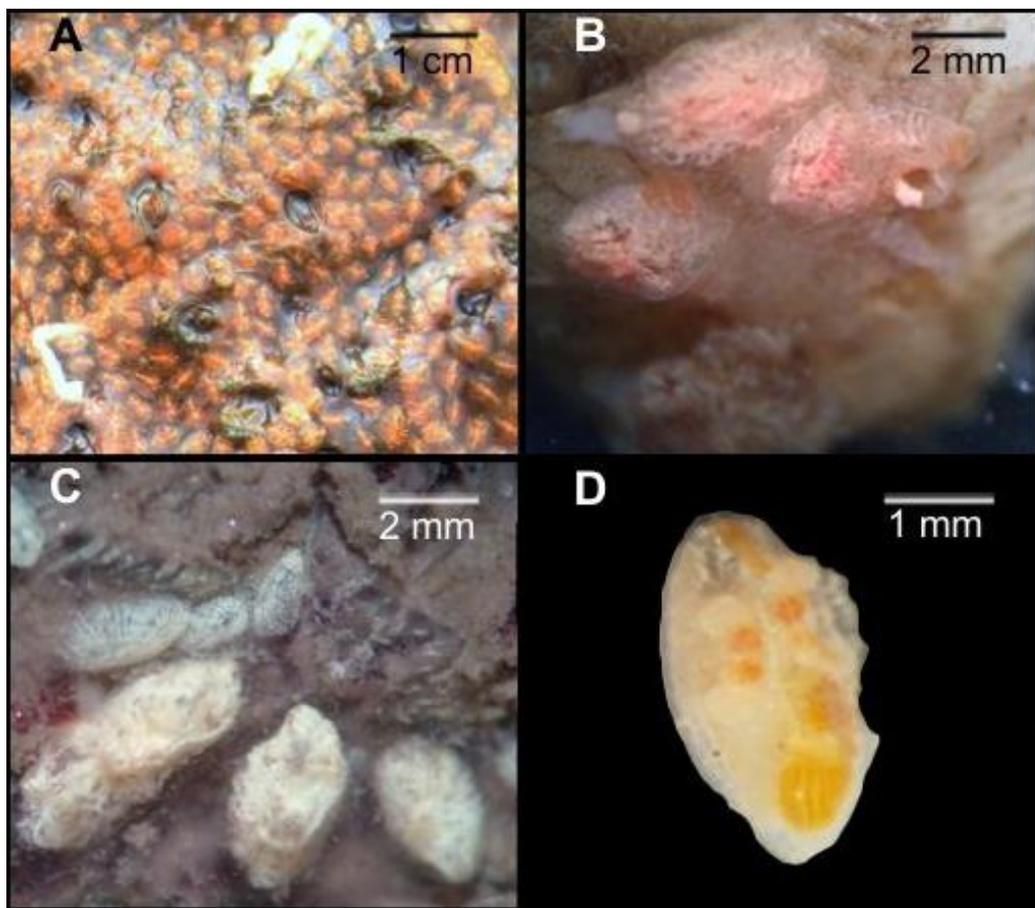


Figura 32. *Symplegma brakenhielmi*. A) colonia sobre balanos; B-C) zooides *in vivo*, coloración de los vasos en anaranjado claro y verde amarillento; D) posición de las gónadas en el zoide.



Caracterización ambiental

Se realizaron 24 muestreos de las 27 quincenas que duró el experimento; ya que a partir de la quincena 22 (abril 4, 2020), los muestreos fueron cancelados y aplazados, por las medidas de confinamiento dictadas por las autoridades debido a la pandemia producida por el virus SARS-CoV-2. Quedando las quincenas del 18 de abril, 2, 16 y 30 de mayo sin datos ambientales (Figs. 33–34 y Anexos I-III).

No existen diferencias significativas entre las estaciones de muestreo con respecto a las variaciones de la temperatura, sólidos totales disueltos, salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto y pH ($t_{cal} < t_{0.05(2)}$, $p > 0.05$). A excepción de la transparencia del agua entre la estación de muestreo A y la estación C ($t_{cal} > t_{0.05(2)}$, $p < 0.05$) (Anexo IV).

La transparencia del agua obtuvo un intervalo de 0.0288 cm^{-1} – 0.0086 cm^{-1} siendo la única variable que presentó diferencias significativas entre las estaciones de muestreo A y C. El valor promedio en la estación A fue de $0.015 \text{ cm}^{-1} \pm 0.0008$, en la B de $0.013 \text{ cm}^{-1} \pm 0.0005$; en la C de $0.012 \text{ cm}^{-1} \pm 0.0006$ y en la estación D de $0.014 \text{ cm}^{-1} \pm 0.0009$. El valor promedio de las cuatro estaciones de muestreo fue de $0.014 \text{ cm}^{-1} \pm 0.0006$.

La estación de muestreo D presentó el menor (0.0288 cm^{-1}) y el mayor valor (0.008 cm^{-1}) durante el año, en la quincena seis (ago 24, 2019, primer trimestre) y en la quincena 17 (ene 25, 2020, tercer trimestre) respectivamente (Fig. 33).

Los sólidos totales disueltos presentaron un intervalo de 16,670–33,370 mg/L. El valor promedio, en la estación A fue de $22,521.66 \pm 990.37 \text{ mg/L}$; la estación B fue de $22,867.92 \pm 948.69 \text{ mg/L}$; la estación C fue de $22,838.75 \pm 935.94 \text{ mg/L}$ y la estación D fue de $23,198.18 \pm 1024.07 \text{ mg/L}$. El promedio de las cuatro estaciones de muestreo fue de $22,856.63 \pm 138.23 \text{ mg/L}$.

El valor mínimo ($16,670 \text{ mg/L}$) se registró en la estación A en la quincena cuatro (jul 27, 2020, primer trimestre) y la estación D obtuvo el mayor registro ($33,370 \text{ mg/L}$) en la quincena 18 (feb 8, 2020, tercer trimestre) (Fig. 33).

La temperatura presentó un intervalo de 26.46 – $32.07 \text{ }^\circ\text{C}$. El valor promedio en la estación A fue de $29.59 \pm 0.28^\circ\text{C}$; en la B fue de $29.80 \pm 0.28^\circ\text{C}$; en la C fue de $30.03 \pm 0.28^\circ\text{C}$ y en la D fue de $29.65 \pm 0.31^\circ\text{C}$.

El promedio de temperatura de las cuatro estaciones de muestreo fue de 29.77 ± 0.09 °C. El valor de temperatura mínimo (26.6°C) se obtuvo en la quincena 18 (feb 8, 2020, tercer trimestre) en la estación A y el valor máximo (32.07°C) se registró en la estación D en la quincena ocho (sep 21, 2019, segundo trimestre); de manera general se observó una disminución de la temperatura a partir de la quincena 12 (nov 16, 2019) con valores por debajo de 30°C (Fig. 33).

La salinidad presentó un intervalo de 22.28–34.72. El valor promedio en la estación A fue de 27.68 ± 0.71 ; en la B fue de 28.04 ± 0.68 ; en la C fue de 27.85 ± 0.69 y en la D fue de 28.18 ± 0.7 . La salinidad promedio de las cuatro estaciones de muestreo fue de 27.94 ± 0.11 .

La estación de muestreo A obtuvo el menor valor de salinidad (22.28) en la quincena tres (jul 13, 2019, primer trimestre), mientras que el valor mayor (34.72) fue en la estación B en la quincena 18 (feb 8, 2020, tercer trimestre) (Fig. 34).

El registro promedio de oxígeno disuelto presentó un intervalo de 2.6–78.3%. El valor promedio presentado en la estación A fue de $31.58 \pm 2.92\%$; en la B fue de $33.64 \pm 3.22\%$; en la C fue de $35.60 \pm 3.15\%$ y en la D fue de $35.51 \pm 2.95\%$. El promedio de las cuatro estaciones de muestreo fue de $34.22 \pm 0.95\%$.

La estación de muestreo A obtuvo el menor valor (2.6%) en la quincena uno (jun 1, 2019, primer trimestre) y el mayor valor (78.3%) la estación D en la quincena 21 (mar 7, 2020) (Fig. 34).

El registro del pH obtuvo un intervalo de 6.61–8.79. El valor promedio en la estación A fue de 7.99 ± 0.08 ; en la B fue de 8.02 ± 0.8 ; en la C fue de 8.02 ± 0.07 y en la D fue de 8.09 ± 0.09 . El promedio de pH en las cuatro estaciones de muestreo fue de 8.04 ± 0.02 .

La estación de muestreo estación B obtuvo el valor mínimo (6.61) en la quincena 27 (jul 13, 2020, cuarto trimestre) presentándose en esta quincena valores de pH atípicos con respecto a la tendencia a lo largo del año y el valor máximo (8.79) se registró en la estación D en la onceava quincena (oct 5, 2019, segundo trimestre) (Fig. 34).

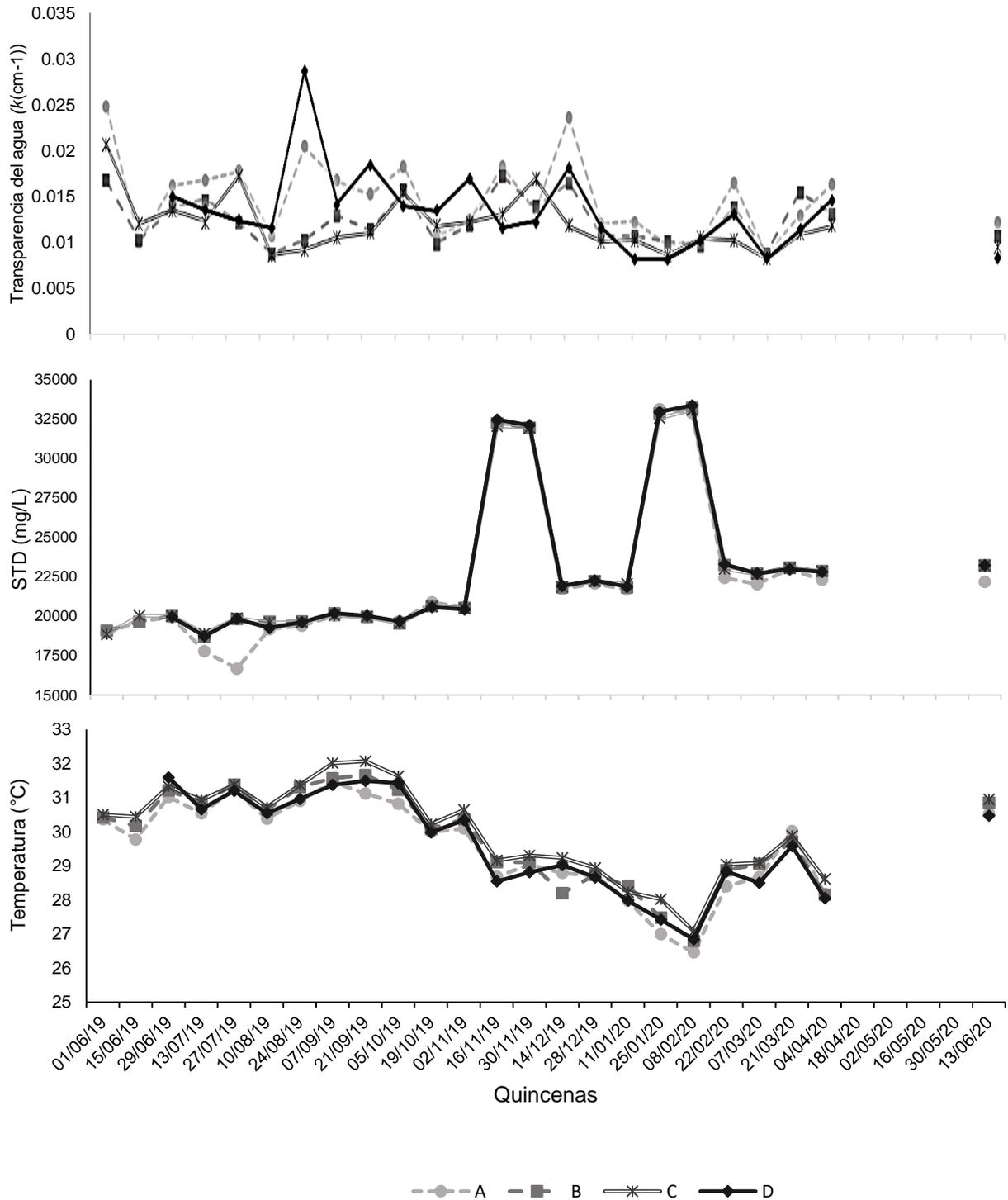


Figura 33. Gráfico de los registros de la transparencia del agua (k/cm^{-1}), sólidos totales disueltos (mg/L) y temperatura ($^{\circ}C$), obtenidos durante el estudio (junio 1, 2019 al junio 13, 2020).

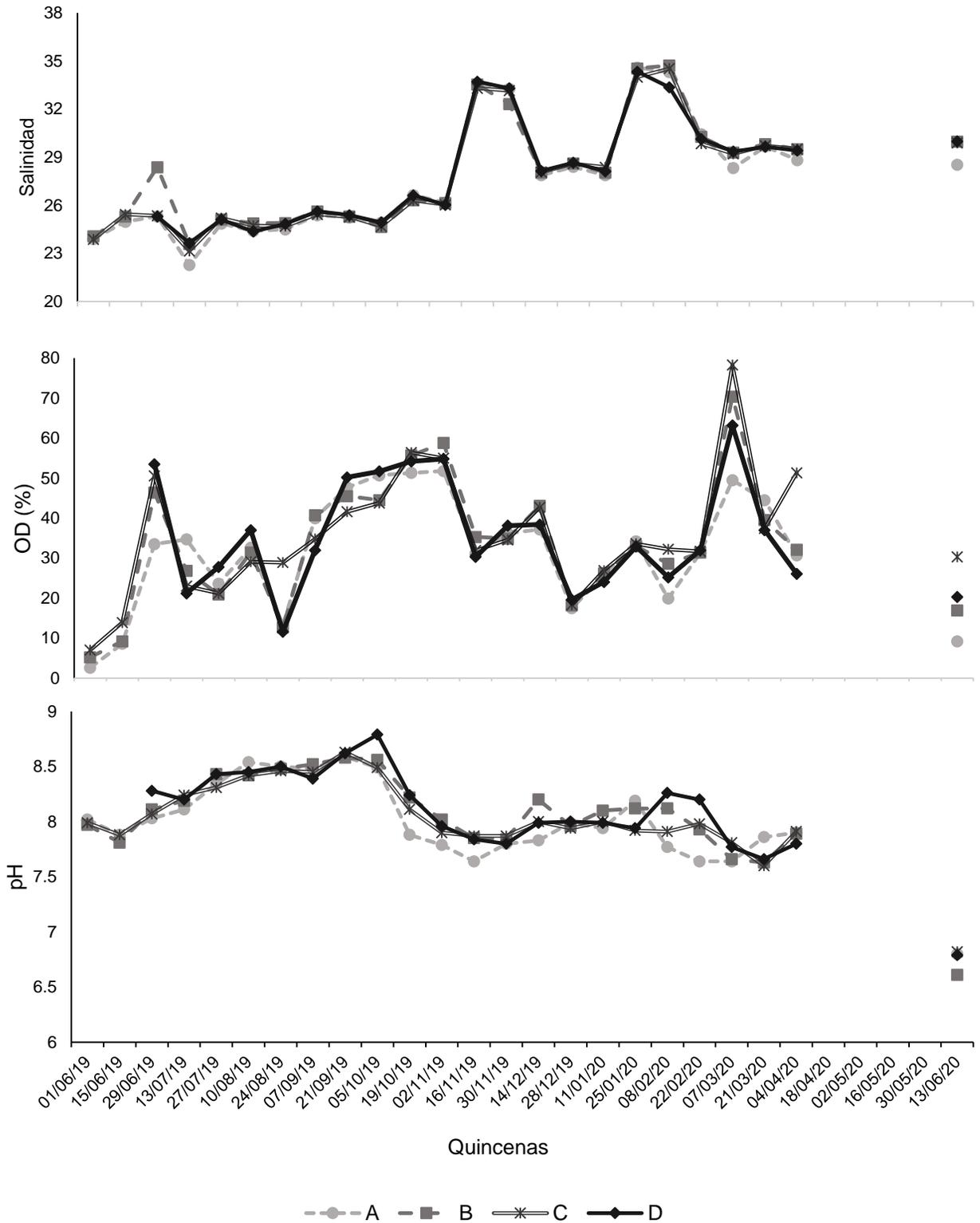


Figura 34. Gráfico de los registros de la salinidad, porcentaje de oxígeno disuelto y pH; obtenidos durante el estudio (01 junio 2019 al 13 de junio 2020).



Sucesión trimestral

Se realizaron 23 muestreos quincenales de las 27 quincenas que duró el experimento trimestral; los muestreos se dividen en cuatro trimestres.

Primer trimestre

Riqueza

Se recolectaron y revisaron 12 placas, se obtuvo un total de 4,646 ejemplares de invertebrados, de los cuales se identificaron dos sabélidos: *Branchiomma bairdi* y *Parasabella* cf. *lacunosa*; tres de serpúlidos: *Hydroides panamensis*, *H. sanctaecrucis* y *Spirobranchus minutus*; un espiónido: *Dipolydora* sp.; un terebélido: *Streblosoma* sp.; un molusco: *Ostrea conchaphila*; dos balanos: *Amphibalanus* cf. *amphitrite* y *A.* cf. *eburneus* y dos ascidias solitarias: *Ascidia ceratodes* y *Styela* cf. *canopus*.

Entre los organismos coloniales no contabilizados se encuentran, una esponja: *Cliona* sp.; dos hidozoos: *Obelia* sp. y *Clytia* cf. *exilis*; un entoprocto: *Barentsia discreta* y dos ascidias: *Diplosoma listerianum* y *Symplegma brakenhielmi*.

Ecología de la comunidad

Tasa de renovación

La primera quincena (jun 15, 2019) es la que presentó porcentajes de renovación superiores al 40%, mientras que las quincenas cinco y seis poseen porcentajes por debajo del 30% (Fig. 35).

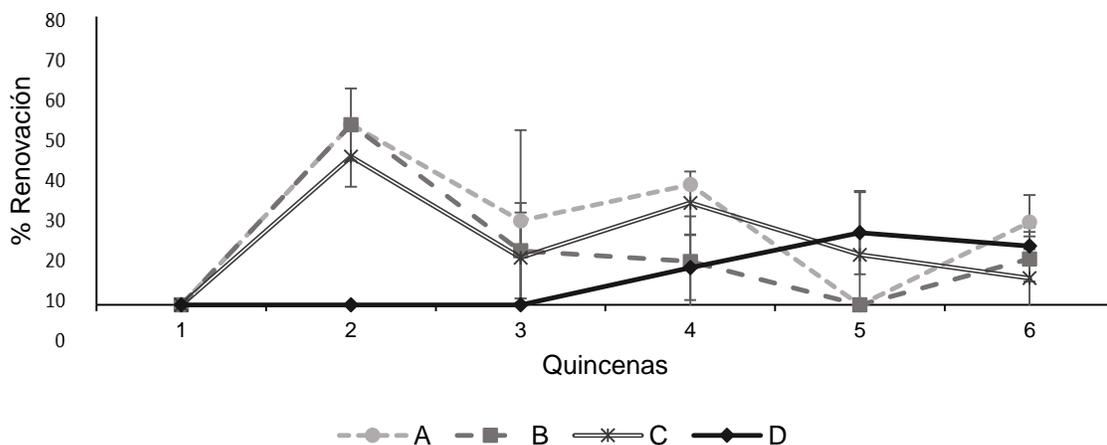


Figura 35. Gráfico de la tasa de renovación en cada estación de muestreo, durante las quincenas del primer trimestre.



Índices ecológicos

La estación de muestreo B obtuvo el valor más alto del índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.11$) y la estación D el valor más bajo ($H' = 0.73$), siendo para estas estaciones el valor de la diversidad verdadera $D = 3.05$ y 2.07 , respectivamente. La estación de muestreo B obtuvo un valor de equidad de $J' = 0.57$, para el resto de las estaciones de muestreo la equidad está por debajo de 0.5 (Tabla 3).

Respecto a la riqueza de especies, es la estación C la que posee el mayor valor (17 taxones) en contraste con la estación D que posee el menor valor (10 taxones).

Tabla 3. Valores de los índices obtenidos en cada estación de muestreo. Los valores **resaltados** son los más altos obtenidos.

| Estación | Índice de Shannon-Wiener | Diversidad verdadera | Modelo de Pielou | Riqueza |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|
| A | 0.85 | 2.34 | 0.44 | 13 |
| B | 1.11 | 3.04 | 0.57 | 12 |
| C | 0.94 | 2.07 | 0.4 | 17 |
| D | 0.73 | 2.07 | 0.4 | 10 |

De acuerdo con la prueba de Hutcheson, existen diferencias significativas entre los valores de diversidad de las estaciones de muestreo ($t_{cal} > t_{0.05(2)}$, $p < 0.05$), excepto entre A–D y B–C (Tabla 4).

Tabla 4. Valores obtenidos con la prueba de Hutcheson. Valores **resaltados** indican igualdad. N: número de individuos, Hp: índice de diversidad ponderado, Var: varianza, gl: grados de libertad.

| Estación | N | Hp | Var | Combinaciones | gl | t_{cal} | $t_{0.05(2)}$ |
|----------|------|-------|--------|---------------|------|--------------|---------------|
| A | 1503 | 0.442 | 0.0001 | AxB | 2822 | 10.767 | 1.962 |
| B | 1408 | 0.610 | 0.0001 | AxC | 2138 | 9.132 | 1.962 |
| C | 1059 | 0.606 | 0.0002 | AxD | 1389 | 1.399 | 1.962 |
| D | 701 | 0.469 | 0.0002 | BxC | 2257 | 0.227 | 1.962 |
| | | | | BxD | 1523 | 7.139 | 1.962 |
| | | | | CxD | 1612 | 6.476 | 1.962 |



Variación espacio-temporal

Un total de 84 fotografías fueron obtenidas de las tres placas en cada estación de muestreo durante el primer trimestre.

Se obtuvieron ocho taxones: esponjas, hidrozoos, sabélidos, serpúlidos, moluscos, balanos, ascidias coloniales y ascidias solitarias, obteniendo también los datos de porcentaje de las áreas vacías, organismos muertos e invertebrados móviles que se incluyeron en un solo dato nombrado: “sin cobertura”.

La primera quincena (jun 15, 2019) se caracterizó por tener una cobertura mayor al 90% de hidrozoos en las estaciones de muestreo A y B, el resto de la superficie estaba ocupada por tubos de serpúlidos; en contraste con la estación C, la cual presentó una mayor cobertura de tubos de serpúlidos y la temprana presencia de balanos (Figs. 36–37).

La segunda quincena (jun 29, 2019) presentó un aumento en la cobertura de balanos con un promedio del 88% de cobertura en las tres estaciones de muestreo, los cuales ocupan el espacio no cubierto por los tubos de serpúlidos en la primera quincena. La estación de muestreo C presentó un mayor porcentaje de cobertura de ascidias coloniales fungiendo como epibiontes de los balanos y serpúlidos asentados previamente.

En la tercera quincena (jul 13, 2019) se estableció una cuarta estación de muestreo, D. Es en esta quincena en la que aumenta el número de taxones, como sabélidos, moluscos y esponjas; la mayoría de estos fungiendo como epibiontes de balanos y serpúlidos, que fueron los primeros colonizadores, cubriéndolos en su totalidad en algunos casos. Se observó un alto porcentaje “sin cobertura”, principalmente en la estación de muestreo C.

La estación de muestreo D presentó una mayor cobertura de ascidias coloniales, con respecto a otros taxones y a las otras estaciones de muestreo; siendo el taxón dominante a partir de la cuarta quincena (jul 27, 2019) (Figs. 36–37).

En la sexta y última quincena (ago 24, 2019) se observó que las esponjas, balanos, y ascidias coloniales presentaron los mayores registros de cobertura (>5%). Durante la identificación y conteo de los organismos, al final de trimestre, se observó que no todos los taxones están representados en los porcentajes de cobertura, ya que se encontraban



cubiertos o bien su presencia no fue percibida en las fotografías, tal es el caso de los esponjidos, terebélidos y entoproctos.

El balano *Amphibalanus* cf. *eburneus* obtuvo el mayor número de individuos (293) en la estación de muestreo A, correspondiendo con el mayor registro de cobertura. Taxones como los serpúlidos *Hydroides panamensis*, *H. sanctaecrucis* y *Spirobranchus minutus*, el esponjido *Dipolydora* sp. y la ascidia solitaria *Ascidia ceratodes* obtuvieron un solo ejemplar (Tabla 5).

Tabla 5. Promedio del registro de cobertura en porcentaje (RC en %) y el promedio de individuos del primer trimestre. (*) Presente pero no observado en las fotografías quincenales, (-) ausente.

| Taxón | Especie | RC en % | | | | # individuos | | | |
|----------------------------|---|---------|-------|-------|-------|--------------|-----|-----|-----|
| | | A | B | C | D | A | B | C | D |
| Esponjas | <i>Cliona</i> sp. | 5.87 | 2.89 | 7.64 | - | * | * | * | - |
| Hidrozoos | <i>Clytia</i> cf. <i>exilis</i> | 1.00 | - | 0.02 | - | * | - | * | - |
| | <i>Obelia</i> sp. | | | | | * | - | * | - |
| Sabélidos | <i>Branchiomma bairdi</i> | 1.34 | 0.63 | 0.21 | 0.09 | 1 | 26 | 6 | 2 |
| | <i>Parasabella</i> cf. <i>lacunosa</i> | | | | | 13 | 11 | 16 | 2 |
| Serpúlidos | <i>Hydroides panamensis</i> | | | | | | 1 | - | - |
| | <i>Hydroides sanctaecrucis</i> | 5.01 | 2.94 | 4.72 | 0.38 | 23 | 23 | 46 | 1 |
| | <i>Spirobranchus minutus</i> | | | | | - | - | 1 | - |
| Espiónidos* | <i>Dipolydora</i> sp. | * | * | * | - | 1 | 1 | 1 | - |
| Terebélidos* | <i>Streblosoma</i> sp. | * | * | * | * | 3 | 18 | 3 | 3 |
| Moluscos | <i>Ostrea conchaphila</i> | 1.35 | 0.42 | 0.32 | 1.42 | 2 | 2 | 3 | 5 |
| Balanos | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>amphitrite</i> | 80.89 | 51.72 | 41.75 | 30.31 | 164 | 155 | 109 | 105 |
| | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>eburneus</i> | | | | | 293 | 219 | 165 | 108 |
| Entoproctos* | <i>Barentsia discreta</i> | - | - | * | - | - | - | * | - |
| Ascidias coloniales | <i>Diplosoma listerianum</i> | | | | | * | * | * | * |
| | <i>Symplegma brakenhielmi</i> | 3.86 | 25.77 | 19.24 | 57.51 | * | * | * | * |
| Ascidias solitarias | <i>Ascidia ceratodes</i> | - | * | * | * | - | - | 1 | 1 |
| | <i>Styela</i> cf. <i>canopus</i> | | | | | - | 19 | 8 | - |

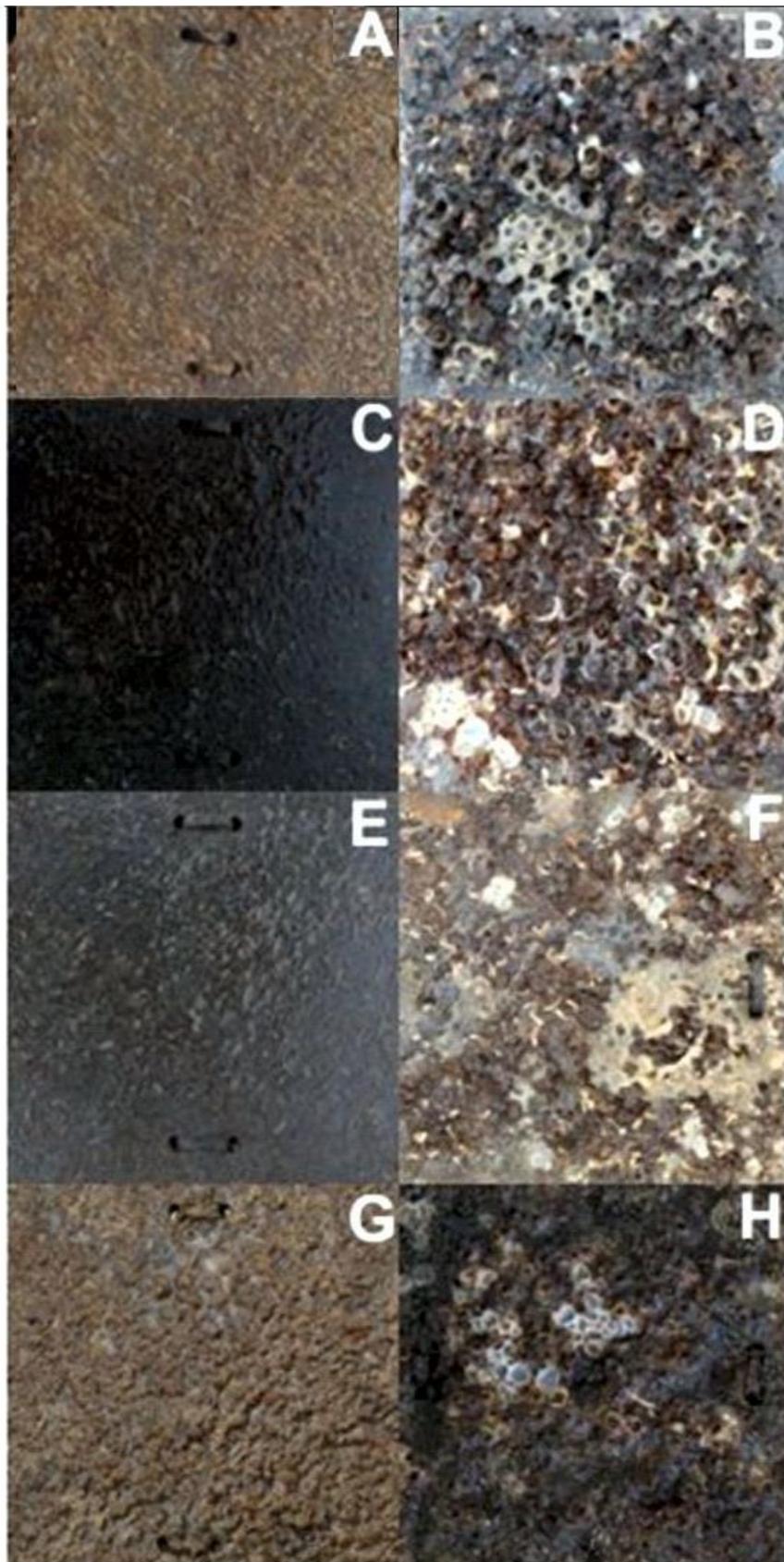


Figura 36. Fotografías al inicio (jun 15, 2019) y final del primer trimestre (ago 24, 2019). A-B) Estación de muestreo A, placa A4; C-D) Estación B, placa B3; E-F) Estación de muestreo C, placa C5; G-H) Estación D, placa D3 (quincena 13 julio y 24 agosto 2019).

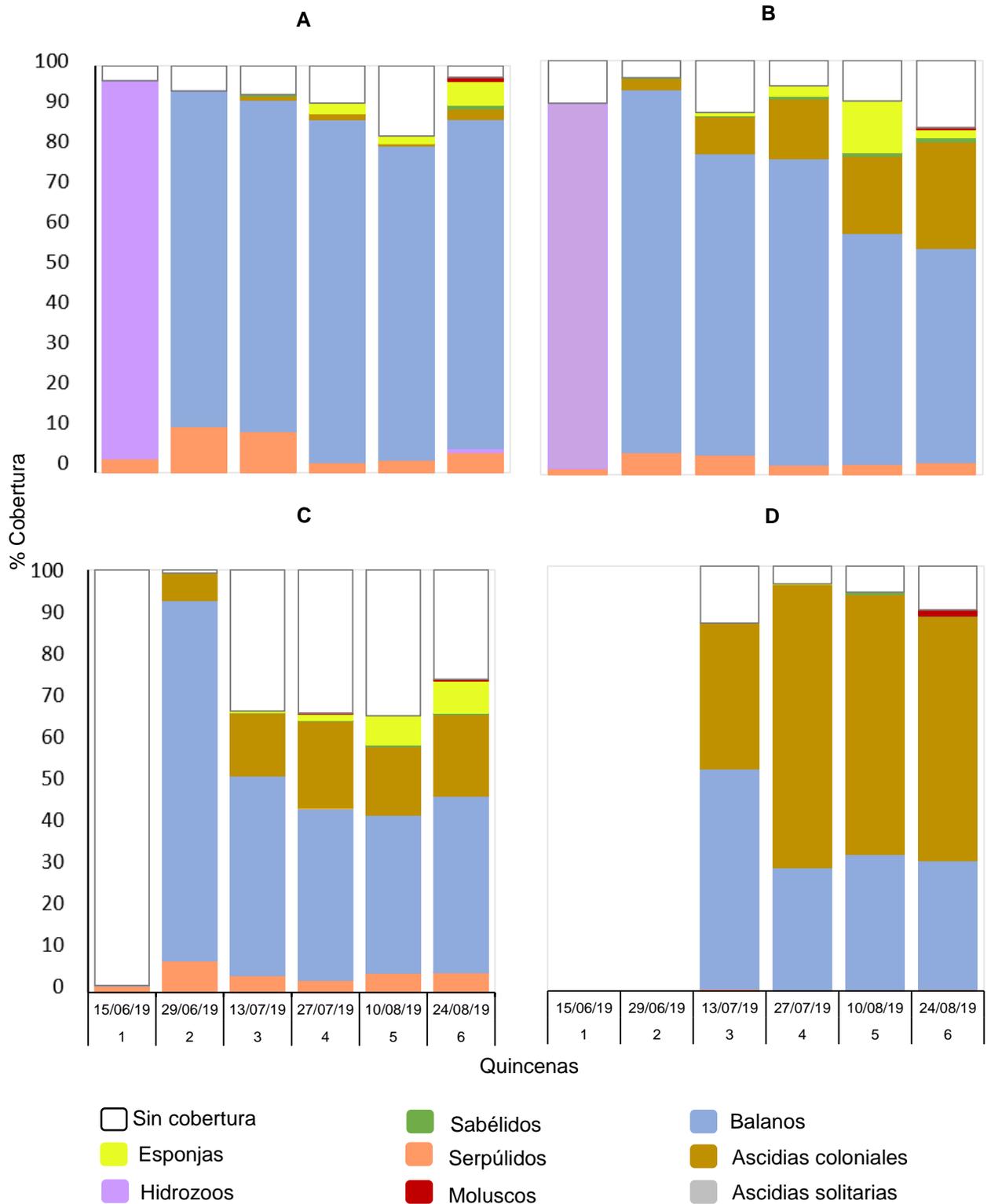


Figura 37. Gráfico del promedio del registro de cobertura en porcentaje quincenal en el primer trimestre en cada estación de muestreo.



En el análisis espacial la estación de muestreo A registró un moderado ascenso de la probabilidad del registro de cobertura en porcentaje (P (RC en %)) generando una saturación de la placa en 18% de cobertura (0.32). Un comportamiento de tendencia similar en la P (RC en %), se registró en la estación de muestreo B, presentando una menor probabilidad (0.2). En la estación de muestreo C, la P (RC en %) registró una tendencia ascendente desde 1% hasta 45% con una probabilidad de 0.5, sin generar un domo. En la estación de muestreo D, se registró una tendencia ascendente progresiva en la P (RC en %) de 1% hasta 15%, luego presentó un comportamiento ascendente con probabilidad de 0.4 (Fig. 38).

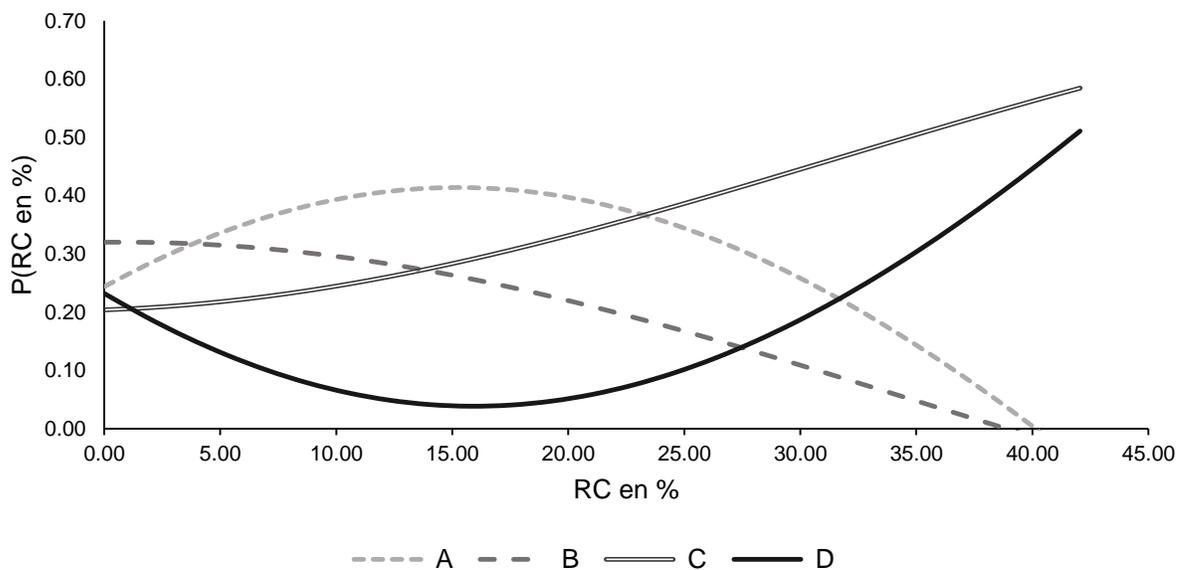


Figura 38. Probabilidad del registro de cobertura en porcentaje en cada estación de muestreo.

Variables ambientales

Las variables ambientales medidas *in situ* poseen correspondencia con la estación de muestreo C, sin embargo, no es posible determinar la variable que tiene mayor afectación en los invertebrados asentados en dicha estación de muestreo. De acuerdo con lo observado las variables ambientales son estadísticamente homogéneas en las estaciones de muestreo (Tabla 6, Fig. 39A).

El registro de cobertura en porcentaje obtiene correspondencia con las estaciones de muestreo A y B, lo cual es consistente con la diferenciación espacial ya que en dicho análisis se observó que la fijación de los invertebrados fue más rápida en estas estaciones de muestreo (Tabla 6, Fig. 39A).

Con respecto al gráfico perceptual obtenido con los registros de mareas correspondientes al primer trimestre (junio-agosto), se observó una correspondencia con las cuatro estaciones de muestreo. Durante este trimestre se presentaron los valores más altos de marea, por ello la correspondencia es mayor (Tabla 6, Fig. 39B).

Tabla 6. Valores de correspondencia entre las variables ambientales (incluyendo la marea), el registro de cobertura en porcentaje y las estaciones de muestreo. Las magnitudes **resaltadas** indican la mayor correspondencia.

| | A | B | C | D |
|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Transparencia del agua | 0.105 | 0.249 | 0.972 | -0.325 |
| STD | 0.178 | 0.225 | 0.939 | -0.342 |
| Temperatura | 0.111 | 0.247 | 0.969 | -0.328 |
| Salinidad | 0.073 | 0.261 | 0.962 | -0.296 |
| %OD | 0.066 | 0.266 | 0.918 | -0.249 |
| pH | 0.07 | 0.265 | 0.896 | -0.232 |
| RC en % | 13.186 | 12.88 | 8.881 | 10.167 |
| Marea (J-A) | 0.094 | 0.094 | 0.094 | 0.094 |

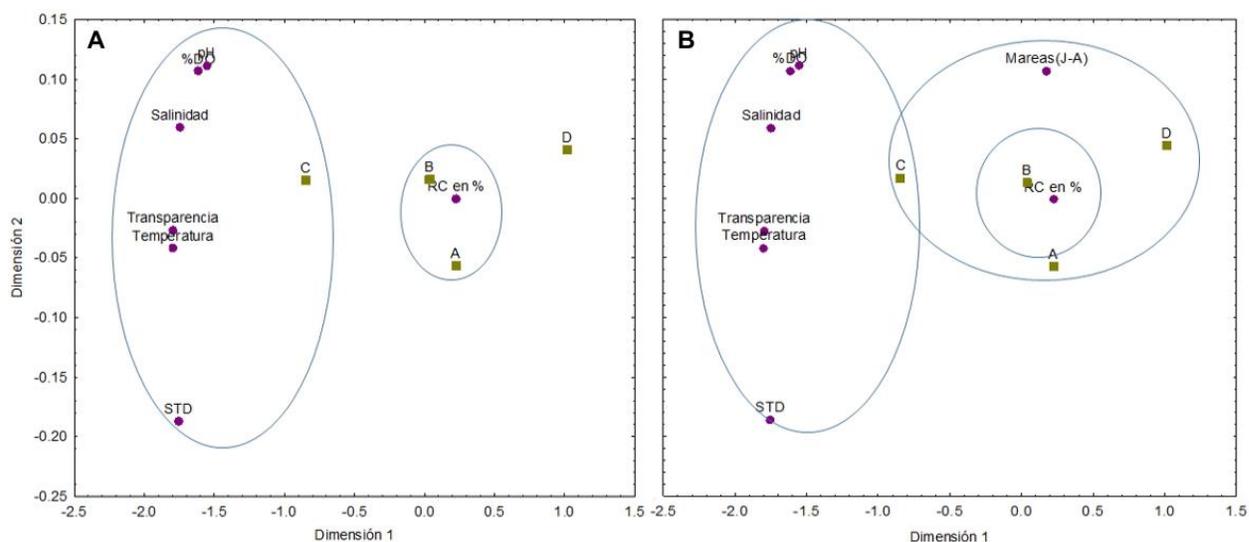


Figura 39. Gráfico perceptual. Círculos morados: variables ambientales y registro de cobertura. Cuadros verdes: estaciones de muestreo. A) Variables ambientales medidas *in situ*: índice de inercia total (IT)=0.39, se acepta Ho [$\text{Chi}^2_{\text{C}}=19.96 < \text{Chi}^2_{0.05}=28.869$, (gl=18), $p<0.05$], B) Variables ambientales medidas *in situ* y la marea: índice de inercia total (IT)= 0.387, se acepta Ho [$\text{Chi}^2_{\text{C}}=19.9596 < \text{Chi}^2_{0.05}=32.671$, (gl=21), $p<0.05$].



Segundo trimestre

Riqueza

Se recolectaron y revisaron 11 placas, se obtuvo un total de 142 ejemplares de invertebrados, de los cuales se identificaron, dos sabélidos: *Branchiomma bairdi* y *Parasabella* cf. *lacunosa*; dos serpúlidos: *Hydroides sanctaecrucis* y *Spirobranchus minutus*; un terebélido: *Streblosoma* sp.; tres moluscos: *Ostrea conchaphila*, *Striostrea* cf. *prismatica* y *Bivalvia* sp. 1; dos balanos: *Amphibalanus* cf. *amphitrite* y *A.* cf. *eburneus* y dos ascidias solitarias: *Ascidia ceratodes* y *Styela* cf. *canopus*.

Entre los organismos coloniales no contabilizados se encuentran, dos esponjas: *Demospongiae* sp. 1 y *Cliona* sp.; dos hidrozooos: *Obelia* sp. y *Clytia* cf. *exilis*; un entoprocto: *Barentsia discreta* y cuatro ascidias coloniales: *Diplosoma listerianum*, *Botrylloides niger*, *B. violaceus* y *Symplegma brakenhielmi*.

Ecología de la comunidad

Tasa de renovación

La primera quincena (sep 7, 2019) de la estación de muestreo A presentó el 70%; las quincenas posteriores están por debajo del 40%, siendo las quincenas cinco y seis las que poseen poco recambio con porcentajes por debajo del 30% (Fig. 40).

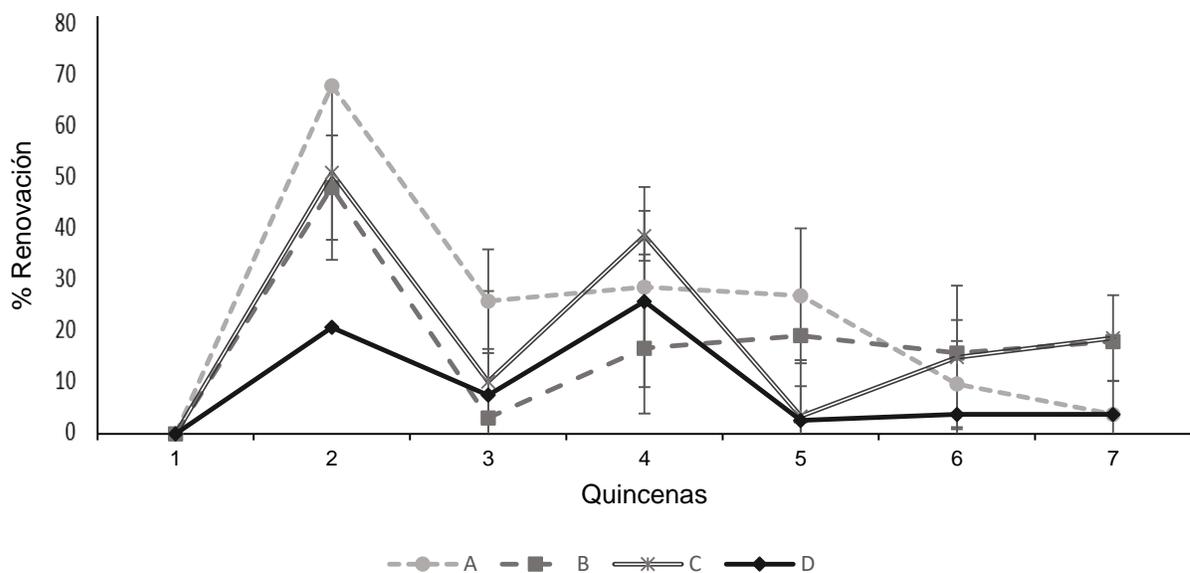


Figura 40. Gráfico de la tasa de renovación en cada estación de muestreo, durante las quincenas del segundo trimestre.



Índices ecológicos

La estación de muestreo B obtuvo el valor más alto del índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.32$) y la estación A el valor más bajo ($H' = 0.6$), siendo el número de taxones igualmente comunes $D = 3.75$ y 1.82 , respectivamente. La estación B obtuvo un valor de equidad de $J' = 0.68$; para el resto de las estaciones la equidad está por debajo del 0.5 (Tabla 7).

Respecto a la riqueza de especies, es la estación C la que posee el mayor valor (12 taxones) en contraste con la estación A que posee el menor valor (ocho taxones).

Tabla 7. Valores de los índices obtenidos en cada estación de muestreo. Los valores **resaltados** son los más altos obtenidos.

| Estación | Índice de Shannon-Wiener | Diversidad verdadera | Modelo de Pielou | Riqueza |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|
| A | 0.6 | 1.82 | 0.31 | 8 |
| B | 1.32 | 3.75 | 0.68 | 11 |
| C | 0.7 | 2.02 | 0.34 | 12 |
| D | 0.84 | 2.31 | 0.47 | 11 |

De acuerdo con la prueba de Hutcheson, no existen diferencias significativas entre los valores de diversidad de las estaciones de muestreo ($t_{cal} < t_{0.05(2)}$, $p > 0.05$), excepto entre A–D (Tabla 8).

Tabla 8. Valores obtenidos con la prueba de Hutcheson. Valores **resaltados** indican igualdad. N: número de individuos, H_p : índice de diversidad ponderado, Var: varianza, gl: grados de libertad.

| Estación | N | H_p | Var | Combinaciones | gl | t_{cal} | $t_{0.05(2)}$ |
|----------|----|-------|-------|---------------|-----|--------------|---------------|
| A | 89 | 0.587 | 0.001 | AxB | 153 | 1.52 | 1.976 |
| B | 78 | 0.696 | 0.003 | AxC | 122 | 1.815 | 1.98 |
| C | 66 | 0.729 | 0.004 | AxD | 143 | 3.28 | 1.977 |
| D | 66 | 0.808 | 0.003 | BxC | 137 | 0.392 | 1.978 |
| | | | | BxD | 144 | 1.478 | 1.977 |
| | | | | CxD | 125 | 0.951 | 1.98 |



Variación espacio-temporal

Un total de 81 fotografías fueron obtenidas de las tres placas en cada estación de muestreo durante el segundo trimestre.

Se obtuvieron ocho taxones: esponjas, hidrozoos, sabélidos, serpúlidos, moluscos, balanos, ascidias coloniales y ascidias solitarias, obteniendo también el porcentaje de las áreas vacías, organismos muertos e invertebrados móviles que se incluyeron en un solo dato nombrado: “sin cobertura”.

Durante la primera quincena (sep 9, 2019) las estaciones de muestreo presentaron porcentajes por debajo del 10% de cobertura, destacando el asentamiento de hidrozoos y de serpúlidos.

En la segunda quincena (sep 21, 2019) el asentamiento se observó por debajo del 20%, en las estaciones A, B y C. El registro de cobertura está dominado por hidrozoos en las estaciones A, C y D, y por moluscos en la estación B.

Se presentó dominancia de hidrozoos principalmente en las estaciones A y C, presentándose como epibiontes de otros organismos asentados, principalmente de sabélidos y moluscos (Fig. 41–42).

El trimestre se caracterizó por el constante trabajo de dragado en la dársena, lo que generó fluctuaciones de la transparencia del agua y la cantidad de sólidos totales disueltos (Fig. 33).

La temperatura obtuvo un aumento en todas las estaciones de muestreo, con un valor máximo 32.07 °C en la tercera quincena (sep 21, 2019) en la estación C. En la quincena cinco (oct 19, 2019) se presentó un descenso de la temperatura lo que coincidió con el aumento del número de taxones. Sin embargo, el trimestre se caracterizó por un bajo número de individuos (Fig. 33).

En la séptima quincena (nov 30, 2019) se observó que las esponjas, hidrozoos, moluscos y ascidias coloniales presentaron los mayores registros de cobertura (>10%). Durante la identificación y conteo de los organismos, al final de trimestre, se observó que no todos los taxones están representados en los porcentajes de cobertura, ya que se encontraban cubiertos o bien su presencia no fue percibida en las fotografías, tal es el caso de los terebélidos y entoproctos (Fig. 42).



El sabélido *Branchiomma bairdi* obtuvo el mayor número de individuos (20) en la estación de muestreo D, correspondiendo con el mayor registro de cobertura. El molusco *Ostrea conchaphila* fue el segundo taxón con más individuos (19) en la estación de muestreo B; sin embargo, la mayor cobertura se observó en la estación A, dada por el tamaño de los ejemplares. El resto de los taxones obtuvieron conteos por debajo de los 15 individuos (Tabla 9).

Tabla 9. Promedio del registro de cobertura en porcentaje (RC en %) y el promedio de individuos del segundo trimestre. (*) Presente pero no observado en las fotografías quincenales, (-) ausente.

| Taxón | Especie | RC en % | | | | # individuos | | | |
|----------------------------|---|---------|-------|-------|-------|--------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D | A | B | C | D |
| Eponjas | <i>Cliona</i> sp./Demospongiae 1 | 0.31 | 12.19 | 13.22 | 9.26 | * | * | * | * |
| | <i>Obelia</i> sp. | | | | | * | * | * | * |
| Hidrozoos | <i>Clytia</i> cf. <i>exilis</i> | 1.38 | 32.25 | 68.89 | 33.64 | * | * | * | * |
| | <i>Branchiomma bairdi</i> | | | | | - | 1 | 1 | 20 |
| Sabélidos | <i>Parasabella</i> cf. <i>lacunosa</i> | - | 0.83 | 1.17 | 8.07 | 1 | - | 1 | - |
| | <i>Hydroides sanctaecrucis</i> | | | | | 10 | 7 | 12 | 3 |
| Serpúlidos | <i>Spirobranchus minutus</i> | 3.46 | 3.76 | 3.16 | 1.06 | - | 1 | 1 | - |
| | <i>Terebellomorpha</i> sp. | | | | | - | - | 1 | - |
| Terebélidos* | <i>Ostrea conchaphila</i> | | | | | 14 | 19 | 12 | 12 |
| Moluscos | <i>Striostrea prismatica</i> | 32.75 | 32.29 | 22.01 | 26.31 | - | - | - | 1 |
| | <i>Bivalvia</i> sp. 1 | | | | | - | - | - | 2 |
| Balanos | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>amphitrite</i> | | | | | 2 | - | 1 | - |
| | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>eburneus</i> | 0.25 | 0.16 | 0.13 | - | 8 | 1 | - | - |
| Entoproctos* | <i>Barentsia discreta</i> | - | * | * | - | - | * | * | - |
| | <i>Diplosoma listerianum</i> | | | | | - | * | - | - |
| Ascidias coloniales | <i>Botrylloides niger</i> | | | | | - | - | - | * |
| | <i>Botrylloides violaceus</i> | - | 6.31 | - | 43.88 | - | - | * | * |
| | <i>Symplegma brakenhielmi</i> | | | | | - | * | * | - |
| Ascidias solitarias | <i>Ascidia ceratodes</i> | | | | | - | - | - | - |
| | <i>Styela</i> cf. <i>canopus</i> | - | - | 2.48 | 2.07 | - | 2 | 1 | 2 |

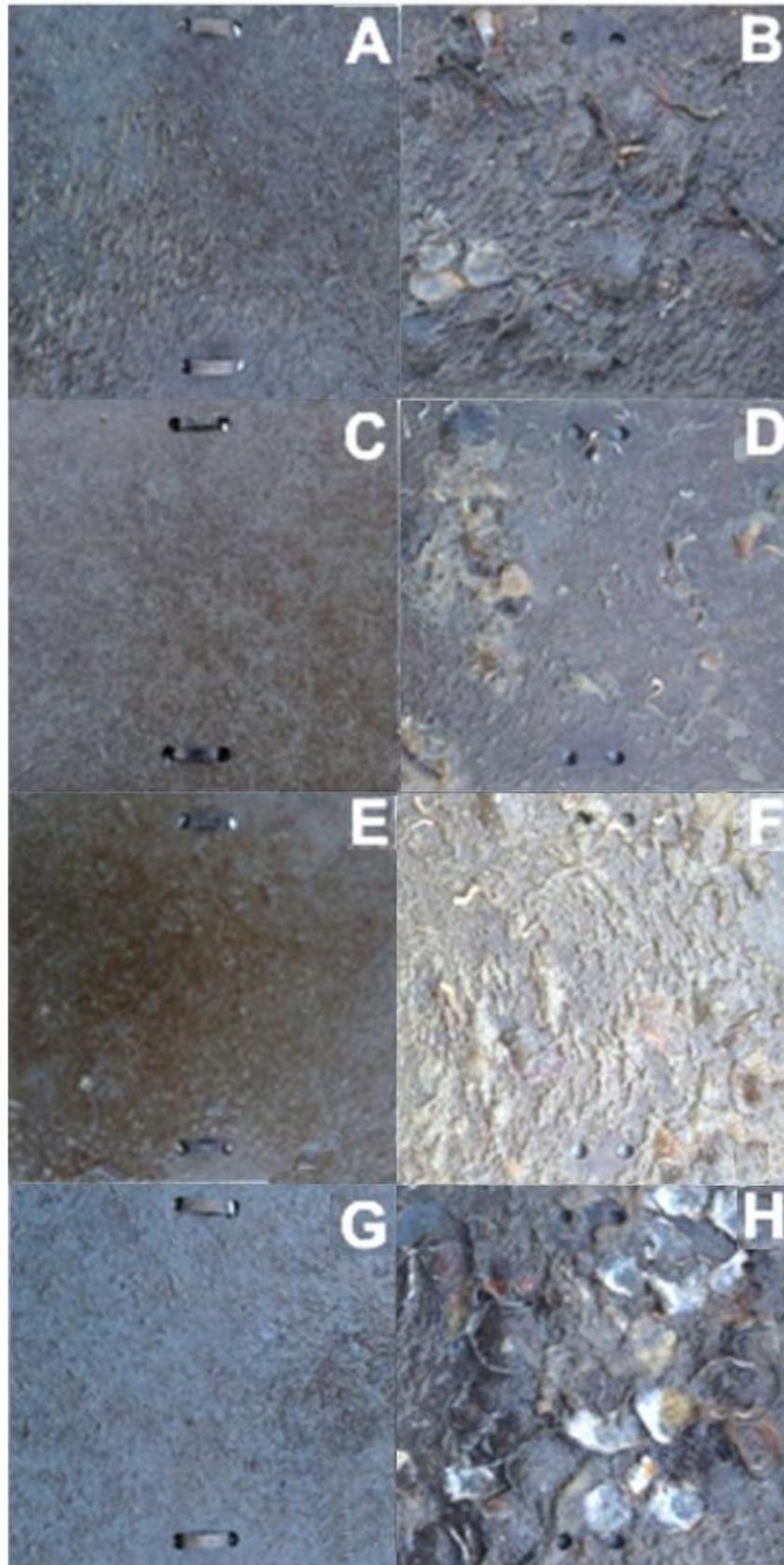


Figura 41. Fotografías al inicio (sep 7, 2019) y final del segundo trimestre (nov 30, 2019). A-B) Estación de muestreo A, placa A3; C-D) Estación B, placa B5; E-F) Estación C, placa C3; G-H) Estación D, placa D4.

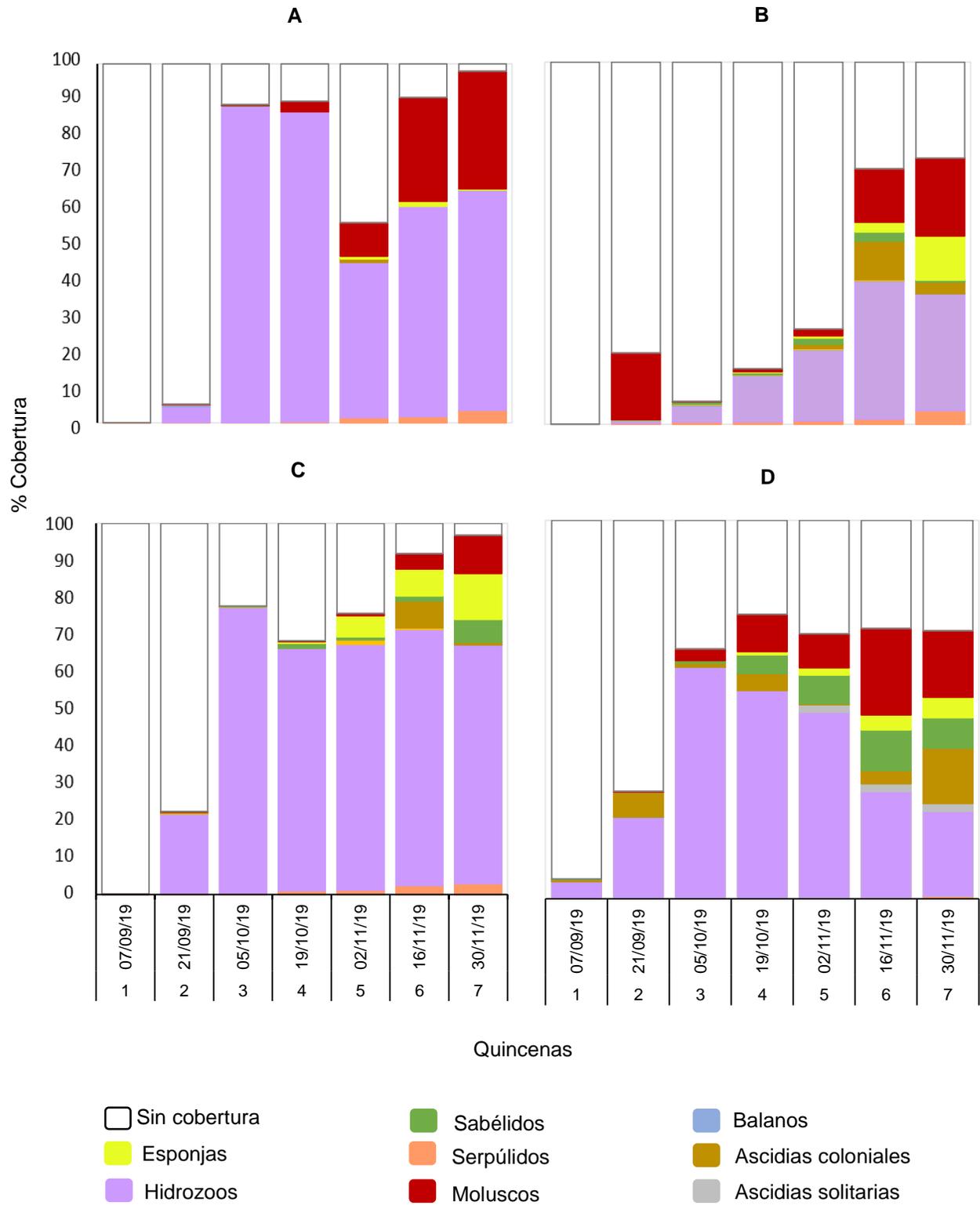


Figura 42. Gráfico del registro de cobertura en porcentaje promedio quincenal en el segundo trimestre en cada estación de muestreo.



En la diferenciación espacial la estación A presentó una tendencia descendente con 0.15 de probabilidad del registro de cobertura ($P(RC \text{ en } \%)$) al 10% de cobertura, la estación B registró una tendencia ascendente generando un domo al 25% de cobertura en donde se observó el punto de saturación de invertebrados que posteriormente desciende a partir del 40%. La estación C presentó una tendencia ascendente que continúa aumentando hasta 50% de cobertura con una probabilidad de 1, la estación D presentó una tendencia ascendente formando un domo al 15% con una probabilidad de 0.21 (Fig. 43).

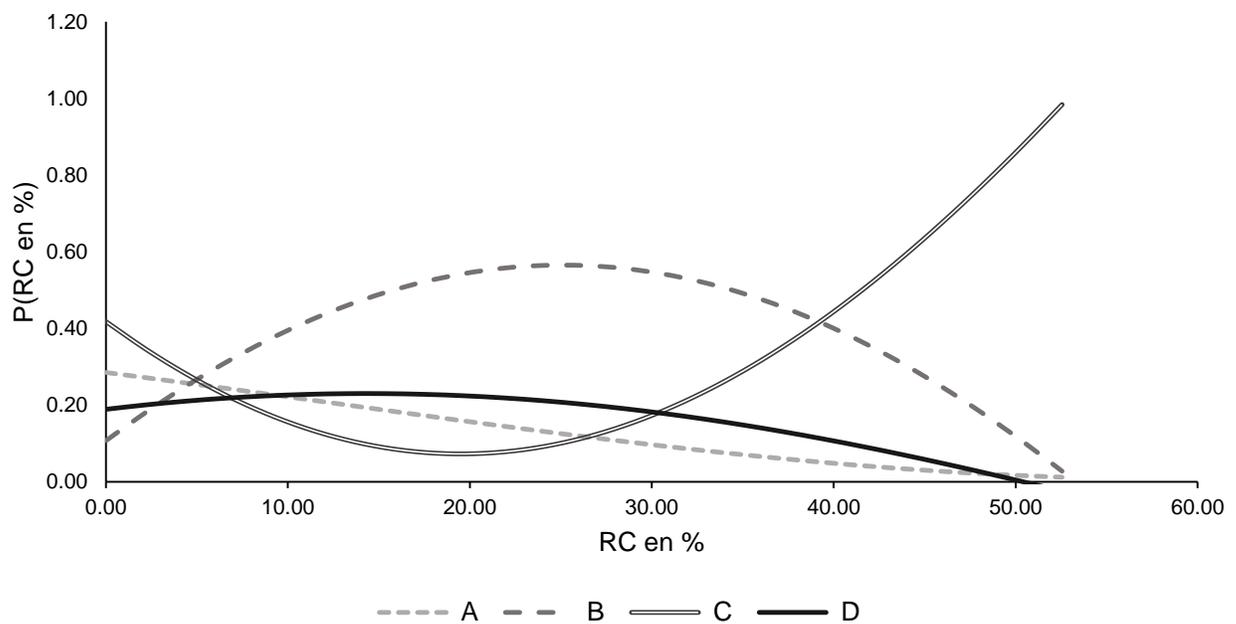


Figura 43. Probabilidad del registro de cobertura en porcentaje en cada estación de muestreo.

Variables ambientales

Las variables ambientales medidas *in situ* poseen correspondencia definida con la estación de muestreo B. Las estaciones C y A poseen mayor correspondencia con el registro de cobertura en porcentaje ($RC \text{ en } \%$), esta última correspondencia no se observa en el mapa perceptual, en cambio se observa una correspondencia de la estación D con el registro de cobertura en porcentaje y esto coincide con el reclutamiento inicial (Tabla 10, Fig. 44A).

Aunado a lo anterior se observó que, de acuerdo con la diferenciación espacial, la estación B es la que tuvo una ubicación favorable para el asentamiento con una probabilidad de 0.6, pero con un bajo registro de cobertura en porcentaje.

Con respecto al gráfico perceptual obtenido con los registros de mareas correspondientes segundo trimestre (septiembre-noviembre), presentó una disminución en la correspondencia con respecto al primer trimestre, lo cual está asociado con el ciclo de mareas (Tabla 10, Fig. 44B).

Tabla 10. Valores de correspondencia entre las variables ambientales, el registro de cobertura en porcentaje y las estaciones de muestreo. Las magnitudes **resaltadas** indican la mayor correspondencia.

| | A | B | C | D |
|-------------------------------|--------|--------------|--------------|-------|
| Transparencia del agua | -0.363 | 0.690 | 0.495 | 0.179 |
| STD | -0.343 | 0.754 | 0.438 | 0.15 |
| Temperatura | -0.349 | 0.716 | 0.477 | 0.156 |
| Salinidad | -0.324 | 0.844 | 0.333 | 0.147 |
| OD% | -0.381 | 0.646 | 0.529 | 0.206 |
| pH | -0.375 | 0.714 | 0.485 | 0.176 |
| RC en % | 7.635 | 3.779 | 7.848 | 6.911 |
| Marea (S-N) | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.003 |

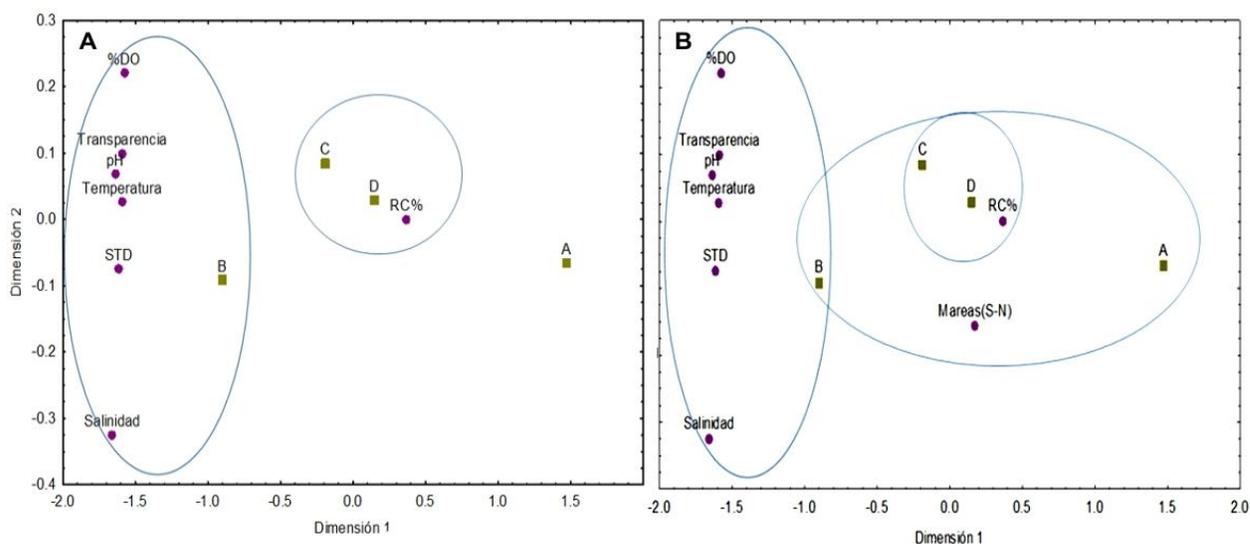


Figura 44. Gráfico perceptual. Círculos morados: variables ambientales y registro de cobertura. Cuadros verdes: estaciones de muestreo. A) Variables ambientales medidas *in situ*: índice de inercia total (TI)=0.598, se acepta Ho [$\text{Chi}^2_{\text{C}}=19.2690 < \text{Chi}^2_{0.05}=28.869$, (gl=18), $p < 0.05$], B) Variables ambientales medidas *in situ* y la marea: índice de inercia total (IT)=0.599, se acepta Ho [$\text{Chi}^2_{\text{C}}=19.2677 < \text{Chi}^2_{0.05}=32.671$, (gl=21), $p < 0.05$].



Tercer trimestre

Riqueza

Se recolectaron y revisaron 12 placas, se obtuvo un total de 4,759 ejemplares de invertebrados, de los cuales se identificó un ejemplar de maldánido; dos sabélidos: *Branchiomma bairdi* y *Parasabella* cf. *lacunosa*; cuatro serpúlidos: *Hydroides brachyacantha*, *H. dirampha*, *H. sanctaecrucis* y *Spirobranchus minutus*; un espiónido: *Dipolydora* sp.; un terebélido: *Streblosoma* sp.; un sipúnculo: *Phascolosoma* cf. *nigrescens*; cuatro moluscos: *Bivalvia* sp. 2, *Leiosolenus aristatus*, *Ostrea conchaphila*, *Striostrea* cf. *prismática*; tres balanos: *Amphibalanus* cf. *amphitrite*, *A.* cf. *eburneus* y *Balanus* cf. *trigonus* y dos ascidias solitarias: *Ascidia ceratodes* y *Styela* cf. *canopus*.

Entre los organismos coloniales no contabilizados se encuentran, una esponja: *Cliona* sp. 1; dos hidrozoos: *Obelia* sp. y *Clytia* cf. *exilis*; un entoprocto: *Barentsia discreta*; un briozoo: *Bugula neritina* y cuatro ascidias coloniales: *Diplosoma listerianum*, *Botrylloides niger*, *B. violaceus* y *Symplegma brakenhielmi*.

Ecología de la comunidad

Tasa de renovación

La primera quincena (dic 14, 2019) presentó un porcentaje de renovación por debajo del 30%. De manera general se observaron pocos recambios (adición o sustitución de taxones) ya que el porcentaje de renovación se mantuvo por debajo del 30% (Fig. 45).

Índices ecológicos

La estación A obtuvo el valor más alto del índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.94$) y la estación D obtuvo el valor más bajo ($H' = 1.39$), siendo el valor de la diversidad verdadera $D = 6.97$ y 4.04 , respectivamente. La estación A obtuvo un valor de equidad de $J' = 0.88$; para el resto de las estaciones la equidad está por arriba del 0.5 (Tabla 11).

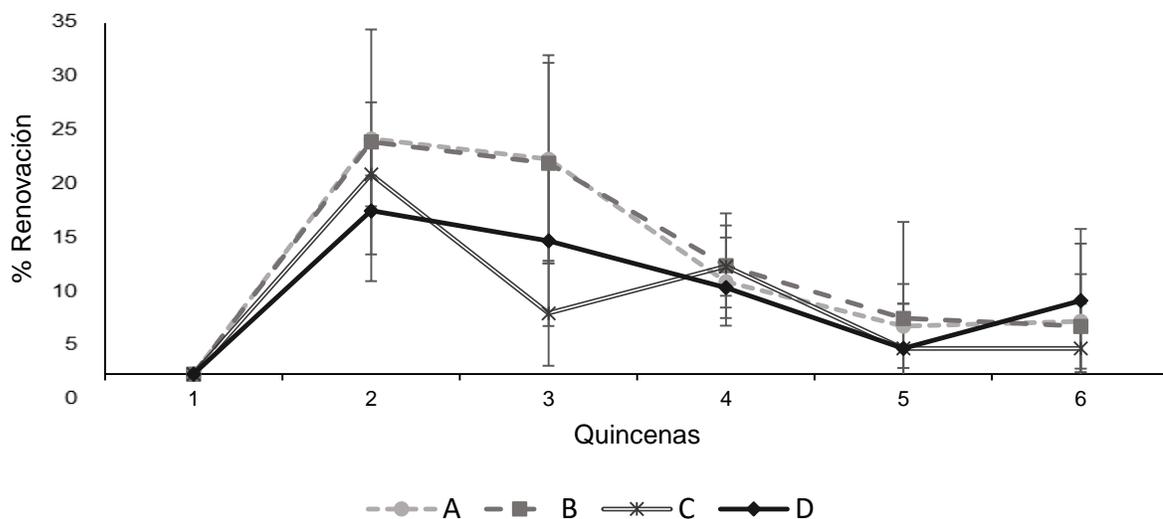


Figura 45. Gráfico de la tasa de renovación en cada estación de muestreo, durante las quincenas del tercer trimestre.

Respecto a la riqueza de especies en cada estación de muestreo, la estación B es la que poseen el mayor valor (22 taxones) en contraste con la estación C que posee el menor valor (18 taxones).

Tabla 11. Valores de los índices obtenidos en cada estación de muestreo. Los valores **resaltados** son los más altos obtenidos.

| Estación | Índice de Shannon-Wiener | Diversidad verdadera | Modelo de Pielou | Riqueza |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|
| A | 1.94 | 6.97 | 0.88 | 21 |
| B | 1.68 | 5.41 | 0.77 | 22 |
| C | 1.52 | 4.58 | 0.69 | 18 |
| D | 1.39 | 4.05 | 0.63 | 20 |

De acuerdo con la prueba de Hutcheson, existen diferencias significativas entre los valores de diversidad de las estaciones de muestreo ($t_{cal} > t_{0.05(2)}$, $p < 0.05$), excepto entre A–B, A–C y C–D (Tabla 12).



Tabla 12. Valores obtenidos con la prueba de Hutcheson. Valores **resaltados** indican igualdad. N: número de individuos, Hp: índice de diversidad ponderado, Var: varianza, gl: grados de libertad.

| Estación | N | Hp | Var | Combinaciones | gl | t _{cal} | t _{0.05(2)} |
|----------|------|-------|-------|---------------|------|------------------|----------------------|
| A | 1420 | 0.813 | 0.011 | AxB | 2623 | 1.419 | 1.96 |
| B | 1252 | 0.836 | 0.012 | AxC | 2053 | 1.250 | 1.96 |
| C | 970 | 0.79 | 0.013 | AxD | 1962 | 3.077 | 1.96 |
| D | 981 | 0.755 | 0.014 | BxC | 2074 | 2.485 | 1.96 |
| | | | | BxD | 2005 | 4.204 | 1.96 |
| | | | | CxD | 1941 | 1.729 | 1.96 |

Variación espacio-temporal

Un total de 84 fotografías fueron obtenidas de las tres placas en cada estación de muestreo durante el tercer trimestre.

Se obtuvieron nueve taxones: esponjas, hidrozoos, sabélidos, serpúlidos, moluscos, balanos, briozoos, ascidias coloniales y ascidias solitarias, obteniendo también el porcentaje de las áreas vacías, organismos muertos e invertebrados móviles que se incluyeron en un solo dato nombrado: “sin cobertura”.

La primera quincena (dic 14, 2019) se caracterizó por obtener una dominancia de hidrozoos; siendo la estación A la que obtuvo una cobertura mayor al 50% (Figs. 46–47).

En la segunda quincena (dic 28, 2019) el asentamiento está por debajo del 40%, en la estación C. El taxón dominante en todas las estaciones fueron los balanos; asimismo se registró un nuevo taxón (briozoos), la estación D es la que posee un mayor registro de cobertura.

A partir de la tercera quincena (enero 11, 2020) se observó una diversificación de los taxones en todas las estaciones de muestreo. En la estación A se observó una dominancia de balanos y ascidias coloniales; sin embargo, en la quincena seis (feb 22, 2020) el porcentaje de balanos es del 5.5%, de los briozoos y las ascidias coloniales del 61.11% y 36.6%, respectivamente.

En la estación B los taxones dominantes son: ascidias coloniales, briozoos y ascidias solitarias. La estación C obtuvo el mayor registro de cobertura de ascidias coloniales con respecto a las otras estaciones de muestreo durante la quincena tres,



cuatro y cinco, en la quincena seis (feb 22, 2020) presentó el mayor registro de cobertura de esponjas (5.25%) (Fig. 47).

La estación D obtuvo una cobertura del 100%, teniendo como taxones dominantes a los briozoos, ascidias coloniales y ascidias solitarias. Durante este tercer trimestre se obtuvo un aumento en la transparencia del agua, sobre todo en la estación C. Con respecto a la temperatura se obtuvo una gradual disminución, con valores por debajo de los 30°C.

La salinidad mantuvo valores por arriba de 28 durante todo el trimestre en todas las estaciones de muestreo; presentando los valores más altos durante el año (34.53). El oxígeno disuelto presentó valores por debajo del 42.7% y el pH por debajo de 7.64; en ambos casos se presentaron los valores más bajos con respecto a los otros trimestres.

La ascidia solitaria *Styela* cf. *canopus* obtuvo el mayor número de individuos (198) en la estación de muestreo B, seguida de la estación C con 109 individuos de esta especie, los balanos *Amphibalanus* cf. *amphitrite* y *A.* cf. *eburneus* también obtuvieron conteos mayores a 50 individuos. Se observó que no todos los taxones están representados en los porcentajes de cobertura, ya que se encontraban cubiertos o bien su presencia no fue percibida en las fotografías, tal es el caso del maldánido, los espiónidos, terebélidos, el sipúnculo y entoproctos (Tabla 13).

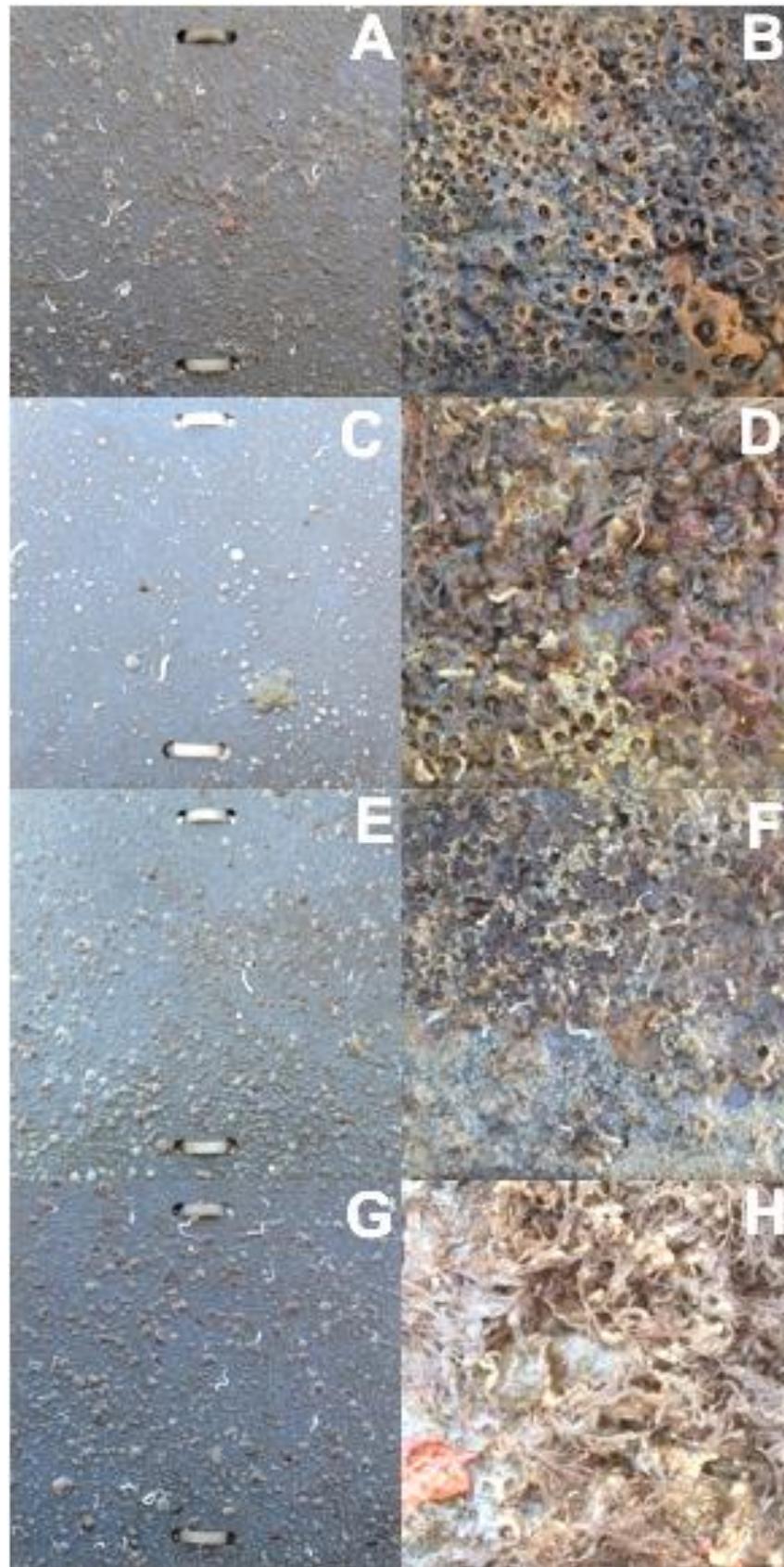


Figura 46. Fotografías al inicio (dic 14, 2019) y final del trimestre tercer (feb 22, 2020); A-B) Estación de muestreo A, placa A5; C-D) Estación B, placa B5; E-F) Estación C, placa C4; G-H) Estación D, placa D5.

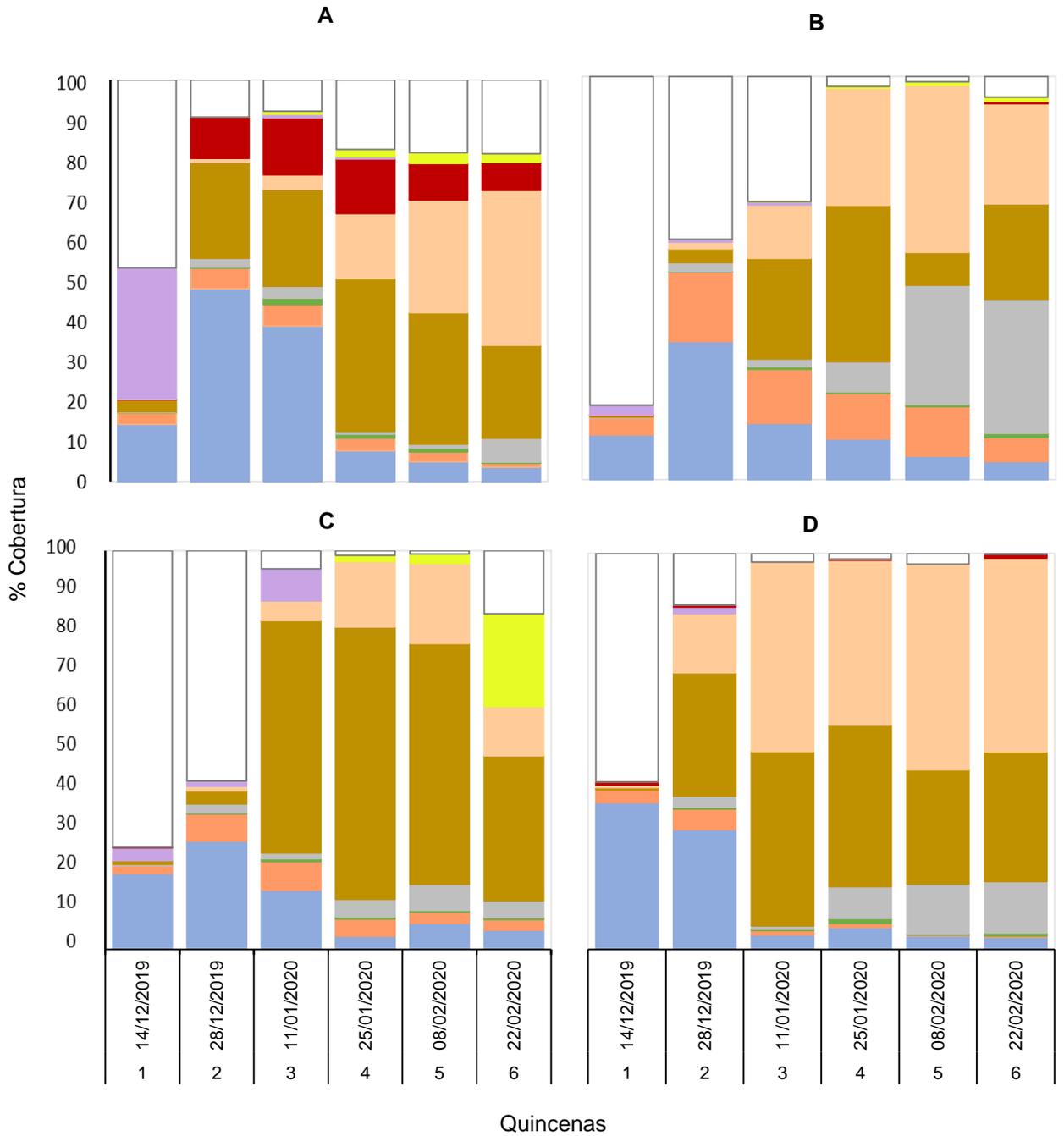


Figura 47. Gráfico del promedio del registro de cobertura en porcentaje quincenal en el tercer trimestre en cada estación de muestreo.



Tabla 13. Promedio del registro de cobertura en porcentaje (RC en %) y el promedio de individuos del tercer trimestre. (*) Presente pero no observado en las fotografías quincenales, (-) ausente.

| Taxón | Especie | RC en % | | | | # individuos | | | |
|---------------------|---|---------|-------|-------|-------|--------------|-----|----|-----|
| | | A | B | C | D | A | B | C | D |
| Esponjas | <i>Demospongiae</i> sp. 1 | 3.38 | 2.18 | 5.25 | 0.93 | * | * | * | * |
| | <i>Cliona</i> sp. | | | | | - | * | * | * |
| Hidrozoos | <i>Obelia</i> sp. | - | * | - | - | * | * | - | * |
| | <i>Clytia</i> cf. <i>exilis</i> | | | | | * | * | - | - |
| Maldánido* | Maldánido sp. | - | - | - | * | - | - | - | 1 |
| Sabélidos | <i>Branchiomma bairdi</i> | 0.41 | 1.11 | 0.65 | 0.72 | 7 | 10 | 5 | 11 |
| | <i>Parasabella</i> cf. <i>lacunosa</i> | | | | | 28 | 16 | 10 | 3 |
| Serpúlidos | <i>Hydroides brachyacantha</i> | 1.62 | 5.92 | 4.02 | 0.35 | 1 | - | - | - |
| | <i>Hydroides dirampha</i> | | | | | - | - | 1 | - |
| | <i>Hydroides sanctaecrucis</i> | | | | | 26 | 65 | 32 | 9 |
| | <i>Spirobranchus minutus</i> | | | | | - | 1 | 1 | - |
| Espiónidos* | <i>Dipolydora</i> sp. | * | * | - | * | 3 | 1 | - | 1 |
| Terebélidos* | <i>Streblosoma</i> sp. | * | * | * | * | 27 | 10 | 5 | 4 |
| Sipúnculo* | <i>Phascolosoma puntarenae</i> | * | - | - | - | 1 | - | - | - |
| Balanos | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>amphitrite</i> | 5.5 | 4.48 | 7 | 3.07 | 125 | 53 | 88 | 86 |
| | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>eburneus</i> | | | | | 108 | 93 | 72 | 74 |
| | <i>Balanus</i> cf. <i>trigonus</i> | | | | | 1 | 1 | - | 2 |
| Moluscos | <i>Bivalvia</i> sp. 1 | 5.48 | 0.59 | * | 1.46 | 1 | - | - | - |
| | <i>Leiosolenus aristatus</i> | | | | | - | 1 | - | - |
| | <i>Ostrea conchaphila</i> | | | | | 3 | 4 | 6 | 11 |
| | <i>Striostrea prismatica</i> | | | | | 3 | - | - | - |
| Entoproctos* | <i>Barentsia discreta</i> | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Briozoos | <i>Bugula neritina</i> | 61.11 | 47.28 | 18.12 | 49.10 | * | * | * | * |
| | <i>Diplosoma listerianum</i> | | | | | - | * | * | * |
| Ascidias coloniales | <i>Botrylloides niger</i> | 36.60 | 23.65 | 53.07 | 32.94 | - | - | * | * |
| | <i>Botrylloides violaceus</i> | | | | | - | * | - | * |
| | <i>Symplegma brakenhielmi</i> | | | | | * | * | * | * |
| Ascidias solitarias | <i>Ascidia ceratodes</i> | 14.16 | 33.30 | 6.22 | 13.09 | 121 | 29 | 11 | 14 |
| | <i>Styela</i> cf. <i>canopus</i> | | | | | 19 | 198 | 88 | 109 |

En el análisis espacial la estación A presentó una tendencia ascendente generando un domo con una probabilidad del 0.25 al 10% de cobertura, la estación B registró una tendencia ascendente generando un domo con una probabilidad del 0.30 al 10% de cobertura en donde se observó el punto de saturación de invertebrados que



posteriormente desciende a partir del 15%. Ambas estaciones presentaron un comportamiento similar; sin embargo, la mayor probabilidad la presentó la estación B (0.3).

La estación C presentó una tendencia ascendente que continúa aumentando hasta 40% de cobertura con una probabilidad alta (0.65), la estación D presentó una tendencia ascendente que continúa aumentando hasta el 40% de cobertura con una probabilidad del 0.4 (Fig. 48).

Se observó que, aunque todas las estaciones eventualmente presentaron reclutamiento de los nueve taxones de invertebrados, esto se va a dando de manera diferencial a lo largo del trimestre; siendo las estaciones C y D los que obtuvieron una tendencia ascendente continua y gradual, con punto de saturación de invertebrados al 40% de cobertura; seguido por la estación A y B que obtuvieron un reclutamiento inicial ascendente generando un punto de saturación al 10% de cobertura y posterior a ello se generó una disminución.

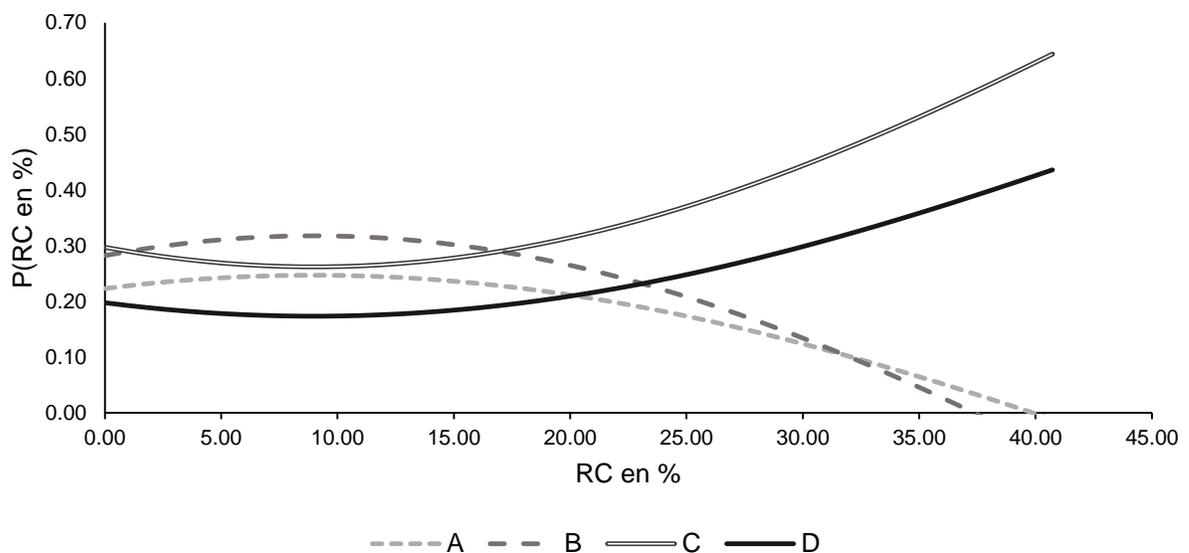


Figura 48. Probabilidad del registro de cobertura en porcentaje en cada estación de muestreo.

Variables ambientales

La estación de muestreo B presentó correspondencia con la temperatura, transparencia del agua, sólidos totales disueltos, porcentaje de oxígeno disuelto y pH; mientras que la salinidad presentó correspondencia con la estación D. El registro de cobertura en



porcentaje presentó correspondencia con la estación A; de acuerdo con lo observado en el mapa perceptual (Tabla 14, Fig. 49A).

Con respecto al gráfico perceptual obtenido con los registros de mareas correspondientes al tercer trimestre (diciembre-febrero), se observó una baja correspondencia con las estaciones de muestreo, exceptuando la estación de muestreo B (Tabla 14, Fig. 49B).

La marea obtuvo los mayores valores de correspondencia asociados a la estación B, lo que puede estar relacionado con el análisis espacial, en el cual obtuvo que la estación B presentó un mayor reclutamiento inicial, con probabilidad del 0.3, a diferencia de las otras estaciones. Sin embargo, en este trimestre se obtuvo el menor registro promedio de los valores de marea en el año.

Tabla 14. Valores de correspondencia entre las variables ambientales, el registro de cobertura en porcentaje y las estaciones de muestreo. Las magnitudes **resaltadas** indican la mayor correspondencia.

| | A | B | C | D |
|-------------------------------|---------------|--------------|--------|--------|
| Transparencia del agua | 0.343 | 0.513 | 0.024 | 0.383 |
| STD | 0.276 | 0.599 | 0.010 | 0.346 |
| Temperatura | 0.305 | 0.462 | 0.101 | 0.395 |
| Salinidad | 0.357 | 0.111 | -0.070 | 0.984 |
| %OD | 0.348 | 0.513 | 0.019 | 0.383 |
| pH | 0.291 | 0.602 | -0.002 | 0.352 |
| RC en % | 11.111 | 8.161 | 8.971 | 10.894 |
| Marea (D-F) | -0.336 | 1.237 | 0.656 | -1.060 |

Cuarto trimestre

Riqueza

Se recolectaron y revisaron 12 placas, se obtuvo un total de 1,244 ejemplares, de los cuales se identificaron, tres serpúlidos: *Hydroides elegans*, *H. sanctaecrucis*, y *Spirobranchus minutus*; dos sabélidos: *Branchiomma bairdi* y *Parasabella cf. lacunosa*; un terebélido: *Streblosoma* sp.; tres moluscos: *Bivalvia* sp. 1, *Ostrea conchaphila* y *Patellidae* sp.; tres balanos: *Amphibalanus cf. amphitrite*, *A. cf. eburneus* y *Balanus cf. trigonus* y dos ascidias solitarias: *Ascidia ceratodes* y *Styela cf. canopus*.

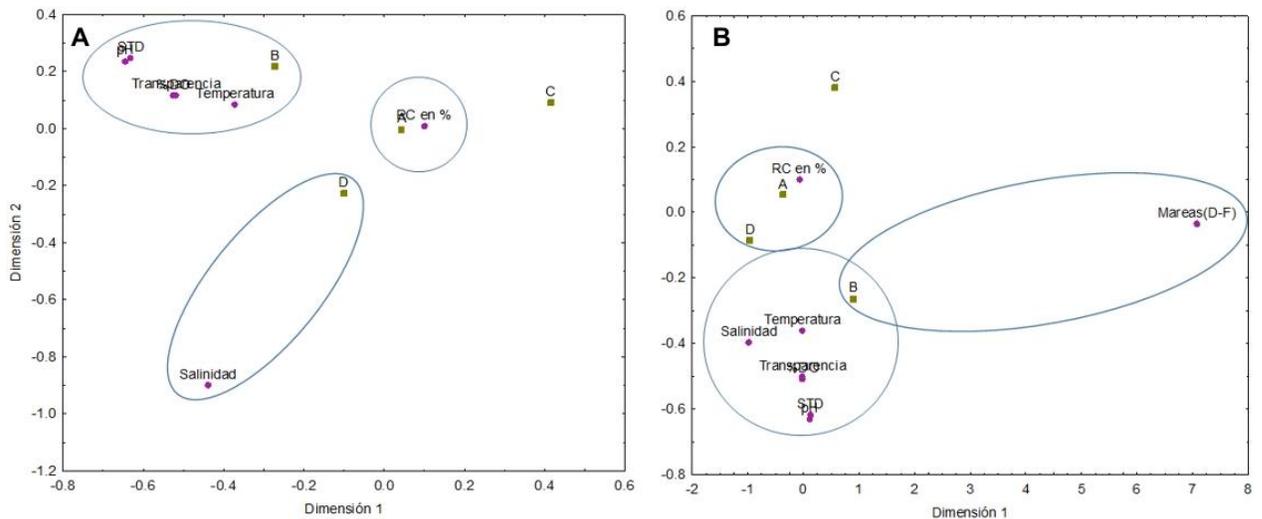


Figura 49. Gráfico perceptual. Círculos morados: variables ambientales y registro de cobertura. Cuadros verdes: estaciones de muestreo. A) Variables ambientales medidas *in situ*: índice de inercia total (IT)= 0.082, se acepta H_0 [$\chi^2_C=30.858 < \chi^2_{0.05}=28.869$, (gl=18), $p<0.05$], B) Variables ambientales medidas *in situ* y la marea: índice de inercia total (IT)= 0.6094, se acepta H_0 [$\chi^2_C=28.93 < \chi^2_{0.05}=32.671$, gl=21, $p<0.05$ $\chi^2_C=19.9596 < \chi^2_{0.05}=32.671$, (gl=21), $p<0.05$].

Entre los organismos coloniales no contabilizados se encuentran, dos esponjas: Demospongiae sp. 1, *Cliona* sp.; dos hidozoos: *Clytia* cf. *exilis*, *Obelia* sp.; un entoprocto: *Barentsia discreta*; tres briozoos: *Bugula neritina*, *Savignyella lafontii* y *Smittina* sp. y cuatro ascidias coloniales: *Diplosoma listerianum*, *Botrylloides niger*, *B. violaceus* y *Symplegma brakenhielmi*.

Ecología de la comunidad

Tasa de renovación

La primera quincena (mar 7, 2020) es la que presenta un porcentaje de renovación por debajo del 40%. De manera general se observaron pocos recambios (adición o sustitución de taxones) ya que el porcentaje de renovación se mantuvo por debajo del 30% (Fig. 50).

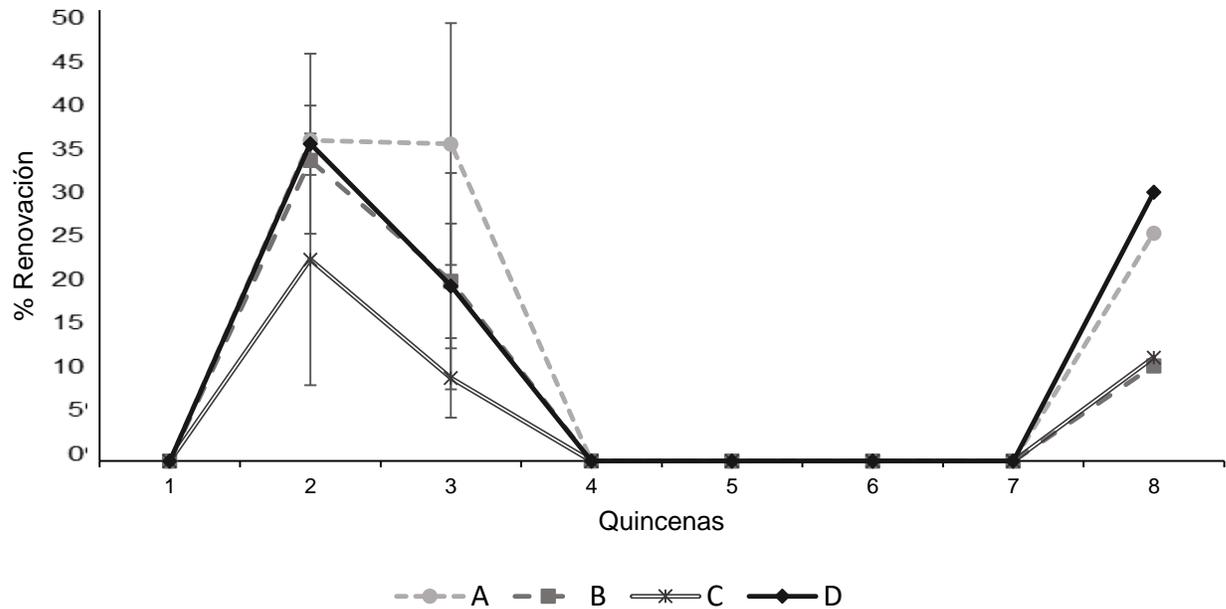


Figura 50. Gráfico de la tasa de renovación en cada estación de muestreo, durante las quincenas del cuarto trimestre.

Índices ecológicos

Se obtuvo el índice de Shannon-Wiener para cada estación de muestreo en el cual la estación C obtuvo el valor más alto ($H' = 1.36$) y la estación A el valor más bajo ($H' = 1$), siendo el valor de la diversidad verdadera $D = 2.75$ y 3.89 , respectivamente. La estación A y D obtuvieron los valores de equidad por debajo del 0.5; para el resto de las estaciones la equidad está por arriba del 0.5 (Tabla 15).

Respecto a la riqueza de especies la estación C es la que poseen el mayor valor (20 taxones) en contraste con la estación D que posee el menor valor (17 taxones).

Tabla 15. Valores de los índices obtenidos en cada estación de muestreo. Los valores **resaltados** son los más altos obtenidos.

| Estación | Índice de Shannon-Wiener | Diversidad verdadera | Modelo de Pielou | Riqueza |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|
| A | 1 | 2.75 | 0.45 | 18 |
| B | 1.23 | 3.43 | 0.56 | 19 |
| C | 1.36 | 3.89 | 0.61 | 20 |
| D | 1.03 | 2.82 | 0.47 | 17 |



De acuerdo con la prueba de Hutcheson, existen diferencias significativas entre los valores de diversidad de las estaciones de muestreo ($t_{cal} > t_{0.05(2)}$, $p < 0.05$), excepto entre A–B y A–C (Tabla 16).

Tabla 16. Valores obtenidos con la prueba Hutcheson. Valores **resaltados** indican igualdad. N: número de individuos, Hp: índice de diversidad ponderado, Var: varianza, gl: grados de libertad.

| Estación | N | Hp | Var | Combinaciones | gl | t_{cal} | $t_{0.05(2)}$ |
|----------|-----|-------|-------|---------------|-----|--------------|---------------|
| A | 327 | 0.835 | 0.026 | AxB | 633 | 1.734 | 1.964 |
| B | 310 | 0.896 | 0.024 | AxC | 679 | 0.977 | 1.964 |
| C | 516 | 0.802 | 0.020 | AxD | 386 | 4.167 | 1.968 |
| D | 163 | 1.002 | 0.031 | BxC | 707 | 3.020 | 1.963 |
| | | | | BxD | 348 | 2.766 | 1.968 |
| | | | | CxD | 318 | 5.463 | 1.968 |

Variación espacio-temporal

Un total de 48 fotografías fueron obtenidas de las tres placas en cada estación de muestreo durante cuarto trimestre.

A partir de la quincena tres (abril 4, 2020) los muestreos quedaron suspendidos. Quedando las quincenas del 18 de abril, 2, 16 y 30 de mayo sin datos de cobertura; aunado a ello la recuperación de las placas se llevó a cabo 15 días después de la fecha planteada inicialmente.

Se obtuvieron nueve taxones: esponjas, hidozoos, sabélidos, serpúlidos, moluscos, balanos, briozoos, ascidias coloniales y ascidias solitarias, obteniendo también el porcentaje de las áreas vacías, organismos muertos e invertebrados móviles que se incluyeron en un solo dato nombrado: “sin cobertura”.

En la primera quincena (mar 7, 2020) la estación de muestreo A es la que obtuvo una cobertura mayor al 90% y el taxón dominante fueron las ascidias coloniales. En la segunda (mar 21, 2020) y tercera quincenas (abr 4, 2020) se observó, como taxón dominante en todas las estaciones de muestreo, a los briozoos y las ascidias coloniales (Figs. 51-52). En las quincenas de la cuatro a la siete no se obtuvieron datos de cobertura.



Finalmente, en la quincena ocho (jun 13, 2020) se observó la dominancia de esponjas, ascidias coloniales y ascidias solitarias; con coberturas superiores al 95% en todas las estaciones de muestreo.

Se observó una fluctuación en la transparencia del agua con un valor máximo de 0.0086 cm^{-1} , coincidiendo con los valores mínimos de sólidos totales disueltos (22, 710 mg/L); con respecto a la temperatura se presentaron valores por debajo de los 30° C (Fig. 33).

La salinidad durante el trimestre se mantuvo por debajo de 30, con respecto al porcentaje de oxígeno disuelto se obtuvo una fluctuación durante las quincenas, con el valor más alto de todo el año en la quincena 21 (mar 7, 2020) con 78.3%; el pH presentó valores atípicos (menores a 7) que se consideraron como errores de medición (Fig. 34).

La ascidia solitaria *Styela cf. canopus* obtuvo el mayor número de individuos (49) en la estación de muestreo C, coincidiendo con el mayor registro de cobertura; en esa misma estación de muestreo, el molusco *Ostrea conchaphila* fue el segundo taxón con más individuos (54) coincidiendo también con la mayor cobertura. Se observó que no todos los taxones están representados en los porcentajes de cobertura, ya que se encontraban cubiertos o bien su presencia no fue observada en las fotografías, tal es el caso de los espionidos, terebélidos y entoproctos (Tabla 17).

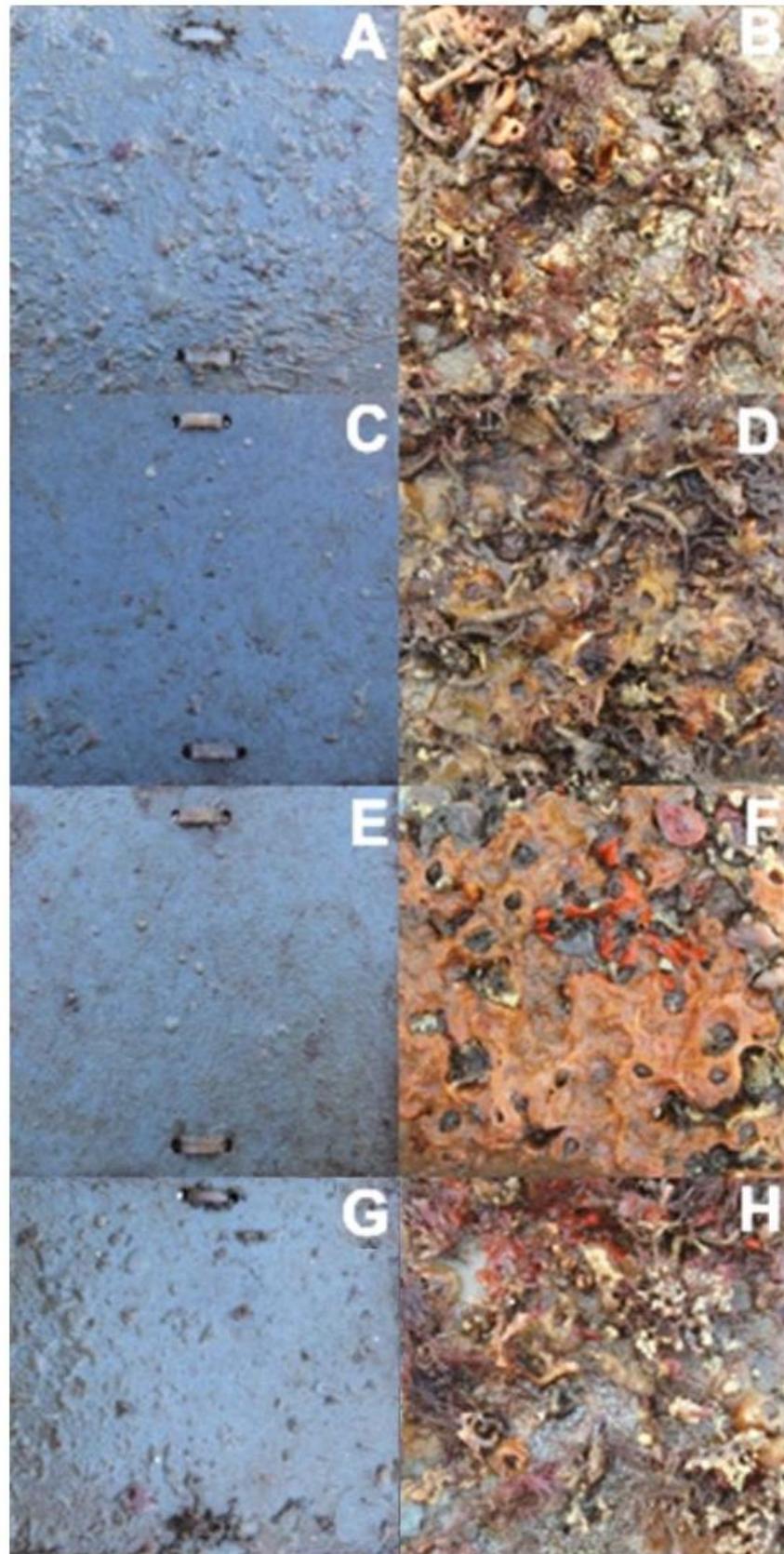


Figura 51. Fotografías al inicio (feb 22, 2020) y final del cuarto trimestre (jun 13, 2020). A-B) Estación de muestreo A, placa A3, C-D) Estación B, placa B4, E-F) Estación C, placa C5, G-H) Estación D, placa D3.

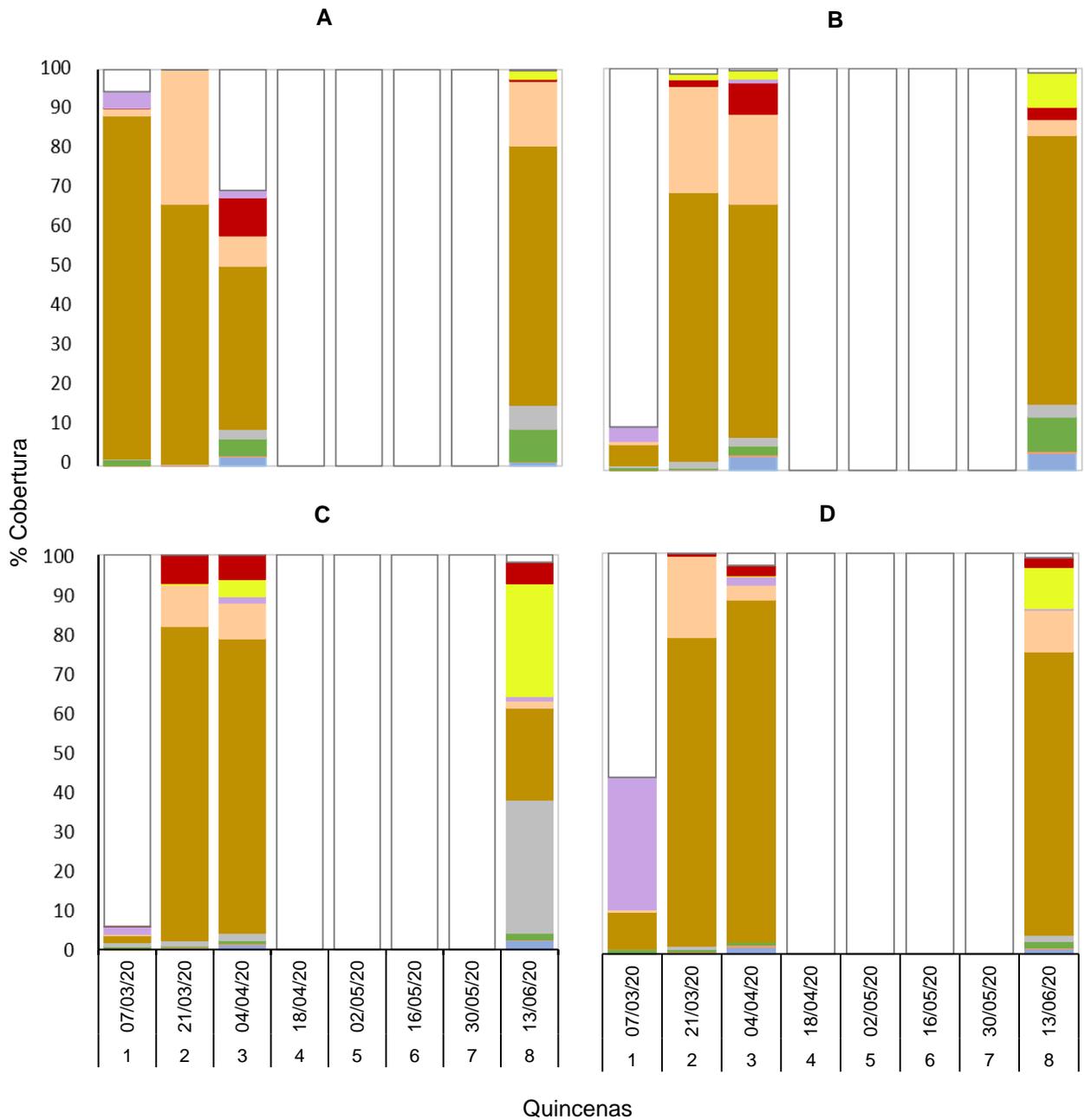


Figura 52. Gráfico del registro de cobertura en porcentaje promedio quincenal del cuarto trimestre en cada estación de muestreo.



Tabla 17. Promedio del registro de cobertura en porcentaje (RC en %) y el promedio de individuos del cuarto trimestre, (*) presente pero no observado en las fotografías quincenales, (-) ausente.

| Taxón | Especie | RC en % | | | | # individuos | | | |
|---------------------|---|---------|-------|-------|-------|--------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D | A | B | C | D |
| Esponjas | <i>Demospongiae</i> sp. 1 | 1.85 | 8.89 | 28.59 | 10.27 | | | * | |
| | <i>Cliona</i> sp. | | | | | * | * | * | * |
| Hidrozoos | <i>Clytia</i> cf. <i>exilis</i> | * | - | 1.66 | 1.26 | | | * | * |
| | <i>Obelia</i> sp. | | | | | * | - | * | - |
| Sabélidos | <i>Branchiomma bairdi</i> | 8.20 | 9.52 | 1.63 | 1.59 | 38 | 25 | 10 | 10 |
| | <i>Parasabella</i> cf. <i>lacunosa</i> | | | | | 8 | 19 | 25 | 4 |
| Serpúlidos | <i>Hydroides elegans</i> | 0.18 | 0.50 | 0.22 | 0.80 | - | - | - | 1 |
| | <i>Hydroides sanctaecrucis</i> | | | | | 1 | 2 | 4 | 2 |
| | <i>Spirobranchus minutus</i> | | | | | - | 1 | - | 6 |
| Espiónidos* | <i>Dipolydora</i> sp. | - | * | * | - | - | 1 | 1 | - |
| Terebélidos* | <i>Streblosoma</i> sp. | * | - | * | - | 2 | - | 1 | - |
| Balanos | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>amphitrite</i> | 1.09 | 4.29 | 3.56 | 1.97 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>eburneus</i> | | | | | 10 | 18 | 16 | 8 |
| | <i>Balanus</i> cf. <i>trigonus</i> | | | | | 3 | 4 | - | 13 |
| Moluscos | <i>Bivalvia</i> sp. 2 | 1.79 | 2.98 | 5.41 | 2.31 | 1 | - | - | - |
| | <i>Ostrea conchaphila</i> | | | | | 24 | 19 | 54 | 7 |
| | Patellidae sp. | | | | | - | - | 1 | - |
| Entoproctos* | <i>Barentsia discreta</i> | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | <i>Bugula neritina</i> | | | | | * | * | * | * |
| Briozoos | <i>Savignyella lafontii</i> | 16.30 | 4.00 | 2.71 | 10.34 | - | * | - | - |
| | <i>Smittina</i> sp. | | | | | - | - | * | * |
| Ascidias coloniales | <i>Diplosoma listerianum</i> | 65.34 | 60.66 | 23.30 | 70.72 | - | * | * | - |
| | <i>Botrylloides niger</i> | | | | | - | * | - | - |
| | <i>Botrylloides violaceus</i> | | | | | * | * | * | * |
| | <i>Symplesma brakenhielmi</i> | | | | | * | * | * | * |
| Ascidias solitarias | <i>Ascidia ceratodes</i> | 6.04 | 3.24 | 33.78 | 1.57 | 1 | 2 | 7 | - |
| | <i>Styela</i> cf. <i>canopus</i> | | | | | 18 | 8 | 49 | 5 |

En el análisis de diferenciación espacial la estación A presentó una tendencia ascendente obteniendo la mayor probabilidad (0.4) desde el inicio del trimestre, generando un domo al 10% de cobertura, la estación B registró una tendencia descendente que comienza a ascender al 15% de cobertura. La estación C presentó una tendencia ascendente que genera un domo al 10% de cobertura con 0.4 de probabilidad,



la estación D presentó una tendencia ascendente formando un domo al 10% con una probabilidad de 0.2 (Fig. 53).

Con ello se pudo observar que, aunque todas las estaciones eventualmente presentaron reclutamiento de invertebrados, esto se va dando de manera diferencial; siendo la estación A la que obtuvo la mayor probabilidad de asentamiento inicial. Las estaciones C y D obtuvieron un reclutamiento posterior. Con respecto a la estación B obtuvo un reclutamiento posterior pero un mayor punto de saturación (25%).

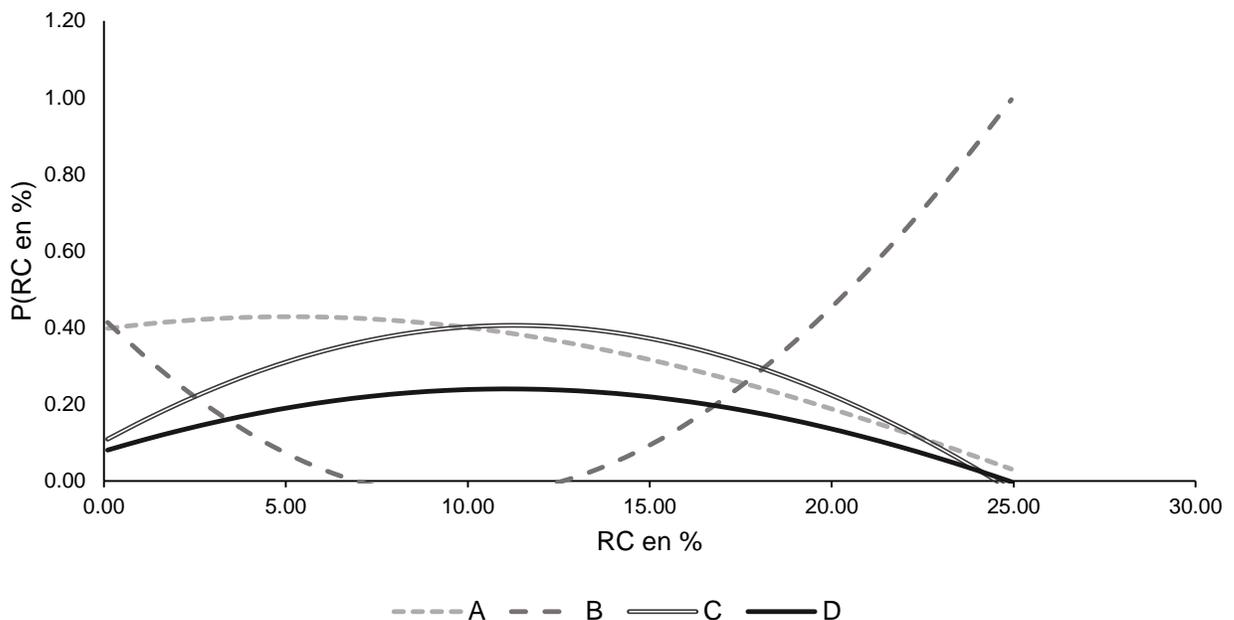


Figura 53. Probabilidad del registro de cobertura en porcentaje en cada estación de muestreo.

Variables ambientales

Se observó en el gráfico perceptual que existe correspondencia de la salinidad y los STD con la estación de muestreo A; la estación de muestreo B presenta correspondencia con la transparencia del agua; la estación de muestreo C con el porcentaje de oxígeno disuelto; y la estación de muestreo D con el registro de cobertura en porcentaje. Sin embargo, esto contrasta con los valores de correspondencia en los cuales la estación de muestreo A es la que posee los valores de correspondencia más altos con las variables ambientales (Tabla 18, Fig. 54A).

Los registros de mareas correspondientes al cuarto trimestre (marzo-junio), presentaron un aumento con respecto al tercer trimestre, de acuerdo con ciclo de mareas obtenido. Sin embargo, los valores de correspondencia de esta variable con las estaciones de muestreo fueron bajos (Tabla 18, Fig. 54B).

Tabla 18. Valores de correspondencia entre las variables ambientales, el registro de cobertura en porcentaje y las estaciones de muestreo. Las magnitudes **resaltadas** indican la mayor correspondencia.

| | A | B | C | D |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Transparencia del agua | 0.525 | 0.237 | 0.202 | 0.510 |
| STD | 0.591 | 0.230 | 0.182 | 0.457 |
| Temperatura | 0.539 | 0.194 | 0.251 | 0.404 |
| Salinidad | 0.573 | 0.218 | 0.178 | 0.467 |
| %OD | 0.523 | 0.220 | 0.265 | 0.432 |
| pH | 0.538 | 0.206 | 0.170 | 0.498 |
| RC en % | 0.571 | 0.282 | 0.171 | 0.540 |
| Marea (M-J) | 0.0037 | 0.0037 | 0.0037 | 0.0037 |

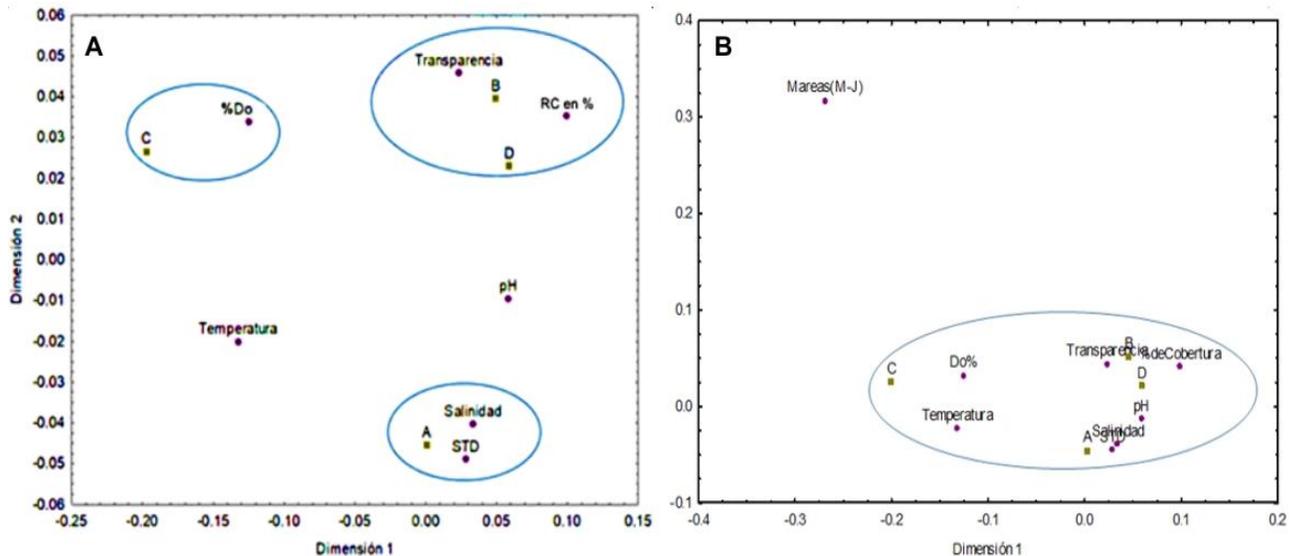


Figura 54. Gráfico perceptual. Círculos morados: variables ambientales y registro de cobertura. Cuadros verdes: estaciones de muestreo. A) Variables ambientales medidas *in situ*: índice de inercia total (IT)= 0.00825, se acepta H_0 [$\text{Chi}^2_{\text{C}}=0.89507 < \text{Chi}^2_{0.05}=28.869$, (gl=18), $p < 0.05$]; B) variables ambientales medidas *in situ* y la marea: índice de inercia total (IT)= 0.008, se acepta H_0 [$\text{Chi}^2_{\text{C}}= 0.0925 < \text{Chi}^2_{0.05}=32.671$, (gl=21), $p < 0.05$].



Sucesión anual

Se realizaron 23 muestreos fotográficos quincenales de las 27 quincenas que duró el experimento anual, con ello se obtuvo un total de 184 fotografías.

Riqueza

Se recolectaron y revisaron ocho placas, se obtuvo un total de 1,765 ejemplares, de los cuales se identificaron, cuatro serpúlidos: *Hydroides brachyacantha*, *H. elegans*, *H. sanctaecrucis* y *Spirobranchus minutus*; dos sabélidos: *Branchiomma bairdi* y *Parasabella* cf. *lacunosa*; dos espiónidos: *Dipolydora* sp. y *Polydora* sp.; un terebélido: *Streblosoma* sp.; ocho moluscos: *Bivalvia* sp. 2, *Ostrea conchaphila*, *Saccostrea palmula*, *Striostrea* cf. *prismatica*, *Leiosolenus aristatus*, *Crucibulum spinosum*, *Thylacodes margaritaceus*, *Thylaeodus indentatus*; tres balanos: *Amphibalanus* cf. *amphitrite*, *A.* cf. *eburneus* y *Balanus* cf. *trigonus* y dos ascidias solitarias: *Ascidia ceratodes* y *Styela* cf. *canopus*.

Entre los organismos coloniales no contabilizados se encuentran cuatro esponjas: *Demospongiae* sp. 1, *Demospongiae* sp. 2, *Demospongiae* sp. 3 y *Cliona* sp.; tres hidrozoos: *Obelia* sp., *Clytia* cf. *exilis*, *Pennaria disticha*; un entoprocto: *Barentsia discreta*; un briozoo: *Bugula neritina* y cuatro ascidias coloniales: *Diplosoma listerianum*, *Botrylloides niger*, *B. violaceus* y *Symplegma brakenhielmi*.

Ecología de la comunidad

Tasa de renovación

La primera quincena (jun 15, 2019) presentó un mayor porcentaje de renovación (50%); en las quincenas posteriores está por debajo del 40%, siendo las quincenas cinco (ago 10, 2019) y seis (ago 24, 2019) las que poseen porcentajes por debajo del 30%. Sin embargo, se observó un aumento en la renovación de la estación de muestreo D en la quincena 14 (dic 14, 2019) ya que presentó la adición de un nuevo taxón, las ascidias solitarias (Fig. 55).

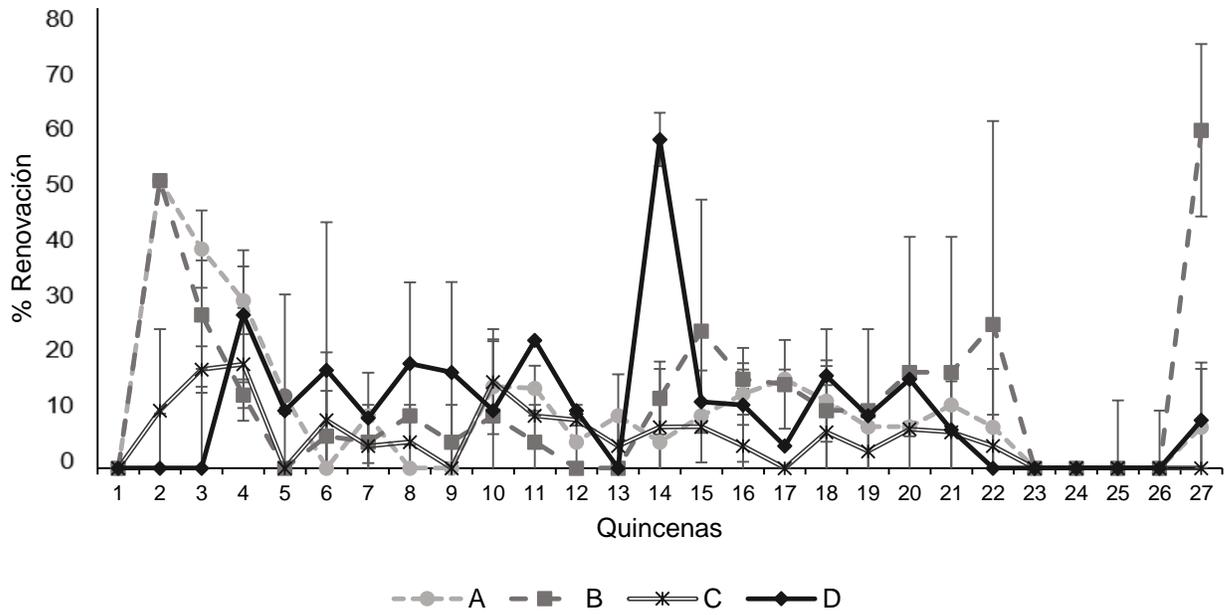


Figura 55. Gráfico de la tasa de renovación en cada estación de muestreo, durante las quincenas de experimento anual.

Índices ecológicos

Se obtuvo el índice de Shannon-Wiener para cada estación de muestreo en el cual la estación C obtuvo el valor más alto ($H' = 1.89$) y la estación B el valor más bajo ($H' = 1.54$), con valores de diversidad verdadera de $D = 4.67$ y 6.63 respectivamente. La estación B obtuvo un valor de equidad de $J' = 0.91$; para el resto de las estaciones la equidad está por arriba de 0.5 (Tabla 19).

Respecto a la riqueza de especies en cada estación de muestreo, la estación A es la que poseen el mayor valor (25 taxones) en contraste con las estaciones B y D las cuales poseen el menor valor (22 taxones).

Tabla 19. Valores de los índices obtenidos en cada estación de muestreo. Los valores **resaltados** son los más altos obtenidos.

| Estación | Índice de Shannon-Wiener | Diversidad verdadera | Modelo de Pielou | Riqueza |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|
| A | 1.85 | 6.35 | 0.84 | 25 |
| B | 1.54 | 4.67 | 0.70 | 22 |
| C | 1.89 | 6.63 | 0.91 | 23 |
| D | 1.83 | 6.26 | 0.83 | 22 |



De acuerdo con la prueba de Hutcheson, existen diferencias significativas entre los valores de diversidad de las estaciones de muestreo ($t_{cal} > t_{0.05(2)}$, $p < 0.05$), excepto entre las estaciones A–B, A–D y B–D (Tabla 20).

Tabla 20. Valores obtenidos con la prueba de Hutcheson. Valores **resaltados** indican igualdad N: número de individuos, Hp: índice de diversidad ponderado, Var: varianza, gl: grados de libertad.

| Estación | N | Hp | Var | Combinaciones | gl | t_{cal} | $t_{0.05(2)}$ |
|----------|-----|-------|-------|---------------|-----|--------------|---------------|
| A | 821 | 0.922 | 0.017 | AxB | 617 | 1.363 | 1.964 |
| B | 315 | 0.966 | 0.026 | AxC | 927 | 3.458 | 1.963 |
| C | 480 | 0.817 | 0.025 | AxD | 330 | 0.466 | 1.968 |
| D | 216 | 0.941 | 0.035 | BxC | 751 | 4.111 | 1.963 |
| | | | | BxD | 428 | 0.556 | 1.966 |
| | | | | CxD | 442 | 2.874 | 1.965 |

Variación espacio-temporal y diversidad

Un total de 184 fotografías fueron obtenidas de las dos placas en cada estación de muestreo durante el experimento anual.

A partir de la quincena 22 (abril 4, 2020), los muestreos quedaron suspendidos. Quedando las quincenas del 18 de abril, 2, 16 y 30 de mayo sin datos de cobertura; aunado a ello la recuperación de las placas se llevó a cabo 15 días después de la fecha planteada inicialmente.

Se obtuvieron nueve taxones: esponjas, hidrozooos, sabélidos, serpúlidos, moluscos, balanos, briozoos, ascidias coloniales, ascidias solitarias, obteniendo también el de porcentaje de las áreas vacías, organismos muertos e invertebrados móviles que se incluyeron en un solo dato nombrado: “sin cobertura” (Fig. 56–58).

La estación de muestreo A presentó una dominancia de balanos hasta la quincena 10 (oct 19, 2019), que coincide con la disminución de la cobertura, hasta la quincena 15 (dic 28, 2019), el registro de cobertura en porcentaje se mantiene por debajo del 50%; siendo los serpúlidos el taxón dominante. Esto corresponde a una disminución de la temperatura y pH (Figs. 33C–34C).

En el inicio de la quincena 16 (enero 11, 2020) hay un aumento en la cobertura (<50%), durante la quincena 17 (enero 25, 2020) a la 20 (mar 7, 2020), los moluscos fueron el taxón dominante. Mientras que en las quincenas 21 (mar 21, 2020), 22 (abril 4, 2020) y 27 (jun 13, 2020), los briozoos fueron el taxón dominante; sin embargo, se observó una mayor diversidad de taxones: esponjas, sabélidos, serpúlidos, ascidias solitarias y ascidias coloniales.

En la estación de muestreo B se presentó una dominancia de balanos y ascidias coloniales hasta la quincena 10 (oct 19, 2019), que coincide con el inicio de la disminución de la cobertura promedio de ambas placas anuales, hasta la quincena 13 (nov 30, 2019), el registro de cobertura en porcentaje se mantiene por debajo del 50%; siendo los sabélidos y balanos los taxones dominantes. Esto corresponde a una disminución de la temperatura y pH (Figs. 33C–34C, 57).

Al inicio de la quincena 14 (dic 14, 2019) se presentó un aumento en la cobertura (<50%) y el taxón dominante fueron los sabélidos hasta la quincena 22. En la quincena 27 (jun 13, 2020) se observó la dominancia de sabélidos y ascidias coloniales.

La estación de muestreo C presentó una cobertura por debajo del 10% durante la primera quincena (jun 15, 2019), siendo a partir de la segunda quincena y hasta la quincena 10 (oct 19, 2019) donde el registro de cobertura en porcentaje fue mayor al 55% y los taxones dominantes fueron los sabélidos y las ascidias coloniales. En la quincena 11 (nov 2, 2019) hubo una disminución del porcentaje de cobertura (>55%); sin embargo, hay una diversificación de los taxones: esponjas, hidrozoos, sabélidos, serpúlidos, moluscos, balanos y ascidias coloniales. Esto corresponde a una disminución de la temperatura y pH (Figs. 33C–34C, 58).

A partir de la quincena 16 (enero 11, 2020) hasta la quincena 27 (jun 13, 2020), el registro de cobertura en porcentaje aumenta y se mantiene superior al 80%. Presentando una dominancia de esponjas, ascidias solitarias y moluscos (Figs. 59–60).

La estación de muestreo D fue establecida dos quincenas después que el resto de las estaciones, por lo cual su primera quincena corresponde a la tercera de las estaciones A, B y C. Los taxones dominantes en las quincenas tres (jun 13, 2019) a la seis (ago 24, 2019) fueron los balanos y las ascidias coloniales (Fig. 58).



A partir de la quincena siete (sep 7, 2019) se observó un aumento en la cobertura de moluscos e hidrozooos. Se presentó una disminución del registro de cobertura en porcentaje a partir de la quincena 11 (nov 2, 2019), siendo las quincenas 12 (nov 16, 2019) y 13 (nov 30, 2019) las que obtuvieron un menor registro de cobertura en porcentaje. Mientras que a partir de la quincena 14 (dic 14, 2019) inició un aumento en la cobertura y una diversificación de los taxones; sin embargo, se observó la dominancia de las esponjas y las ascidias coloniales (Fig. 58).

Durante todo el año se observó la fluctuación de la transparencia del agua, siendo la estación D la que obtuvo el mayor valor (0.0086 cm^{-1}) y también la que obtuvo el valor más bajo (0.028 cm^{-1}), esto debido principalmente a que es la estación más externa, por ello obtiene los valores más extremos ya que al estar más cercana la salida/entrada de la dársena obtiene las mayores fluctuaciones (Fig. 33).

Con respecto a los sólidos totales disueltos se observaron dos picos de valor máximo durante el año; el primer valor máximo se observó durante el segundo trimestre ($32,470 \text{ mg/L}$); lo cual coincide con el trabajo de dragado en la dársena lo que pudo generar la remoción de sedimento y con ello un aumento en los sólidos totales disueltos. El segundo valor máximo se obtuvo en el tercer trimestre ($33,370 \text{ mg/L}$), posterior a ello disminuyó drásticamente el valor, manteniéndose por debajo de los $23,245 \text{ mg/L}$. En general se observó que durante la primera mitad del año (jun 1–nov 2, 2019) los valores de los sólidos totales disueltos se mantienen por debajo de $20,580 \text{ mg/L}$; mientras la segunda mitad se caracterizó por un aumento en los valores siendo el menor valor $21,870 \text{ mg/L}$ (Fig. 33).

Con respecto a la temperatura se observó una disminución gradual, manteniendo los valores más cálidos durante la primera parte del año (jun 1–nov 2, 2019) la temperatura se mantiene mayor a 29.77°C ; con un valor máximo de 32.07°C durante la quincena ocho (sep 21, 2019). A partir de la quincena 12 (nov 16, 2019) se observó un descenso en los valores obteniendo el registro más bajo la quincena 18 (feb 8, 2019) con 26.46°C y el registro más alto en el momento de la extracción de las placas la quincena 27 (jun 13, 2020) con un valor de 30.95°C (Fig. 33).

Siguiendo la tendencia anterior se observó que durante la primera mitad del año (jun 1–nov 2, 2019) los valores de salinidad están por debajo de 28.38 , manteniéndose



así hasta la quincena 12 (nov 16, 2019) en la cual se generó un aumento, lo cual coincidió con los aumentos observados en los valores de sólidos totales disueltos (Fig. 34).

El pH mantuvo la tendencia de presentar los valores más alcalinos durante la primera mitad del año (jun 1–nov 2, 2019), obteniendo el mayor valor en la quincena nueve (oct 5, 2019) (8.79); y los valores más ácidos en la segunda mitad del año (nov 16, 19–jun 13, 2020) (Fig. 34).

El molusco *Ostrea conchaphila* obtuvo el mayor número de individuos (121) en la estación de muestreo A; sin embargo, la mayor cobertura se presentó en la estación C. El serpúlido *Hydroides sanctaecrucis* obtuvo una alta abundancia (95) en la estación de muestreo C, coincidiendo con la mayor cobertura. Por otra parte, la ascidia solitaria *Styela* cf. *canopus* obtuvo 92 individuos en la estación de muestreo A; sin embargo, la mayor cobertura se presentó en las estaciones C y D, siendo el tercer taxón más abundante.

Se observaron también taxones no representado porcentajes de cobertura, ya que se encontraban cubiertos o bien su presencia no fue percibida en las fotografías, tal es el caso los espiónidos, terebélidos y entoproctos (Tabla 21).

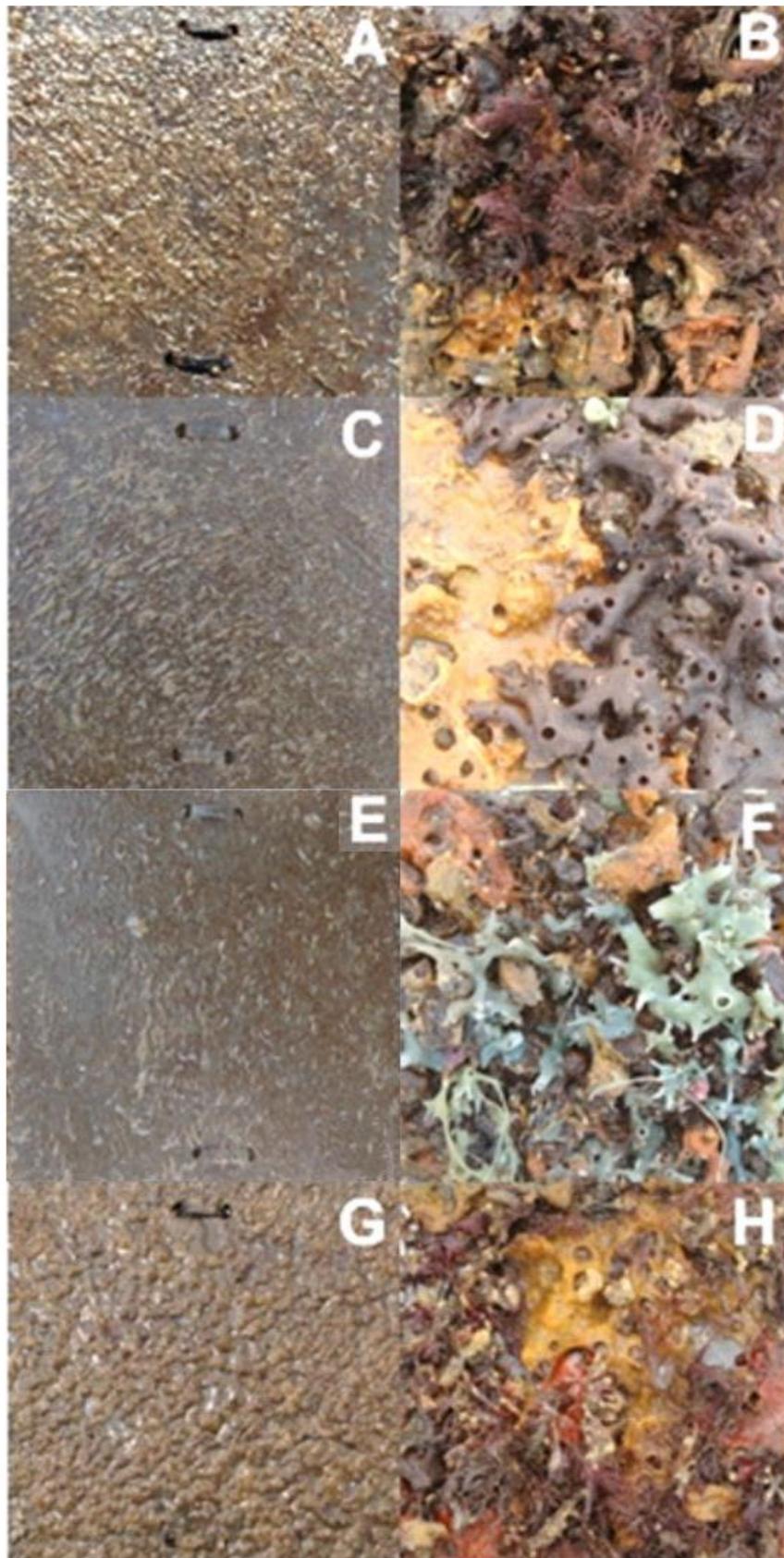


Figura 56. Fotografías al inicio (jun 15, 2019) y final del experimento anual (jun 13, 2020). A-B) Estación de muestreo A, placa A1; C-D). Estación B, placa B2; E-F). Estación C, placa C2; G-H). Estación D, placa D1 (primera quincena: jun 13, 2019).

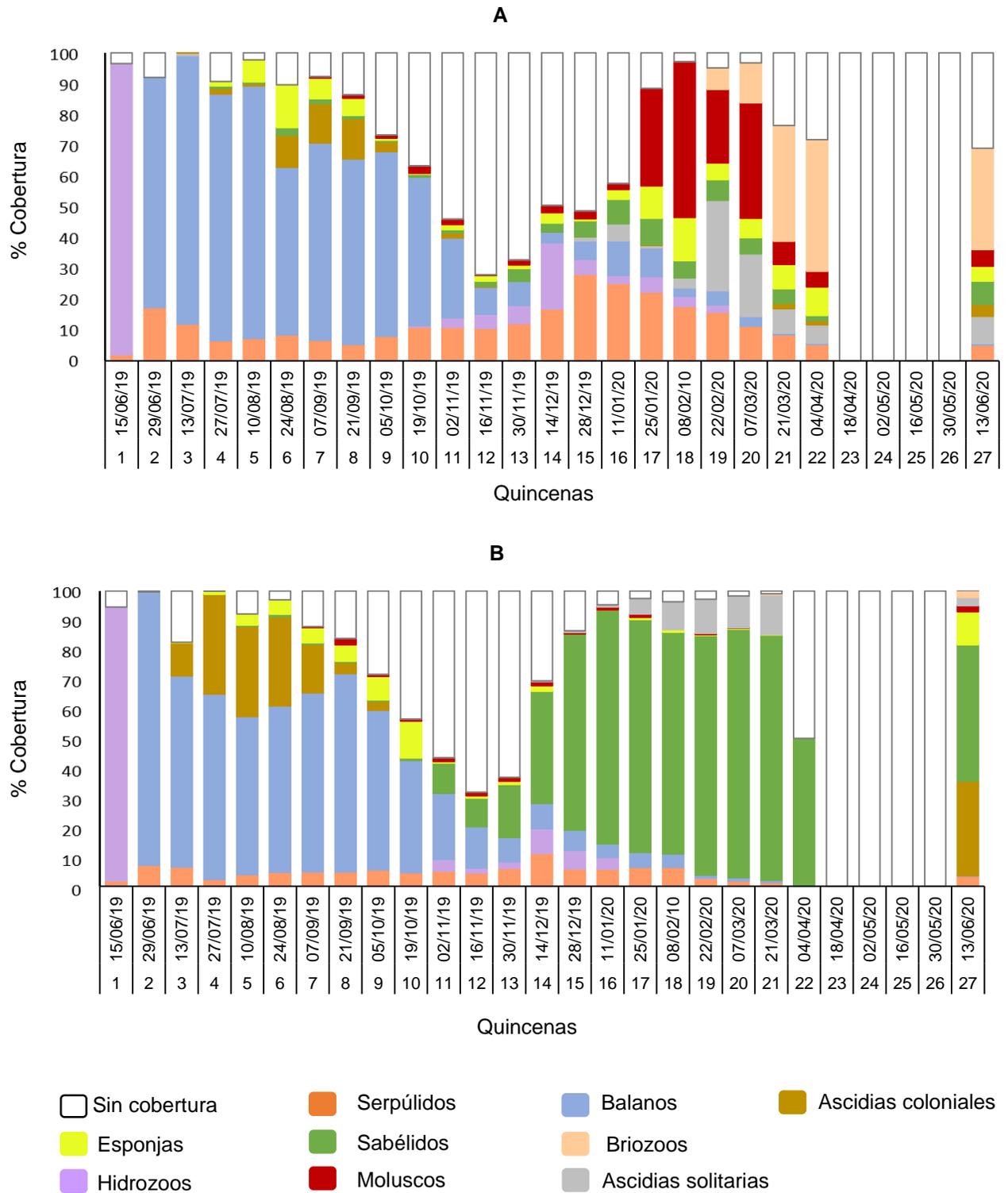


Figura 57. Gráficos del porcentaje del registro de cobertura en porcentaje promedio de las dos placas anuales en la estación de muestreo A y B.

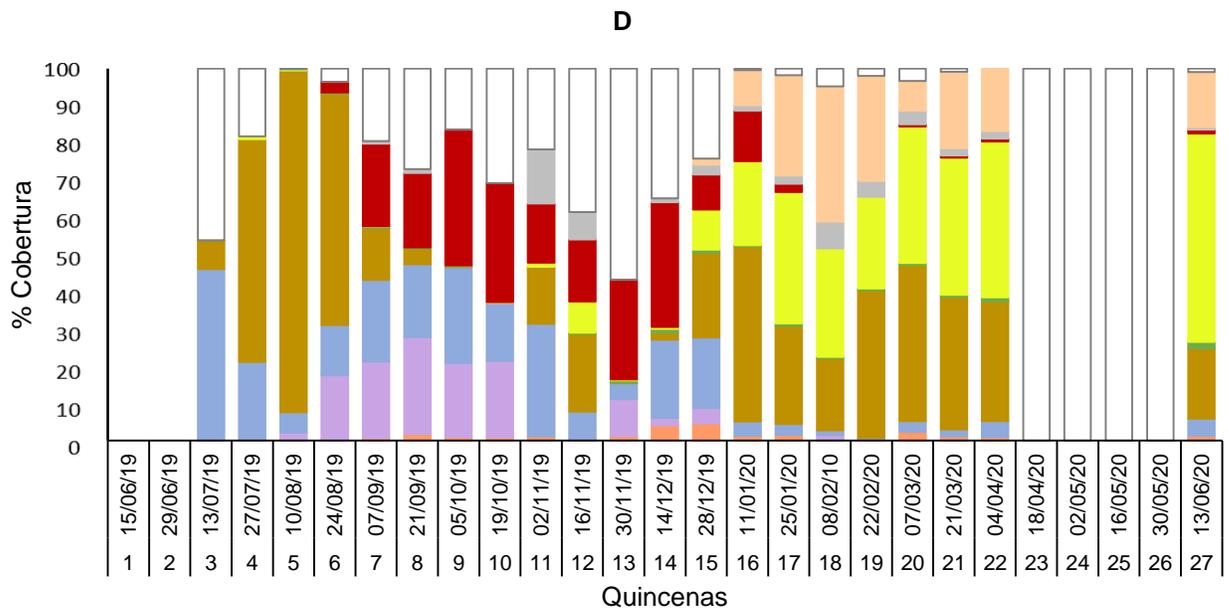
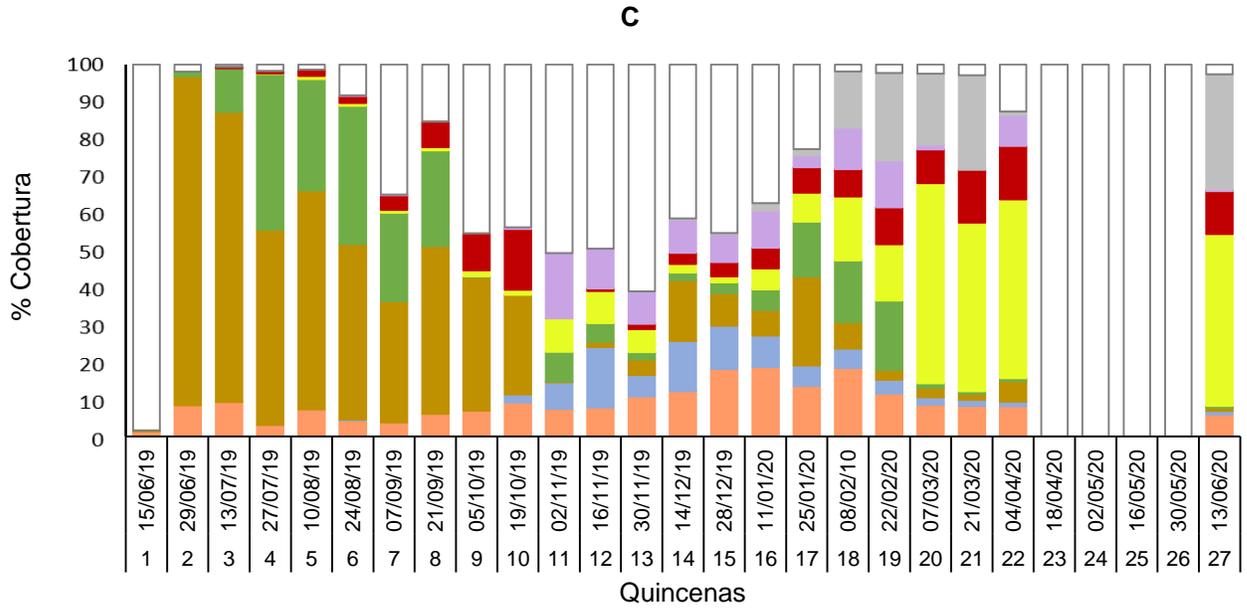


Figura 58. Gráficos del porcentaje del registro de cobertura en porcentaje promedio de las dos placas anuales en la estación de muestreo C y D.



Tabla 21. Promedio del registro de cobertura en porcentaje (RC en %) y el promedio de individuos del experimento anual, (*) presente pero no observado en las fotografías quincenales, (-) ausente.

| Taxón | Especie | RC en % | | | | # individuos | | | |
|----------------------|---|---------|-------|-------|-------|--------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D | A | B | C | D |
| Esponjas | <i>Demospongiae</i> sp. 1 | | | | | * | * | - | * |
| | <i>Demospongiae</i> sp. 2 | 63.93 | 46.15 | 46.19 | 55.99 | | * | | |
| | <i>Demospongiae</i> sp. 3 | | | | | - | - | * | - |
| Hidrozoos | <i>Cliona</i> sp. | | | | | * | * | * | |
| | <i>Obelia</i> sp. | | * | 0.56 | * | - | - | * | * |
| | <i>Clytia</i> cf. <i>exilis</i> | * | | | | * | * | * | * |
| Sabélidos | <i>Pennaria disticha</i> | | - | - | - | * | - | - | - |
| | <i>Branchiomma bairdi</i> | 2.25 | 11.24 | 0.58 | 1.81 | 16 | 45 | 2 | 5 |
| | <i>Parasabella</i> cf. <i>lacunosa</i> | | | | | 12 | 13 | 5 | 2 |
| Serpúlidos | <i>Hydroides brachyacantha</i> | | | | | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | <i>Hydroides elegans</i> | 5.15 | 3.40 | 5.95 | 1.31 | 2 | - | - | - |
| | <i>Hydroides sanctaecrucis</i> | | | | | 71 | 19 | 95 | 6 |
| Espiónidos* | <i>Spirobranchus minutus</i> | | | | | 1 | 3 | - | - |
| | <i>Dipolydora</i> sp. | * | * | * | * | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | <i>Polydora</i> sp. | * | - | - | - | 4 | - | - | - |
| Terebélidos* | <i>Streblosoma</i> sp. | * | * | * | - | 10 | 2 | 4 | - |
| Balanos | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>amphitrite</i> | | | | | 7 | 3 | 9 | 15 |
| | <i>Amphibalanus</i> cf. <i>eburneus</i> | 0.51 | 0.23 | 0.93 | 4.56 | 30 | 9 | 10 | 40 |
| | <i>Balanus</i> cf. <i>trigonus</i> | | | | | 4 | 1 | 1 | 4 |
| Moluscos | <i>Bivalvia</i> sp. 2 | | | | | - | - | - | 2 |
| | <i>Ostrea conchaphila</i> | | | | | 121 | 17 | 31 | 10 |
| | <i>Saccostrea palmula</i> | | | | | - | - | 2 | - |
| | <i>Striostrea</i> cf. <i>prismatica</i> | 5.39 | 2.05 | 11.48 | 1.01 | 5 | 4 | - | - |
| | <i>Leiosolenus aristatus</i> | | | | | 9 | 1 | 2 | 1 |
| | <i>Thylaeodus indentatus</i> | | | | | - | - | - | 1 |
| Entoproctos* | <i>Thylacodes margaritaceus</i> | | | | | 3 | 1 | 1 | - |
| | <i>Crucibulum spinosum</i> | | | | | 1 | - | 1 | 1 |
| | <i>Barentsia discreta</i> | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Briozoos | <i>Bugula neritina</i> | 10.11 | 2.35 | 0.58 | 14.79 | * | * | * | * |
| Ascidiias coloniales | <i>Diplosoma listerianum</i> | | | | | - | * | - | - |
| | <i>Botrylloides niger</i> | 7.68 | 31.99 | 0.81 | 18.86 | - | - | - | - |
| | <i>Botrylloides violaceus</i> | | | | | - | - | * | * |
| | <i>Symplegma brakenhielmi</i> | | | | | * | * | - | * |
| Ascidiias solitarias | <i>Ascidia ceratodes</i> | 8.84 | 2.62 | 20.35 | 20.35 | 3 | 6 | 8 | 4 |
| | <i>Styela</i> cf. <i>canopus</i> | | | | | 92 | 30 | 60 | 12 |



Para la diferenciación espacial la estación A presentó una tendencia ascendente con una probabilidad de 0.25; la estación B registró una tendencia descendente con una probabilidad del 0.45 que comienza a ascender al 15% de cobertura y mantienen la tendencia. La estación C presentó una tendencia ascendente que genera un domo al 10% de cobertura con 0.15 de probabilidad, la estación D presentó una tendencia ascendente formando un domo al 10% con una probabilidad de 0.17 (Fig. 59).

Con ello se puede observar que, aunque todas las estaciones eventualmente presentan reclutamiento de todos los taxones registrados, esto se va dando de manera diferencial a lo largo del año; siendo las estaciones C y D las que obtuvieron un mayor reclutamiento inicial, pero con poca probabilidad (0.2) y con un punto de saturación al 10% y que posterior a ello se generó un descenso en la cobertura. Con respecto a las estaciones A y B, estas obtuvieron un menor reclutamiento inicial pero no presentan un punto de saturación.

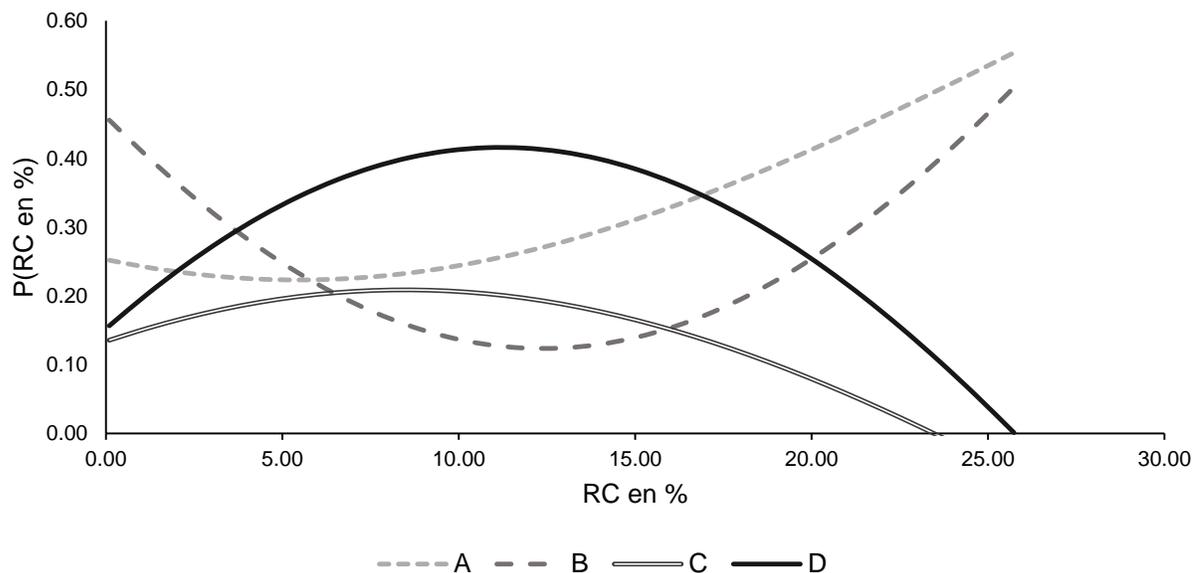


Figura 59. Probabilidad del registro de cobertura en porcentaje en cada estación de muestreo.

Variables ambientales

Las variables ambientales obtenidas *in situ* poseen correspondencia con la estación de muestreo B y las estaciones restantes poseen correspondencia con el registro de cobertura. Esto coincide con lo observado en la diferenciación espacial en donde la

estación de muestreo B presentó un reclutamiento inicial con mayor probabilidad (0.45), pero con una tendencia ascendente, lo cual explica su baja correspondencia con el registro de cobertura en porcentaje (Tabla 22, Fig. 60A).

El registro de marea y cobertura en porcentaje tuvieron mayor correspondencia con las estaciones de muestreo A, C y D en el gráfico perceptual; sin embargo, los valores de correspondencia del registro de marea son homogéneos en las cuatro estaciones. El resto de las variables ambientales, excepto el porcentaje de oxígeno disuelto, tuvieron mayor correspondencia con la estación de muestreo B (Tabla 22, Fig. 60B).

Tabla 22. Valores de correspondencia entre las variables ambientales, el registro de cobertura en porcentaje y las estaciones de muestreo. Las magnitudes **resaltadas** indican la mayor correspondencia.

| | A | B | C | D |
|-------------------------------|--------|--------------|--------------|--------|
| Transparencia del agua | 0.039 | 0.668 | 0.089 | 0.244 |
| STD | 0.030 | 0.726 | 0.098 | 0.179 |
| Temperatura | 0.005 | 0.754 | 0.109 | 0.149 |
| Salinidad | 0.024 | 0.705 | 0.110 | 0.191 |
| %OD | 0.052 | 0.794 | 0.031 | 0.163 |
| pH | 0.039 | 0.665 | 0.144 | 0.196 |
| RC en % | 7.163 | 7.684 | 7.943 | 7.190 |
| Marea (J-J) | 0.0068 | 0.0068 | 0.0068 | 0.0068 |

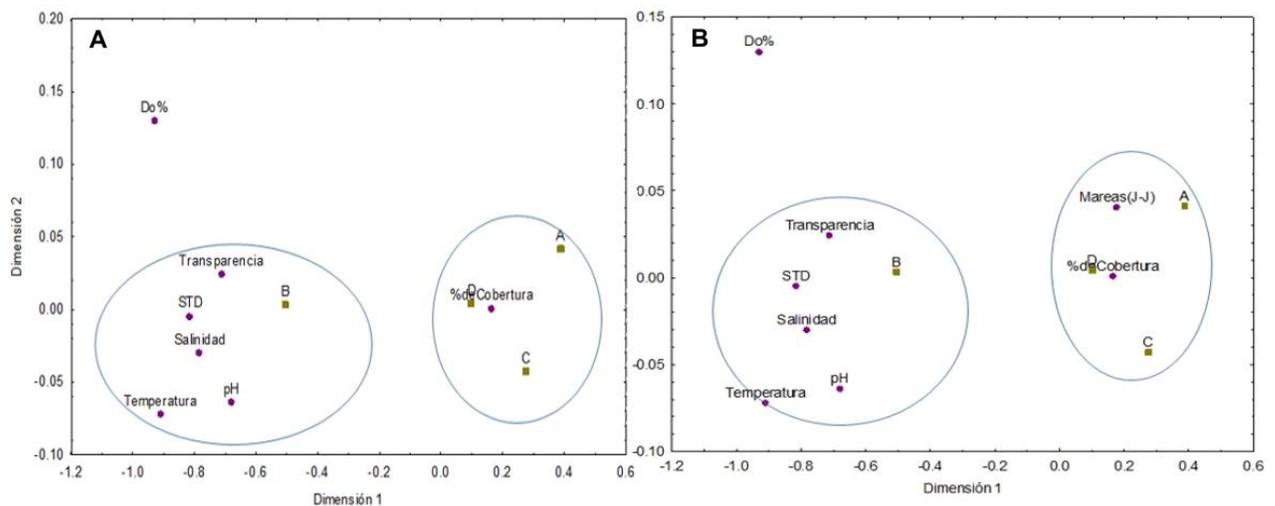


Figura 60. Gráfico perceptual. Círculos morados: variables ambientales y registro de cobertura. Cuadros verdes: estaciones de muestreo. A) Variables ambientales medidas *in situ*: índice de inercia total (IT)= 0.135, se acepta H_0 [$\text{Chi}^2_{C}=4.9263 < \text{Chi}^2_{0.05}=28.869$, (gl=18), $p<0.05$], B) Variables ambientales medidas *in situ* y la marea: índice de inercia total (IT)= 0.135, se acepta H_0 [$\text{Chi}^2_{C}= 4.9275 < \text{Chi}^2_{0.05}=32.671$, (gl=21), $p<0.05$].



Comparativa trimestral

Con los valores de diversidad de Shannon-Wiener se obtuvieron las fluctuaciones de cada estación de muestreo durante los cuatro trimestres; la estación de muestreo A presentó valores de diversidad entre 0.6–1.94, la B entre 1.11–1.68, la C entre 0.7–1.52 y la D entre 0.73–1.39. La tendencia entre las estaciones de muestreo A y C son similares; así como la tendencia entre las estaciones B y D (Fig. 61).

De manera general se puede observar que el valor más alto para todas las estaciones de muestreo se obtuvo en el tercer trimestre (diciembre-febrero), siendo la estación de muestreo A la que obtuvo el mayor valor en este periodo (1.94), esto podría estar relacionado con un cambio en las condiciones ambientales ya que se concluyeron los trabajos de dragado en la marina y la temporada de lluvias llegaba a su final.

Para las estaciones de muestreo A y C el valor más bajo se da en el segundo trimestre (septiembre-noviembre), probablemente indica una mayor repercusión de los trabajos de dragado sobre estas dos estaciones en particular, debido a su posición espacial. En contraste con las estaciones de muestreo B y D, las cuales obtienen un aumento en el valor de diversidad, con respecto al obtenido en el primer trimestre (junio-agosto).

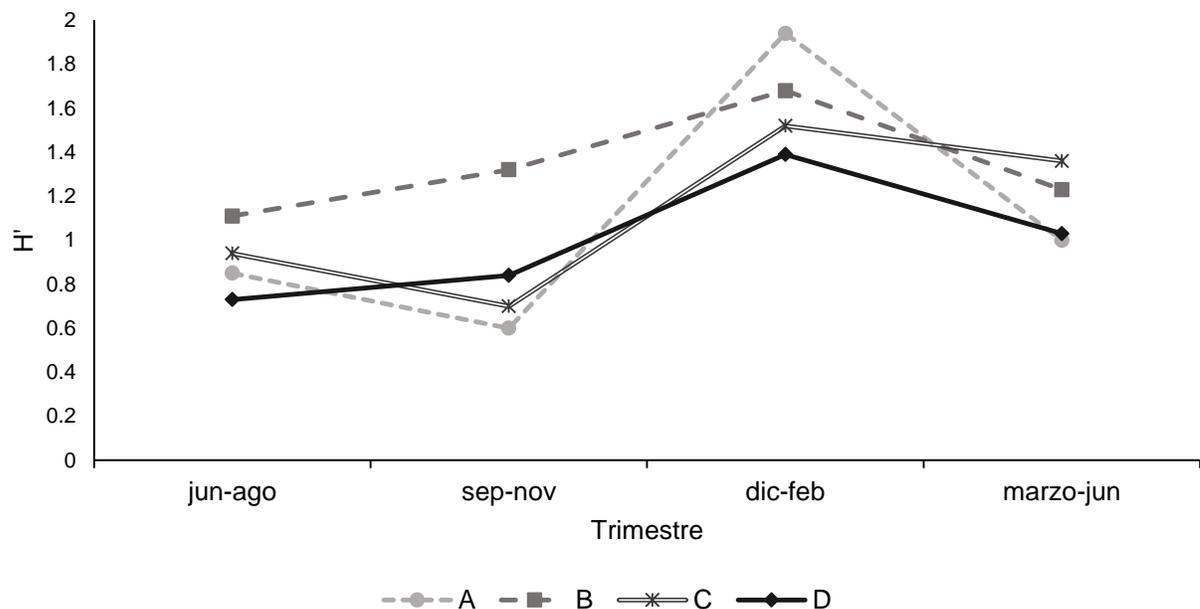


Figura 61. Gráfico de la variación temporal de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') para cada estación de muestreo, durante las cuatro quincenas del experimento trimestral.



En el experimento trimestral se observó que los mayores valores de biomasa se presentaron durante el tercer trimestre (diciembre-febrero), obteniendo un valor promedio de $8.45 \text{ kg/m}^2 \pm 1.26$ esto coincide con el periodo de mayor abundancia durante el año (Fig. 62).

El segundo trimestre fue el que presentó los valores más bajos de biomasa, con un valor promedio de $0.811 \text{ kg/m}^2 \pm 0.30$, correspondiente (septiembre-noviembre), coincidiendo también con los valores más bajos de riqueza y abundancia.

Con respecto a la variación espacial, se observó que en las placas anuales la estación de muestreo A es la que presentó la mayor cantidad de biomasa al finalizar el año de estudio (23.51 kg/m^2), seguida de la estación de muestreo C (13.86 kg/m^2).

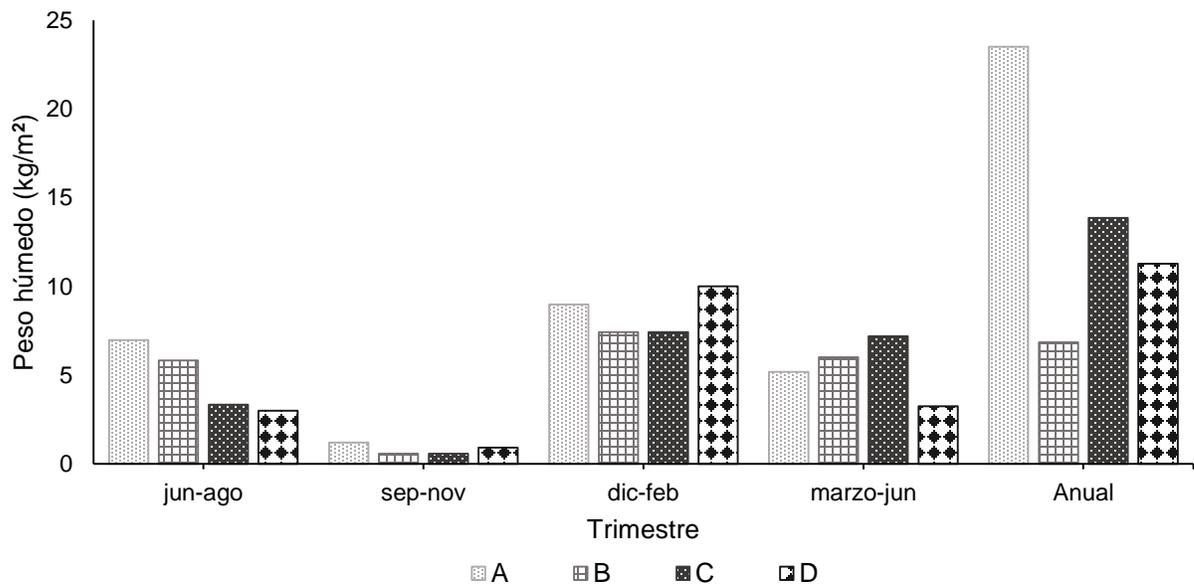


Figura 62. Variación trimestral de la biomasa dada en peso húmedo (kg/m^2) en cada estación de muestreo.



Discusión

Riqueza

En este trabajo se registraron 43 taxones distribuidos en nueve filos. Cabe destacar que no todos los taxones se identificaron hasta el nivel de especie, pero la relación del número de taxones por filo es la siguiente: Porifera (cuatro taxones), Cnidaria (tres), Annelida (12), Sipuncula (uno), Arthropoda (tres), Mollusca (10), Entoprocta (uno), Bryozoa (tres), Chordata (seis). En este trabajo, los filos Annelida, Mollusca y Chordata son los que obtuvieron el mayor número de registros (Tabla 2).

Karlson & Osman (2012) realizaron un registro de los invertebrados incrustantes en la costa oriental de Estados Unidos; encontrando ocho de los nueve filos del presente trabajo. Karlson & Osman (2012) mencionaron el número de especies más comunes por filo: Porifera (nueve especies), Cnidaria (15), Annelida (11), Arthropoda (11), Mollusca (10), Entoprocta (tres), Bryozoa (25), Chordata (19); estos registros incluyen tanto especies exóticas como criptogénicas. Los que poseen el mayor número de registros son el filo Cnidaria, Bryozoa y Chordata; siendo los representantes más comunes dentro de esas comunidades incrustantes.

En este trabajo se planteó identificar al máximo nivel de resolución en cada uno de los taxones obtenidos debido a que la importancia de la identificación está asociada al concepto de suficiencia taxonómica; en donde, de acuerdo con Ellis (1985) la identificación de los organismos debe ser al nivel taxonómico necesario o suficiente para cumplir con los objetivos del estudio.

Por lo anterior, los diferentes taxones encontrados en este estudio fueron identificados morfológicamente a diferentes niveles taxonómicos (especie, género, familia, clase, etc.). La presencia (o ausencia) de estos invertebrados, en las placas de incrustantes, va a tener diversas interpretaciones de acuerdo con el nivel de identificación, siendo más generales entre menos sea la resolución en la determinación taxonómica. Por ejemplo, un organismo identificado a nivel de clase con respecto a uno identificado a nivel de género o especie. Wardiwick (1988) mencionó que una resolución taxonómica a nivel de especie puede reflejar más claramente los gradientes ambientales que afectan a los taxones, dada su variación particular.

En este trabajo resaltan dos tipos de identificación; la realizada a partir de las fotografías obtenidas de manera quincenal, se limitó a grandes grupos taxonómicos debido a la imposibilidad de obtener una mejor resolución; por otra parte, al final de cada periodo trimestral y anual, la obtención de las placas con los invertebrados permitió realizar la identificación al máximo nivel posible. A pesar de lo anterior, ambos datos son complementarios.

La situación anterior ya había sido discutida por Terlizzi *et al.* (2003), quienes indicaron que los estudios en sustratos duros en marinas y puertos poseen inexactitudes taxonómicas debido, principalmente, al uso de metodologías no destructivas y censos visuales, cuya resolución taxonómica no es muy buena, sobre todo en entornos poco conocidos, perdiendo información importante sobre la biodiversidad.

A continuación, se aborda el comportamiento que presentó cada filo a lo largo del estudio:

Porifera: Incluye a los cuatro morfotipos de esponjas observados a lo largo del año; siendo *Demospongiae* sp. 2 el que presentó mayor cobertura, pese a que solo fue encontrado en la estación de muestreo B, ocupó más del 90% del registro de cobertura; el resto de los morfotipos fueron ocasionales y menos persistentes. La fijación y transporte, causó que los atributos internos de los ejemplares no fueran distinguibles, de acuerdo con Carballo *et al.* (2014) la complejidad para la identificación de las esponjas radica en que la taxonomía está basada principalmente en sus elementos esqueléticos, espículas, siendo la extracción de éstas una limitante para su identificación. Bastida-Zavala *et al.* (2013) mencionan que existen tan solo 17 especies registradas para la costa de Oaxaca, los registros están realizados principalmente en sitios naturales.

Con el presente estudio se muestra un panorama sobre la diversidad morfológica de esponjas en un sitio regido por distintas perturbaciones antropogénicas, de acuerdo con lo mencionado por Carballo & Naranjo (2002), existe una importante conexión de las esponjas con el medio que los rodea, por lo cual es un grupo considerado como bioindicador ambiental.

A pesar de que los análisis estadísticos no fueron contundentes con respecto a la correlación de las variables ambientales con los registros de cobertura, es notorio el



incremento de la cobertura de las esponjas durante la segunda mitad del año; estando presentes en mayor porcentaje en las estaciones C y D, las cuales espacialmente poseen condiciones opuestas, es decir, la estación C está más cercana a la orilla rocosa, mientras que la D está más cerca de la boca de la dársena (Fig. 10), pero comparten el mayor registro de cobertura de esponjas de manera anual.

En los cuatro trimestres del año, las esponjas se asentaron principalmente después del primer mes de inmersión, colonizando sustrato ya ocupado actuando como buenos “invasores” y dominando en ciertos momentos del año; con porcentajes de cobertura mayores al 50% no siendo particularmente resistentes a los otros “recolonizadores”, como sabélidos, moluscos y ascidias coloniales. La aleatoriedad en el asentamiento de las esponjas también fue registrada por Sutherland & Karlson (1977), obtuvieron que el asentamiento de esponjas se dio durante el invierno y posteriormente en el otoño, no formando parte de los primeros colonizadores, sino más bien destacándose como “recolonizadores” del espacio previamente ocupado.

Cnidarios: Fue un grupo muy abundante durante las primeras etapas de colonización; después de la segunda quincena (jun 29, 2019) el registro de cobertura disminuyó considerablemente; este patrón también fue observado por Sutherland & Karlson (1977); sin embargo, en contraste a ellos, que registraron a *Pennaria* sp. como parte de los taxones dominantes, en el presente estudio el registro de una especie de este género, *Pennaria disticha*, fue un evento raro, ya que solo se presentó en el cuarto trimestre (feb 22–jun 13, 2020), en contraste con lo registrado por Dougal (1943) en Beaufort, Carolina del Norte en donde registró a *P. disticha* de junio a agosto en las zonas sombreadas.

Por su parte, los hidrozoos *Clytia* cf. *exilis* y *Obelia* sp., fueron taxones que estuvieron a lo largo de todo el estudio. De acuerdo con Bastida-Zavala *et al.* (2013) se han registrado en Oaxaca 11 especies del género *Clytia*, pero no incluye a *Clytia exilis*, que tiene por localidad tipo Hueneme, California (Fraser 1948), por lo que se requiere una mayor revisión de los ejemplares, para determinar si se trata de la especie nominal. Por otro lado, el género *Obelia* solo tiene dos especies registradas para Oaxaca, *O. dichotoma* y *O. geniculata* (Bastida-Zavala *et al.* 2013). Asimismo, Humara-Gil & Cruz-Gómez (2018) registraron recientemente a *O. dichotoma* para varios sitios de la costa de

Oaxaca; sin embargo, se requiere una mayor revisión de los ejemplares recolectados en la marina Chahué para determinar correctamente la especie.

Annelida: Fue el filo con mayor riqueza (12 taxones), con especies que estuvieron durante todo el año y con otras que fueron consideradas raras; se observó que fueron parte de la fauna pionera destacando desde la primera quincena después de la inmersión; de acuerdo con Osman (1977) y Terlizzi & Faimali (2010), los serpúlidos son uno de los grupos que se asientan primero en los sustratos artificiales, y posterior a ellos se asientan otros taxones de mayor intervalo competitivo.

Además de los serpúlidos, otros anélidos que se asentaron de manera temprana fueron los sabélidos, los cuales estuvieron representados por dos especies (*Branchiomma bairdi* y *Parasabella cf. lacunosa*), lo cual coincide con lo registrado por Tovar-Hernández *et al.* (2009b), en donde mencionaron que *B. bairdi* es considerado un colonizador primario por su condición hermafrodita y por tener una fase pelágica que le permite tener altas densidades con pocos individuos iniciales; además se establece exitosamente en diversos sustratos artificiales con efectivas estrategias anti-depredación.

La especie más abundante entre los poliquetos en este estudio fue *Hydroides sanctaecrucis*, siendo el tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020) el periodo donde obtuvo mayores abundancias, lo que coincide con el asentamiento inicial de los briozoos. De acuerdo con Osman (1977), un cambio en la composición faunística de la comunidad permite la sobrevivencia de taxones diferentes, tal es el caso de lo registrado en el tercer trimestre, en donde se observaron taxones nuevos (briozoos) y el aumento de otros (serpúlidos). Los briozoos con crecimiento arbustivo, como *Bugula neritina*, generaron una presión por competencia diferente a la ejercida por los taxones dominantes en el primer (jun 15–ago 24, 2019) y segundo trimestre (ago 24–nov 30, 2019), lo que propició la sobrevivencia de taxones como los serpúlidos.

En contraste, taxones como: Maldanidae sp., *Hydroides brachyacantha*, *H. dirampha*, *H. elegans* e *H. panamensis*, fueron especies raras que presentaron pocos ejemplares a lo largo de todo el estudio. Otras especies como *Spirobranchus minutus*, *Dipolydora* sp., *Polydora* sp. y *Streblosoma* sp., estuvieron presentes en diferentes trimestres a lo largo del año; sin embargo, no obtuvieron densidades tan considerables.



Sipuncula: En todo el estudio sólo se obtuvo un ejemplar, identificado como *Phascolosoma (Phascolosoma) puntarenae*; por su pequeño tamaño no fue posible obtener una mejor descripción del ejemplar; sin embargo, la forma de los ganchos y la presencia de las papilas permitieron identificar inequívocamente a la especie. De acuerdo con Cutler (1994) los sipúnculos son de ambientes exclusivamente marinos (con salinidad de 35–36), y no se encuentran en ambientes salobres. Lo cual contrasta con lo encontrado, ya que el ejemplar fue recolectado en la estación de muestreo A, durante el tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020), periodo que tuvo un promedio de salinidad de 30.58 ± 3.13 , y con una mínima (27.88) registrada el 14 de diciembre del 2019 y el 11 de enero del 2020, respectivamente. Este dato permite ampliar el intervalo de tolerancia a la salinidad de esta especie de sipúnculo.

En este estudio, *Phascolosoma (Phascolosoma) puntarenae* fue encontrado dentro de la concha vacía de un ejemplar de balano (*Amphibalanus cf. eburneus*), siendo la primera vez que se registra este sustrato para la especie y la profundidad del hábitat (1 metro), en contraste con Silva-Morales & Gómez-Vásquez (2021), realizaron el primer registro de la especie nominal para la costa de Oaxaca, teniendo como hábitat la zona intermareal a submareal a 15 m de profundidad, asociado a tubos de sabeláridos y a coral muerto.

Mollusca: Su mayor abundancia se observó durante las últimas quincenas de cada trimestre, siendo más abundantes las especies de la familia Ostreidae (ostiones), mientras el resto de los moluscos estuvieron presentes con pocos ejemplares (42). Sutherland (1974, 1984) destacó que las comunidades incrustantes tienden a ser dominadas por moluscos, debido a que su historia de vida les permite un mejor aprovechamiento de las condiciones que rigen sitios como las marinas; sin embargo, aunque fue uno de los taxones dominantes durante el segundo trimestre, en realidad representó un sustrato secundario para “recolonizadores”, propiciando el remplazo de especies, tal y como lo registraron Haderlie (1968) y Boyd (1972) en California.

Entre los moluscos también se recolectaron ejemplares de bivalvos perforadores (*Leiosolenus aristatus*), los cuales estuvieron presentes durante el tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020) y en el experimento anual, habitando galerías en conchas vacías

de balanos y otros bivalvos, lo que les permitía ocupar un sustrato previamente colonizado; al igual que los moluscos perforadores, los gasterópodos verméticos (*Thylacodes margaritaceus* y *Thylaeodus indentatus*) sólo se encontraron al final del experimento anual y con pocos ejemplares, de acuerdo con Valentich-Scott & Dinesen (2004), una comunidad con más tiempo posee una mayor complejidad estructural y confiere cierta protección ante disturbios mecánicos y un sustrato secundario para colonizar.

Los moluscos gasterópodos estuvieron representados por dos especies de lapas Patellidae sp. y *Crucibulum spinosum*, con uno y tres ejemplares, respectivamente; lo cual contrasta con lo descubierto por Safriel & Erez (1987), ya que observaron que las lapas no son comunes en las comunidades incrustantes de sustratos artificiales, e incluso pueden ser usadas como control biológico para evitar el desarrollo de la bioincrustación en superficies antropogénicas, ya que el pastoreo que realizan en busca de alimento evita la adhesión de algunas larvas.

Arthropoda: Este filo estuvo representado por tres especies de crustáceos sésiles: *Balanus* cf. *trigonus*, *Amphibalanus* cf. *amphitrite* y *A.* cf. *eburneus*. De acuerdo con Dougal (1943), Sutherland & Karlson (1977) y Terlizzi & Faimali (2010), los balanos son uno de los principales organismos que constituyen a las comunidades incrustantes, siendo de los primeros en asentarse; esto pudo observarse claramente ya que, desde la primera quincena, se registró el asentamiento de balanos, con un notorio incremento en la segunda quincena, un mes después de la inmersión de los sustratos.

En el presente, estudio se observó que el tamaño de los balanos fue más pequeño en comparativa a las descripciones de las especies nominales cercanas, lo cual coincide con lo mencionado por Dougal (1943), en donde enfatiza que los balanos son fuertes competidores por espacio y debido a ello solo una pequeña fracción de balanos asentados obtiene el espacio suficiente para alcanzar su tamaño completo.

Asimismo, se observó que la abundancia de *Amphibalanus* cf. *amphitrite* siempre fue menor a la de *A.* cf. *eburneus*, y ambas especies siempre fueron encontradas juntas en las placas, lo cual contrasta con lo registrado por Winfield *et al.* (2010), quienes señalaron que en el golfo de México no existe una coexistencia entre *A. amphitrite* y *A.*



eburneus, siendo el primero el que domina las comunidades de incrustantes en sustratos artificiales por arriba del 70% (9,000 ind/m²).

Eventualmente, a partir del tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020) se encontraron individuos de *Balanus* cf. *trigonus*, pero siempre manteniendo densidades bajas (63 ejemplares) con respecto a *Amphibalanus*. cf. *amphitrite* (2, 746 ejemplares) y *A.* cf. *eburneus* (3, 722 ejemplares).

En el presente trabajo *A.* cf. *eburneus* es la especie con mayor abundancia y también la de mayor tamaño, pese a que su identificación no fue del todo concluyente, permite una aproximación y coincide con lo registrado por Dougal (1943) quien identificó seis especies de balanos en Beaufort, Carolina del Norte: *Amphibalanus eburneus*, *A. amphitrite niveus*, *A. improvisus*, *Canopea gelata*, *Chthamalus fragilis* y *Chelonibia testudinaria*, siendo *A. eburneus* la especie más grande y abundante.

Debido a la dificultad de identificación que presenta el grupo, las tres especies encontradas quedaron como cercanas a la especie nominal; por ello se requiere de mayor análisis. De acuerdo con Gómez-Daglio & González (2006) las descripciones que se han realizado están centradas principalmente en los caracteres de las placas operculares y parietales, lo cual lleva a complicaciones en la identificación debido a las variaciones presentadas en dichos caracteres, lo cual está asociado a los cambios ambientales, por ello es importante incluir partes del cono oral y la estructura de los cirros, para esclarecer completamente la identidad de las especies.

Entoprocta: Se identificó una especie, *Barentsia discreta*, descrita en isla del Ruiseñor, Ascensión y Tristán de Acuña, pero debido a su pequeño tamaño y su organización colonial, no se pudo obtener el registro de cobertura, ni el conteo de individuos. De acuerdo con Wasson & Mariscal (2007), son organismos comunes en bahías y puertos, en áreas expuestas o resguardadas, creciendo de manera abundante en las comunidades incrustantes; sin embargo, en México han sido poco estudiados.

Wasson (1997) realizó la revisión de ejemplares de *Barentsia discreta* provenientes de México; sin embargo, no mencionó la localidad o el área a la que pertenecían. Solo otra especie de entoprocto ha sido registrada con anterioridad por Tovar-Hernández *et al.* (2012), *B. benedeni*, considerada como la única especie de

entoprocto exótico potencial para el Pacífico mexicano, pero su estatus aún requiere confirmación.

Bryozoa: Estuvo representado principalmente por el briozoo arbustivo *Bugula neritina* que dominó el registro de cobertura a partir del tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020) debido a su forma de crecimiento. El registro de *B. neritina* coincide con la disminución de la temperatura en invierno, lo cual está relacionado con lo registrado por Lord (2017), quien mencionó que el mayor reclutamiento de larvas de esta especie se obtiene a una temperatura de 19.5°C y, en general, fue la especie más abundante en las estaciones con temperaturas más bajas.

Otras dos especies de briozoos encontradas, *Savignyella lafontii* y *Smittina* sp., fueron raras, ya que solo se observaron en el experimento anual. Siendo los briozoos un elemento común dentro de las comunidades incrustantes, se esperaba encontrar una mayor cobertura a lo largo del año; como lo registrado por Sutherland & Karlson (1973) en Carolina del Norte, en donde la competitividad de este taxón mostró periodos en que monopolizó el sustrato, en contraste con lo observado en este estudio, en donde los briozoos estuvieron presentes sólo a partir del tercer trimestre.

Actualmente en el Pacífico sur de México se tiene dos registros de briozoos, el primero es la especie *Cryptosula pallasiana* registrado por Osburn (1953). La otra especie, *Amathia verticillata*, es considerada una especie exótica y fue registrada por Humara-Gil & Cruz-Gómez (2019) en la bahía Santa Cruz, Huatulco, a menos de 3 km de la marina Chahué, pero se desconoce por qué no se encontró en el área de estudio.

Chordata: Este filo estuvo representado por especies de la Clase Ascidae, en la cual destacaron dos formas de asentamiento diferenciables en los registros de cobertura: ascidias coloniales y ascidias solitarias. Greene *et al.* (1983) destacaron la ventaja competitiva que genera cada arreglo corporal dependiendo del modelo de sucesión que se desarrolle en determinada comunidad; sin embargo, entre las ascidias encontradas se observó un mayor número de especies coloniales, siendo también dominantes en determinados periodos.



Tanto en el trabajo de Karlson & Osman (2012) como en el presente estudio, se observó que el filo Chordata es de los filos mejor representados y dominantes. Las ascidias son de los grupos más notorios sobre estructuras duras antropogénicas y se han registrado en todo el mundo (Scheer 1945, Sutherland & Karlson 1977, Turon *et al.* 2007).

La ascidia colonial, *Diplosoma listerianum*, fue dominante durante los dos primeros trimestres del año, en un intervalo de temperatura de 30.17–32.07°C, correspondiente a la temporada de lluvias. El tercer y cuarto trimestre presentaron una disminución de la temperatura promedio, registrando un intervalo de 29.88–26.84°C, lo cual generó una disminución de los registros de cobertura de *D. listerianum*. Dicha disminución coincide con lo reportado por Vance *et al.* (2009), esta especie a pesar de ser considerada fuertemente competitiva dentro de las comunidades incrustantes es susceptible a los cambios de temperatura.

La mayor dominancia de *D. listerianum* se obtuvo a temperaturas por arriba de los 29°C; lo cual permite ampliar su intervalo de tolerancia, desarrollándose de forma exitosa a mayores temperaturas de las registradas por Lord (2017), ya que menciona que en un área con condiciones templadas (costa oeste de Estados Unidos) *D. listerianum* se desarrolló mejor a temperaturas más cálidas, en un intervalo de 18–22°C.

Aunque la temperatura puede ser un factor determinante para *Diplosoma listerianum*, su disminución también puede estar relacionada con la competencia ejercida por otras ascidias coloniales como *Botrylloides niger* y *B. violaceus*, que obtuvieron mayores registros de cobertura durante el tercer (nov 30, 2019–feb 22, 2020) y cuarto trimestre (feb 22–jun 13, 2020). En ambos casos, Lord (2017) registró que tanto *D. listerianum* como *B. violaceus* su crecimiento, en cobertura, se ve favorecido en temperaturas más cálidas, en contraste con el reclutamiento de larvas, el cual disminuye sustancialmente.

La ascidia colonial, *Symplegma brakenhelmi*, no obtuvo tanta cobertura como las anteriores, pero presentó colonias con patrones de coloración distintas, incluso en la misma placa, además de que se destacó como epibionte de las ramas del briozoo *Bugula neritina*.

En el presente estudio se observaron dos ascidias solitarias, *Ascidia ceratodes* y *Styela* cf. *canopus*, las cuales presentaron un mayor registro de cobertura en el

experimento anual, lo cual coincide con lo observado por Greene *et al.* (1983), ya que no solo ocupaban el espacio vacío, también obtenían protección al asentarse entre los moluscos muertos o sobre las conchas vacías de balanos, lo que les permitió tener mayor éxito en el experimento anual en contraste a las ascidias coloniales.

Especies exóticas e invasoras

De los 43 taxones de invertebrados incrustantes encontrados en los experimentos, nueve corresponden a especies exóticas (20.9%), todas ellas previamente registradas en el Pacífico oriental tropical (Tabla 2). El porcentaje de exóticas es poco más del doble que lo registrado por Karlson & Osman (2012), para la costa oriental de Estado Unidos, ya que, de los 317 registros, sólo el 9.1% corresponden a especies exóticas.

El número de especies exóticas podría ser mayor al determinarse la identidad de las especies referidas como cf. (*confer* = compárese con) en las identificaciones, ya que incluye especies abundantes y persistentes durante el año como *Amphibalanus* cf. *amphitrite* y *Styela* cf. *canopus* (Tabla 2).

La observación de especies exóticas invasoras en puertos y marinas es muy común debido a que la navegación es uno de los principales vectores para la introducción de estas especies (Okolodkov & García-Escobar 2014). Asimismo, Okolodkov *et al.* (2007) concluyeron que el 25% de las invasiones en México están relacionadas a los invertebrados incrustantes de cascos de barcos, y el 32.6% están asociadas al agua de lastre. Por lo anterior, la detección de especies exóticas en la marina Chahué, permite hipotetizar sobre su forma de introducción, siendo el transporte marítimo el vector más probable; debido a que las embarcaciones que se encuentran en la marina son principalmente de recreación (yates), se considera que el agua de lastre no es un vector probable; sin embargo, no fue posible obtener la información necesaria para determinar la procedencia y el tiempo de permanencia de las embarcaciones.

Se observó *in situ* que la limpieza de los cascos de los yates en ocasiones se realizaba dentro del agua desprendiendo a los invertebrados incrustados (obs. personales). De acuerdo con Wright & Davis (2006), los fragmentos de organismos coloniales como esponjas, briozoos y ascidias, tienen una importante contribución para el asentamiento y establecimiento de los invertebrados en otras superficies. Bullard *et al.*



(2007) observaron que la limpieza periódica de líneas de cultivo de mejillón da lugar a fragmentos que son capaces de sobrevivir y colonizar áreas adyacentes, lo que agrava la bioincrustación en lugar de mitigarla. Por lo anterior, se puede asumir que la limpieza de las embarcaciones dentro de la marina Chahué contribuyó con la presencia de invertebrados incrustados en las placas de PVC.

Branchiomma bairdi obtuvo altas densidades durante todo el año de estudio con ejemplares muy notorios. De acuerdo con Tovar-Hernández *et al.* (2012) la especie se ha registrado como invasora en varias localidades del golfo de California hasta Sinaloa; siendo común en sustratos artificiales en ambientes salobres (como marinas y puertos). Asimismo, Bastida-Zavala *et al.* (2016) registraron a *Branchiomma bairdi* como especie exótica invasora en Oaxaca, particularmente en la laguna Corralero y en el puerto de Salina Cruz.

El género *Hydroides* fue el mejor representado con cinco especies, de las cuales tres corresponden a especies criptogénicas, exóticas y exóticas invasoras. Teniendo como vector más probable la bioincrustación en cascos de embarcaciones y estructuras flotantes de acuerdo con lo registrado por Bastida-Zavala *et al.* (2014).

Hydroides dirampha e *H. elegans* presentaron pocos individuos (dos y un ejemplar, respectivamente), en el caso de la primera fue registrada por Villalobos-Guerrero *et al.* (2012), como exótica ocasional para el Pacífico sudcaliforniano y golfo de California; mientras que de León-González *et al.* (2021) remarcaron el estatus de ambas especies como criptogénicas.

Hydroides sanctaecrucis obtuvo 1,152 ejemplares y estuvo presente durante todo el año de estudio; actualmente es considerada como una especie invasora en todo el Pacífico mexicano, siendo las estructuras antropogénicas sitios fácilmente colonizables. Fue registrada anteriormente en la marina Chahué por Bastida-Zavala & ten Hove (2003) y posteriormente, Bastida-Zavala *et al.* (2016) en diversos sitios del Pacífico mexicano, principalmente marinas y puertos, desde el golfo de California hasta Oaxaca.

En cuanto a los briozoos, *Bugula neritina* fue una de las especies con un alto registro de cobertura durante la segunda mitad del año. Okolodkov *et al.* (2007) la registraron como una especie exótica que inició su introducción desde el Mediterráneo hasta la costa del Pacífico de Estados Unidos, México y Centroamérica; sin embargo,

Medina-Rosas & Tovar-Hernández (2012) mencionaron que los registros requieren confirmación con un detallado trabajo morfológico y molecular.

De acuerdo con las descripciones morfológicas los ejemplares de este estudio pertenecen a la especie nominal, *Bugula neritina*, y es considerada como especie exótica invasora para el Pacífico mexicano.

De acuerdo con el trabajo realizado por Tyrrell & Byers (2007), las especies exóticas invasoras tienen más probabilidad de sobrevivir y dominar sustratos artificiales; tal es el caso de la ascidia exótica *Botrylloides violaceus*, una de las especies más abundantes en el trabajo de Tyrrell & Byers (2007), la cual también fue encontrada en el presente estudio, con los mayores registros de cobertura (>30%) en las estaciones de muestreo B y C, junto con la ascidia *B. niger*.

Botrylloides niger y *B. violaceus*, fueron dominantes durante los últimos dos trimestres de este estudio. Estas dos especies pertenecen a la misma familia que *Botryllus schlosseri*, especie registrada como la más dominante en sustratos artificiales en bahía de La Paz, Baja California Sur, por Galicia-Nicolás (2018), quien la consideró como una especie invasora en el Pacífico. Se desconoce por qué esta última especie no fue encontrada en la marina Chahué.

Ecología de la comunidad

El inicio de cada trimestre es el que presenta el mayor porcentaje de renovación (>30%), debido a que es cuando el sustrato nuevo es colonizado y esto también fue observado en la tasa de renovación anual. De acuerdo con Underwood & Denley (1984) este proceso es la sucesión primaria, y está representado principalmente por especies pioneras o los primeros colonizadores. Posterior a esta etapa los cambios son menores (<30%) ya que la sucesión secundaria está asociada a otros mecanismos; principalmente a la capacidad de colonización y a los tiempos reproductivos de los taxones; de acuerdo con Connell & Slatyer (1977) estos mecanismos son lo que llevan a que los taxones anteriores sean desplazados por especies de crecimiento más lento, por lo cual los cambios aportan un menor porcentaje de renovación.

Se obtuvieron entre ocho y nueve taxones como máximo en la identificación fotográfica, la cual estuvo basada principalmente en la separación de los taxones de



acuerdo con características generales y por sus planos corporales (solitarios y coloniales). Lo anterior coincide con lo observado por Sutherland & Karlson (1977), quienes observaron que el punto máximo de taxones lo obtuvieron a los ocho y 10 taxones, siendo la competencia lo que mantiene ese número.

De manera general, se pudo observar que la comunidad presentó como organismos pioneros principalmente a hidrozoos, serpúlidos y balanos, los cuales presentaron diferentes porcentajes de cobertura dependiendo de la temporada en la que se sumergieron los paneles; destacando el segundo trimestre como el periodo en donde los hidrozoos presentaron coberturas superiores al 50%. Además, se refuerza la idea de que los hidrozoos son parte de la fauna pionera o primeros colonizadores, ya que en el experimento anual no se registró un aumento en la cobertura de hidrozoos, debido a que no son buenos colonizadores en espacio ya ocupado.

La variación temporal de los primeros colonizadores puede ser atribuido a la estacionalidad reproductiva y a los factores ambientales que generan diferencias en la distribución de los adultos. Se observó que en el primer trimestre se asentaron principalmente hidrozoos, serpúlidos y balanos; en el segundo: hidrozoos; en el tercero: hidrozoos, serpúlidos, balanos y ascidias coloniales; y finalmente en el cuarto: hidrozoos, sabélidos, briozoos y ascidias coloniales. El cambio posterior en la composición de las especies probablemente depende de la capacidad de los taxones para invadir los conjuntos existentes; y esto, a su vez está sujeto a las habilidades para resistir la invasión por parte de los taxones asentados y dada las diferencias de los primeros colonos, se observaron conjuntos temporalmente diferentes.

Los balanos dominaron durante la sucesión primaria principalmente durante el primer trimestre (jun 1–ago 24, 2019), el cual se caracterizó por desarrollarse durante la estación de lluvias, con temperaturas altas y baja salinidad. Se observó que el asentamiento de los colonizadores posteriores cubría a los ya establecidos y los organismos del estrato superior afectaron la supervivencia de los estratos inferiores; tal es el caso de las ascidias coloniales, las cuales recubren por completo al estrato inferior (serpúlidos, moluscos y balanos).

De acuerdo con Dziubińska & Szaniawska (2010), los balanos también son de los primeros colonizadores y posteriormente son desplazados por moluscos; asimismo,

mencionan que este tipo de desarrollo de la comunidad es llamado “crecimiento multi-estrato”, ya que se pueden observar claramente las capas de invertebrados asentados.

Con lo anterior se infiere un modelo de sucesión por facilitación parcial ya que de acuerdo con Connell & Slatyer (1977) los pioneros suelen ser sustituidos en su totalidad por los nuevos colonizadores, lo que contrasta con lo observado ya que los primeros colonizadores no eran del todo sustituidos, pero si disminuían en abundancia.

En todos los periodos de recambio de sustrato, el asentamiento fue rápido y notorio observándose desde los primeros quince días del experimento y después de aproximadamente tres quincenas, se adicionaron otros taxones (esponjas, sabélidos, moluscos, ascidias y briozoos), que en su mayoría cubrían a los ya establecidos. De acuerdo con Oshurkov (1992), en los primeros tres años los hidrozooos y balanos son los invertebrados que dominan la superficie, siendo ésta una primera etapa, la cual durará dependiendo de la intensidad de reclutamiento de los moluscos.

En contraste a lo anterior, se observó que la fauna no estaba dominada solamente por moluscos, ya que generalmente formaban parte del sustrato secundario y eran colonizados por otros organismos (esponjas y ascidias), observándose en cada periodo diferentes taxones dominantes que generaron dos “puntos estables”; esto es mucho más notorio en el experimento anual, ya que se observó una disminución en el porcentaje de renovación (<30%) debido a la poca sustitución de los taxones; lo que generó el primer “punto estable” dentro de la comunidad.

En las áreas ocupadas por esponjas, briozoos o ascidias coloniales, eventos como la mortalidad o la depredación generaron parches vacíos, lo que permitía la colonización de otros taxones; lo cual coincide con lo mencionado por Sutherland & Karlson (1977) los cuales observaron que los primeros colonizadores estaban asociados a la temporada de inmersión, mientras que en los cambios posteriores la fuerza inhibitoria determina la composición de cuales organismos pueden asentarse en un espacio previamente colonizado lo cual generó mayores de coberturas de taxones de rápido crecimiento y tolerancia a cambios ambientales.

Lo anterior implica un modelo de tolerancia, pero regido también por procesos estocásticos y no solo por la tolerancia de cada taxón como lo propuesto por Connell & Slatyer (1977), e incluso en las estaciones de muestreo que estaban dominadas por



esponjas o ascidias coloniales, se observó un modelo de inhibición; estos taxones ocuparon todo el espacio disponible evitando el establecimiento de otros, lo cual indica que más de un modelo puede aplicarse en la misma comunidad.

Posteriormente se observó un periodo de disminución del porcentaje de cobertura; lo cual está asociado a los disturbios en ambos experimentos, que de acuerdo con Dayton (1971) puede deberse a diferentes factores entre ellos las actividades dentro de la marina, la muerte natural de los organismos o a la competencia, lo que genera espacios para ser colonizados.

Se observó en el experimento anual un aumento en el porcentaje de renovación (>30%) en la quincena 14 (dic 14, 2019); lo cual coincide con un cambio en los taxones presentes y la recolonización del espacio disponible. Pero contrasta con lo observado en el tercer trimestre en donde la inmersión de los sustratos limpios, en la primera quincena (dic 14, 2019) obtuvo un porcentaje de renovación menor al 25%, por lo que presentó una colonización con menos taxones con respecto al resto de los periodos trimestrales.

Es a partir de este periodo, la quincena 14 (dic 14, 2019), en donde inicia el segundo “punto estable” en el experimento anual, se presentaron diferencias en la dominancia de los taxones observados en la cobertura; por lo cual difiere a lo planteado por Sutherland (1974), donde menciona que el punto sucesional estable de una comunidad se obtiene con la dominancia de los moluscos, y que, bajo condiciones como flujo de agua constante, baja salinidad y sustrato inestable, la comunidad de moluscos podría existir por décadas (o siglos), debido a que no hay otra especie con la cual pueda existir una relación competitiva. Sin embargo, para que ocurra este “punto estable” podrían pasar varios años y está sujeto al reclutamiento y reproducción de los moluscos, lo cual explica por qué no se observó en el presente estudio y que la colonización por parte de otros taxones fue más eficiente.

Particularmente, el cambio observado en la comunidad permitió observar “puntos estables parciales” pero la tendencia es que la comunidad siga cambiando en respuesta a la dinámica de esta, lo cual coincide con lo mencionado por Sutherland & Karlson (1977) en donde los “puntos estables” nunca llegan a ocurrir realmente, ya que, aunque hay periodos en donde el cambio de los taxones es menos notorio en realidad el cambio nunca se detiene.

Como se ha observado en este trabajo, el asentamiento y la eliminación de los taxones; permite aplicar lo estipulado por los modelos de sucesión con respecto a la sustitución de taxones; teniendo en consideración que no es el único factor involucrado; sin embargo, los modelos de sucesión presentados, no describen a detalle todos los cambios sucesionales y realmente no están diseñados para ello, son diversos los aspectos a considerar dentro de las dinámicas de la comunidad, estos modelos solo señalan una etapa de la sucesión de acuerdo a lo mencionado por Connell & Slatyer (1987).

Al final del año se obtuvo, que la estación de muestreo A, presentó la mayor biomasa promedio (23.51 kg/m^2) y la mayor abundancia (812 individuos), y la diversidad fue la mayor ($H' = 1.85$). Aunado a lo anterior, la estación B obtuvo la menor biomasa (6.84 kg/m^2), la menor diversidad ($H' = 1.54$); la cobertura estuvo dominada por esponjas, sabélidos y ascidias coloniales, que dada sus características morfológicas suelen ser más ligeros que los moluscos. La menor abundancia la presentó la estación D (199 individuos), seguida de la estación B (300 individuos).

A lo largo del año se observaron tanto en el experimento trimestral, como en el anual, dos eventos en la comunidad sésil: un periodo de baja abundancia y riqueza y otro de alta abundancia y riqueza.

El primer evento se produjo durante el segundo trimestre (ago 24–nov 30, 2019), se observó la disminución del registro de la cobertura, la abundancia y la biomasa. Presentando 142 individuos y una biomasa promedio de $0.81 \text{ kg/m}^2 \pm 0.30$ (Fig. 66).

En este trimestre, la estación de muestreo C presentó la mayor riqueza (12 taxones) y la B presentó el mayor valor del índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.32$), coincidiendo con el valor de equidad más alto ($J' = 0.68$); por el contrario, la estación A posee la menor diversidad verdadera ($D = 1.82$) y la equidad más baja ($J' = 0.31$). Esta disminución coincide con el evento de dragado intenso realizado en la marina (10 ago–dic 28, 2019).

Durante este periodo se observaron parches vacíos, organismos muertos y acumulación excesiva de sedimento, como consecuencia de la continua mezcla del agua por la actividad de la draga, obteniendo mayores coberturas de aquellos organismos coloniales o de reproducción clonal (esponjas, hidrozooos y ascidias coloniales); lo cual



está relacionado a la hipótesis del disturbio intermedio. De acuerdo con Cifuentes *et al.* (2007), la perturbación continua afecta la abundancia y la biomasa, ya que generan parches libres que pueden ser colonizados nuevamente; sin embargo, a consecuencia de la misma perturbación esta colonización puede ser mucho más lenta.

Aunado al trabajo de dragado, se registró un aumento de la temperatura y la disminución del porcentaje de oxígeno disuelto, pese a que no se registró una disminución de la transparencia del agua. De acuerdo con Abelson & Denny (1997) y Castro & Hubert (2003), esto puede deberse a que el aumento de temperatura modifica el metabolismo, lo que lleva a un mayor consumo de oxígeno en los organismos, al igual que acelera la descomposición de sedimentos orgánicos, reacción que también consume el oxígeno presente. Lo anterior puede provocar la muerte de los invertebrados, además el exceso de sedimento puede interferir con la alimentación y las partículas depositadas impiden el asentamiento y sobrevivencia.

De acuerdo con el análisis de marea aparentemente también se afectó el flujo de agua (en este caso, por la entrada de la marea o la turbulencia producida por el trabajo de dragado) y esto de acuerdo con Abelson & Denny (1997) afecta directamente el encuentro de los propágulos con los sustratos disponibles, y la constitución de la película bacteriana que afectan las señales de asentamiento de los invertebrados; sin embargo, se requieren más análisis para determinar si la correspondencia de esta variable es la que genera más afectación sobre los invertebrados incrustantes.

La disminución de los invertebrados podría, estar asociado con la competencia por espacio, de acuerdo con lo propuesto por Long (1974), quien observó una disminución en la fauna después de tres meses de inmersión y un posterior aumento a los nueve meses de inmersión; sin embargo, se observó el mismo comportamiento en ambos experimentos (anual y trimestral), por lo cual es evidente que la disminución de la fauna no está asociada únicamente a la falta de espacio, ya que en el recambio de sustratos se habría presentado una colonización similar a la observada en el primer trimestre, lo cual no ocurrió y se observó una colonización más lenta y dominada principalmente por hidrozoos.

El segundo evento se presentó en el tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020), cuando se obtuvo un aumento en el registro de la cobertura, la abundancia y la biomasa. Presentando 4,759 individuos y una biomasa promedio de $8.45 \text{ kg/m}^2 \pm 1.26$ (Fig. 66).

La estación de muestreo B, presentó la mayor riqueza (22 taxones) y la estación A, exhibió el mayor valor del índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.94$) y la mayor equidad ($J' = 0.88$). También en ese trimestre se registró por primera vez la presencia de briozoos y hasta el final del estudio, con *Bugula neritina* como el más abundante.

Aunque se observó desde la primera quincena del tercer trimestre, su crecimiento fue lento comparado con el resto de los taxones. Su presencia también estuvo asociada a una mayor cobertura de ascidias solitarias y de otros briozoos; lo cual coincide con lo mencionado por Cifuentes *et al.* (2010) quienes concluyeron que *Bugula neritina* no se asienta durante todo el año y puede inhibir el reclutamiento de otras especies, pero taxones como las ascidias solitarias pueden asentarse entre las ramas lo que las protege de los depredadores.

Con el aumento de cobertura de los briozoos y ascidias coloniales, se presentó una menor cobertura de balanos y moluscos; a consecuencia de su tipo de crecimiento. De acuerdo con Dougal (1943) las esponjas, hidrozooos, briozoos y ascidias coloniales frecuentemente forman redes debido a su crecimiento y se genera la acumulación de sedimento lo que sofoca a los balanos y moluscos.

Durante ese trimestre hubo una disminución de la temperatura y un aumento de la salinidad, además se registró la finalización del trabajo de dragado dentro de la dársena; lo cual está relacionado con el establecimiento de cuatro especies de ascidias coloniales (*Diplosoma listerianum*, *Botrylloides niger*, *B. violaceus* y *Symplegma brakenhielmi*); tres de ellas son especies exóticas que probablemente pudieron establecerse debido a los sitios de incrustación generados por los cambios de temperatura y salinidad en el tercer trimestre.

De acuerdo con Sams & Keough (2012), la temperatura es un factor determinante en la reproducción y supervivencia de muchas especies, ya que controla procesos biológicos, asimismo posee efectos sobre la estructura de las comunidades incrustantes; por otra parte de acuerdo con Occhipinti-Ambrogi & Savini (2003), la causa más común de estrés ambiental es la variación en la salinidad, y constituye uno de los factores que



permiten la colonización de especies exóticas; ya que los cambios en la salinidad generan la muerte de los organismos y con ello nuevos sitios de colonización. Aunado a lo anterior, de acuerdo con Lindeyer & Gittenberger (2010) las ascidias coloniales tienden a presentar mayor abundancia gracias a las temperaturas más bajas y a su capacidad de colonizar otros organismos previamente asentados.

Durante el cuarto trimestre se observó un aumento de la temperatura, con respecto al tercer trimestre, lo cual se vio reflejado en la disminución general del registro de cobertura de los briozoos. De acuerdo con O'Loughlin *et al.* (2006) el desarrollo de *Bugula neritina* es más favorable a temperaturas más frías y una mayor salinidad; por lo cual el cambio en estas condiciones generó la pérdida de cobertura de dicho taxón.

Los análisis estadísticos para determinar la diferenciación espacial mostraron que todas las estaciones de muestreo eventualmente serán colonizadas, e incluso se observó que los taxones son los mismos; sin embargo, existe una diferenciación en los tiempos de colonización y puntos de saturación de la cobertura, cambiando la probabilidad en cada estación. Por ende, no puede determinarse un patrón que indique por qué determinada estación de muestreo es más propensa a una rápida colonización y a un mayor punto de saturación de la cobertura.

Con respecto a las variables ambientales, la variación de la marea a lo largo del año, generó un cambio en la afectación que generaba a cada estación; sin embargo, se observó que es una variable para considerar, ya que presentó correspondencia con las estaciones de muestreo principalmente en el primer (jun 1–ago 24, 2019) y tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020), lo cual coincide con lo mencionado por Abelson & Denny (1997), quienes destacaron la importancia del flujo de agua en los procesos biológicos y ecológicos, principalmente porque las larvas pueden asentarse en los sustratos a través de la natación activa o bien por el transporte pasivo, o ambos mecanismos.

Aunque es difícil determinar la influencia real de esta variable, con el presente trabajo se obtuvo un acercamiento de la afectación del régimen de mareas a gran escala sobre la comunidad incrustante que se desarrolla en la marina Chahué, por lo cual resulta importante determinar con estudios más específicos si las estructuras presentes en la marina actúan como un sumidero o punto de conectividad, ya que de acuerdo con

Burcharth *et al.* (2007) la presencia de infraestructura puede detener o limitar el flujo de agua y con ello la dispersión de los propágulos, limitando la conectividad de las poblaciones o bien generando la acumulación de larvas y propágulos en determinados sitios; sin embargo, actualmente existen pocos trabajos al respecto.

El presente trabajo permitió observar y describir las variaciones en la composición de las especies, permitiendo la detección de especies no registradas con anterioridad y de especies exóticas; lo que resalta la importancia de los estudios en sitios similares; que permita aumentar en conocimiento de la biodiversidad, así como sus interacciones con el medio. Además, muestreos multianuales tanto en marinas y puertos en el estado y del país, como en zonas naturales aledañas, permitirán tener conocimiento del desarrollo de la comunidad incrustante en diferentes gradientes.

Conclusiones

Se recolectaron 12,553 ejemplares de invertebrados incrustantes que corresponden a 43 taxones distribuidos en nueve filos: Porifera, Cnidaria, Annelida, Sipuncula, Mollusca, Arthropoda, Entoprocta, Bryozoa y Chordata, durante el periodo de estudio (junio 1, 2019-junio 13, 2020).

La mayor riqueza la obtuvo el filo Annelida (clase Polychaeta), con 12 taxones, mientras que la mayor abundancia la presentó el filo Arthropoda (clase Maxillopoda) con 5,641 ejemplares.

Se identificaron a nivel específico nueve especies, entre especies exóticas, invasoras y criptogénicas, registradas previamente para el Pacífico, lo cual corresponde al 20.9% de los taxones observados en este estudio. El filo Annelida exhibió el mayor número de especies exóticas identificadas (cuatro especies).

Un modelo de sucesión por facilitación se presenta inicialmente, en el que taxones como hidrozoos, serpúlidos y balanos son los primeros en asentarse. Sin embargo, no son sustituidos en su totalidad; lo que corresponde posteriormente a un modelo de tolerancia e inhibición. Por lo anterior, más de un tipo particular de interacción está operando dentro de la comunidad.



El espacio disponible (sustrato) es uno de los factores que genera competencia, y por ello se promueve el crecimiento multi-estrato conforme disminuye el espacio disponible.

Temporalmente se presentaron dos puntos sucesionales estables de corta duración, cuando se observó la dominancia de taxones como esponjas, sabélidos, moluscos, balanos, briozoos y ascidias coloniales.

El segundo trimestre (ago 24–nov 30, 2019), presentó los valores más bajos de los índices ecológicos, porcentaje de cobertura y abundancia de taxones. Asimismo, la estación de muestreo B, presentó el menor porcentaje de cobertura y una mayor correspondencia con las variables ambientales.

Se esperaba una mayor cobertura de incrustantes a mayor temperatura, por el contrario, cuando en el tercer trimestre (nov 30, 2019–feb 22, 2020) la temperatura disminuyó se incrementó la cobertura. Sin embargo, los trabajos de dragado en el trimestre previo, pueden estar provocando este sesgo.

Se observó que los taxones y las variables ambientales se comportaron de manera homogénea en todas las estaciones y periodos de muestreo.

De acuerdo con la diferenciación espacial, la estación de muestreo A es la que presentó el asentamiento de invertebrados más temprano durante todo el año de estudio, en comparación con las estaciones de muestreo B, C y D, que presentaron reclutamiento tardío.

Recomendaciones: Finalmente, la infraestructura portuaria es un elemento que seguirá aumentando y por consiguiente modificando el paisaje marino, así como los sitios aledaños, por ello es necesario su constante estudio a diferentes escalas ecológicas; tomando en consideración a los invertebrados móviles, ya que dada su abundancia también pueden influir en los cambios dentro de la comunidad incrustante y el estudio en conjunto permitirá generar estrategias para evitar que el aumento de la infraestructura sea dañino para la fauna nativa y, por el contrario, les permita el aprovechamiento de estos hábitat potenciales.



Referencias

- Abelló, P. & E. Macpherson. 1992. Epibiosis and rhizocephalan infestation patterns in relation to the reproductive biology of *Lithodes ferox* (Filhol, 1885) (Anomura: Lithodidae). *Journal of Crustacean Biology* 2(4): 561–570.
- Abelson, A. & M. Denny. 1997. Settlement of marine organisms in flow. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 317–339.
- Aguilar-Estrada, L.G. Ruiz-Boijseauneau, I. Rodríguez, D. 2017. Estadios juveniles de las especies de gasterópodos pateliformes y de poliplacóforos (Mollusca) asociados a macroalgas intermareales de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(2): 1–20
- Álvarez-Cerrillo, L. R., P. Valentich-Scott, W. A. Newman. 2017. A remarkable infestation of epibionts and endobionts of an edible chiton (Polyplacophora: Chitonidae) from the Mexican tropical Pacific. *The Nautilus* 131(1): 87–96.
- Anil, A.C., K. Chiba, K. Okamoto & H. Korokura. 1995. Influence of temperature and salinity on larval development of *Balanus amphitrite*: implication in fouling ecology. *Marine Ecology Progress Series*, 118: 159–166.
- Anónimo. 2012. Manifestación de impacto ambiental. Plan maestro de la Marina Chahué de Huatulco, Oaxaca. Fondo Nacional de Fomento al Turismo, 126 pp.
- Audouin, V. 1826. Explication sommaire des Planches de l’Egypte et de la Syrie. In *Description de l’Egypte, Historie Natural*, Paris 4: 225–249.
- Bastida, R., M. Zamponi, C., Bremec, A., Roux, G., Genzano & R. Elías. 2007. Las comunidades bentónicas. *El mar argentino y sus recursos pesqueros* 5: 89–123.
- Bastida-Zavala, J.R. 1993. Taxonomía y composición biogeográfica de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la bahía de La Paz, B.C.S., México. *Revista de Investigación Científica, Universidad Autónoma de Baja California Sur* 4 (1): 11–39.
- Bastida-Zavala, J.R. 2008. Serpulids (Annelida: Polychaeta) from the Eastern Pacific, including a brief mention of Hawaiian serpulids. *Zootaxa* 1722: 1–61.
- Bastida-Zavala, J.R. 2009. Serpulidae Rafinesque, 1815. 521-554, *In*: de León-González J. A., J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S. I. Salazar-Vallejo & V. Solís-Weiss (eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Bastida-Zavala, J.R. & S.I. Salazar-Vallejo. 2000. Serpúlidos (Polychaeta: Serpulidae) del Caribe noroccidental: *Hydroides* y *Serpula*. *Revista de Biología Tropical* 48 (4): 841–858.
- Bastida-Zavala, J.R. & H.A. ten Hove. 2002. Revision of *Hydroides* Gunnerus, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Western Atlantic Region. *Beaufortia* 52: 103–178.
- Bastida-Zavala, J.R. & H.A. ten Hove. 2003. Revision of *Hydroides* Gunnerus, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Eastern Pacific region and Hawaii. *Beaufortia* 53(4): 67–110.
- Bastida-Zavala, J.R., J.Á. de León-González, J.L. Carballo & B. Moreno-Dávila. 2014. Invertebrados bénticos exóticos: esponjas, poliquetos y ascidias. Pp: 317–336, *In*: Mendoza R. & P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Bastida-Zavala, J.R., L.D. McCann, E. Keppel & G.M. Ruiz. 2017. The fouling serpulids (Polychaeta: Serpulidae) from United States coastal waters: An overview. *European Journal of Taxonomy* 344: 1–76.



- Bastida-Zavala, J.R., A.S. Rodríguez, J. A. de León-González, K. A. Camacho-Cruz & I. Carmona. 2016. New records of sabellids and serpulids (Polychaeta: Sabellidae, Serpulidae) from the Tropical Eastern Pacific. *Zootaxa* 4184 (3): 401–457.
- Bastida-Zavala, J.R., M.S. García-Madrugal, E.F. Rosas-Alquicira, R.A. López-Pérez, F. Benítez-Villalobos, J.F. Meraz-Hernando, A.M. Torres-Huerta, A. Montoya-Márquez & N.A. Barrientos-Luján. 2013. Marine and coastal biodiversity of Oaxaca, Mexico. *Check List* 9 (2): 329-390.
- Boero, F. & E. Fresi. 1986. Zonation and evolution of a rocky bottom hydroid community. *Marine Ecology* 7 (2): 123–150.
- Bouillon, J., C. Gravili, F. Pagès, J.M. Gili & F. Boero. 2006. An introduction to Hydrozoa. *Publications scientifiques du muséum, France*, 588 pp.
- Boury-Esnault, N. & K. Rützler. 1997. Thesaurus of sponge morphology. *Smithsonian contributions to zoology* (596): 1–55.
- Boyd, M. 1972. Fouling community structure and development in Bodega Harbor, California. Tesis Doctoral, Universidad de California, 195 pp.
- Breitburg, D.L. 1985. Development of a subtidal epibenthic community: factors affecting species composition and the mechanisms of succession. *Oecologia* 65:173–184.
- Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press, Tucson, 513 pp.
- Brusca, R.C. & G.J. Brusca. 2003. *Invertebrates*. 2a ed., Sinauer Associates, Massachusetts, 922 pp.
- Burcharth, H.F., S.J. Hawkins, B. Zanuttigh & A. Lamberti. 2007. Environmental design guidelines for low crested coastal structures. Elsevier, Amsterdam, 400 pp
- Bullard, S.G., B. Sedlack, J.F. Reinhardt, C. Litty, K. Gareau & R.B. Whitlatch. 2007. Fragmentation of colonial ascidians: differences in reattachment capability among species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342(1): 166–168.
- Bulleri, F. 2006. Is it time for urban ecology to include the marine realm? *Trends Ecology Evolutive* 21(12): 658–659.
- Bulleri, F. & M.G Chapman. 2004. Intertidal assamblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy. *Marine Biology*. 145: 381–391.
- Bulleri, F. & M.G Chapman. 2010. The introduction of costal infrastructure as a driver of change in marine environments. *Journal of Applied Ecology* 47: 26–35.
- Butman, C.A. 1987. Larval settlement of soft-sediment invertebrates: The spatial scales of patterns explained by active habitat selection and the emerging role of hydrodynamical processes. *Oceanography. Marine Biology Annules* 25:113–165.
- Calder, D.R. 2010. Some anthoathecate hydroids and limnopolyps (Cnidaria, Hydrozoa) from the Hawaiian archipelago. *Zootaxa* 2590: 1–91.
- Calder, D.R., J.J. Mallinson, K., Collins, C.P. & Hickman. 2003. Additions to the hydroids (Cnidaria) of the Galápagos, with a list of species reported from the islands. *Journal of Natural History* 37: 1173–1218.
- Callow, M.E. & J.A. Callow. 2002. Marine biofouling: a sticky problem. *Biologist. University of Birmingham, UK* 49(1): 1–5.
- Cantera, J.R. & R. Contreras. 1988. Bivalvos perforadores de esqueletos de corales escleractinarios en la Isla de Gorgona, Pacífico Colombiano. *Revista de Biología Tropical* 36(1):151–158.



- Capa, M. & E. López. 2004. Sabellidae (Annelida: Polychaeta) living in blocks of dead coral in the Coiba National Park, Panamá. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 84: 63–72.
- Carballo, J.L. 2006. Aportación al conocimiento de la fauna de ascidias del litoral Pacífico de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BC005, México, D.F. 51 pp.
- Carballo, J.L. & S. Naranjo. 2002. Environmental assessment of a large industrial marine complex based on a community of benthic filter-feeders. *Marine Pollution Bulletin* 44:605–610.
- Carballo, J.L., P. Gómez & J. A Cruz-Barraza. 2014. Biodiversidad de Porífera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:143–153.
- Carlton, J.T. 2000. Global change and biological invasions. Pp: 31–54, *In*: Mooney, J.T., R.J. Hobbs (eds.), *Invasive species in a changing world*, Island Press, Washington.
- Carpenter, P.P. 1857. Catalogue of the collection of Mazatlan shells, in the British Museum: collected by Frederick Reigen. London, United Kingdom: British Museum, 552 pp.
- Carpenter, P.P. 1864. Supplementary report on the present state of our knowledge with regard to the Mollusca of the west coast of North America. *British Association for the Advancement of Science*, report 33: 517–686.
- Cartwright, P. 2004. The development and evolution of hydrozoa polyp and colony form. *Hydrobiologia* 530/531: 309–317.
- Castro, P. & M. E. Hubert. 2003. *Marine biology*. 4a ed. The McGraw-Hill Companies, Estados Unidos, 468 pp.
- Celis, A. 2009. Análisis panbiogeográfico y taxonómico de los cirripedios (Crustacea) de México. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 286 pp.
- Chan, B.K.K., R.E. Prabowo & K.S. Lee. 2009. Crustacean fauna of Taiwan: Barnacles, volumen I. Cirripedia: Thoracica excluding the pyrgomatidae and acastinae. National Taiwan Ocean University, Keelung, 163 pp.
- Chapman. 2003. Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity. *Marine Ecology Progress Series* 264: 21–29.
- Chapman, M.G. & D.G. Blockley. 2009. Engineering novel habitats on urban infrastructure to increase intertidal biodiversity. *Oecologia* 161: 625–635.
- Chapman, M.G. & F. Bulleri. 2003. Intertidal seawalls—new features of landscape in intertidal environments. *Landscape Urban Plan* 62:159–172.
- Characklis, W.G. 1990. Microbial biofouling; Biofilms. Pp: 195–231, *In*: *Ecological and Applied Microbiology*. Wiley Series.
- Chavéz-López Y. & C. Cruz-Gómez. 2019. New records of polychaetes (Annelida: Polychaeta) from three locations of Oaxaca: México. *Revista de Biología Tropical* 67(S5): 157–168.
- Chenu, J.C. 1844. Genus *Vermetus*. *Illustrations conchyliologiques*, 184 pp.
- Cifuentes, M.C. Kamlah, M. Thiel, M. Lenz & M. Wahl. 2007. Effects of temporal variability of disturbance on the succession in marine fouling communities in northern-central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 352:280–294.
- Cifuentes, M.C. Krueger, I. Dumont, C.P. Lenz, M. Thie, M. 2010. Does primary colonization or community structure determine the succession of fouling communities? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 395: 10–20.



- Çinar, M.E. 2009. Alien polychaete species (Annelida: Polychaeta) on the Southern coast of Turkey (Levantine Sea, eastern Mediterranean), with 13 new records for the Mediterranean Sea. *Journal of Natural History* 43: 37–38.
- Claereboudt, M.R., D. Bureau, J. Côté & J.H. Himmelman. 1994. Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture* 121: 327–342.
- Clements, F.E. 1938. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology* 24:252–284.
- Coan, E.V. & P. Valentich-Scott. 2007. Bivalvia. Pp: 807–859, *In*: Carlton, J.T. (ed.) *The light and Smith manual. Intertidal invertebrates from central California to Oregon*. 4a ed., University of California press.
- Cohen, A.N., L.H. Harris, B.L. Bingham, J.T. Carlton, J.W. Chapman, C.C. Lambert, G. Lambert, J.C. Ljubenkov, S.N. Murray, L.C. Rao, K. Reardon & E. Schwindt. 2002. Project report for the Southern California exotics expedition 2000 a rapid assessment survey of exotic species in sheltered coastal waters. Sacramento, California, Estados Unidos de América. California Department of fish and game/state water resources control board/ national fish and wildlife foundation, 37 pp.
- Cohen, A.N., L.H. Harris, B.L. Bingham, J.T. Carlton, J.W. Chapman, C.C. Lambert, G. Lambert, J.C. Ljubenkov, S.N. Murray, L.C. Rao, K. Reardon & E. Schwindt. 2005. Rapid assessment survey for exotic organisms in southern California bays and harbors, and abundance in port and non-port areas. *Biological Invasions* 7:995–1002.
- Coles, S.L., R.C. DeFelice, L.G. Eldrege & J.T. Carlton. 1999. Historical and recent introductions of non-indigenous marine species into Pearl Harbor, Oahu, Hawaiian Islands. *Marine Biology* 135: 147–158.
- Connell, J.H. & R.O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* 111:1119–1144.
- Connell, J.H. 1975. Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. Pp: 460–490, *In*: Cody, M.L. & J. Diamond (eds.) *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge.
- Connell, J. H., I.R. Noble & R. O. Slatyer. 1987. On the mechanisms producing successional change. *Nordic Society Oikos*. Vol. 50(1): 136–137.
- Cornelius, P.F. S. 1992. On the nomenclatura of the hydroid, *Candelabrum phrygium* (Fabricius, 1780) (= *Myriothele phrygia*, *Arum cocksii*). *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.* 57: 521–524.
- Cutler, E.B. 1994. *The Sipuncula, their systematics, biology, and evolution*. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York, 453 pp.
- Cutler, N.J., E.B. Cutler & J.A. Vargas. 1992. Peanut worms (Phylum Sipuncula) from Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 40:153–158.
- Dean, T.A. & L. E. Hurd. 1980. Development in an estuarine fouling community: the influence of early colonists on later arrivals. *Oecologia* 46: 295–301.
- Dean, H.K., J.A. Sibaja-Cordero, J. Cortés, R. Vargas, G.Y. Kawachi. 2010. Sipunculans and echiurans of Isla del Coco (Cocos Island), Costa Rica. *Zootaxa* 2557(1): 60–68.
- Darwin, C. 1854. *A monograph on the sub-class Cirripedia, with figures of all the species. The Balanidae, (or sessile cirripedes); the Verrucidae*. Ray Society, Londres, 684 pp.
- Davidson, S.K. & M.G. Haygood. 1999. Identification of sibling species of the bryozoan *Bugula neritina* that produce different anticancer bryostatins and harbor distinct strains of the



- bacterial symbiont "*Candidatus endobugula sertula*". *Biological Bulletin (Woods Hole)* 196: 273–280.
- Dayton, P.K. 1971. Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecological Monographs* 41: 351–389.
- De la Lanza-Espino, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT, México, 518 pp.
- De León-González, J.A., J.R. Bastida-Zavala, R. Mendoza-Alfaro & S. Luna. 2021. Invasive species in Mexican marine ecosystems. Pp: 93–118, *In: Pullaiah, T. & M. R. Ielmini (eds.), Invasive alien species: observations and issues from around the world, Volume 4: Issues and invasions in the Americas and the Caribbean*.
- Delgadillo, G.O. & P. Flórez. 2015. Primeros registros del Phylum Bryozoa asociados a habitats artificiales en el Caribe colombiano. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(1): 33–45.
- Delgado-Blas, V.H. 2009. Spionidae Grube, 1850. Pp: 589–614, *In: de León-González J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Solís-Weiss (eds.), Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Dillwyn, L. W. 1817. A descriptive catalogue of recent shells, arranged according to the Linnean method, with particular attention to the synonymy. London, 1092 pp.
- Dobretsov, S. 2010. Chapter 9. Marine Biofilms. Pp: 123–136, *In: Dürr, S. & J.C. Thomason (eds.), Biofouling*. Wiley-Blackwell, Singapore.
- Dougal, K. 1943. Sessile marine invertebrates of Beaufort, North Carolina: A study of settlement, growth, and seasonal fluctuations among pile-dwelling organisms. *Ecological Monographs* 13(3): 321–374.
- Dueñas, P.D. 1981. Inventario preliminar de los poliquetos (Annelida) de aguas someras de la bahía de Cartagena y áreas adyacentes. *Boletín del Museo del Mar* 10: 82–138.
- Dziubińska, A. & A. Szaniawska. 2010. Short-term study on the early succession stage of fouling communities in the coastal zone of Puck Bay (southern Baltic Sea). *Oceanological and Hydrobiological Studies* 4: 3–16.
- Ellis, D. 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin* 16: 4-59
- Emschermann, P. 1993. On Antarctic Entoprocta: nematocyst-like organs in a loxosomatid, adaptative developmental strategies, host specificity, and bipolar occurrence of species. *Biological Bulletin* 184(2):153–185.
- Evans, G. 2008. Man's impact on the coastline. *Journal of Geology* 34(2): 167–190.
- Fauci, A. & F. Boero. 2000. Structure of an epiphytic hydroid community on *Cystoseira* at two sites of different wave exposure. *Scientia Marina* 64 (Supl.1): 255–264.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental, Roma, 646 pp.
- Fisher, W.K. 1952. The sipunculid worms of California and Baja California. *Proceedings of the United States National Museum* 102: 371–450.
- Fraser, C.M. 1938a. Hydroids of the 1934 Allan Hancock Pacific Expedition. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 4(1): 1–105.
- Fraser, C.M. 1938b. Hydroids of the 1936 and 1937 Allan Hancock Pacific Expeditions. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 4(2): 107–127.



- Fraser, C.M. 1938c. Hydroids of the 1932, 1933, 1935, and 1938 Allan Hancock Pacific Expeditions. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 4 (3): 129–153.
- Fraser, C.M. 1948. Hydroids of the Allan Hancock Pacific Expeditions since March, 1938. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 4 (5): 179–335.
- Galicia-Nicolás, E.C., R.N. Águila-Ramírez, E.G. Rico-Virgen & M.A. Medina-López. 2018. Colonización y sucesión de organismos marinos implicados en el proceso de *biofouling* en paneles sumergidos en La Paz, Baja California Sur, México. Pp: 25–42, *In*: Pérez, A. & M.C. Álvarez (coords.), *Estudios recientes en el océano Pacífico Mexicano*. Universidad de Colima, Colima, México.
- George, R.Y. & P.S. Thomas. 1979. Biofouling community dynamics in Louisiana shelf oil platforms in the Gulf of Mexico. *Rice Institute Pamphlet-Rice University Studies* 65(4): 553–574.
- Gian-Reto, W., A. Roques, P. Hulme, M. Sykes, P. Pysék, I. Kühn, M. Zobel, S. Bacher, Z. Botta-Dukát, H. Bugmann, B. Czúcz, J. Dauber, T. Hickler, V. Jarosík, M. Kenis, S. Klotz, D. Minchin, M. Moora, W. Nentwing, J. Ott, V. Panov, B. Reineking, C. Robinet, V. Semenchenko, W. Solarz, W. Thuiller, M. Vila, K. Vohland & J. Settele. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 24(12): 686–693.
- Gittings, S.R, G.D. Dennis & H. W. Harry. 1896. Annotated guide to the barnacles of the northern Gulf of Mexico. *Biological Oceanography*, TAMU-SG 86: 1–36.
- Goldfuss, G.A. 1820. *Handbuch der Zoologie. I. Abtheilung*. Johann Leonhard Schrag, Nürnberg, 696 pp.
- Gómez-Daglio, L. & E. González. 2006. The shallow-water barnacles (Cirripedia, Balanomorpha) of Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, including seven previously unrecorded species and amended descriptions of three species. *Sessile Organisms*, 23(2): 1–12.
- Gómez, P., J.A. Mercado, L.M. Mitchell & S.I. Salazar-Vallejo. 1997. Poliquetos de fondos duros (Polychaeta) de bahías de Huatulco y Puerto Ángel, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 45(3):1067–1074.
- González-Villarreal, L.M. 2005. Guía ilustrada de los gasterópodos marinos de la Bahía de Tecatita, Jalisco, México. *Scientia-CUCBA*. Universidad de Guadalajara 7(1): 1–85.
- González, A. 2018. ImageJ: una herramienta indispensable para medir el mundo biológico. *Folium-Relatos botánicos*. Sociedad Argentina de Botánica 1: 6–17.
- Gould, A.A. 1841. A report on the Invertebrata of Massachusetts, comprising the Mollusca, Crustacea, Annelida, and Radiata. Cambridge, Folsom, Wells, & Thurston, 434 pp.
- Greene, C.H. & A. Schoener. 1982. Succession on Marine Hard Substrata: A fixed lottery. *Oecologia*, Springer-Verlag 55: 289–297.
- Greene, C.H., A. Schoener & E. Corets. 1983. Succession on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies in temperate fouling communities. *Marine Ecology Progress Series* 13: 121–129.
- Greenfield, B.L., C. Kraan, C. A. Pilditch, S. F. Thrush. 2016. Mapping functional groups can provide insight into ecosystem functioning and potential resilience of intertidal sandflats. *Marine Ecology Progress Series* 548: 1–10.
- Grube, E. 1858. Enumeratio Annulorum, quae in itinere per Indiam occidentalem et Americam centralem annis 1845-1848 suscepto legit cl. A. S. Örsted, adjectis speciebus nonnullis a cl. Köyero in itinere ad Americam meridionalem colectis, Annulata Örstediana,



- Copenhagen: Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening I Kjobenhaven 105–120.
- Haderlie, E.C. 1968. Fouling organisms in the harbor at Monterey, California. Corrosion and fouling. Athens 1–14.
- Hair, F.J. Anderson, M.L. Tatha & C. Black. 1999. Multivariate data analysis. Prentice Hall, New Jersey, 542 pp.
- Hanley, S. 1845. A description of new species of *Ostrea* in the collection. Proceedings of the Zoological Society of London 105–107.
- Harding, J.P. 1962. Darwin's type specimens of varieties of *Balanus amphitrite*. Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology 9: 273–296.
- Harmer, S.F. 1957. The Polyzoa of the *Siboga*-Expedition. Part 4. Cheilostomata, Ascophora II. *Siboga*-Expedition 28: 641–1147.
- Hastings, A.B. 1930. Cheilostomatous Polyzoa from the vicinity of the Panama Canal collected by Dr. C. Crossland on the Cruise of the S. Y. "St. George". Proceedings of the Zoological Society of London, 740 pp.
- Haswell, W.A. 1883. On some new Australian tubicolous annelids Proceedings of the Linnean Society of New South Wales 7(4): 633–638.
- Hawatt, W.G. 1935. Ecological succession in the *Mytilus californianus* habitat as observed in Monterey Bay, California. Ecology 16: 244–251.
- Haykin, S. 1999. Neural networks: A comprehensive foundation. Prentice Hall, New Jersey. 842 pp.
- Hendrickx, M.E., J. Salgado-Barragán, A. Toledano-Granados & M. Cordero-Ruiz. 2014. Los moluscos (Pelecypoda, Gastropoda, Cephalopoda, Polyplacophora y Scaphopoda) recolectados en el SE del golfo de California durante las campañas SIPCO a bordo del B/O "El Puma. Elenco faunístico. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 682–722.
- Henry, D.P. & P.A. McLaughlin. 1975. The barnacles of the *Balanus amphitrite complex* (Cirripedia, Thoracica). Zoologische Verhandlungen 141: 3–254.
- Herdman, W.A. 1886. Report on the Tunicata collected during the voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873–1876. Part 2. Ascidae compositae 14: 429 pp.
- Hernández-Alcántara, P., L. González-Ortiz & V. Solís-Weiss. 1949. Los espionidos (Polichaeta: Spionidae) del golfo de California y golfo de Tehuantepec, México. Revista de Biología Tropical 42(3): 567–577.
- Hernández-Alcántara, P., S.C. Frontana-Uribe & V. Solís-Weiss. 2003. Commented checklist of the polychaetes (Annelida: Polychaeta) from areas adjacent to islands of the Mexican Pacific and Gulf of California. Bulletin of the Southern California Academy of Sciences 102 (1): 1–16.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. Ecology 54: 427–432.
- Holland, A.F., A. Shaughnessy & M.H. Heigel. 1987. Long-term variation in mesohaline Chesapeake Bay benthos: Spatial and temporal patterns. Estuaries 10: 227–245.
- Hobbs, R. J. & L.F. Huenneke. 1992. Disturbance, diversity, and invasión: implications for conservation. Conservation Biology 6(3): 324–337.
- Hooper, J.N.A & R.W.M. Van Soest. 2002. Systema Porifera: a guide to the classification of sponges. Kluwer Academic, Plenum Publishers. New York, 1707 pp.



- Humara-Gil, K.J. & C. Cruz-Gómez. 2018. New records of benthic hydroids (Cnidaria: Hydrozoa) from the coast of Oaxaca, Mexico. *Zootaxa* 4455(3): 454–470.
- Humara-Gil, K.J. & C. Cruz-Gómez. 2019. First record of the non-indigenous bryozoan *Amathia verticillate* (delle Chiaje, 1822) (Bryozoa Vasiculariidae) in the southern Mexican Pacific. *Check List the journal of biodiversity data* 15(3): 515–522.
- Huntsman, A.G. 1912. Ascidiens from the coasts of Canada. *Canadian Instituted* 1911:111–148.
- Hutchins, L.W. 1949. Marine biofouling studies off Oahu, Hawaii. NAVOCEANO. Informative Report 13: 69–86.
- Hutston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist* 113: 81–101.
- Ishaq, S. & J. Mustaqim. 1996. Polychaetous annelids (order Sabellida) from the Karachi coast, Pakistan. *Pakistan Journal of Marine Sciences* 5(2): 161–197.
- Jackson, J.B.C. 1977. Competition on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *American Naturalist* 111: 743–767.
- Jenkins, S.R. & G. M. Martins. 2010. Chapter 4. Succession on hard substrata. Pp: 60–72, *In*: Dürr, S. & Thomason, J.C. (eds.), *Biofouling*. Wiley-Blackwell, Singapore.
- Jerlov, N.G. 1968. *Optical Oceanography*. Elsevier Oceanography Series, 194 pp.
- Johansson, K.E. 1925. Bemerkungen über die Kinberg'schen Artender Familien Hermellidae und Sabellidae. *Arkiv för Zoologi* 18(A):1–28.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113: 363–375.
- Karlson, R.H. & R.W. Osman. 2012. Species composition and geographic distribution of invertebrates in fouling communities along the east coast of the USA: a regional perspective. *Marine Ecology Progress series* 458: 255–268.
- Keen, M. 1961. A proposed reclassification of the gastropod family Vermetidae. *Bulletin of the British Museum, Natural History (Zoology)* 7(3): 183–213.
- Keen, M. 1971. *Seashells of Tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press, 1064 pp.
- Lamarck, J.-B. M. de. 1819. *Histoire naturella des animaux sans vertébrés*, París. 343 pp.
- Lambert, C.C. & G. Lambert. 1998. Non-indigenous ascidians in southern California harbors and marinas. *Marine Biology* 130: 675–688.
- Lambert, C.C. & G. Lambert. 2003. Persistence and differential distribution of nonindigenous ascidians in harbors of the southern California Bight. *Marine Ecology Progress Series* 259: 145–161.
- Lambert, G., Z. Faulkes, C.C. Lambert & V.L. Scofield. 2005. Ascidiens of south Padre island, Texas, with a key to species. *The Texas Journal of Science*, 57(3): 251–262.
- Lara-Lara, J.R., V. Arenas, C. Bazán, V. Díaz, E. Escobar, M.C. García, G. Gaxiola, G. Robles, R. Sosa, L.A. Soto, M. Tapia & J.E Valdez-Holguín. 2008. Los ecosistemas marinos. Pp: 135–159, *In*: *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México.
- Lee, W.L., W.D. Hartman & M.C. Díaz. 2007. Porifera. Pp: 83–97, *In*: Carlton, J.T. (ed.), *The light and Smith manual Intertidal invertebrates from central California to Oregon*. 4a ed. University of California press.
- Lesson, R.P. 1831. *Voyage autour du monde, execute par ordre du Roi, sur la Corvette de Sa Majesté, La Coquille, pendant les années 1822, 1823, 1824 et 1825*. *Zoologie* 2(1): 1–471.



- Lewbel, G.S., R. L. Howard & B. J. Gallagay. 1987. Zonation of dominant fouling organisms on Northern Gulf of Mexico petroleum platforms. *Marine Environmental Research* 21: 199–224.
- Lewis, J.A., C. Watson & H.A. ten Hove. 2006. Establishment of the Caribbean serpulid tubeworm *Hydroides sanctaecrucis* Krøyer [in] Mörch, 1863, in northern Australia. *Biological Invasions* 8: 665–671.
- Lin, H.J. & K.T. Shao. 2002. The development of subtidal fouling assemblages on artificial structure in Keelung harbor, Northern Taiwan. *Zoological Studies* 41(2):170–182.
- Lindeyer, F. & A. Gittenberger. 2010. Ascidians in the succession of marine fouling communities. *Aquatic Invasions* 6(4): 421–434.
- Linnaeus, C. 1758. *Systema Nature*. Zoophyta 10(1): 799–821.
- Lodeiros, C.J., J.J. Rengel, L. Freitas, F. Morales & J.H. Himmelman. 1998. Growth and survival of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* maintained in suspended culture at three depths. *Aquaculture* 165: 41–50.
- Lodeiros, C.J., P. Valentich-Scott, J. Chávez-Villalba, J.M. Mazón-Suástegui, J.M. Grijalva-Chon. 2020. Tropical and subtropical ostreidae of the American Pacific: taxonomy, biology, ecology, and genetics. *Journal of Shellfish Research* 39(2): 181–206.
- Londoño-Mesa, M.H. 2009. Terebellidae Grube, 1850. Pp: 641–656, *In*: de León-González J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Solís-Weiss (eds.), Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Long, E.R. 1974. Marine fouling studies off Oahu, Hawaii. The veliger 17(1): 23–36.
- Lord, J. 2017. Impact of seawater temperature on growth and recruitment of invasive fouling species at the global scale. *Marine Ecology* 38: 1–10.
- Mackie, J.A., M.J. Keough & L. Christidis. 2006. Invasion patterns inferred from cytochrome oxidase I sequences in three bryozoans, *Bugula neritina*, *Watersipora subtorquata*, and *Watersipora arcuata*. *Marine Biology* 149: 285–295.
- Marcus, E. 1937. Bryozoairios marinhos brasileiros I. São Paulo Universidade, Boletins da Faculdade de Philosophia, Ciencias e Letras 1: 1–224.
- Margalef, R. 1974. *Ecología*. Omega, Barcelona, 951 pp.
- Margalef, R. 1997. *Our Biosphere*. *In*: Kinne, O. (ed.), Excellence in Ecology Series. Ecology Institute, Oldendorf, Germany, 453 pp.
- Martin, J.W. & Davis G.E. 2001. An Updated Classification of the recent crustacea. Natural History Museum of Los Angeles Contry. Science Series 39:124.
- Mayer-Pinto, M. & A.O. Junqueira. 2003. Effects of organic pollution on the initial development of fouling communities in a tropical bay, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 1495–1503.
- McIntosh, W.C. 1885. Report on the Annelida Polychaeta collected by H.M.S. Challenger during the years 1873–76. Report of the scientific results of the voyage of H.M.S. Challenger London, *Zoology* 12: 1–554.
- McLaughlin, P.A. 1980. Comparative morphology of recent crustacea. W.H. Freeman and company, San Francisco, 177 pp.
- Medina-Rosas, P. & A. Tovar-Hernández. 2012. Capítulo 7, Bryozoa, Cnidaria, Kamptozoa. Pp: 107–128, *In*: Low-Pfeng, A.M. & E. M. Peters-Recagno (eds.), Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano. Geomare, A. C. INE-SEMARNAT, México.



- Mendoza, R. & P. Koleff. 2014. Introducción de especies exóticas acuáticas en México y el Mundo. Pp: 17–41, *In: Especies acuáticas invasoras en México*, Mendoza, R. & P. Koleff (coords.), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Michaelsen, W. 1904. Revision der compositen Styeliden order Polyzoen. *Jahresbericht Wissenschaftliche Hamburger 21(2)*: 1–124.
- Millard, N. A. H. 1975. Monograph on the Hydroida of Suthern Africa. *Annals of the South African Museum 68*: 513 pp.
- Mills, C.E., A.C. Márquez, A. E. Migotto, D.R. Calder, C. Hand, J. T. Rees, S. H. D. Haddocky C. W. Dunn. 2007. Hydrozoa: polyps, hydromedusae and siphonophora. Pp: 173-275, *In: Carlton, J.T. (ed.) The light and smith manual, intertidal invertebrates from central California to Oregon. 4a ed., University of California Press.*
- Milne-Edwards, H. 1841. Observations sur les Ascidies composes des côtes de la Manche. *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France 18*: 217–326.
- Monniot, F. & G. Lambert. 2008. Coral reef ascidians of New Caledonia. *Tabular keys to worldwide ascidians families and genera*, 10 pp.
- Monniot C. & F. Monniot, 1987. Les ascidies de Polynésie française. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle ser A., 136*: 1-155.
- Monniot, F. & C. Monniot. 1996. New collections of ascidians from the western Pacific and southeastern Asia, *Micronesia 29(2)*: 133–279.
- Monniot, C. & F. Monniot. 2001. Ascidians from the tropical western Pacific. *Zoosystema 23(2)*: 201–383.
- Monniot, C., F. Monniot & P. Laboute. 1991. Coral reef ascidians of New Caledonia. *Memories Museum of Natural History Editions de l'ORSTOM, Collection Faune tropicale (30)*: 1–247.
- Monro, C.C.A. 1933. On a collection of Polychaeta from Dry Tortugas, Florida. *Annual Magazine of Natural History, London 10*: 244–269.
- Mörch, O.A.L. 1863. Revisio critica Serpulidarum. Et bidrag til roromenes naturhistorie. *Naturhist. Tidskr. Henrik Kroyer Kobenhavn 1(3)*: 347–470.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA 1*: 84 pp.
- Moreno-Dávila, B.B. 2010. Ascidiias (Tunicata: Ascidiacea) de Oaxaca, México. Tesis de licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 116 pp.
- Moreno, C.E. & P. Rodríguez. 2011. Commentary: Do we have a consistent terminology for species diversity? Back to basics and toward a unifying framework. *Oecologia 167*: 889–892.
- Moyano, H.I. 1983. Southern Pacific Bryozoa: A general view with emphasis on Chilean species. *Universidad de Concepcion Chile. Smithsonian Libraries*, 45 pp.
- Nava, H., A.G. Figueroa, C.A. Haro, B.M. Villegas. 2015. Esponjas marinas: importancia ecológica en los ecosistemas arrecifales. *CONABIO. Biodiversitas 123*: 12–16.
- Nelson-Smith, A. 1967. *Catalogue of main marine fouling organisms (found on ships coming into European waters). Vol. 3. Serpulids. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris*, 79 pp.
- Newman, W.A. & A. Ross 1976. Revision of the balanomorph barnacles; including a catalogue of the species. *San Diego Society of Natural History, San Diego*, 108 pp.
- Newman, W.A. & D.P. Abbott. 1980. Cirripedia: The Barnacles. Pp: 504–535, *In: Abbott, D.P. & E.C. Haderlie (eds.), Intertidal Invertebrates of California. Stanford University Press.*



- Nixon, S.W., C.D. Hunt & B.L. Nowicki. 1986. The retention of nutrients (C, N, P), heavy metals (Mn, Cd, Pb, Cu), and petroleum hydrocarbons by Narragansett Bay. Pp: 99–122, *In*: Lasserre, P. & J.M. Martin (eds.), Biogeochemical processes at the land-sea boundary. Elsevier, New York.
- Novak, R. 1984. A Study in Ultra-Ecology: Microorganisms on the Seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology* 5(2): 143–190.
- Occhipinti-Ambrogi, A. Savini, D. 2003. Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 46: 542–551.
- Oka, A. 1890. *Ascopodaria misakiensis*. Zoological Society of Japan, Tokyo, Dobutsagaki Zasshi. Vol. 2, 233–237.
- Oka, A. 1895. Sur la *Barentsia misaliensis*. Zoological Society of Japan, Tokyo, Dobutsagaki Zasshi. Vol. 7, pl. 12, 76–86.
- Oka, A. 1927. Zur Kenntnis der japanischen Botryllidae (Vorläufige Mitteilung). *Proceedings of the Imperial Academy*, (3): 607–609.
- Okolodkov, Y.B. & H. García-Escobar. 2014. Agua de lastre y transporte de los organismos incrustantes, leyes y acciones: perspectivas para México. Pp: 55–80, *In*: Low, A., P.A. Quijón, E. M. Peters. (eds.), Especies invasoras acuáticas: Casos de estudio en ecosistemas de México. México D.F.
- Okolodkov, Y.B., R. Bastida-Zavala, A.L. Ibáñez, J.W. Chapman, E. Suárez-Morales, F. Pedroche & F. J. Gutiérrez-Mendieta. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México 11(32): 29–67.
- O'Loughlin, E., C. McCloud, M. Sierp & G. Wesphalen. 2006. Temperature and salinity tolerances of priority of marine pests. Prepared for PIRSA Biosecurity. South Australian Research and Development Institute (Aquatic Sciences), Adelaide, 45 pp.
- Olsson, A.A. 1961. Mollusks of the Tropical Eastern Pacific, particularly from the southern half of the Panamic-Pacific faunal province (Panamá to Perú). Panamic-Pacific Pelecypoda. Paleontological Research Institution, Ithaca, 574 pp.
- Osburn, R. 1940. Bryozoa of Porto Rico with a resume of West Indian Bryozoan fauna. Scientific survey of Porto Rico and the Virgin Islands 16: 321–486.
- Osburn, R. 1950. Bryozoa of the Pacific coast of America. Part 1, Cheilostomata-Anasca. Report of the Allan Hancock Pacific Expeditions 14(1): 1–269.
- Osburn, R. 1952. Bryozoa of the Pacific coast of America II. Part 2, Cheilostomata-Ascophora. Report of the Allan Hancock Pacific Expeditions 14(3): 271–611.
- Osburn, R. 1953. Bryozoa of the Pacific coast of America III. Part 3, Cyclostomata, Ctenostomata, Entoprocta and Addenda. Report of the Allan Hancock Pacific Expeditions 14(3): 613–841.
- Oshurkov, V.V. 1992. Succession and climax in some fouling communities. *Biofouling: The Journal of Bioaghesion and Biofilm Research* 6(1):1–12.
- Osman, R.W. 1977. The establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecology Monography* 47: 37–63.
- PanAmerican Experimental Macroecology Initiative (PanAmEx). 2018. Smithsonian Environmental Research Center, Smithsonian Tropical Research Institute & Temple University.
- Perkins, T.H. 1984. Revision of *Demonax* Kinberg, *Hypsicomus* Grube, and *Notaulax* Tauber, with a review of *Megaloma* Johansson from Florida (Polychaeta: Sabellidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 97(2): 285–368.



- Pickett, S.T. & P. S. White (eds.). 1985. The Ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, 472 pp.
- Pilsbry, H. 1916. The sessile barnacles (Cirripedia) contained in the collections of the U.S. National Museum; including a monograph of the American species. Smithsonian Institution, United States National Museum 93: 542 pp.
- Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka, J. Wightman, C. Simmonds, C. O'Connell, E. Wong, L. Russell, J. Zern, T. Aquino & T. Tsomondo. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agric. Ecosystem Environmental* 84: 1–20.
- Pitombo, F.B. 2004. Phylogenetic analysis of the Balanidae (Cirripedia, Balanomorpha). *Zoologica Scripta* 33: 261–276.
- Poloczanska E.S. & A. Butler. 2010. Chapter 23. Biofouling and climate change. Pp: 333–347, *In*: Dürr, S. & Thomason, J.C. (eds.), *Biofouling*. Wiley-Blackwell, Singapore.
- Pörtner, H.O. 2002. Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. *Comparative biochemistry and Physiology A* 132: 739–761.
- Ramalhosa, P., K. Camacho-Cruz, J.R. Bastida-Zavala & J. Canning-Clode. 2014. First record of *Branchiomma bairdi* McIntosh, 1885 (Polychaeta: Sabellidae) from Madeira Island, Portugal (Northeastern Atlantic Ocean). *BiolInvasions Records* 3(3): 1–5.
- Ramírez, R.G. & M. L. Sevilla. 1965. Las Ostras de México. Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Pesca a Industrias Conexas, 1–36.
- Rasband, W.S. 2016. ImageJ, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. <https://imagej.nih.gov/ij>.
- Reeve, L.A. 1842. *Cochologia systematica, or complete system of conchology; in which the lepades and conchiferous mollusca are described and classified according to their natural organization and habits*. Longman, Brown, Green, & Longman's, London, 338 pp.
- Rioja, E. 1941a. Estudios Anelidológicos II. Observaciones acerca de varias especies del género *Hydroides* Gunnerus (sensu Fauvel) de las costas mexicanas del Pacífico. *Anales del Instituto de Biología* 12: 161–175.
- Rioja, E. 1941b. Estudios Anelidológicos, III. Datos para el conocimiento de la fauna de poliquetos de las costas mexicanas del Pacífico. *Anales del Instituto de Biología* 12: 669–746.
- Rioja, E. 1942. Estudios Anelidológicos IV. Observaciones sobre especies de serpúlidos de las costas del Pacífico de México, con descripción de una especie nueva del género *Hydroides*. *Anales del Instituto de Biología* 13: 125–135.
- Rioja, E. 1951. Estudios Anelidológicos, XX. Observaciones acerca del *Dasychone bairdi* McIntosh (Poliqueto sabélido). *Anales del Instituto de Biología* 22: 513–516.
- Rioja, E. 1960. Estudios Anelidológicos. XXIII. Contribución al conocimiento de los anélidos poliquetos de las islas de Revillagigedo. *Anales del Instituto de Biología* 30: 243–259.
- Ritter, W.E. & R.A. Forsyth. 1917. *Ascidians of the litoral zone of southern California*. University of California Publications in Zoology (16): 439–512.
- Robertson, A. 1900. *Studies in Pacific Coast Entoprocta*. California Academy of Sciences 2(4): 323–348.
- Robertson, A. 1905. *Non-incrusting Chilostomatous Bryozoa of the West Coast of North America*. University of California Publications in Zoology 2(5): 235–322.
- Rocha, R.M. & N. Bonnet. 2009. *Ascidias (Tunicata, Ascidiacea) introduzidas no Arquipélago de Alcatrazes, São Paulo*. *Iheringia, Série Zoológica, Porto Alegre* 99(1): 27–35.



- Rocha, R.M., T.B. Zanata & T.R. Moreno. 2012. Keys for the identification of families and genera of Atlantic shallow-water ascidians. *Biota Neotropical* 12(1): 36.
- Rodríguez-Almaraz, G.A. & M.S. García-Madrugal. 2014. Crustáceos exóticos invasores. Pp: 347–371, *In*: Mendoza, R. & P. Koleff (coords.) *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Rodríguez-Valencia, J.A. 2004. Respuesta de los poliquetos bentónicos a la variabilidad ambiental y condiciones El Niño en Bahía Petacalco (Guerrero, México). *Ciencias Marinas* 30(4): 515–526.
- Ruiz, G.M., P. Fofonoff, A.H. Hines & E.D. Grosholz. 1999. Non-indigenous species as stressors in estuarine and marine communities: Assessing invasion impacts and interactions. *Limnology Oceanography* 44: 950–972.
- Ruppert E. & R. Barnes. 1996. *Zoología de los invertebrados*. 6a ed., McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México, 1000 pp.
- Rützler, K. 1973. Clionid sponges from the coast of Tunisia. *Bulletin Institute Océanographique de Pêche, Salammbô* 2(4): 623–636.
- Safriel, U.N. & N. Erez. 1987. Effect of limpets on the fouling of ships in the Mediterranean. *Marine Biology* 95: 531–537.
- Salazar-Vallejo, S.I. & O. Díaz-Díaz. 2009. Maldanidae Malmgren, 1867. Pp: 291–310, *In*: de León-González J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Solís-Weiss (eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Salazar-Vallejo, S.I. & M.H. Londoño-Mesa. 2004. Lista de especies y bibliografía de poliquetos (Polychaeta) del Pacífico oriental tropical. *Anales del Instituto de Biología, México* 75(1): 9–97.
- Salazar-Vallejo, S.I. 1989. Bibliografía y lista de especies. Pp: 133–211, *In*: *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México*. Libros Universitarios, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz.
- Salazar-Vallejo, S.I. 1991. Revisión de algunos eucliméninos (Polychaeta: Maldanidae) del Golfo de California, Panamá, Florida y el Estrecho de Magallanes. *Revista de Biología Tropical* 39: 269–278.
- Sams, M.A. & M.J. Keough. 2012. Contrasting effects of variable species recruitment on marine sessile communities. *Ecology*, 93:1153–1163.
- Sanders, H.L., J.F. Grassle, G.R. Hampson, L.S. Morse, S. Gerner-Price & C.C. Jones. 1980. Anatomy of an oil spill: Long-term effects from the grounding of the barge Florida off West Falmouth, Massachusetts. *Journal of Marine Research* 38: 265–380.
- Savigny, J.C. 1816. *Memoires sur les animaux sans vertebres*. Paris 2: 1–239.
- Scheer, B.T. 1945. The development of marine fouling communities. *Biology Bulletin* 89: 103–121.
- Scheltema, R.S., J.T. Carlton. 1984. Methods of dispersal among fouling organisms and possible consequences for range extension and geographical variation. Pp: 127–133, *In*: Costlow, J.D., R.C. Tipper (eds.). *Marine biodeterioration: an interdisciplinary study*. U.S. Naval Institute, Annapolis, MD.
- Schuchert, P. 2006. The European athecate hydroids and their medusae (Hydrozoa, Cnidaria): Capitata Part 1. *Revue suisse de Zoologie* 113: 325–410.



- Shannon, C.E. & W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, USA, 144 pp.
- Silva-Morales, I. & J.D. Gómez-Vásquez. 2021. First records and two new species of sipunculans (Sipuncula) from the southern Mexican Pacific. *European Journal of Taxonomy* 740: 77–117.
- Simpson, T.L. 1984. The cell biology of sponges. Springer-Verlag, Nueva York, 662 pp.
- Sluiter, C.P. 1909. Die Tunicaten der Siboga-Expedition. II. Die merosomen Ascidien. *Siboga-Expedition* 56b:1–112.
- Smith, T.M. & R.L. Smith. 2007. *Ecología*. 6a ed., Pearson Educación, S.A., Madrid, 776 pp.
- Sowerby, J. 1824. The genera of recent and fossil shells. Division of Mollusks sectional library. Londres, 275 pp.
- Sowerby, G. B. 1857. *Thesaurus conchyliorum*. Londres, 3(17): 210 pp.
- Straughan, D.W. 1972. Ecological studies of *Mercierella enigmatica* Fauval (Annelida: Polychaeta) in the Brisbane River. *Journal of Animal Ecology* 41: 93–136.
- Sun, Y., E. Wong, H.A. ten Hove, P.A. Hutchings, J.E. Williamson & E.K. Kupriyanova. 2015. Revision of the genus *Hydroides* (Annelida: Serpulidae) from Australia. *Zootaxa* 4009 (1): 1–99.
- Sun, Y., E. Wong, M.A. Tovar-Hernández, J.E. Williamson & E. K. Kupriyanova. 2016. Is *Hydroides brachyacantha* (Serpulidae: Annelida) a widespread species? *Invertebrate Systematics* 30: 41–59.
- Sutherland, J.P. 1974. Multiple stable points in a natural community. *American Naturalist* 108: 859–873.
- Sutherland, J.P. 1984. The structure and stability of marine macrofouling communities. Pp: 202–206, *In*: Costlow, J.D. & R.C. Tipper (eds.) *Marine biodeterioration: an interdisciplinary study*. Annapolis: United States Naval Institute.
- Sutherland, J.P. & R.H. Karlson. 1973. Succession and seasonal progression in the fouling community at Beaufort, North Carolina. Pp: 906–929, *In*: 3rd International Congress on Marine Corrosion and Fouling. Northwestern University Press, Evanston.
- Sutherland, J.P. & R.H. Karlson. 1977. Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. *Ecological Monographs* 47: 425–446.
- Taylor, P.D. & M.A. Wilson. 2002. A new terminology for marine organisms inhabiting hard substrates. *Palaios* 17: 522–525.
- Terlizzi, A., S. Bevilacqua, S. Frascchetti, F. Boero. 2003. Taxonomic sufficiency and the increasing insufficiency of taxonomic expertise. *Marine Pollution Bulletin* 46: 556–561.
- Terlizzi, A. & M. Faimali. 2010. Chapter 12. Fouling on Artificial Substrata. Pp: 170–184, *In*: Dürr, S. & J.C. Thomason (eds.), *Biofouling*. Wiley-Blackwell, Singapore.
- Tokioka, T. 1953. *Ascidians of Sagami Bay: Collected by his majesty the Emperor of Japan*. Tokyo: Iwanami Shoten, 322 pp.
- Tokioka, T. 1967. Pacific Tunicata of the United States National Museum. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 251: 1–247.
- Tovar-Hernández, M.A. 2009. Sabellidae Latreille, 1825. Pp: 489–520, *In*: de León-González J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo & V. Solís-Weiss (eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.



- Tovar-Hernández, M. A. 2012. Capítulo VI. Tunicata. Pp: 85–106, *In*: Low-Pfeng, A. M. & E.M. Peters Recagno (eds.) Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano. Geomare, A. C., INE-SEMARNAT.
- Tovar-Hernández, M. A. & P. Knight-Jones. 2006. Species of *Branchiomma* (Polychaeta: Sabellidae) from the Caribbean Sea and Pacific coast of Panama. *Zootaxa* 1189: 1–37.
- Tovar-Hernández, M. A. & B. Yáñez-Rivera. 2012. Ficha técnica y análisis de riesgo de *Branchiomma bairdi* (McIntosh, 1885) (Polychaeta: Sabellidae). Pp: 168–190, *In*: Low-Pfeng, A. M. & E.M. Peters Recagno (eds.) Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano. Geomare, A. C., INE-SEMARNAT.
- Tovar-Hernández, M. A., N. Méndez, & J. Salgado-Barragán, 2009a. *Branchiomma bairdi*: a Caribbean hermaphrodite fan worm in the south- eastern Gulf of California (Polychaeta: Sabellidae). *Marine Biodiversity Records* 2(e43): 1–18.
- Tovar-Hernández, M. A., N. Méndez & T. F. Villalobos-Guerrero. 2009b. Fouling polychaete worms from the southern Gulf of California: Sabellidae and Serpulidae. *Systematics and Biodiversity* 7 (3): 319–336.
- Tovar-Hernández, M. A., T.F. Villalobos-Guerrero, E.K. Kupriyanova & Y. Sun. 2015. A new fouling *Hydroides* (Annelida, Sabellida, Serpulidae) from Southern Gulf of California. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 96 (3): 693–705.
- Tovar-Hernández, M. A., T.F. Villalobos-Guerrero, B. Yáñez-Rivera, J.M. Aguilar-Camacho & I.D. Ramírez-Santana. 2012. Guía de invertebrados acuáticos exóticos en Sinaloa. Geomare, A. C., USFWS, INE-SEMARNAT. Mazatlán, México, 41 pp.
- Tovar-Hernández, M. A., B. Yáñez-Rivera, T.F. Villalobos-Guerrero, J.M. Aguilar-Camacho & I.D. Ramírez-Santana. 2014. Invertebrados marinos exóticos en el Golfo de California. Pp: 15–22, *In*: Low-Pfeng, A.M, P.A Quijón & E.M. Peters Recagno (eds.), *Especies invasoras acuáticas: Casos de estudio en ecosistemas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, University of Prince Edwards Island, Prince Edward Island.
- Turgeon, D.D., W.G. Lyons, P. Mikkelsen, G. Rosenberg & F. Moretzsohn. 2009. Bivalvia (Mollusca) of the Gulf of Mexico. Pp: 711–744, *In*: Felder, D.L. & D.K. Camp (eds.), *Gulf of Mexico-Origins, water, and biota*. Biodiversity, Texas A & M Press, College.
- Turon, X.T. Nishikawa & M. Rius. 2007. Spread of *Microcosmus squamiger* (Ascidacea: Pyuridae) in the Mediterranean Sea and adjacent waters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342: 185–188.
- Tyrrell, M.C. & J.E. Byers. 2007. Do artificial substrates favor nonindigenous fouling species over native species? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342: 54–60.
- Underwood, A.J. & E.J. Denley. 1984. Paradigms, explanations, and generalizations in models for the structure of intertidal communities on rocky shores. Pp: 151–180, *In*: Strong, D.R. (ed.), *Ecological communities: conceptual issues and the evidence*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Underwood, A.J. & M.J. Anderson. 1994. Seasonal and temporal aspects of recruitment and succession in an intertidal estuarine fouling assemblage. *Journal of Marine Biology* 74: 563–584.
- Underwood, A.J. & P.G. Fairweather. 1989. Supply side ecology and benthic marine assemblages. *Trends in Ecology and Evolution* 4: 16–19.
- Valentich-Scott, P. & G. E. Dinesen. 2004. Rock and coral boring Bivalvia (Mollusca) of the middle Florida Keys, USA. *Malacologia* 46(2): 339–354.



- van der Land, J. 2008. UNESCO-IOC Register of Marine Organisms, a common base for biodiversity inventories (URMO): <http://www.marinespecies.org/urmo>
- Vance, T., L. Lauterbach & M. Lenz. 2009. Rapid invasion and ecological interactions of *Diplosoma listerianum* in the North Sea, UK. *Marine Biodiversity Records*, 2:1–5.
- Van Name, W.G. 1921. Ascidians of the west Indian region and Southeastern United States. *Bulletin American Museum of Natural History* 44(16): 283–494.
- Van Name, W.G. 1945. The North and South American ascidians. *Bulletin American Museum of Natural History* 84: 1–476.
- Villalobos-Guerrero, T.F. & I.C. Molina-Acevedo. 2014. Lista de especies y estado de conocimiento de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de Sinaloa, golfo de California. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 53(1): 79–109.
- Villalobos-Guerrero, T.F., B. Yáñez-Rivera & M.A. Tovar-Hernández. 2012. Chapter IV: Polychaeta. Pp: 45–66, *In*: Low Pfeng, A.M. & E.M Peters Recagno (eds.), *Invertebrados marinos exóticos en el Pacífico mexicano*. Geomare, A.C. & Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Insurgentes Cuicuilco.
- Wahl, M. 1989. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: Some basics aspects. *Marine Ecology Progress Series* 58: 175–189.
- Walther, G. R, A. Roques, P. Hulme, M. Sykes, P. Pysek, I. Kühn, M. Zobel, S. Bacher, Z. Botta-Dukát, H. Bugmann, B. Czúcz, J. Dauber, T. Hickler, V. Jarosík, M. Kenis, S. Klotz, D. Minchin, M. Moora, W. Nentwing, J. Ott, V. Panov, B. Reineking, C. Robinet, V. Semchenko, W. Solarz, W. Thuiller, M. Vila, K. Vohland & J. Settele. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 24(12): 686–693.
- Wardiwick, R.M. 1988. The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Marine Pollution Bulletin* 19: 259–268.
- Wasson, K. 1997. Systematic revision of colonial kamptozoans (entoprocts) of the Pacific coast of North America. *Zological Journal of the Linnean Society* 121: 1–63.
- Wasson, K. & R. N. Mariscal. 2007. Kamptozoa (Entoprocta). Pp: 283–287, *In*: Carlton, J.T. (ed.) *The light and Smith manual. Intertidal invertebrates from central California to Oregon*. 4a ed., University of California Press.
- Winfield, I., S. Cházaro-Olvera, G. Horta-Puga, M. A. Lozano-Aburto & V. Arenas-Fuentes. 2010. Encrusting macrocrustaceans in the Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversity, abundance, and distribution. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(S):165–175.
- Winston, J.E. 1982. Marine bryozoans (Ectoprocta) of the Indian River Area (Florida). *American Museum Natural History Bulletin* 173(2): 99–176.
- Woodin, S.A. & J.B.C. Jackson. 1979. Interphyletic competition between marine benthos. *American Zoology* 19: 1029–1043.
- Wright, J.T. & A.R. Davis. 2006. Demographic feedback between clonal growth and fragmentation in an invasive seaweed. *Ecology* 87(7): 1744–1754.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5a ed., Prentice Hall, Nueva Jersey, 944 pp.
- Zibrowius, H. 1970. Contribution a l'étude des Serpulidae (Polychaeta Sedentaria) du Brésil. *Boletim do Instituto Oceanográfico, Sao Paulo* 19: 1–32.
- Zullo, V. A. 1979. Marine Flora and Fauna of the Northeastern United States. Arthropoda: Cirripedia. NOAA Technical Report NMFS Circular, 425 pp.



Anexo I. Caracterización ambiental. Valores ambientales obtenidos a un metro de profundidad en cada estación de muestreo: Transparencia del agua (K) y Sólidos Totales Disueltos (mg/L).

| Fecha | Transparencia del agua (cm ⁻¹) | | | | SDT (mg/L) | | | |
|----------|--|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 01/06/19 | 0.0250 | 0.0170 | 0.0210 | - | 18,940 | 19,080 | 18,860 | - |
| 15/06/19 | 0.0105 | 0.0108 | 0.0125 | - | 19,680 | 19,660 | 20,030 | - |
| 29/06/19 | 0.0165 | 0.0143 | 0.0139 | 0.0155 | 19,940 | 20,020 | 20,020 | 19,960 |
| 13/07/19 | 0.0172 | 0.0150 | 0.0127 | 0.0139 | 17,780 | 18,710 | 18,910 | 18,740 |
| 27/07/19 | 0.0181 | 0.0126 | 0.0175 | 0.0128 | 16,670 | 19,840 | 19,880 | 19,830 |
| 10/08/19 | 0.0111 | 0.0092 | 0.0090 | 0.0121 | 19,180 | 19,650 | 19,600 | 19,260 |
| 24/08/19 | 0.0207 | 0.0108 | 0.0097 | 0.0288 | 19,410 | 19,670 | 19,630 | 19,620 |
| 07/09/19 | 0.0170 | 0.0134 | 0.0110 | 0.0147 | 20,030 | 20,180 | 20,050 | 20,200 |
| 21/09/19 | 0.0156 | 0.0118 | 0.0115 | 0.0189 | 19,930 | 19,970 | 19,960 | 20,030 |
| 05/10/19 | 0.0187 | 0.0160 | 0.0157 | 0.0144 | 19,680 | 19,550 | 19,540 | 19,680 |
| 19/10/19 | 0.0111 | 0.0104 | 0.0121 | 0.0138 | 20,880 | 20,650 | 20,610 | 20,580 |
| 02/11/19 | 0.0128 | 0.0123 | 0.0126 | 0.0173 | 20,570 | 20,530 | 20,480 | 20,440 |
| 16/11/19 | 0.0187 | 0.0175 | 0.0135 | 0.0121 | 32,340 | 32,240 | 32,050 | 32,470 |
| 30/11/19 | 0.0138 | 0.0143 | 0.0173 | 0.0127 | 32,020 | 31,950 | 31,950 | 32,110 |
| 14/12/19 | 0.0239 | 0.0168 | 0.0122 | 0.0185 | 21,720 | 21,840 | 21,860 | 21,930 |
| 28/12/19 | 0.0125 | 0.0112 | 0.0106 | 0.0121 | 22,080 | 22,230 | 22,220 | 22,270 |
| 11/01/20 | 0.0127 | 0.0112 | 0.0107 | 0.0087 | 21,700 | 21,840 | 22,060 | 21,870 |
| 25/01/20 | 0.0101 | 0.0105 | 0.0090 | 0.0086 | 33,130 | 32,850 | 32,560 | 32,950 |
| 08/02/20 | 0.0108 | 0.0101 | 0.0109 | 0.0107 | 32,890 | 33,220 | 33,080 | 33,370 |
| 22/02/20 | 0.0168 | 0.0142 | 0.0108 | 0.0135 | 22,430 | 23,250 | 23,000 | 23,300 |
| 07/03/20 | 0.0090 | 0.0093 | 0.0087 | 0.0087 | 22,040 | 22,710 | 22,660 | 22,710 |
| 21/03/20 | 0.0134 | 0.0159 | 0.0113 | 0.0117 | 22,980 | 23,090 | 23,040 | 22,990 |
| 04/04/20 | 0.0167 | 0.0135 | 0.0122 | 0.0150 | 22,310 | 22,870 | 22,870 | 22,810 |
| 18/04/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 02/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13/06/20 | 0.0126 | 0.0113 | 0.0099 | 0.0089 | 22,190 | 23,230 | 23,210 | 23,240 |



Anexo II. Caracterización ambiental. Valores ambientales obtenidos a un metro de profundidad en cada estación de muestreo: Temperatura (°C) y salinidad.

| Fecha | Temperatura °C | | | | Salinidad | | | |
|----------|----------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 01/06/19 | 30.36 | 30.42 | 30.5 | - | 23.9 | 24.07 | 23.88 | - |
| 15/06/19 | 29.77 | 30.17 | 30.44 | - | 24.98 | 25.31 | 25.44 | - |
| 29/06/19 | 31.02 | 31.21 | 31.33 | 31.59 | 25.31 | 28.38 | 25.35 | 25.3 |
| 13/07/19 | 30.54 | 30.86 | 30.93 | 30.66 | 22.28 | 23.59 | 23.15 | 23.65 |
| 27/07/19 | 31.24 | 31.38 | 31.38 | 31.2 | 24.87 | 25.12 | 25.21 | 25.11 |
| 10/08/19 | 30.38 | 30.64 | 30.72 | 30.54 | 24.4 | 24.88 | 24.73 | 24.37 |
| 24/08/19 | 30.9 | 31.31 | 31.37 | 30.96 | 24.5 | 24.9 | 24.7 | 24.84 |
| 07/09/19 | 31.46 | 31.57 | 32.01 | 31.37 | 25.39 | 25.63 | 25.44 | 25.63 |
| 21/09/19 | 31.12 | 31.66 | 32.07 | 31.49 | 25.24 | 25.31 | 25.28 | 25.39 |
| 05/10/19 | 30.82 | 31.23 | 31.63 | 31.42 | 24.92 | 24.65 | 24.69 | 24.94 |
| 19/10/19 | 29.99 | 30.08 | 30.22 | 29.98 | 26.64 | 26.32 | 26.31 | 26.62 |
| 02/11/19 | 30.09 | 30.37 | 30.64 | 30.34 | 26.16 | 26.15 | 26.04 | 26.03 |
| 16/11/19 | 28.68 | 29.11 | 29.16 | 28.54 | 43.69 | 43.53 | 43.3 | 43.83 |
| 30/11/19 | 29.03 | 29.1 | 29.3 | 28.81 | 43.25 | 42.09 | 43.1 | 43.28 |
| 14/12/19 | 28.79 | 28.2 | 29.23 | 29.02 | 27.88 | 28.04 | 28.07 | 28.14 |
| 28/12/19 | 28.71 | 28.74 | 28.94 | 28.66 | 28.4 | 28.61 | 28.59 | 28.66 |
| 11/01/20 | 27.98 | 28.41 | 28.23 | 27.98 | 27.88 | 28.05 | 28.38 | 28.13 |
| 25/01/20 | 26.99 | 27.48 | 28.02 | 27.42 | 44.96 | 44.99 | 44.02 | 44.63 |
| 08/02/20 | 26.46 | 26.79 | 27.08 | 26.84 | 44.61 | 45.14 | 44.89 | 43.37 |
| 22/02/20 | 28.4 | 28.87 | 29.04 | 28.83 | 30.43 | 30.27 | 29.84 | 30.14 |
| 07/03/20 | 28.67 | 29.05 | 29.09 | 28.5 | 28.33 | 29.3 | 29.21 | 29.35 |
| 21/03/20 | 30.02 | 29.71 | 29.88 | 29.58 | 29.67 | 29.82 | 29.72 | 29.65 |
| 04/04/20 | 28.17 | 28.15 | 28.61 | 28.05 | 28.82 | 29.5 | 29.52 | 29.42 |
| 18/04/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 02/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13/06/20 | 30.52 | 30.85 | 30.95 | 30.47 | 28.53 | 29.98 | 29.9 | 29.99 |

**Anexo III. Caracterización ambiental. Valores ambientales obtenidos a un metro de profundidad en cada estación de muestreo: Oxígeno disuelto (%) y pH.**

| Fecha | OD (%) | | | | pH | | | |
|----------|--------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 01/06/19 | 2.6 | 5.2 | 7 | - | 8.02 | 7.97 | 7.99 | - |
| 15/06/19 | 8.6 | 9.2 | 13.9 | - | 7.88 | 7.81 | 7.88 | - |
| 29/06/19 | 33.5 | 46.4 | 50.6 | 53.5 | 8.03 | 8.11 | 8.07 | 8.28 |
| 13/07/19 | 34.7 | 26.8 | 23 | 21.2 | 8.11 | 8.19 | 8.24 | 8.2 |
| 27/07/19 | 23.6 | 20.9 | 21.2 | 27.8 | 8.34 | 8.43 | 8.31 | 8.43 |
| 10/08/19 | 32.6 | 31.4 | 29.1 | 37 | 8.54 | 8.42 | 8.42 | 8.45 |
| 24/08/19 | 13.3 | 12.7 | 28.9 | 11.6 | 8.5 | 8.48 | 8.46 | 8.5 |
| 07/09/19 | 40 | 40.7 | 34.8 | 32 | 8.48 | 8.52 | 8.45 | 8.39 |
| 21/09/19 | 47.7 | 45.5 | 41.6 | 50.2 | 8.59 | 8.58 | 8.63 | 8.62 |
| 05/10/19 | 50.7 | 44.5 | 43.8 | 51.7 | 8.49 | 8.56 | 8.49 | 8.79 |
| 19/10/19 | 51.3 | 55.7 | 56.4 | 54.2 | 7.88 | 8.22 | 8.11 | 8.24 |
| 02/11/19 | 51.8 | 58.8 | 55 | 54.8 | 7.79 | 8.02 | 7.9 | 7.96 |
| 16/11/19 | 31.2 | 35.3 | 31.9 | 30.3 | 7.64 | 7.85 | 7.87 | 7.84 |
| 30/11/19 | 36.2 | 34.9 | 34.6 | 38.1 | 7.8 | 7.84 | 7.87 | 7.8 |
| 14/12/19 | 37.2 | 43.1 | 42.7 | 38.4 | 7.83 | 8.2 | 8 | 7.99 |
| 28/12/19 | 17.5 | 18.2 | 18.3 | 19.6 | 7.99 | 7.96 | 7.94 | 8 |
| 11/01/20 | 25.9 | 26.2 | 26.9 | 24.05 | 7.94 | 8.1 | 8 | 7.99 |
| 25/01/20 | 34.2 | 33 | 33.6 | 32.9 | 8.19 | 8.12 | 7.92 | 7.94 |
| 08/02/20 | 19.9 | 28.6 | 32.2 | 25.2 | 7.77 | 8.12 | 7.91 | 8.26 |
| 22/02/20 | 31.4 | 31.4 | 31.7 | 32 | 7.64 | 7.93 | 7.98 | 8.2 |
| 07/03/20 | 49.5 | 70.4 | 78.3 | 63.2 | 7.64 | 7.66 | 7.81 | 7.77 |
| 21/03/20 | 44.5 | 39.5 | 37.4 | 37 | 7.86 | 7.63 | 7.6 | 7.66 |
| 04/04/20 | 30.7 | 32.1 | 51.3 | 26.1 | 7.9 | 7.89 | 7.91 | 7.8 |
| 18/04/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 02/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30/05/20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13/06/20 | 9.2 | 16.95 | 30.3 | 20.3 | 6.8 | 6.61 | 6.82 | 6.79 |



Anexo IV. Caracterización ambiental. Valores ambientales obtenidos a un metro de profundidad en cada estación de muestreo: Valores obtenidos con la prueba de t de Student. Valores resaltados en negritas indican diferencia significativa; N= número de datos, Comp.= Comparaciones, p= nivel de probabilidad, Var= varianza, gl= grados de libertad, t_{cal}= valor t de Student calculado, t(0.05,(2))= valor t de Student a un nivel de probabilidad de 0.05.

| Transparencia del agua | | | | | | | Sólidos totales disueltos | | |
|------------------------|----|-------|------|----|------------------|----------------------|---------------------------|------------------|----------------------|
| Estación | N | p | Comp | gl | t _{cal} | t _{0.05(2)} | p | t _{cal} | t _{0.05(2)} |
| A | 24 | 0.055 | AxB | 46 | 1.96 | 2.01 | 0.801 | 0.25 | 2.01 |
| B | 24 | 0.009 | AxC | 46 | 2.68 | 2.01 | 0.817 | 0.23 | 2.01 |
| C | 24 | 0.189 | AxD | 44 | 1.33 | 2.01 | 0.637 | 0.47 | 2.01 |
| D | 22 | 0.374 | BxC | 46 | 0.89 | 2.01 | 0.982 | 0.021 | 2.01 |
| | | 0.735 | BxD | 44 | 0.34 | 2.01 | 0.813 | 0.23 | 2.01 |
| | | 0.291 | CxD | 44 | 1.06 | 2.01 | 0.796 | 0.25 | 2.01 |
| Temperatura | | | | | | | Salinidad | | |
| Estación | N | p | Comp | gl | t _{cal} | t _{0.05(2)} | p | t _{cal} | t _{0.05(2)} |
| A | 24 | 0.586 | AxB | 46 | 0.54 | 2.01 | 0.713 | 0.369 | 2.01 |
| B | 24 | 0.264 | AxC | 46 | 1.12 | 2.01 | 0.862 | 0.174 | 2.01 |
| C | 24 | 0.886 | AxD | 44 | 0.14 | 2.01 | 0.616 | 0.503 | 2.01 |
| D | 22 | 0.571 | BxC | 46 | 0.57 | 2.01 | 0.845 | 0.196 | 2.01 |
| | | 0.705 | BxD | 44 | 0.37 | 2.01 | 0.884 | 0.145 | 2.01 |
| | | 0.356 | CxD | 44 | 0.93 | 2.01 | 0.737 | 0.337 | 2.01 |
| % Oxígeno disuelto | | | | | | | pH | | |
| Estación | N | p | Comp | gl | t _{cal} | t _{0.05(2)} | p | t _{cal} | t _{0.05(2)} |
| A | 24 | 0.636 | AxB | 46 | 0.476 | 2.01 | 0.577 | 0.561 | 2.01 |
| B | 24 | 0.352 | AxC | 46 | 0.939 | 2.01 | 0.725 | 0.353 | 2.01 |
| C | 24 | 0.348 | AxD | 44 | 0.947 | 2.01 | 0.403 | 0.843 | 2.01 |
| D | 22 | 0.665 | BxC | 46 | 0.435 | 2.01 | 0.813 | 0.237 | 2.01 |
| | | 0.673 | BxD | 44 | 0.424 | 2.01 | 0.773 | 0.29 | 2.01 |
| | | 0.982 | CxD | 44 | 0.022 | 2.01 | 0.592 | 0.539 | 2.01 |