



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Estructura poblacional y variación estacional del
género *Aplysia* (Mollusca: Gastropoda) en las
playas de Montepío y El Jicacal, Veracruz, México**

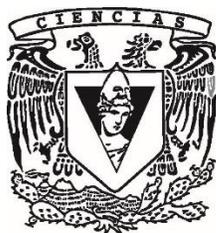
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

DIANA ITZEL CÁRDENAS QUEZADA



DIRECTOR DE TESIS:

**DR. FERNANDO ÁLVAREZ NOGUERA
CIUDAD DE MÉXICO, 2019**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno

Cárdenas

Quezada

Diana Itzel

5530171960

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

413083034

2. Datos del tutor

Dr.

Fernando

Álvarez

Noguera

3. Datos del sinodal 1

Dra.

María Martha

Reguero

Reza

4. Datos del sinodal 2

Dra.

María Guadalupe

Barajas

Guzmán

5. Datos del sinodal 3

M. en C.

Gema Yolanda

Armendariz

Ortega

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

José Luis

Bortolini

Rosales

7. Datos del trabajo escrito

Estructura poblacional y variación estacional del género *Aplysia* (Mollusca: Gastropoda) en las playas de
Montepío y El Jicacal, Veracruz, México

75 p

2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias, por darme la oportunidad de formarme académica y personalmente en la máxima casa de estudios de mi país.

Al Instituto de Biología como al Taller de Invertebrados de la zona costera y arrecifal del Golfo de México por permitirme elaborar el presente estudio de investigación.

A todo el personal de la Estación Biológica Tropical de Los Tuxtlas, por el acogimiento en sus instalaciones y apoyo en cada práctica de campo.

Al Dr. Fernando Álvarez Noguera por la oportunidad de realizar mi tesis bajo su tutela, por su conocimiento y todas las enseñanzas siempre acompañadas de anécdotas geniales, risas y una pasión contagiosa por la biología y la investigación.

A la Dra. María Martha Reguero Reza por el interés en mi estudio, su conocimiento, los comentarios y sugerencias para enriquecerlo y el tiempo dedicado a su revisión.

A la Dra. María Guadalupe Barajas por su conocimiento, tiempo y gran disposición para apoyarme en temas de estadística y ecología durante la revisión del estudio.

A la M. en C. Gema Yolanda Armendáriz Ortega por la paciencia y dedicación al guiarme en la elaboración de mi tesis, por las incontables y minuciosas revisiones durante el proceso de elaboración del escrito y por las ricas comidas de medio tiempo que aligeraban las largas sesiones de trabajo.

Al M. en C. José Luis Bortolini Rosales por su conocimiento e influencia para guiarme al mundo de los invertebrados marinos, por sus sugerencias para enriquecer el estudio y el tiempo dedicado a su revisión.

A mis padres, Víctor Manuel Cárdenas Nuñez y Marta Alejandra Quezada Reyes por apoyarme incondicionalmente no solo en lo académico, si no en cualquier aspecto a lo largo de toda mi vida. Por creer siempre en mí y forjarme con amor y valiosas lecciones ¡muchas gracias!

A todos mis compañeros de la Colección Nacional de Crustáceos por el apoyo durante las entrañables prácticas de campo, por la convivencia y el tiempo compartido haciendo lo que nos apasiona como biólogos.

A mi pequeño crew de amigos Ittaí, Lore, David y Jasiel por el apoyo al realizar este estudio, por formar parte de grandes experiencias juntos a lo largo de nuestra vida como tesisistas, por esas prácticas de campo que no hubieran sido tan épicas sin ustedes. Principalmente a Ittaí por además convertirse en una gran amiga y confidente a lo largo de este tiempo. Y a todos mis amigos que en algún momento me apoyaron con sus consejos, me alentaron a no rendirme y seguir adelante en esta etapa de mi vida.

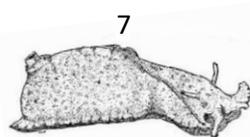
ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
Phylum Mollusca.....	9
Clase Gastropoda	12
Superorden Euopisthobranchia.....	13
Género <i>Aplysia</i> Linnaeus, 1767	15
JUSTIFICACIÓN.....	17
ANTECEDENTES.....	18
OBJETIVOS	20
Objetivo general	20
Objetivos particulares	20
ÁREA DE ESTUDIO	21
Montepío	21
El Jicacal	22
MATERIAL Y MÉTODO	23
Trabajo de campo	23
Trabajo de laboratorio.....	24
Análisis estadísticos.....	24
RESULTADOS.....	26
Taxonomía, descripción y distribución de las especies	26
<i>Aplysia dactylomela</i> Rang, 1828	27
<i>Aplysia fasciata</i> Poiret, 1789.....	28
Abundancia.....	31
Talla	33

Peso.....	42
Profundidad.....	49
Sustrato.....	51
DISCUSIÓN.....	55
Taxonomía, descripción y distribución de las especies.....	55
Abundancia.....	56
Talla y peso.....	60
Profundidad.....	64
Sustrato.....	66
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
LITERATURA CITADA.....	71
ANEXO 1.....	75

RESUMEN

Los euopistobranquios son moluscos de gran diversidad morfológica, agrupados en cuatro órdenes exclusivamente marinos: Cephalaspidea, Runcinacea, Umbraculida y Anaspidea. Debido a su dificultad taxonómica, tamaño reducido y especificidad de su hábitat son pocos los estudios que contribuyen al conocimiento de su biología. En el presente trabajo se analizó la estructura de las poblaciones del género *Aplysia* y su variación estacional en las playas de Montepío y El Jicacal en el estado de Veracruz, durante seis salidas de campo en los meses de junio, agosto, octubre del 2017 y abril, junio y agosto del 2018. Se muestrearon un total de 288 organismos pertenecientes a dos especies, *Aplysia dactylomela* y *Aplysia fasciata*. En el caso de la playa El Jicacal, con este trabajo se establece el primer registro del género *Aplysia* para la localidad. Los muestreos se realizaron mediante caminatas errantes sobre la costa durante la marea baja. Se recolectaron los organismos que se encontraban sobre los distintos sustratos, se registró la longitud y el peso de cada organismo, por último, todos los organismos fueron devueltos al mar. A lo largo de los muestreos, *A. dactylomela* se estableció como especie dominante sobre *A. fasciata*, representando 77% del total de organismos muestreados; así mismo, organismos de la especie *A. dactylomela* presentaron las tallas y el peso máximo y mínimo durante los muestreos, comprendiendo tallas con una longitud máxima de 16.8 cm y una mínima de 4 cm, y un peso máximo de 167 g hasta un mínimo de 3 g. Con respecto a la distribución a lo largo del intermareal, se establece que, en términos generales, a mayor profundidad existe una menor abundancia de ambas especies. En cuanto a la preferencia de sustrato, se observó que para ambas especies existe una clara afinidad a las algas por sobre los demás sustratos.



ABSTRACT

The euopistobranchs are mollusks of great morphological diversity, grouped in four exclusively marine orders: Cephalaspidea, Runcinacea, Umbraculida and Anaspidea. Due to their taxonomic difficulty, small size and specificity of their habitat, few studies contribute to the knowledge of their biology. In the present work the population structure of the genus *Aplysia* and its seasonal variation in Montepío and El Jicacal beaches in the state of Veracruz was analyzed during six field surveys in the months of June, August, October of 2017 and April, June and August of 2018. A total of 288 organisms belonging to two species *Aplysia dactylomela* and *Aplysia fasciata* was sampled. In the case of El Jicacal beach, this work establishes the first record of the genus *Aplysia* for the locality. The samplings were made by wandering walks on the coast during low tide. The organisms that were found on the different substrates were collected, the length and weight of each organism was recorded, and finally, all the organisms were returned to the sea. Throughout the samplings *A. dactylomela* was established as a dominant species over *A. fasciata*, representing 77% of the total sampled organisms, also organisms of the species *A. dactylomela* presented the maximum and minimum sizes and weight during the samplings, comprising sizes with a maximum length of 16.8 cm and a minimum of 4 cm, and a maximum weight of 167 g up to a minimum of 3 g. With respect to the distribution along the intertidal zone it is established that in general terms at greater depth there is a lower abundance of both species. Regarding the substrate preference, it was observed that for both species there is a clear affinity to the algae over the other substrates.



INTRODUCCIÓN

Phylum Mollusca

El phylum Mollusca, nombre acuñado por Linnaeus en 1758 y ubicado como uno de los grupos principales del reino animal por Cuvier (1788-1800), es caracterizado por poseer un sorprendente grado de diversidad de formas externas. Sin embargo, los individuos que conforman el grupo mantienen un plan básico de estructura uniforme y funcional. Básicamente se reconocen cinco caracteres comunes que identifican al phylum: manto, pie, rádula, sistema nervioso conformado por ganglios y cordones nerviosos, y branquias en el caso de los organismos acuáticos. El phylum Mollusca se divide en ocho clases con representantes actuales. Las denominadas clases menores incluyen a Solenogastres, Caudofoveata, agrupadas antiguamente en la clase Aplacophora Monoplacophora y Scaphopoda y las clases mayores que comprenden a los Polyplacophora, Gastropoda, Bivalvia y Cephalopoda (Castillo, 2014).

Este grupo es considerado el segundo taxonómicamente más diverso después de los artrópodos. Se estiman cerca de 100 000 especies marinas a nivel mundial. Se aproximan a 70 000 especies descritas para Gastropoda, 9 200 para Bivalvia, 700 para Cephalopoda, 850 en Polyplacophora, 500 en Scaphopoda y 30 para Monoplacophora (Brusca *et al.*, 2016).

Las costas de México son consideradas como uno de los centros más importantes de concentración de riqueza y alta diversidad biológica marina, principalmente para aguas someras como las del Golfo de California y las costas atlánticas y caribeñas (Castillo, 2014). Se estima que el número de especies de moluscos en las costas mexicanas (Pacífico, golfo de México y mar Caribe) es de 4 643 aproximadamente. Donde la gran mayoría ocupan un hábitat desde fondos someros hasta 100 m de profundidad, y con una menor proporción para las especies de mayor profundidad. Para el Pacífico mexicano se estiman unas 2 576 especies, dentro de las cuales los gasterópodos representan 66.45% y los bivalvos 26% de la cifra total, y en el caso del golfo de México y el mar Caribe se estiman 2 067 especies de moluscos, que, al igual que en el Pacífico, la clase Gastropoda incluye la mayor parte, con 68.45%, seguida por la clase Bivalvia, con 25.73% (Castillo, 2014) (Tabla 1).



Tabla 1. Estimación del porcentaje de moluscos en las costas mexicanas del Pacífico, golfo de México y mar Caribe.

Clase	Pacífico	golfo de México y Caribe
Gastropoda	66.45%	68.45%
Bivalvia	26%	25.73%
Polyplacophora	5.16%	1.26%
Cephalopoda	1.43%	3.58%
Scaphopoda	0.77%	0.96%
Monoplacophora	0.11%	0%

El phylum Mollusca tiene una distribución cosmopolita, lo anterior se atribuye a las diversas adaptaciones que este grupo taxonómico ha desarrollado. Las especies marinas se han adaptado a diversas formas y hábitos, desde bentónicos hasta pelágicos. Algunas especies de gasterópodos se ubican en aguas dulces y varios grupos se han adaptado a la vida terrestre, transformándose en organismos pulmonados (Barnes, 1989). En específico, la clase Gastropoda, siendo la más abundante del phylum prevalece su distribución cosmopolita, sin embargo, se pueden distinguir regiones de mayor concentración de especies principalmente en el este de Norteamérica y Centroamérica, en el oeste de Europa y la periferia de Australia (Figura 1) (GBIF, 2018).



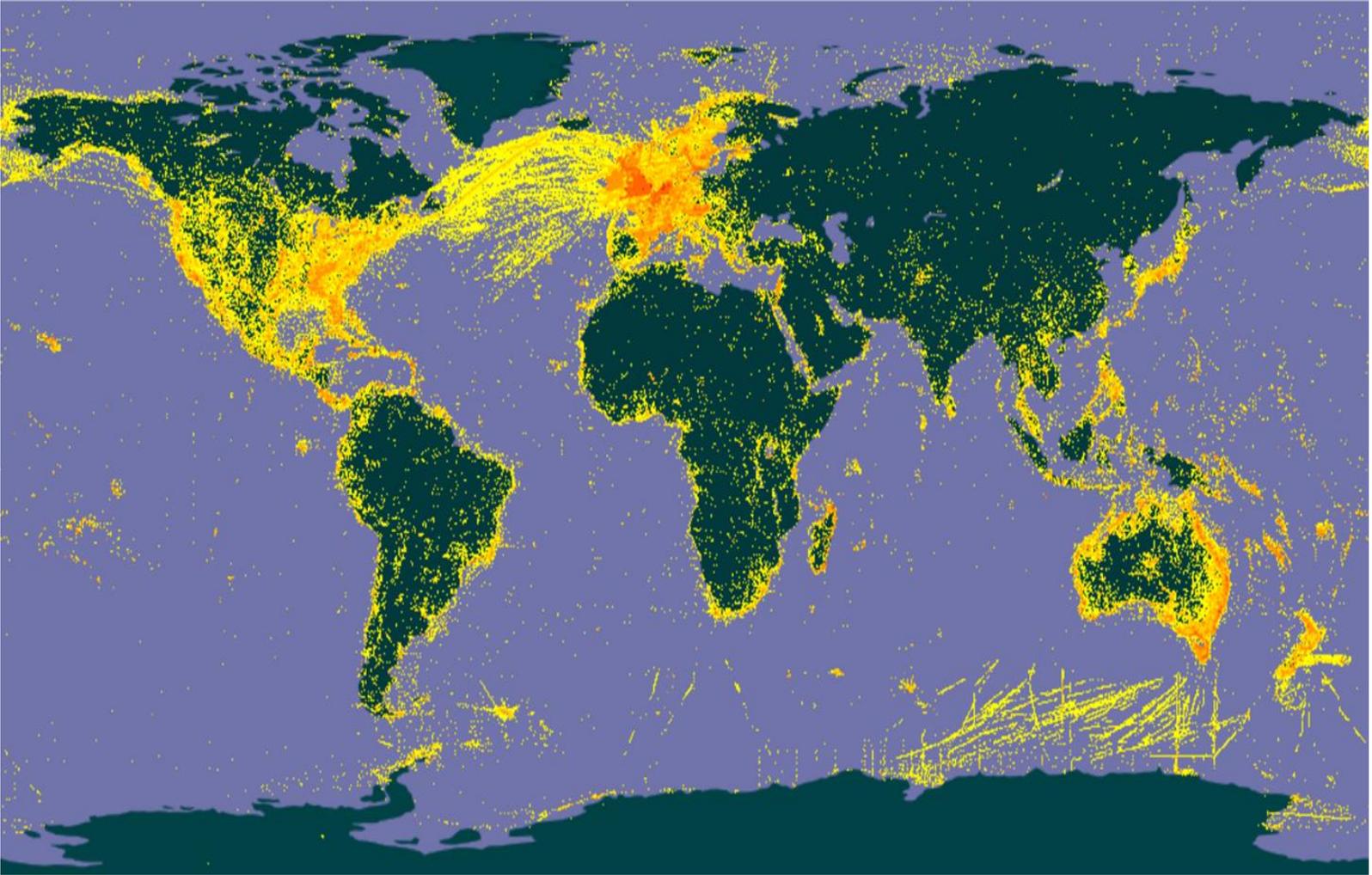
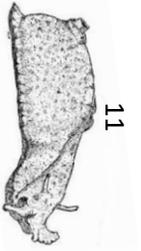


Figura 1. Distribución de la clase Gastropoda de acuerdo con los registros de Global Biodiversity Information Facility, 2018.
*Nota: Se muestra en una escala de tonos amarillos a rojo la frecuencia de registros (amarillo: menor cantidad de registros, rojo: mayor cantidad de registros).



La importancia de los moluscos surge desde el inicio de las poblaciones humanas, ya que se les ha empleado como fuente de alimento, ornamento, condición que aún prevalece hasta nuestros días (Naranjo, 2003). El aprovechamiento como recurso alimenticio es una de las principales fuentes de ingreso económico a nivel mundial, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). En México, las estadísticas disponibles de producción por acuicultura, correspondientes al año 2011, fueron de un volumen de 257 509 toneladas, donde el grupo de los ostiones contribuyó con 42 591 toneladas y que, junto con camarones y mojarra, fueron las especies de mayor producción anual en el país (FAO, 2011). Otros de los usos más frecuentes dados a las conchas de los moluscos fueron como materia prima para la fabricación de herramientas, como símbolo religioso en las ceremonias, como instrumentos musicales, como moneda y como objetos de arte y joyería (Vázquez *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista ambiental, se sabe que los moluscos son buenos indicadores de contaminación debido a sus hábitos sedentarios, por su longevidad, por ser resistentes a variaciones climáticas y ser abundantes en el área. No obstante, las principales especies analizadas han sido estuarinas y marinas (Naranjo y Meza, 2000; Naranjo, 2003).

Clase Gastropoda

Los gasterópodos presentan diversas adaptaciones que le han permitido colonizar ambientes terrestres y acuáticos, tanto dulceacuícolas, salobres y marinos. Los gasterópodos se caracterizan por tres principales cambios morfológicos a lo largo de su evolución: 1) ocurrencia de un proceso de cefalización en el cuerpo, 2) espiralización de la concha, de ser primitivamente con una forma plana (placas como en monoplacophora y polioplacophora) y con función de escudo a una forma espiral y a manera de refugio y 3) un proceso de torsión del cuerpo de 180° que provocó que estructuras como las branquias, la cavidad del manto y nefridioporos se localizaran en una región anterior, por arriba y detrás de la cabeza (Barnes, 1989).

Tanto en México, como en otras regiones del mundo, los gasterópodos presentan las cifras más altas del phylum Mollusca. Para las costas del Pacífico mexicano se aproxima a 1 712 especies



y para las del golfo de México y mar Caribe, a 1 415, con un total de 3 127 especies, esto sin considerar las especies de aguas continentales y ambientes terrestres (Castillo, 2014).

Superorden Euopisthobranchia

La distinción del superorden Euopisthobranchia ha surgido en los últimos tres años a partir de los estudios más recientes sobre la clasificación taxonómica de la clase Heterobranquia (Brusca *et al.*, 2016). Este superorden está conformado por cuatro órdenes exclusivamente marinos que con anterioridad eran ubicados en el grupo informal Opisthobranchia: Cephalaspidea, Runcinacea, Umbraculida y Anaspidea (Figura 2) (Caballer *et al.*, 2015). Dada la reciente modificación de la clasificación taxonómica del grupo, la información aquí presentada para describir a los Euopistobranquios es citada originalmente para el grupo informal Opisthobranchia.

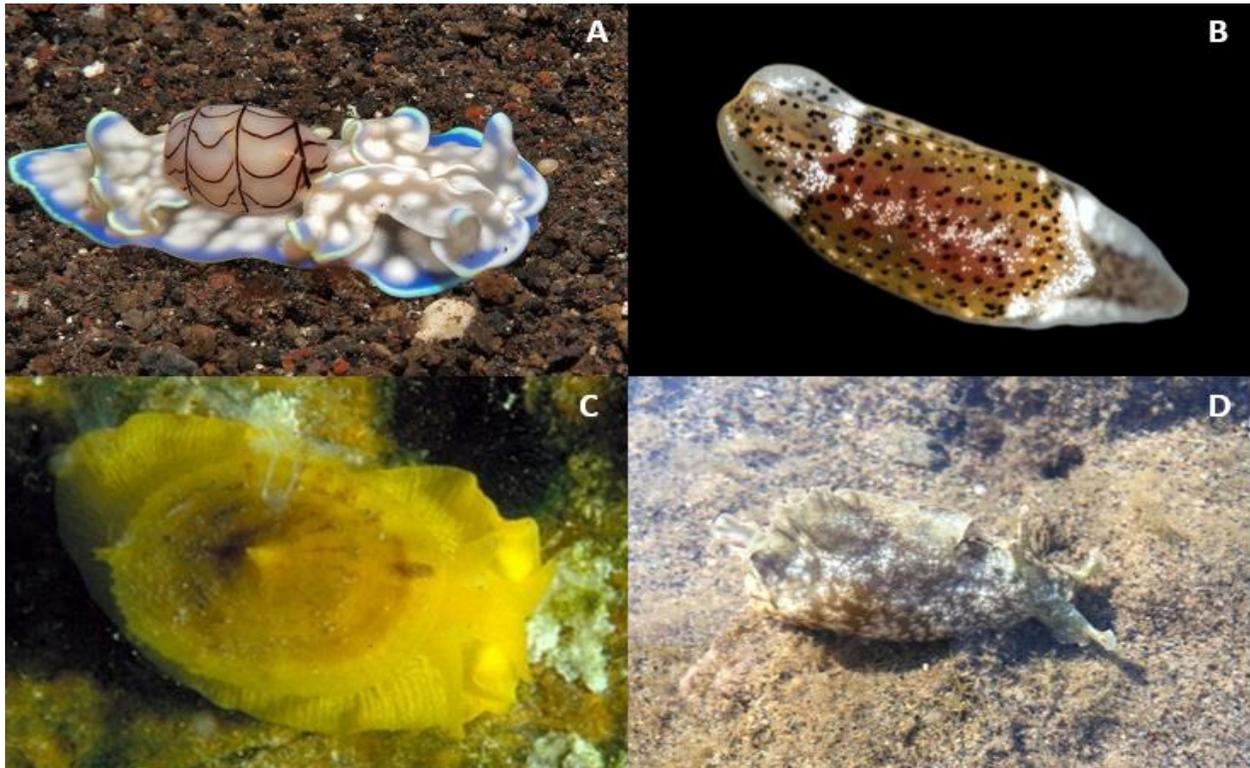


Figura 2. Órdenes que conforman el superorden Euopisthobranchia: A, Cephalaspidea; B, Runcinacea; C, Umbraculida; D, Anaspidea.



Los euopistobranquios es uno de los grupos de gasterópodos que se caracterizan por sus modificaciones extremas del plan básico corporal (Figura 3) (Barnes, 1989). Se caracteriza por carecer del proceso de torsión del cuerpo de un gasterópodo. El cambio morfológico evolutivo de estos organismos tiende hacia la reducción, internalización y completa pérdida de la concha, la ausencia o reducción de la cavidad del manto (Barnes, 1989). Conocidos de manera común como “babosas de mar” o “caracoles desnudos”, se caracterizan por su extrema diversidad de formas, su llamativa coloración y patrones corporales que advierten peligro para sus depredadores o por su gran capacidad de camuflarse con su medio (Behrens, 1991).

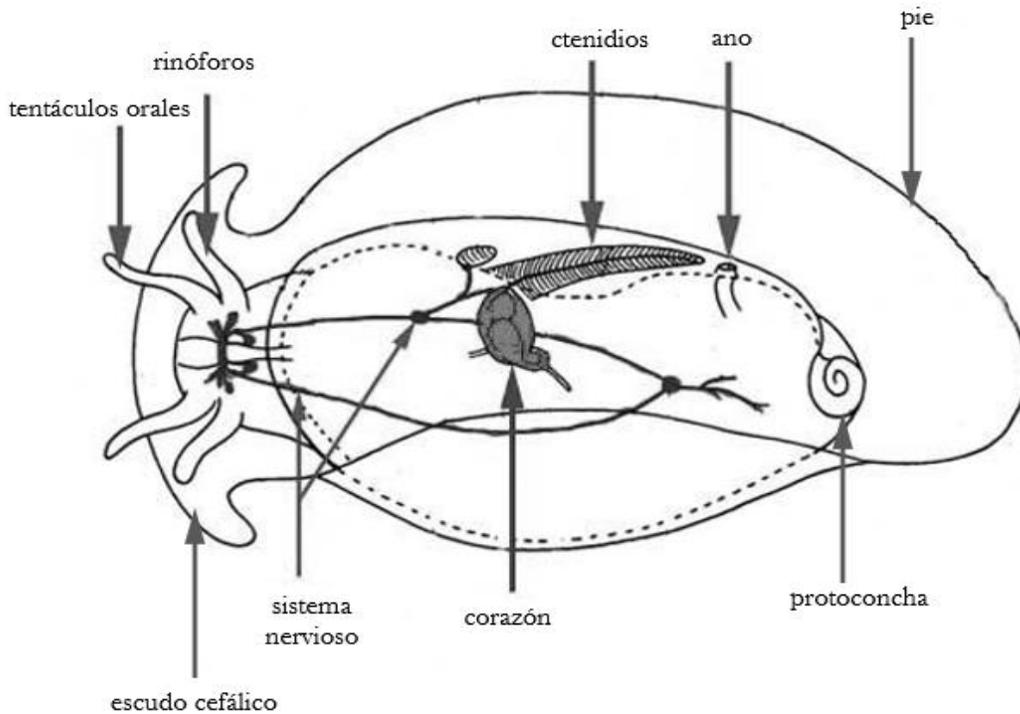


Figura 3. Anatomía general de un euopistobranquio. Tomada y modificada de Vital (2013).



Los euopistobranquios son exclusivamente marinos. Debido a su diversidad morfológica, los organismos pueden ir desde formas muy primitivas, con un cuerpo asimétrico, conservando una concha ya sea reducida o interna y una cavidad del manto; hasta formas más evolucionadas ausentes de concha, con una simetría bilateral muy marcada y la cavidad del manto muy reducida o ausente (Barnes, 1989). Debido a la tendencia evolutiva, estos organismos han perdido la protección mecánica que les confería la concha, por lo cual algunos organismos han desarrollado diferentes mecanismos de defensa, algunas especies son capaces de autosintetizar productos biológicos tóxicos para sus depredadores, almacenar sustancias tóxicas derivadas de su dieta o bien ubicar cnidocitos propios de los cnidarios en la pared del cuerpo, particularmente en la región terminal de las branquias (Murcia, 2011).

Género *Aplysia* Linnaeus, 1767

El género *Aplysia* forma parte de la familia Aplysiidae, dentro del orden Anaspidea (Caballer *et al.*, 2015). La mayoría de las especies del género *Aplysia* son cosmopolitas y se encuentran en mares templados y tropicales, habitan áreas costeras poco profundas y bahías protegidas, cubiertas de vegetación algal. Todos los organismos constituyentes del género son herbívoros y se alimentan de algas rojas, verdes o marrones. Su color es derivado de los pigmentos del alimento que consumen y son capaces de concentrar toxinas extraídas de las mismas. Muchas especies como *Aplysia dactylomela* segregan tinta a partir de la glándula tintórea al momento de ser perturbadas o atacadas. La mayoría, posee dos glándulas principales en la cavidad del manto: la primera, la glándula de tinta o tintórea, que se encuentra situada en la porción más dorsal de la cavidad del manto, la cual produce una tinta roja o púrpura, y la segunda, la glándula opalina, situada en el suelo de la cavidad del manto, debajo de la branquia, produce una secreción opaca blanca (Valdés *et al.*, 2006) (Figura 4).



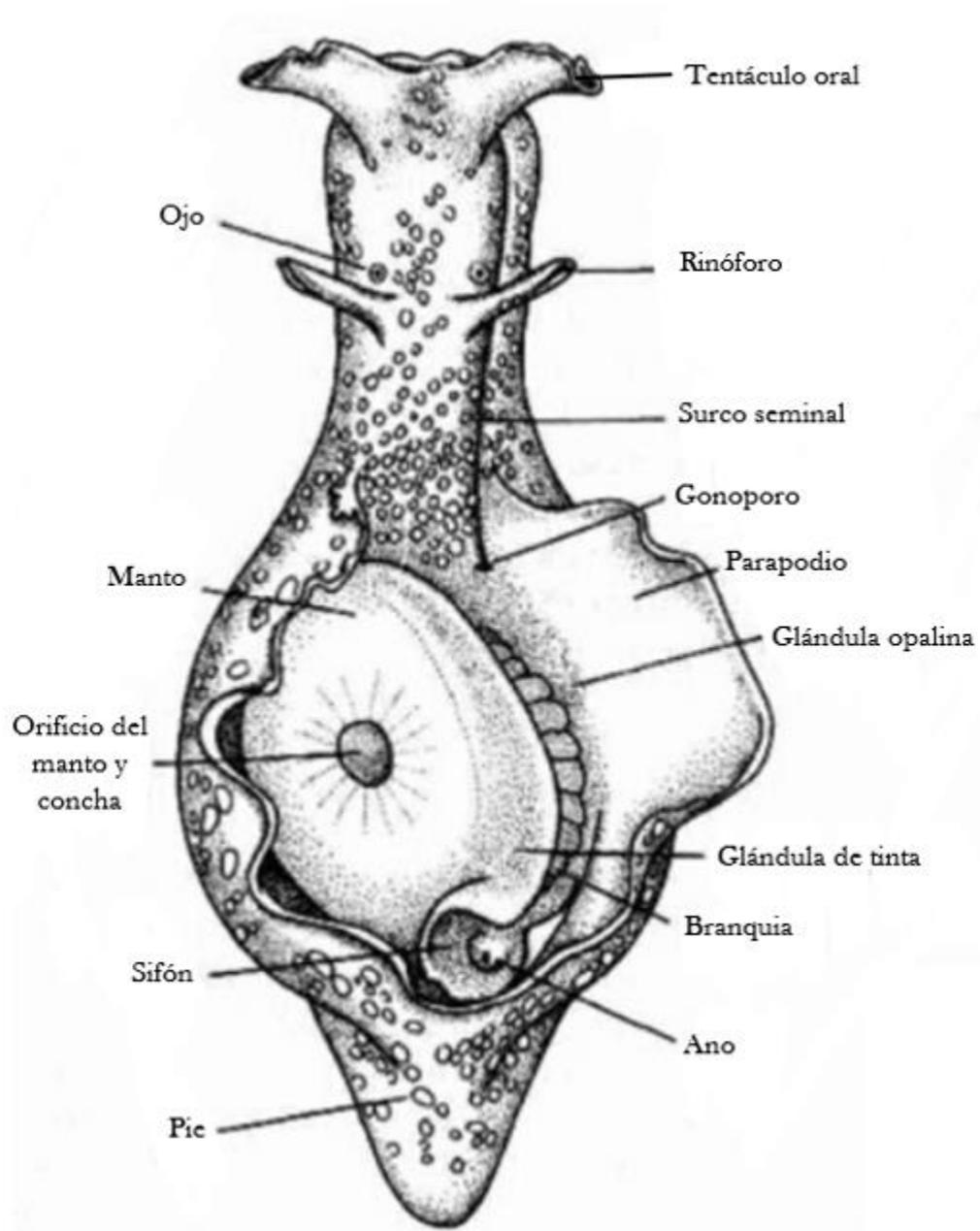


Figura 4. Anatomía general de *Aplysia dactylomela*.



JUSTIFICACIÓN

Los euopistobranquios son uno de los grupos de moluscos más diversos y abundantes; sin embargo, aún existe poca información acerca de su biología y distribución, debido a la dificultad de su taxonomía y su difícil estudio en campo, ya que su reducido tamaño y conducta, no favorecen los encuentros. Estos organismos pueden establecer relaciones ecológicas en la comunidad y son fundamentales en la trama trófica como consumidores primarios, pues controlan el crecimiento poblacional de algas, es por esto que es fundamental conocer a los organismos que se encuentran dentro de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, en términos de composición de especies y estacionalidad, por lo que esta investigación pretende aportar información acerca de la estructura y variación estacional de poblaciones del género *Aplysia* en la playa rocosa de Montepío y la playa arenosa El Jicacal en el estado de Veracruz, México.



ANTECEDENTES

Ortigosa-Gutiérrez (2005) evaluó la riqueza y distribución de opistobranquios en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, mediante muestreos por buceo libre y arrastre de dragas. Se identificaron un total de 376 organismos pertenecientes a cuatro órdenes (Cephalaspidea, Aplysiomorpha, Sacoglossa y Nudibranchia), siete familias, ocho géneros y 10 especies.

Cruz-Francisco y González-Gándara (2006) elaboraron la lista actualizada de los gasterópodos asociados a la planicie del Arrecife Lobos, Veracruz. Realizaron cuatro expediciones y en muestreos aleatorios y sistemáticos se obtuvieron muestras de sedimento. Se reportaron un total de 77 especies, de las cuales tres pertenecieron al género *Aplysia*: *A. dactylomela*, *A. willcoxi* y *A. parvula*, siendo la última un registro nuevo para la localidad.

Ortigosa-Gutiérrez *et al.* (2007) realizaron una revisión bibliográfica para la identificación de las especies de moluscos opistobranquios del golfo de México, desde Alabama, Estados Unidos, hasta la península de Yucatán, México. Se obtuvo un listado de 97 especies para el golfo de México, donde se incluyeron cinco especies del género *Aplysia*: *A. brasiliana*, *A. cervina*, *A. dactylomela*, *A. fasciata* y *A. morio*.

Zamora-Silva y Naranjo (2008) presentaron una lista taxonómica de los opistobranquios depositados en la Colección Nacional de Moluscos (CNMO) del Instituto de Biología (IB-UNAM), de la Universidad Nacional Autónoma de México. En esta, se registró un total de 21 especies agrupadas en 10 familias y 13 géneros, recolectadas de distintos proyectos de investigación realizados en los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Campeche, además de algunas otras localidades fuera de México.

Ortigosa-Gutiérrez (2009) realizó un estudio acerca de la biogeografía de los moluscos opistobranquios en el estado de Yucatán. Registró un total de 3,066 organismos pertenecientes a 51 especies, de las cuales, 47 resultaron ser nuevos registros para el estado y 24 nuevos registros para el océano Atlántico.



Rosenberg *et al.* (2009) elaboraron un listado de especies de moluscos gasterópodos para el golfo de México, en el cual reportaron un total de 1,742 especies, 220 pertenecientes al grupo informal Opisthobranchia, de las cuales, 13 especies correspondieron a la superfamilia Aplysioidea.

Zamora-Silva y Ortigosa-Gutiérrez (2012) evaluaron la diversidad de opistobranquios del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), mediante el muestreo de cinco diferentes localidades pertenecientes al sistema. Se obtuvo un total de 23 especies, de las cuales nueve resultaron registros nuevos para el PNSAV.

Rojas (2013) caracterizó la comunidad de opistobranquios en los arrecifes de Anegada de Adentro, La Blanquilla e Isla Verde, en Veracruz. Realizó un listado taxonómico de 398 organismos, agrupados en cinco órdenes, ocho familias y 13 especies, donde tres fueron registros nuevos para el PNSAV.

Vital (2013) analizó la diversidad y distribución de los opistobranquios bénticos de la playa rocosa en Montepío, Veracruz, durante épocas de secas, lluvias y nortes. Los muestreos directos e indirectos resultaron en 165 individuos pertenecientes a 11 especies, de las cuales tres fueron registros nuevos para la costa de Veracruz y dos para la costa mexicana del Atlántico. Las especies dominantes fueron *Aplysia fasciata*, *A. dactylomela* y *Bulla occidentalis*.

Vasallo *et al.* (2014) elaboraron el registro de las especies de invertebrados marinos que habitan la costa rocosa intermareal de la playa de Montepío, Veracruz. La lista elaborada sobre la base de los registros de los últimos 10 años por parte de la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) y registros adicionales propios de la investigación, han sumado 195 especies de invertebrados, donde se incluyen dos especies del género *Aplysia*, *A. dactylomela* y *A. fasciata*.

Vital (2016) caracterizó la estructura comunitaria de opistobranquios en dos arrecifes del PNSAV. Mediante un método directo obtuvo 18 especies (12 pertenecientes al sitio la Gallega y seis a la localidad Rizo), de las cuales dos resultaron nuevos registros para el estado de Veracruz.

Cruz-Francisco *et al.* (2017) presentaron los primeros registros de babosas marinas del Sistema Arrecifal Tuxpan (SAT). Mediante muestreos con equipo de buceo libre y buceo autónomo se identificaron un total de 11 especies de babosas marinas en el SAT, de las cuales se incluyó el registro de cuatro especies del género *Aplysia*, *A. dactylomela*, *A. fasciata*, *A. párvula* y *A. morio*, como nuevo registro para la localidad.



OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la estructura y la variación poblacional del género *Aplysia* a lo largo de un año, en la playa rocosa de Montepío y la playa arenosa El Jicacal, Veracruz, México.

Objetivos particulares

- ❖ Determinar la abundancia de las especies del género *Aplysia* a lo largo de un año.
- ❖ Estimar la talla y peso de los organismos de cada una de las especies.
- ❖ Determinar la profundidad a la cual se encuentran cada una de las especies.
- ❖ Analizar la preferencia de las especies hacia algún tipo de sustrato.
- ❖ Evaluar la dominancia estacional entre las especies.
- ❖ Comparar la variación estacional de los parámetros abundancia, tamaño, peso, sustrato y profundidad de las poblaciones en cada localidad y entre ellas.



ÁREA DE ESTUDIO

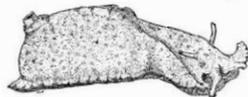
Montepío

Montepío es una playa rocosa que se ubica en el municipio de San Andrés Tuxtla, al sur de Veracruz ($18^{\circ} 38' 71''$ N, $95^{\circ} 05' 73''$ W). Es una zona costera formada por la desembocadura de los ríos Col y Máquinas. En esta zona el aporte de materia orgánica se sedimenta sobre roca basáltica proveniente de la erupción del volcán San Martín, por lo cual la zona es considerada como rica en nutrientes (Vassallo *et al.*, 2014) (Figuras 5 y 7).

El sitio presenta un clima cálido-húmedo con temperaturas medias de 24° a 26° °C, posee una precipitación anual de más de 3,500 mm y el tipo de vegetación que rodea esta playa es selva alta perennifolia (Vital, 2013). En Montepío, aun cuando llueve todo el año, se identifican tres diferentes épocas estacionales. La época de secas que va de marzo a mayo, época de lluvias que va de junio a octubre, y otra en la que se generan frentes fríos conocidos como “nortes” de noviembre a febrero (Hernández *et al.*, 2010).



Figura 5. Foto panorámica de la playa rocosa de Montepío, Veracruz.



El Jicacal

El Jicacal es una playa semi-virgen principalmente arenosa (Figura 6), la cual se ubica en una pequeña bahía en el municipio de San Andrés Tuxtla, al sur de Veracruz ($18^{\circ} 35' 56''$ N, $95^{\circ} 03' 17''$ W) (Figura 7). Es considerada parte del sistema lagunar de Sontecomapan, reconocido como sitio Ramsar en el 2003 (Cabrales, 2017).

La playa El Jicacal, aunque en su mayoría presenta un sustrato arenoso, exhibe en los extremos de la bahía pequeños afloramientos de roca basáltica; el territorio circundante está compuesto por vegetación de tipo selva alta perennifolia y vegetación secundaria, como pastizales de origen antrópico (Rodríguez *et al.*, 2011).



Figura 6. Foto panorámica de la playa arenosa de El Jicacal, Veracruz.

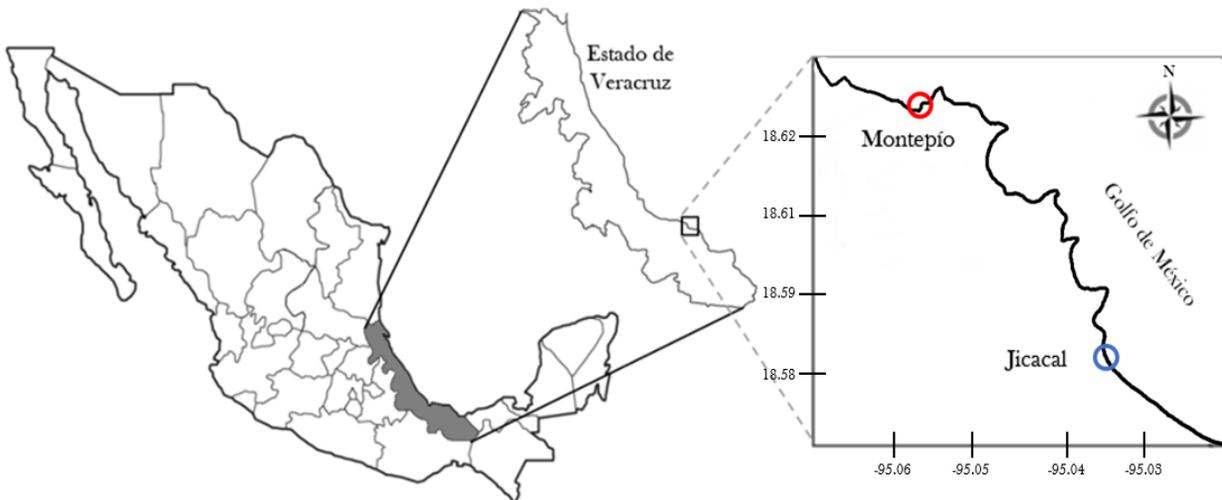


Figura 7. Ubicación de las playas Montepío y El Jicacal, al sureste del estado de Veracruz, México.



MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo

Para cada muestreo se tomaron datos de los parámetros fisicoquímicos del agua, como lo son: temperatura, pH, conductividad, sólidos totales disueltos (TDS), salinidad y niveles de oxígeno disuelto, así como la hora de inicio y término del muestreo. Durante la marea baja se realizó un muestreo directo de 30 minutos en la playa de Montepío y de 30 minutos en la playa El Jicacal, mediante caminatas en la zona intermareal de ambas playas. Se recolectó a los organismos vivos que se hallaban ya fuera sobre roca, arena, alga o nadando. Se registró en una libreta de campo el tipo de sustrato en donde se encontraron los organismos, así como el registro de la profundidad a la que se encontraba. Cada organismo fue colocado en una bolsa plástica resellable, con agua marina del sitio y una etiqueta de identificación. Finalmente, todas las bolsas fueron colocadas en cubetas de 20 litros.

Una vez concluido el tiempo de muestreo establecido, los organismos fueron contados, pesados, con una báscula digital y medidos, en un eje anteroposterior con cinta métrica, al ser medidos se procuró que los organismos se encontraran lo más extendidos posible, esto se facilitó al ponerlos sobre una tabla de acrílico y estar constantemente hidratándolos con agua marina, ya que son organismos que se contraen con facilidad al retirarlos de su medio.

Se tomaron fotografías *in situ* de algunos ejemplares, con una cámara GoPro HERO 3+ Silver y una cámara de 12 MP.

Posteriormente a la toma de datos, se tomó un organismo representativo de cada especie y se colocaron en frascos individuales con agua marina, para su posterior identificación en la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” (EBTLT). Los demás organismos fueron devueltos al sitio de muestreo (Figura 8).

Los muestreos se realizaron de manera regular durante todo el estudio. Realizándose alrededor de las 17:00 hrs.



Trabajo de laboratorio

En la EBTLT se tomaron fotografías de los ejemplares recolectados dentro de acuarios y se realizaron las observaciones y análisis de estructuras pertinentes para la identificación a nivel de especie. Se utilizó literatura especializada para la identificación taxonómica de los organismos (Camacho-García *et al.*, 2005; Valdés *et al.*, 2006).

Una vez identificados los organismos fueron narcotizados con cloruro de magnesio ($MgCl_2$) al 2% disuelto en agua dulce. Posteriormente, los ejemplares fueron conservados en alcohol al 70% y se trasladaron a la CNCR del IB-UNAM.

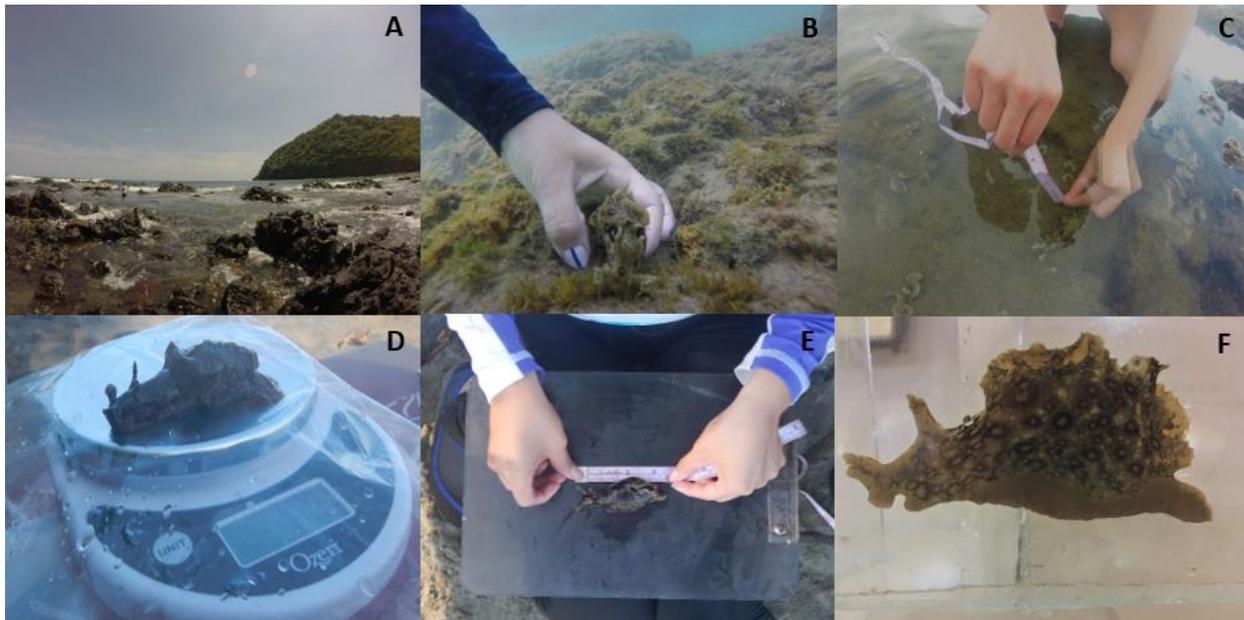


Figura 8. A) Zona rocosa intermareal, B) Recolección de los organismos, C) Registro de la profundidad, D) Pesaje de individuos, E) Medición de la longitud de cada individuo y F) Fotografías de los organismos en acuarios.

Análisis estadísticos

De inicio, se aplicó un estudio de estadística descriptiva para las poblaciones muestreadas. Se determinó la abundancia poblacional para cada fecha de muestreo. Se realizaron histogramas para obtener un panorama general de la distribución de las poblaciones respecto a la talla, peso y la profundidad. Se estableció analizar cada una de las variables en seis intervalos, esto considerando la distribución de los datos, el tamaño de las muestras poblacionales y factores ecológicos como; que



en la zona intermareal la variación de la profundidad, aunque sea mínima, es determinante para la supervivencia y distribución de las especies, por lo cual resulta favorable analizar la variable en por lo menos seis intervalos. La amplitud de los intervalos de cada variable se determinó por medio de la diferencia del valor mínimo y máximo y entre el número de intervalos deseadas. Asimismo, se elaboraron diagramas de caja y bigote para las variables de talla y peso.

Con ayuda del programa Statistica se aplicó un análisis de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de los datos obtenidos. Para determinar la homogeneidad de las varianzas se realizaron pruebas F para varianzas de dos muestras, posteriormente se realizaron pruebas t-student para muestras independientes y varianzas desiguales en Excel. Por último, con el programa Statistica se aplicaron análisis de varianza ANOVA y un post-hoc de diferencias honestamente significativas (HSD) Tukey con N desiguales, con el fin de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de longitud y peso de cada muestra poblacional.



RESULTADOS

Se registraron 288 organismos del género *Aplysia*, reconocidos en dos especies, *A. dactylomela* y *A. fasciata*, para las localidades de playa Montepío y El Jicacal en el estado de Veracruz, México.

Taxonomía, descripción y distribución de las especies

De acuerdo con la clasificación taxonómica empleada en Caballer *et al.* (2015), los gasterópodos del género *Aplysia* se clasificaron de la siguiente manera:

Phylum: Mollusca Linnaeus, 1758

Clase: Gastropoda Cuvier, 1797

Subclase: Heterobranchia Burmeister, 1837

Clado: Tectipleura Schrödl, Jörger, Klusmann-Kolb y Wilson, 2011

Superorden: Euopisthobranchia Jörger, Stöger, Kano, Fukuda, Kneibelsberger y Schrödl, 2010

Orden: Anaspidea Fischer, 1883

Familia: Aplysiidae Lamarck, 1809

Género: *Aplysia* Linnaeus, 1767

Especie: *Aplysia dactylomela* Rang, 1828

Aplysia fasciata Poiret, 1789



Aplysia dactylomela Rang, 1828

Sinonimias: *A. (Varria) dactylomela* Rang, 1828

A. protea Rang, 1828

A. ocellata d'Orbigny, 1839

A. schrammi Deshayes, 1857

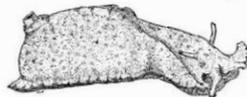
A. aequorea Heilprin, 1888

A. megaptera Verrill, 1900

A. bourailli Risbec, 1951

Diagnosis: Color generalmente amarillo pálido a marrón verdoso dependiendo de la alimentación del organismo, con anillos oscuros o negros con bordes irregulares de distinto tamaño y grosor que cubren todo el cuerpo, la superficie dorsal del manto y los parapodios poseen estrías irregulares negras. *Aplysia dactylomela* posee una concha reducida cubierta por el manto, las branquias están posicionadas del lado derecho del manto entre la concha y el parapodio derecho. El extremo anterior es levemente redondeado con un par de tentáculos orales amplios y rinóforos enrollados, el extremo posterior es más angosto terminando de manera puntiaguda. Los parapodios se forman a partir de la extensión del pie (Figura 9A) (Valdés *et al.*, 2006).

Distribución: Se encuentra en océanos y más comúnmente en costas tropicales de todo el mundo. En el Atlántico oeste se tienen registros en: Florida, Texas, México, Belice, Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Aruba, Curazao, Bermuda, Las islas Caimán, Jamaica, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Barbados y Brasil (Valdés *et al.*, 2006). En el Atlántico este: Islas Canarias e Islas Cabo Verde, y en las costas del continente australiano. En específico, para México, *A. dactylomela* se reporta en los estados de Veracruz, Yucatán y Quintana Roo (GBIF, 2018) (Figura 10).



Aplysia fasciata Poiret, 1789

Sinonimias: *Laplysia fasciata* Poiret, 1789
L. alba Cuvier, 1803
L. camelus Cuvier, 1803
Aplysia marmorata Blainville, 1823
A. vulgaris Blainville, 1823
A. neapolitana Delle Chiaje, 1824
A. radiata Crouch, 1826
A. brasiliana Rang, 1828
A. sicula Swainson, 1840
A. willcoxi Heilprin, 1887
A. lobiancoi Mazzarelli, 1890
A. winneba Eales, 1957
A. gracilis Eales, 1960

Diagnosis: Color de fondo muy variable, con tonalidades desde amarillo translúcido, marrón, gris y verde a negro. Por lo general presenta parches irregulares y un moteado de diferentes tonos de marrón y verde, a menudo con manchas más claras de blanco o amarillo pálido. Puede presentar venaciones y estrías negras o marrón oscuro. *Aplysia fasciata* posee rinóforos enrollados prominentes, un par de tentáculos orales amplios y parapodios que envuelven una concha interna muy delgada (Valdés *et al.*, 2006) (Figura 9B).

Distribución: Presente en regiones templadas a tropicales del océano Atlántico. En la costa oeste del Atlántico en: Nueva Jersey, Florida, Texas, México, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Bermudas, Aruba y Brasil (Valdés *et al.*, 2006). En la costa este del Atlántico: España, Portugal, Sahara occidental, Mar Adriático y Mar Mediterráneo. En específico, para México, *A. fasciata* se reporta en los estados de Veracruz, Campeche y Quintana Roo (GBIF, 2018) (Figura 10).



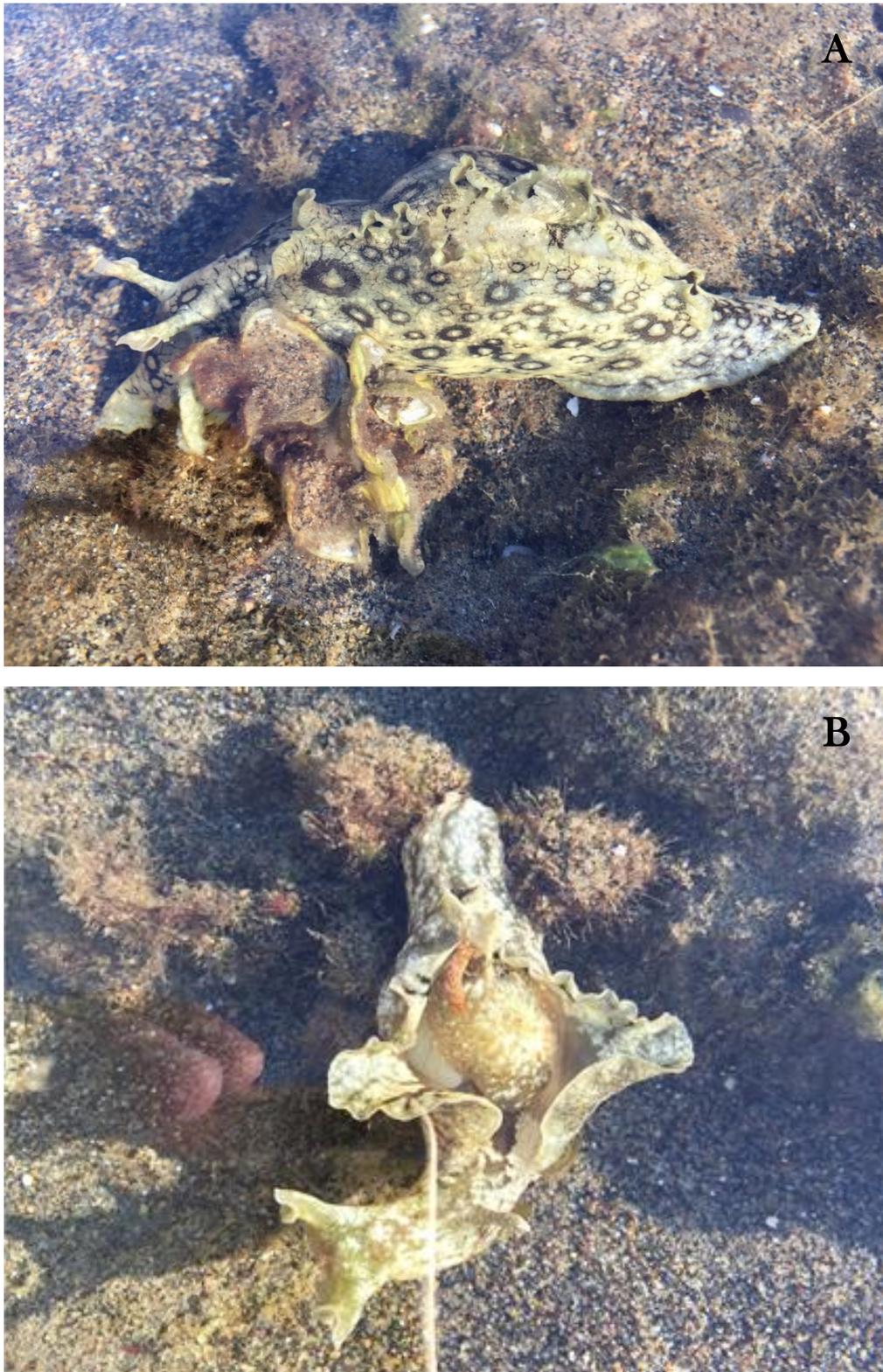
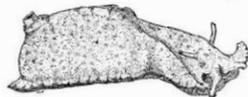


Figura 9. A) *Aplysia dactylomela* y B) *Aplysia fasciata*.



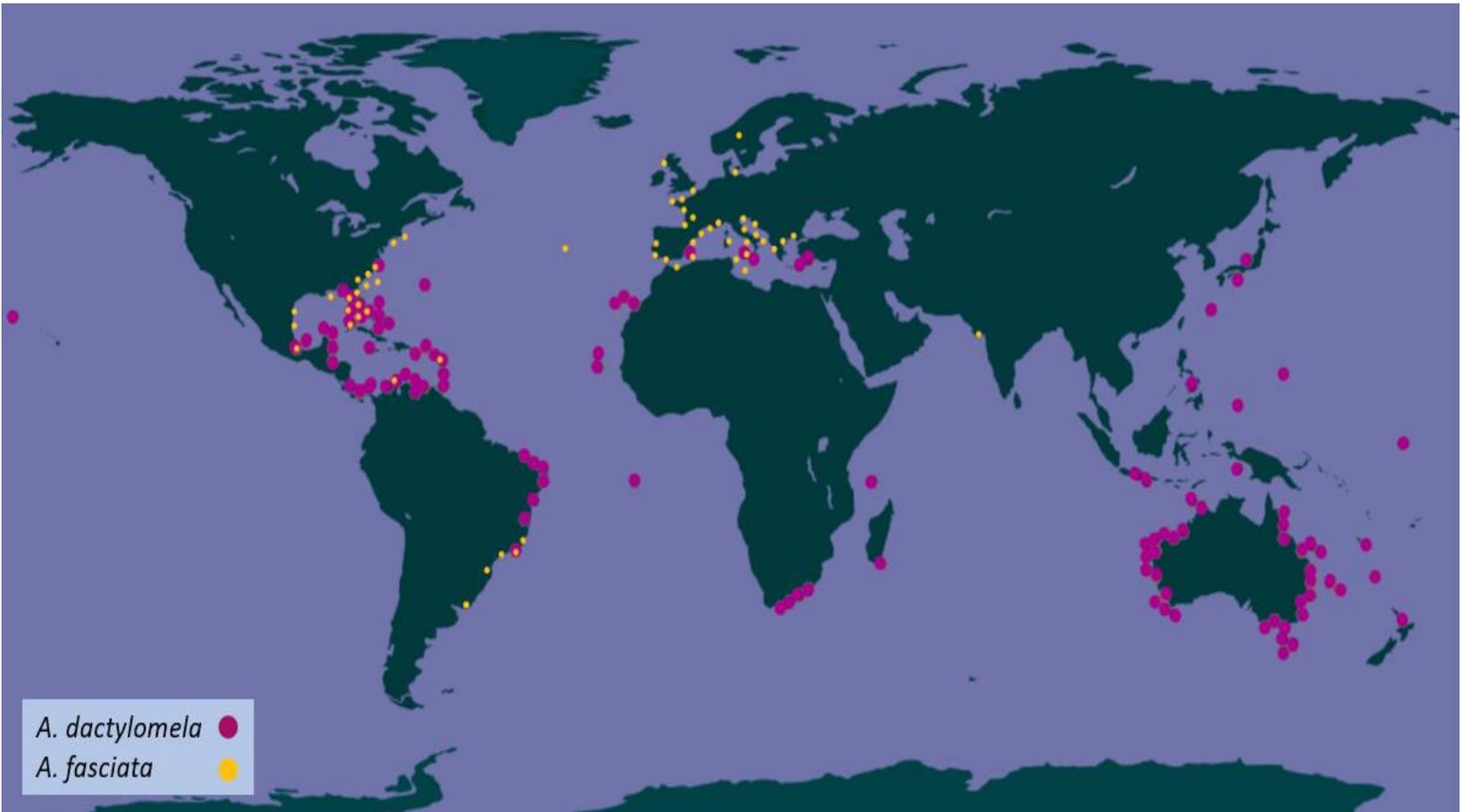
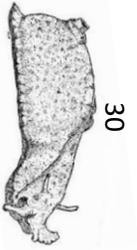


Figura 10. Distribución de *Aplysia dactylomela* y *Aplysia fasciata* de acuerdo con los registros de Global Biodiversity Information Facility (GBIF), 2018.



Abundancia

En términos de abundancia, se obtuvo un total de 288 organismos, de los cuales 66% (190 individuos) se recolectaron en la playa de Montepío, y el restante 34% (98 individuos) en la playa El Jicacal (Figura 11A). La especie *A. dactylomela* presentó una abundancia de 222 organismos, con 67% muestreados en la playa de Montepío y el resto en El Jicacal (Figura 11B). Para el caso de *A. fasciata* se recolectó un total de 66 organismos, 62% se muestrearon en la playa de Montepío y 38% en El Jicacal (Figura 11C).

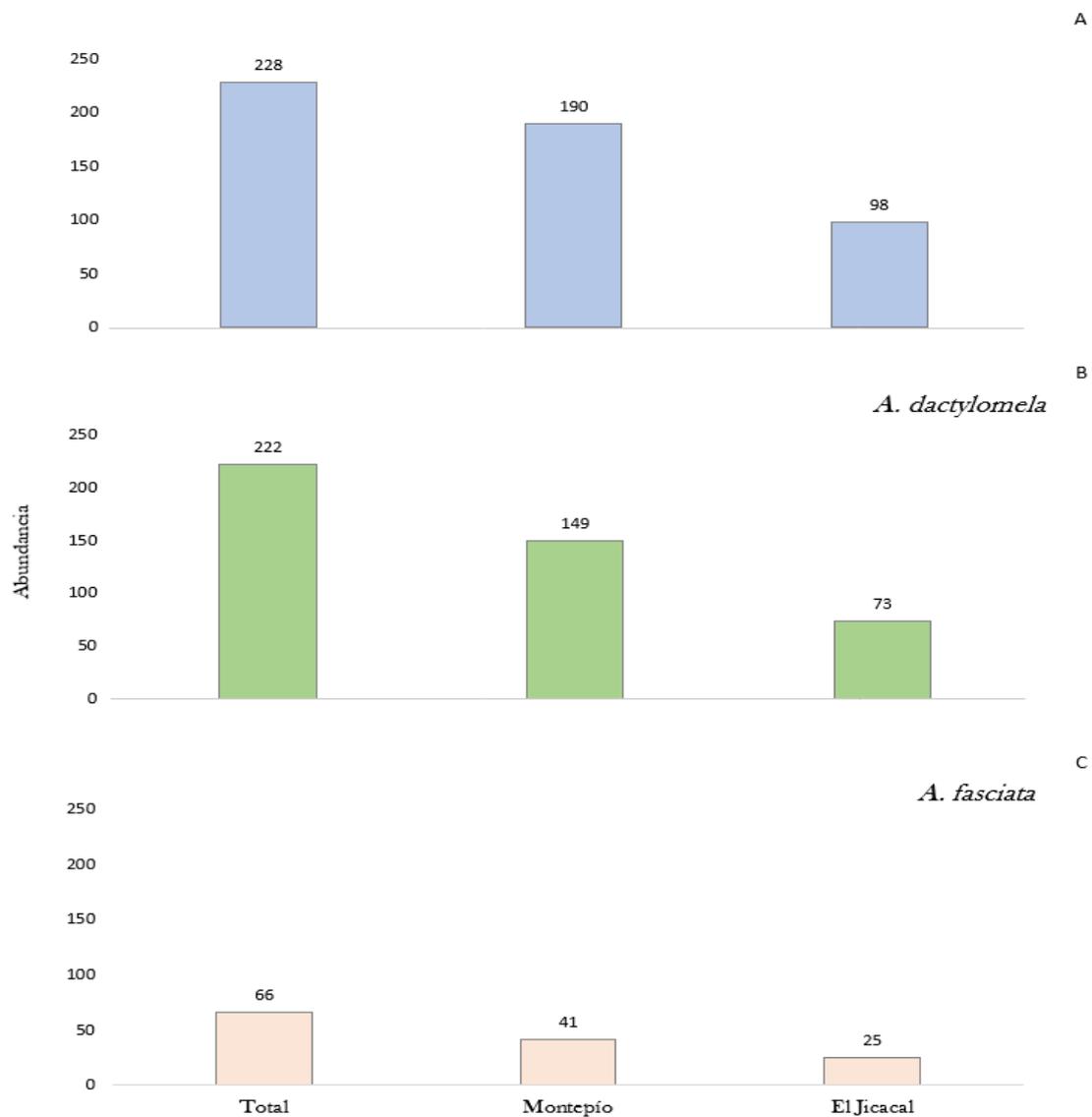


Figura 11. Abundancia de organismos. A) Abundancia total en ambas localidades. B) Abundancia de *A. dactylomela* y C) abundancia de *A. fasciata*.



En la playa de Montepío *A. dactylomela* se presentó constantemente con una mayor abundancia con respecto a *A. fasciata*, alcanzando las cifras más altas de abundancia en junio del 2017 y 2018 con 38 y 60 organismos, respectivamente. *A. fasciata* también presentó su valor máximo de abundancia con 23 organismos en junio del 2017 en Montepío y en abril del 2018 en El Jicacal. Es importante recalcar que ninguna de las especies fue encontrada en los muestreos de agosto y octubre del 2017 para la playa de Montepío y únicamente *A. dactylomela* se presentó en estos meses en la playa El Jicacal (Figura 12).

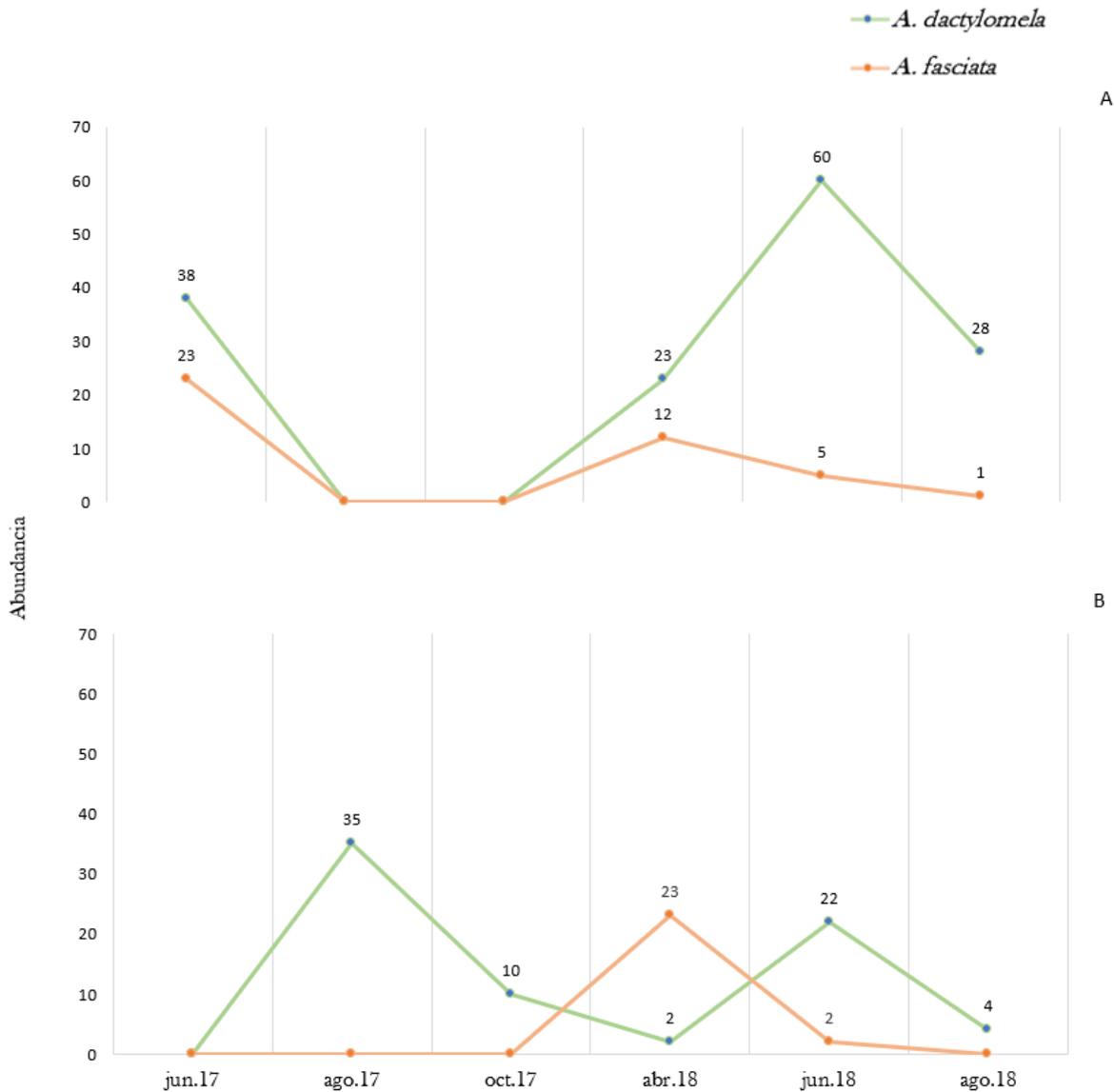


Figura 12. Abundancia total de las especies en los meses y años de muestreo. A) Montepío y B) El Jicacal.



Talla

Con respecto al análisis de talla, el 65% de los ejemplares de *A. dactylomela* recolectados en la playa de Montepío se distribuyeron dentro de la categoría de longitud mediana, 24% en la categoría grande y solo 11% en las tallas chicas. En la playa El Jicacal solo se encontraron organismos distribuidos en dos categorías de longitud; 59% de los individuos correspondió a la categoría mediana, y el restante 41% conjuntó a individuos de longitud chica (Figura 13A).

Por otro lado, para *A. fasciata*, en la playa de Montepío se encontraron 42% de los organismos distribuidos en la categoría de longitud mediana, 34% en la categoría chica y 24% en la categoría de longitud grande. En la playa el Jicacal, *A. fasciata* se encontró con 52% dentro de la categoría de longitud chica y 48% en la categoría mediana (Figura 13B).



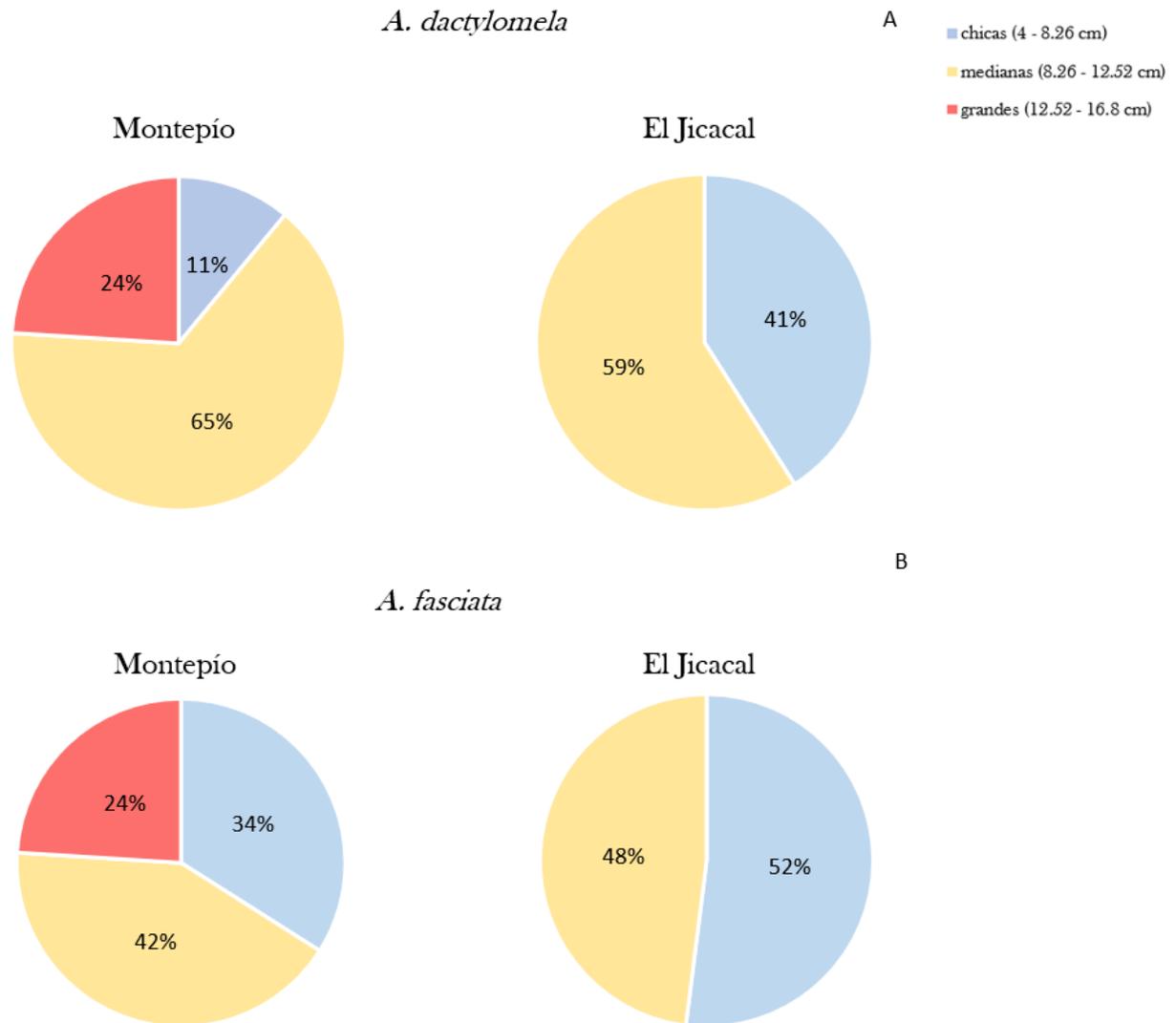
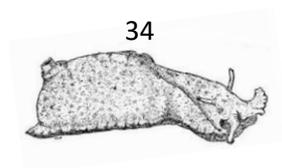


Figura 13. Porcentajes de organismos distribuidos en tres categorías de longitud, para ambas localidades. A) *A. dactylomela* y B) *A. fasciata*.



En la playa de Montepío *A. dactylomela* presentó la mayor abundancia de organismos en los intervalos de longitud tres y cuatro, en junio del 2018 con 23 y 21 individuos, respectivamente. Se observó una notable ausencia de organismos en los primeros y últimos intervalos de longitud (4 - 8.26 y 12.52 - 16.8 cm) para junio de ambos años y agosto del 2018. A diferencia de abril donde la mayoría de los organismos (22 individuos) se encontraron en los intervalos de mayor talla (Figura 14A).

Para la especie *A. fasciata* en Montepío se observó una abundancia máxima de ocho organismos dentro del segundo intervalo (6.13 -8.26 cm) en junio del 2017. La presencia de organismos de mayor talla fue más notable durante abril del 2018 (Figura 14B).

En el caso de la playa El Jicacal se encontró una ausencia total de organismos a partir del quinto intervalo de longitud para ambas especies. *Aplysia dactylomela* presentó el mayor número de organismos dentro del tercer intervalo (8.26 - 10.39cm) con 21 organismos en agosto del 2017, por otra parte, se observó una abundancia baja pero constante en los primeros tres intervalos de talla en junio del 2018. Se destacó una disminución en cuanto al número de individuos con respecto a los meses de agosto del 2017, octubre del 2017 y abril del 2018 (Figura 15A). *Aplysia fasciata* destacó por presentar mayor abundancia únicamente en abril del 2018 con un máximo de 11 organismos dentro del segundo intervalo de tallas (6.13 - 8.26) (Figura 15B).

De acuerdo con el análisis t-student, se obtuvo que estadísticamente existe una diferencia significativa entre las medias de las tallas poblacionales de ambas especies entre las localidades de Montepío y El Jicacal ($t= 9.303$, $gl= 190$, $p < 0.05$) y ($t= 2.99$, $gl= 64$, $p < 0.05$) (Tablas 2 y 3).



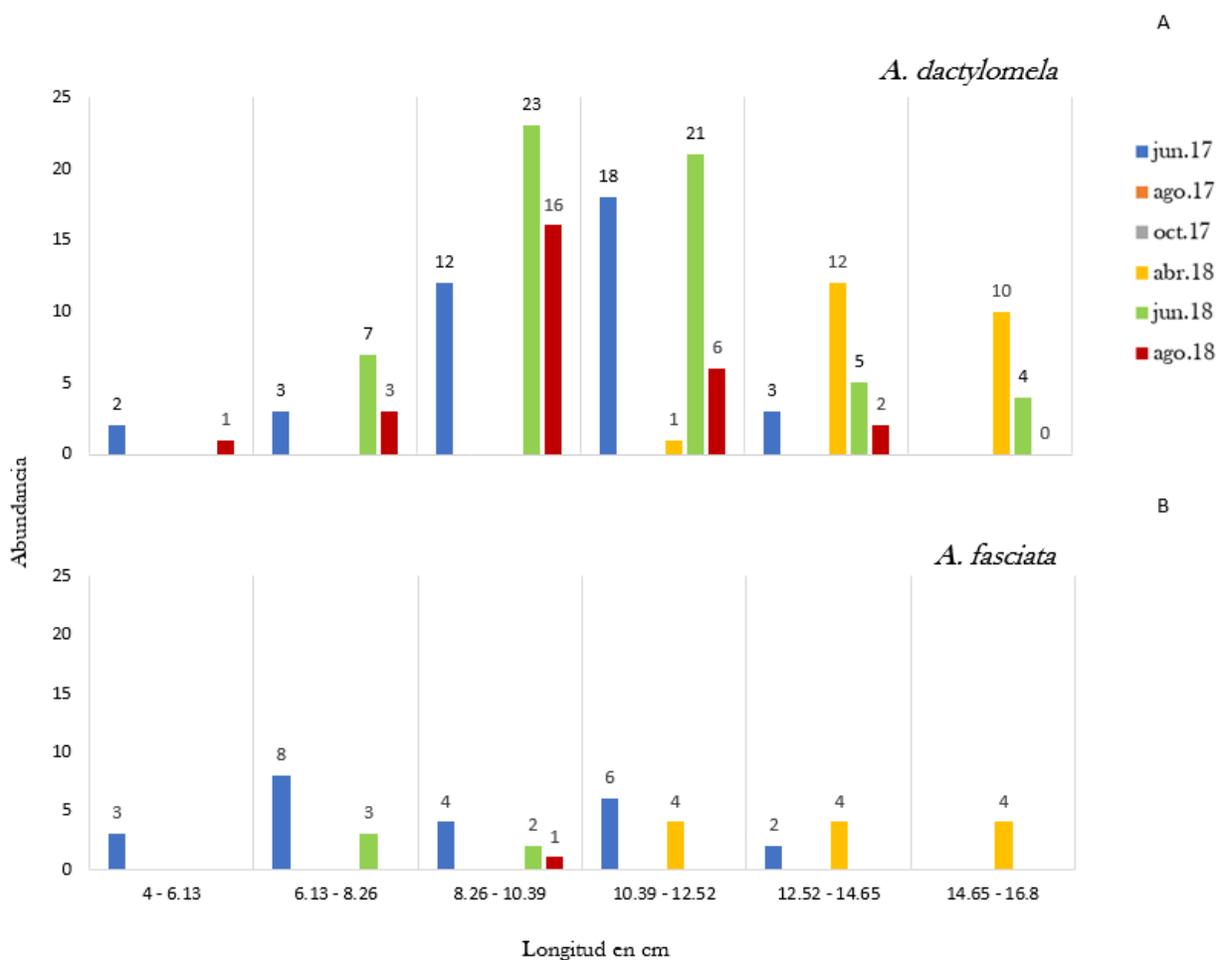
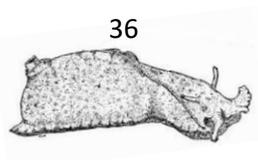


Figura 14. Abundancia de organismos de acuerdo con los intervalos de talla (longitud en cm) en la playa de Montepío, Veracruz, México. A) *Aplysia dactylomela* y B) *Aplysia fasciata*.



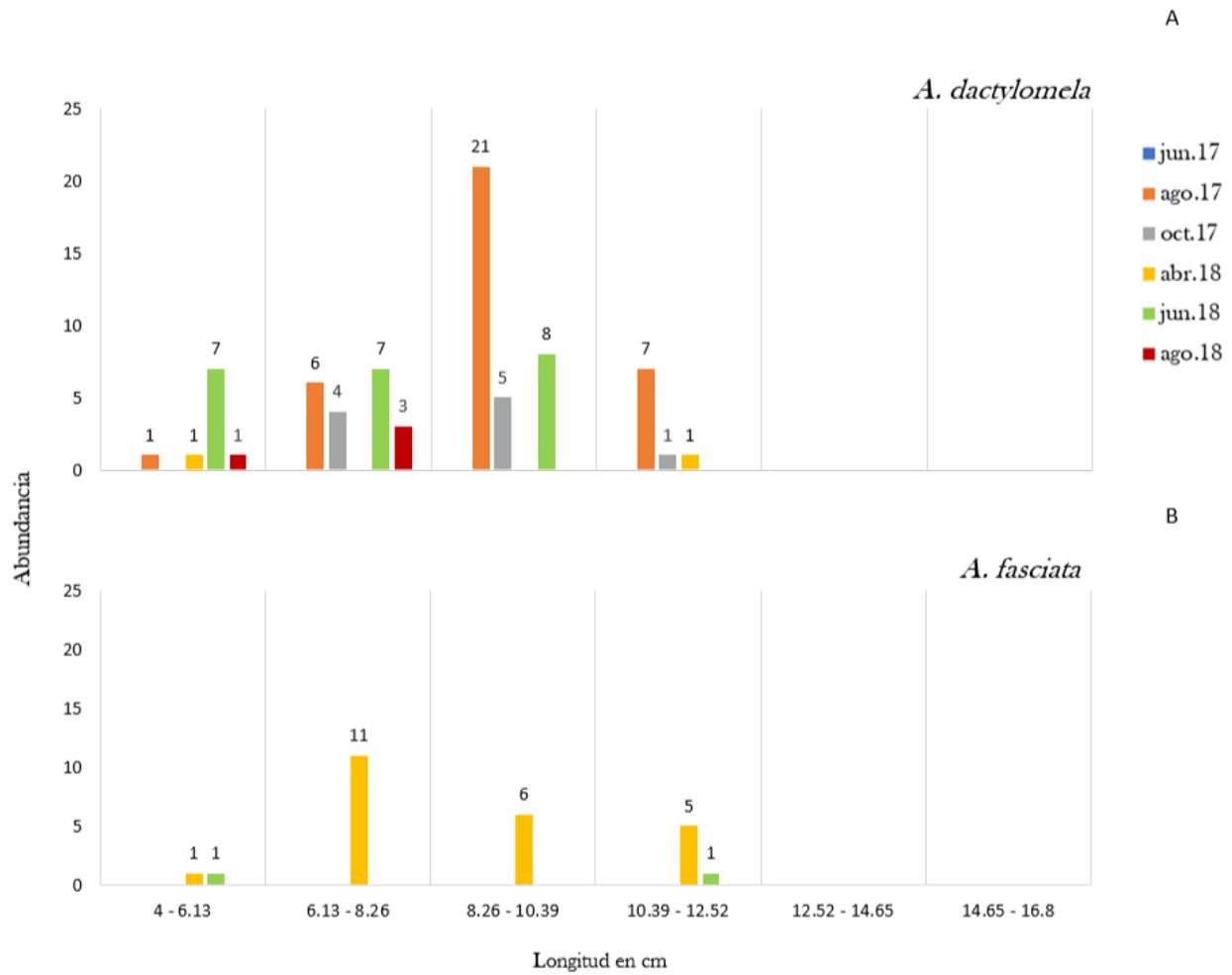


Figura 15. Abundancia de organismos de acuerdo con los intervalos de talla (longitud en cm) en la playa El Jicacal, Veracruz, México. A) *Aplysia dactylomela* y B) *Aplysia fasciata*.

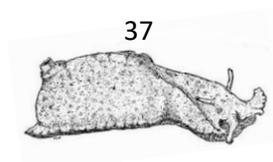


Tabla 2. Prueba t-student, comparación de medias de talla de *A. dactylomela* en las playas de Montepío y El Jicacal.

<i>A. dactylomela</i>	n	Media	t	gl	p
Montepío	149	10.872	9.303	190	< 0.0001
El Jicacal	73	8.246			

Tabla 3. Prueba t-student, comparación de medias de talla de *A. fasciata* en las playas de Montepío y El Jicacal.

<i>A. fasciata</i>	n	Media	t	gl	p
Montepío	41	10.063	2.99	64	0.003
El Jicacal	25	8.312			



A lo largo de los muestreos, *A. dactylomela* presentó una variación de longitud, entre 4 y 16.8 cm. El mes en el cual se obtuvo un mayor intervalo de tallas fue junio, tanto de 2017 como de 2018, pues se encontraron individuos desde 4.4 cm hasta 14.3 cm y de 6 cm a 16 cm, respectivamente. Por el contrario, en octubre de 2017, en El Jicacal se presentó el intervalo de tallas más estrecho, pues los organismos se encontraron entre 6.5 cm y 10.5 cm; mientras que en abril de 2018 se reportó la talla más grande para la especie (16.8 cm). En términos generales, se puede apreciar que la población de *A. dactylomela* alcanzó tallas mayores en la localidad de Montepío, comparándola con la población que se encontró en El Jicacal (Figura 16A).

Los organismos de *A. fasciata* presentaron una variación de longitud, entre un valor mínimo de 4.6 cm y máximo de 15.7 cm. El intervalo de tallas más amplio sucedió en junio de 2017, con un mínimo de 4.6 cm y un máximo de 13.3 cm, y el intervalo más estrecho ocurrió en junio de 2018, con un mínimo de 8 cm y un máximo de 10 cm. Para los organismos de la playa El Jicacal, las tallas encontradas variaron de un mínimo de 5.5 cm a un máximo de 11.8 cm (Figura 16B).

De acuerdo con el análisis de varianza ANOVA, se encontró que con 95% de confianza, al menos una de las poblaciones presentó una media de talla significativamente distinta a las demás ($F=25.674$, $gl\ inter=3$, $gl\ intra=284$, $p<0.05$) (Tabla 4). La prueba de Tukey mostró que existen diferencias significativas en cuanto a la talla media de los organismos de una misma especie entre ambas localidades, más no dentro de una misma localidad (Figura 17) (Anexo 1).



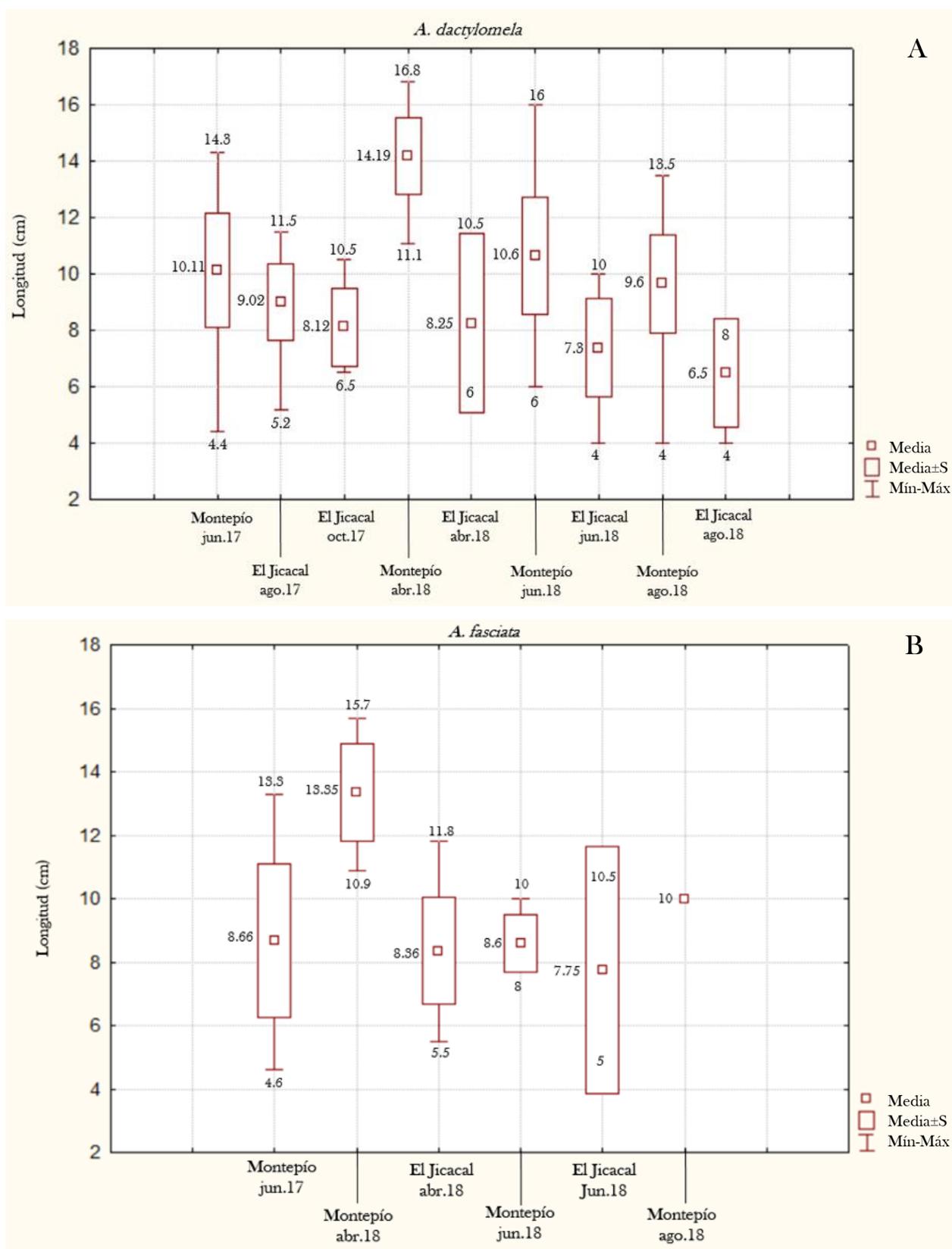


Figura 16. Longitud (cm) mínima y máxima de *Aplysia dactylomela* (A) y *Aplysia fasciata* (B) en las playas de Montepío y El Jicacal.



Tabla 4. Análisis de varianza ANOVA de un factor, comparación de medias de talla de *A. dactylomela* y *A. fasciata* en las playas de Montepío y El Jicacal.

	Suma de cuadrados	gl	Medias cuadráticas	F	P
Inter-grupos	404.35	3	134.78	25.674	< 0.0001
Intra-grupos	1490.96	284	5.25		
Total	1895.31	287			

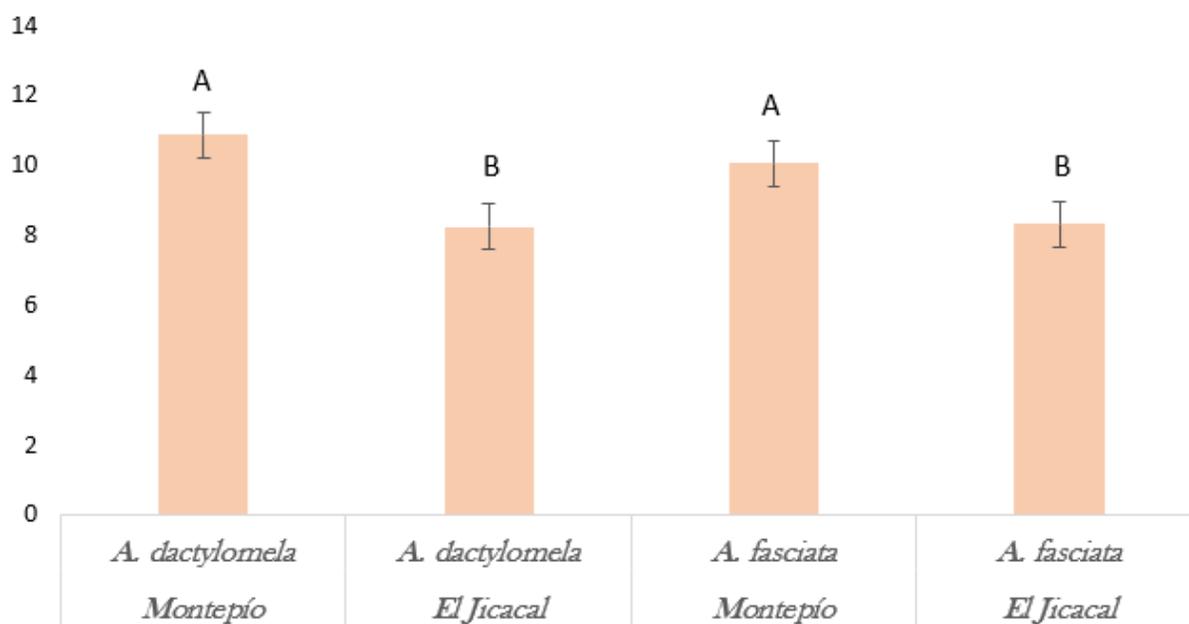
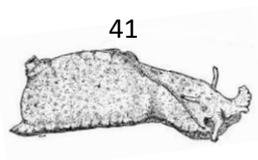


Figura 17. Prueba de Tukey, diferencia entre medias de talla poblacional, de ambas especies en las dos localidades.



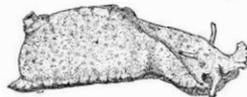
Peso

En la playa de Montepío el 73% la población de *A. dactylomela* estuvo distribuida en el segundo y tercer intervalo de peso, alcanzando la mayor abundancia (25 organismos) en junio del 2018. Se puede observar que de manera general los datos de todos los meses de muestreo presentaron una distribución semejante a la normal, en la cual los valores extremos tienden a una disminución. En abril se obtuvo mayor número de organismos distribuidos en los intervalos de mayor peso.

Aplysia fasciata presentó la mayor abundancia dentro del primer intervalo de peso (3 - 30.33 g) con 14 organismos en junio del 2017. De manera general, se observó que en junio del 2017 y abril del 2018 la tendencia es hacia una disminución de organismos de mayor peso. Ningún organismo se registró dentro del intervalo de mayor peso (139.65 - 167g) (Figura 18).

En la playa El Jicacal ambas especies fueron representadas únicamente en los dos primeros intervalos de peso (3 - 30.33 y 30.33 - 57.66 g). *Aplysia dactylomela* presentó mayor abundancia en el intervalo de peso más bajo, con 28 organismos en agosto del 2017. A partir de este mes se observó una disminución de organismos hasta junio del 2018, donde se presentó un considerable aumento de abundancia. En el caso de *A. fasciata* la mayor abundancia fue de 18 organismos distribuidos en el primer intervalo de peso (3 - 30.33 g) durante abril del 2018 (Figura 19).

De acuerdo con el análisis de la prueba de t-student, se obtuvo que estadísticamente existe una diferencia significativa entre las medias del peso de las poblaciones de ambas especies entre las localidades de Montepío y El Jicacal, ($t= 16.976$, $gl= 212$, $p < 0.05$) y ($t= 2.413$, $gl= 63$, $p < 0.05$) (Tablas 5 y 6).



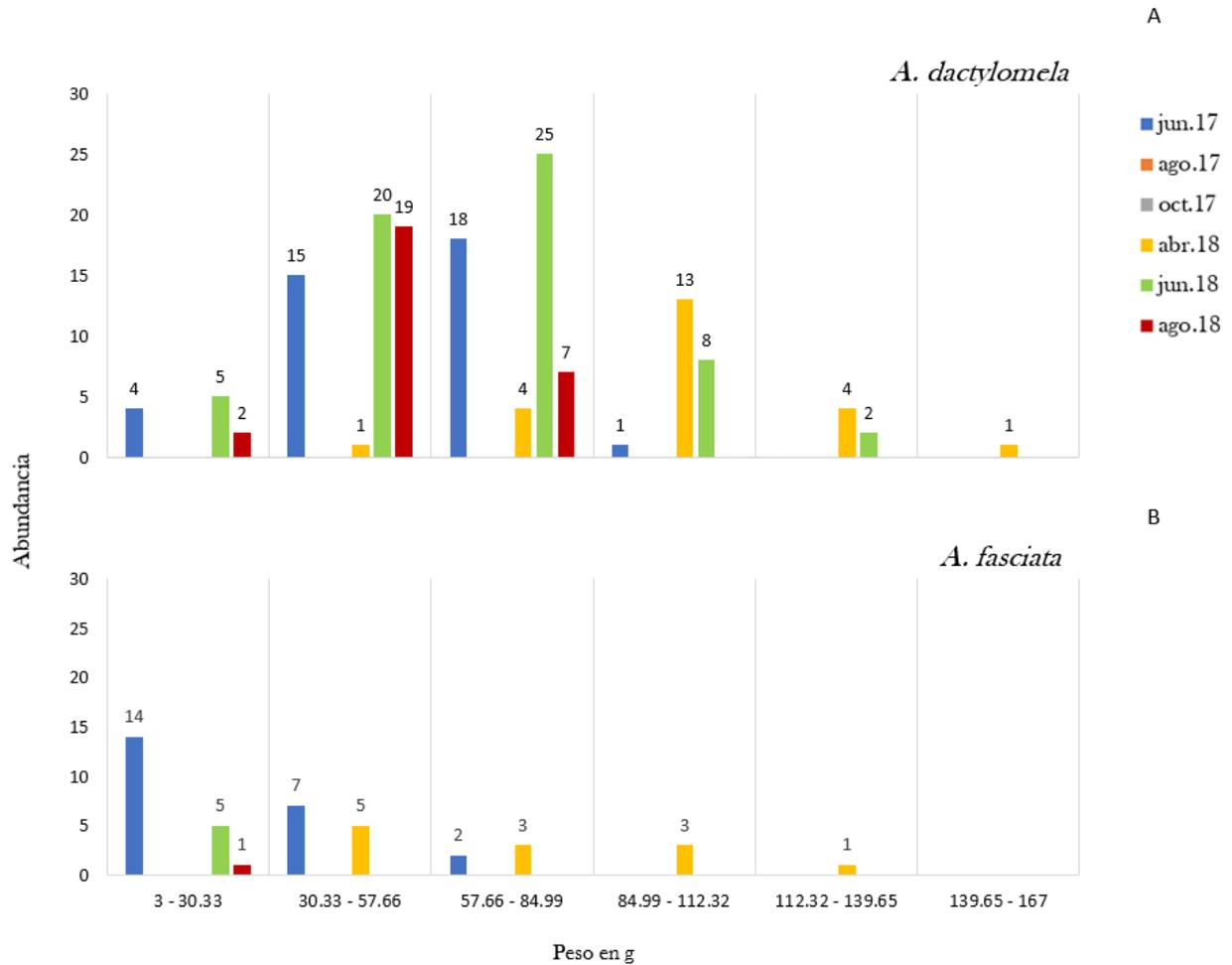
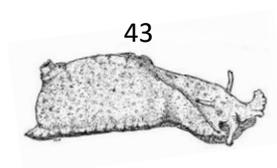


Figura 18. Abundancia de organismos de acuerdo con los intervalos de peso (g) en la playa de Montepío, Veracruz, México. A) *Aplysia dactylomela* y B) *Aplysia fasciata*.



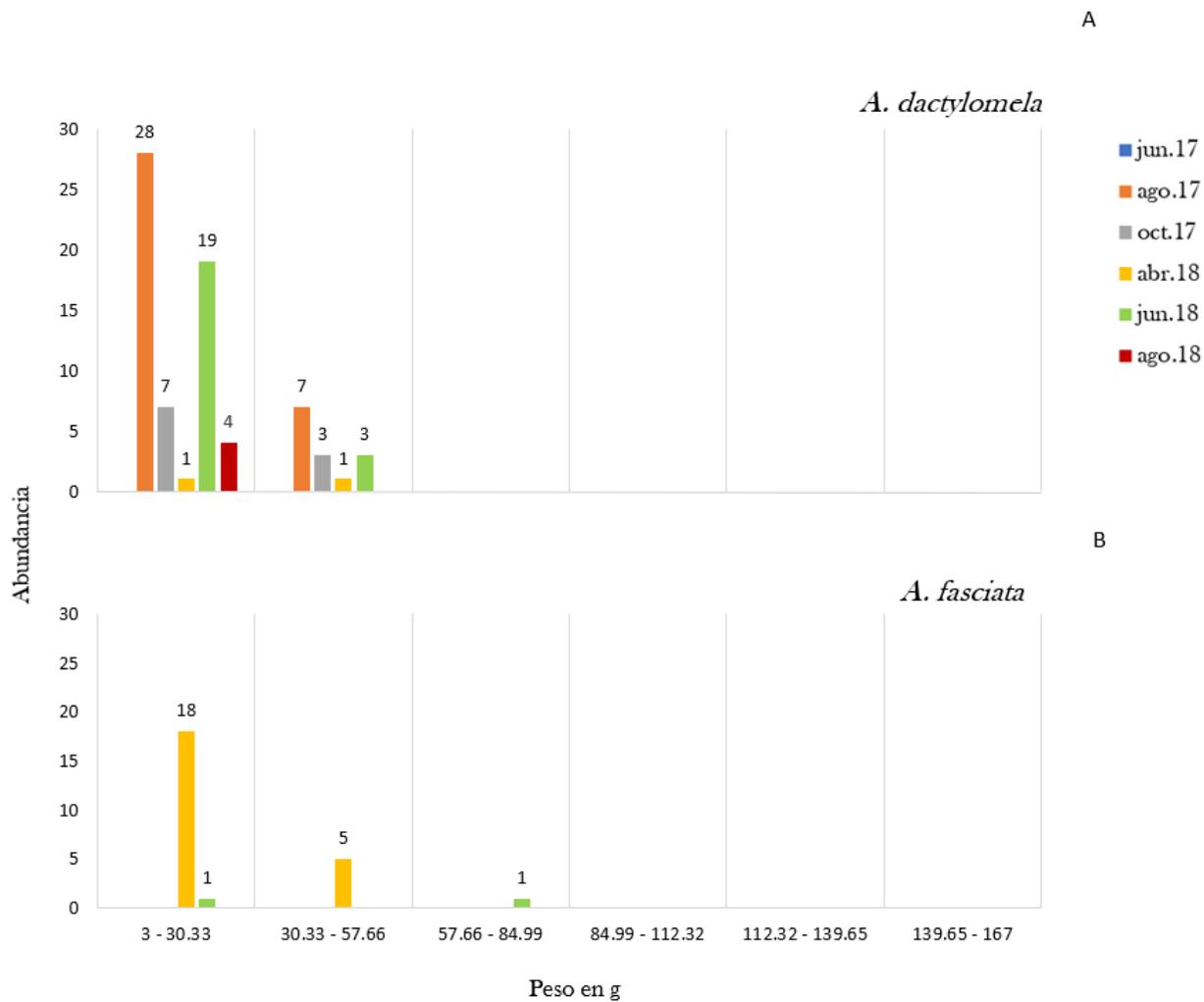


Figura 19. Abundancia de organismos de acuerdo con los intervalos de peso (g) en la playa El Jicacal, Veracruz, México. A) *Aplysia dactylomela* y B) *Aplysia fasciata*.

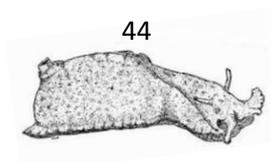


Tabla 5. Prueba t-student, comparación de medias de peso de *A. dactylomela* en la playa de Montepío y El Jicacal.

<i>A. dactylomela</i>	n	Media	t	gl	p
Montepío	149	64.342	16.976	212	< 0.0001
El Jicacal	73	21.534			

Tabla 6. Prueba t-student, comparación de medias de peso de *A. fasciata* en la playa de Montepío y El Jicacal.

<i>A. fasciata</i>	n	Media	t	gl	p
Montepío	41	37.658	2.413	63	0.018
El Jicacal	25	24.64			



La variación de peso de *A. dactylomela* a lo largo del muestreo fue de 3 a 167 g, presentándose el peso mínimo en ambas playas y el máximo únicamente en Montepío. De manera general, los organismos de *A. dactylomela* que se encontraron en El Jicacal presentaron un menor intervalo de peso, que fue desde un mínimo de 3 g, como ocurrió en junio de 2018, hasta un máximo de 50 g, como se presentó en octubre y abril de 2017, en comparación con Montepío, que mantuvo intervalos amplios (Figura 20A).

En la figura 20B, se representan los intervalos de peso para *A. fasciata* en ambas localidades. Montepío fue la localidad que presentó el peso mínimo (3 g) en junio de 2017 y el máximo (113 g) en abril de 2018; mientras que para El Jicacal se obtuvo un intervalo de peso más estrecho, que fue de los 4 g en abril de 2018, hasta los 71 g, como se presentó en junio de 2018. Nuevamente se pudo observar que, en cuestión de peso, las dos especies alcanzaron valores más grandes en Montepío que en El Jicacal.

De acuerdo con el análisis de varianza ANOVA se encontró que con 95% de confianza, al menos una de las poblaciones presentó una media de peso significativamente distinta a las demás ($F=66.9206$, $gl\ inter=3$, $gl\ intra=284$, $p < 0.05$) (Tabla 7). La prueba de Tukey mostró que existen diferencias significativas entre el peso medio de tres de las poblaciones. Sin embargo, la población de *A. fasciata* en El Jicacal resultó no tener diferencias con respecto a la población de ésta misma especie en Montepío, ni de *A. dactylomela* en El Jicacal (Figura 21)(Anexo 1).



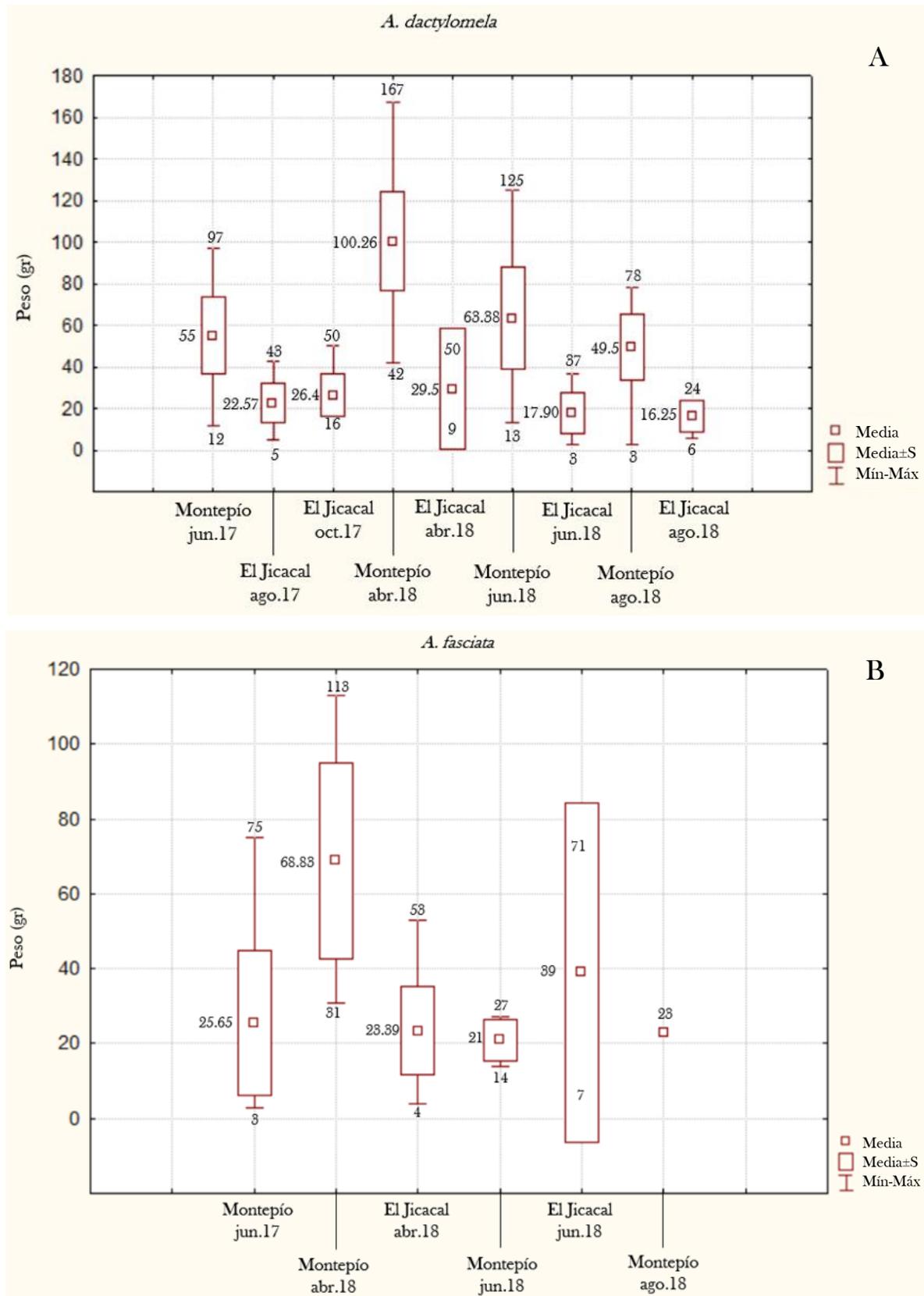


Figura 20. Pesos (g) mínimos y máximos de *Aplysia dactylomela* (A) y *Aplysia fasciata* (B) en las playas de Montepío y El Jicacal.

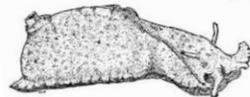


Tabla 7. Análisis de varianza ANOVA de un factor, comparación de medias de peso de *A. dactylomela* y *A. fasciata* en las playas de Montepío y El Jicacal.

	Suma de cuadrados	gl	Medias cuadráticas	F	P
Inter-grupos	108066.8	3	36022.3	66.9206	< 0.0001
Intra-grupos	152872.7	284	538.3		
Total		287			

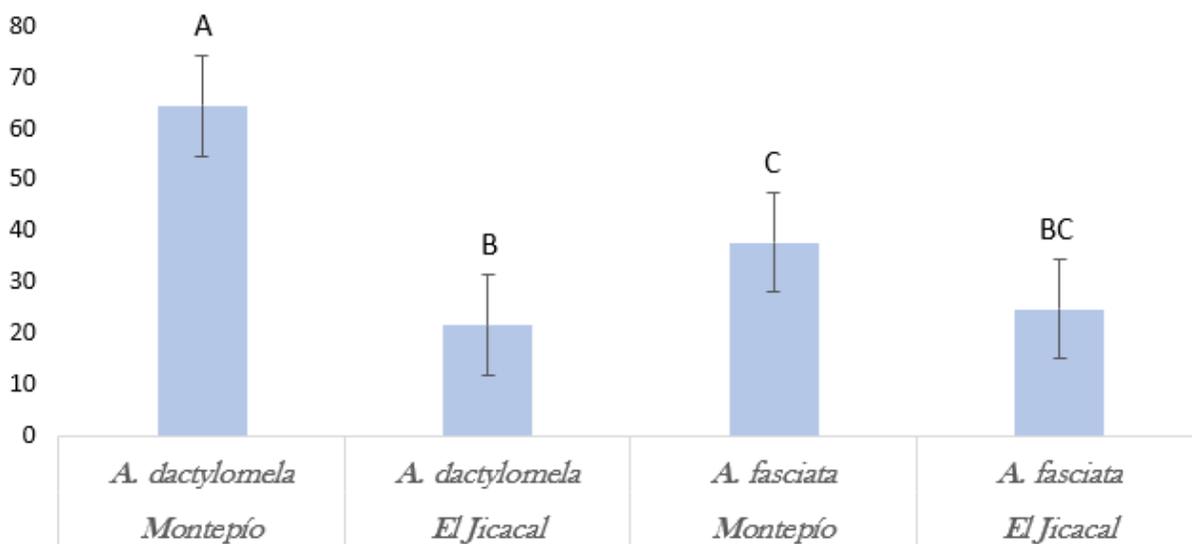
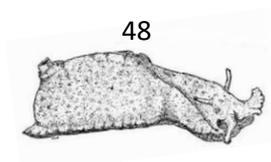


Figura 21. Prueba de Tukey, diferencia entre medias de peso poblacional, de ambas especies en las dos localidades.



Profundidad

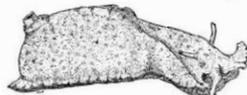
En la figura 22, se muestra la relación existente entre la profundidad a la que fueron encontrados los organismos y la abundancia con la cual se reportaron a cada intervalo de profundidad, de acuerdo con los meses de muestreo. Todos los organismos fueron muestreados a una profundidad máxima de 80 cm.

Para el caso de Montepío, de manera general se observó una tendencia de las dos especies a encontrarse a bajas profundidades. Más de la mitad de la población de *A. dactylomela* se encontró de 0 a 13.3 cm, alcanzando en este intervalo las abundancias más altas en junio de 2017 y 2018, con 29 y 49 individuos, respectivamente. En abril de 2017 fue a una profundidad de 26.8 a 39.9 cm en donde se encontró mayor cantidad de organismos (14). Cabe mencionar que únicamente en agosto de 2018 se encontraron organismos en todos los intervalos de profundidad, manteniendo el patrón de disminución de individuos a profundidades mayores (Figura 22A).

En el caso de *A. fasciata*, se observó que la mayor abundancia de individuos también se presentó en el intervalo de menor profundidad con 18 individuos. Junio de 2017 fue el mes con mayor número de organismos en éste intervalo, mientras que en abril de 2018, en profundidades de 26.8 a 39.9 cm se presentó el mayor número de organismos. En tanto que en junio y agosto los organismos fueron menos abundantes y se restringieron a profundidades de 0 a 26.6 cm. No se encontraron individuos de *A. fasciata* a profundidades mayores de 53.2 cm (Figura 22A).

En la playa El Jicacal, *A. dactylomela* también presentó mayor abundancia en junio de 2018 en el intervalo de menor profundidad con 18 individuos, seguido de agosto de 2017, con 13 organismos a profundidades medias de 26.8 a 39.9 cm. En octubre, la mayor abundancia se apreció en éste intervalo de profundidad, con seis individuos. Por último, abril y agosto de 2018 fueron los meses con menor abundancia. Sin embargo, en éstos meses, los organismos se encontraron en los intervalos de mayor profundidad (Figura 22B).

Con respecto a *A. fasciata*, únicamente se encontraron organismos en abril y junio de 2018. La mayor abundancia de individuos ocurrió en abril, con 10 organismos, a una profundidad de 26.8 a 39.9 cm, seguida de seis individuos en el intervalo de profundidad siguiente. Los dos organismos encontrados en junio de 2018 se distribuyeron en el intervalo de menor profundidad (Figura 22B).



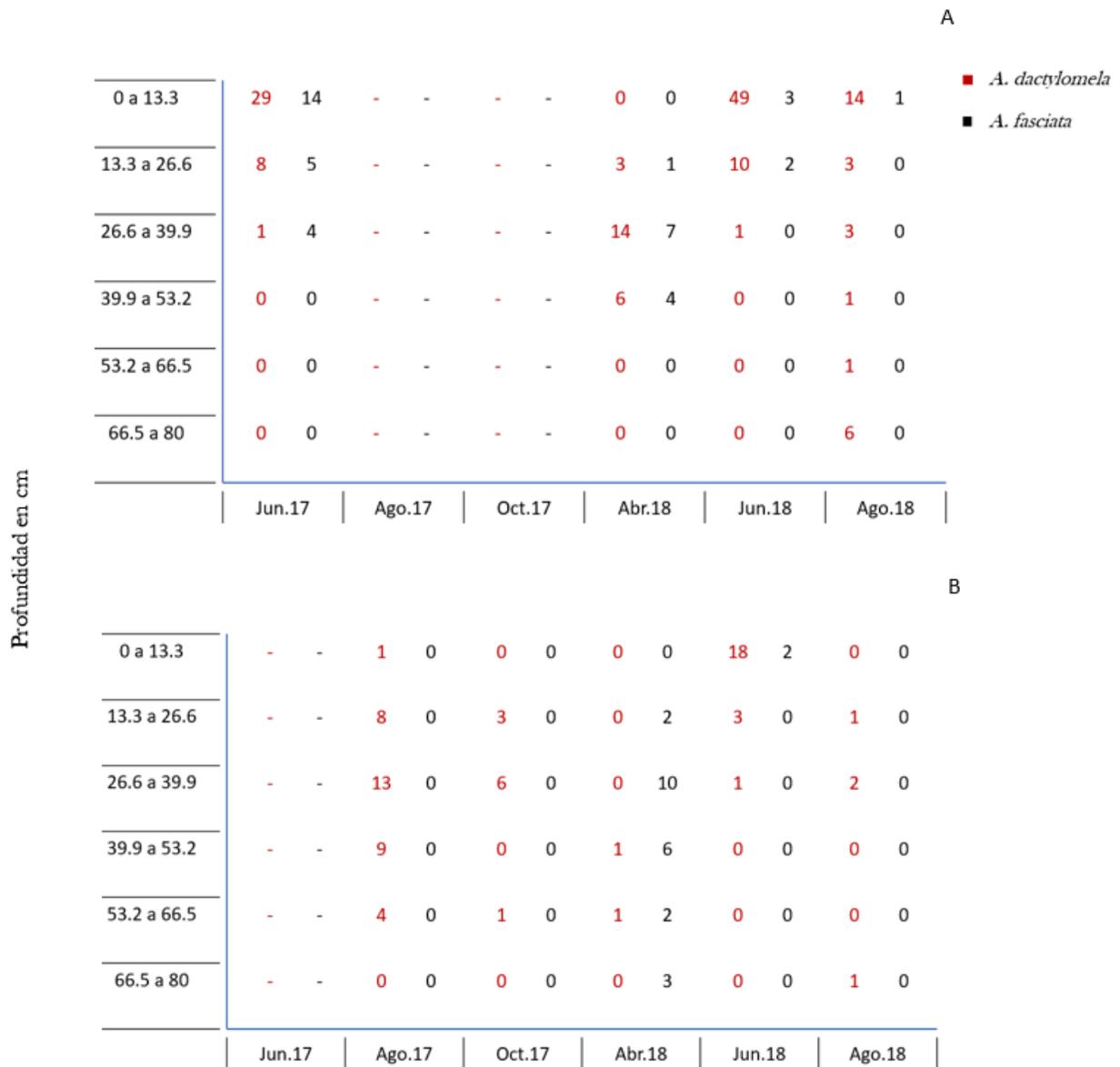
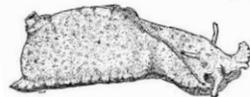


Figura 22. Abundancia de *Aplysia dactylomela* y *A. fasciata* de acuerdo con los intervalos de profundidad (cm). A) Montepío y B) El Jicacal.



Sustrato

En Montepío, para los individuos de *A. dactylomela*, se encontró que, en junio de 2017, los individuos se distribuyeron en porcentajes de 66% en roca, 29% en arena y solo 5% en alga. A partir de abril se observó una mayor ocurrencia de organismos sobre sustrato algal, presentándose en este mes 48% de individuos sobre algas y 26% tanto en arena como en roca. En junio de 2018, 60% de la población se encontró sobre algas, 32% sobre arena y únicamente el restante 8% sobre roca. En agosto de 2018, 48% de los organismos se recolectaron sobre alga, 28% sobre roca, 21% en arena y solo un individuo representando 3% de la población se registró nadando.

En el caso de *A. fasciata* se encontró que, en junio de 2017, la mayoría de la población (57%) estaba sobre roca, 30% sobre alga y 13% en arena. En abril, la mitad de la población de *A. fasciata* se encontró en sustrato algal y la otra mitad distribuida, en igual proporción, en roca y en arena. En junio de 2018, la población se encontró con la misma proporción de individuos en alga que en roca (40%) y el resto (20%) en arena. Por último, en agosto de 2018, 100% de individuos se encontró sobre alga (Figura 23).



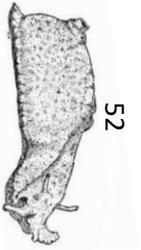
Montepío

A. dactylomela

■ alga ■ arena ■ roca ■ nadando



Figura 23. Porcentaje de organismos de *Aplysia dactylomela* y *A. fasciata* encontrados en distintos sustratos, en la playa de Montepío de acuerdo con los meses de muestreo.



Por otra parte, para El Jicacal se observó que en todos los meses de muestreo más de la mitad de la población de *A. dactylomela* siempre se distribuyó sobre alga, siendo éste sustrato el dominante en esta localidad, seguido del sustrato roca. En agosto de 2017, 86% de los organismos se recolectaron sobre alga, 8% sobre roca y 6% en arena. Durante octubre, 90% de los individuos se encontró sobre alga y el resto sobre roca. Mientras que en abril y agosto de 2018 se encontró a 100% de la población sobre alga; en junio de 2018, 55% de los individuos se encontraron sobre alga, el 41% en roca y solo 4% se encontró nadando.

Los organismos de *A. fasciata* en la playa El Jicacal, solo se presentaron en abril y junio de 2018; en ambos meses con una predilección al sustrato algal. En abril de 2018 se recolectó 87% de la población sobre alga, 9% en roca y 4% en arena. En junio de 2018, los organismos encontrados se distribuyeron en partes iguales sobre alga y roca (50%) (Figura 24).



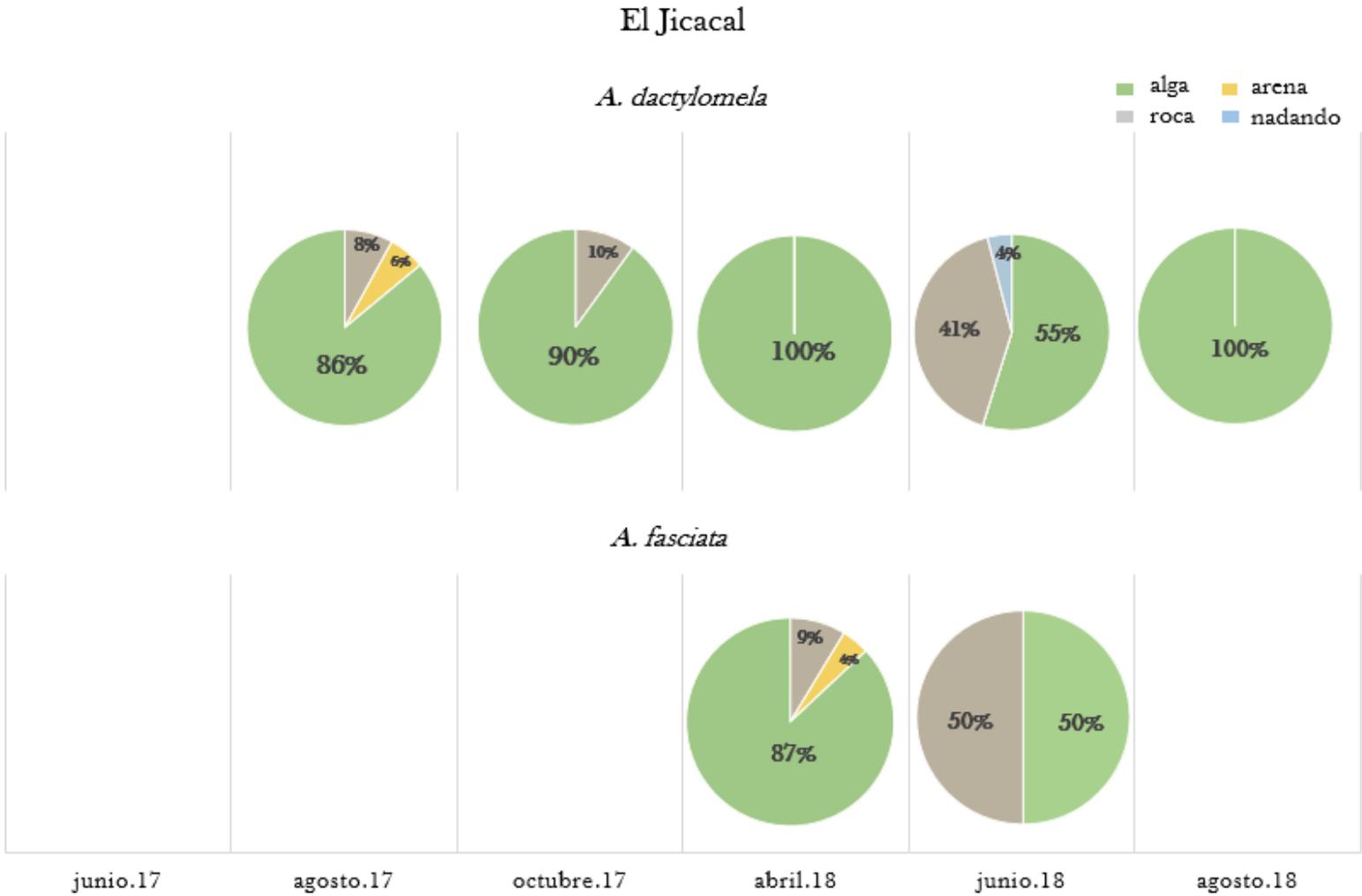
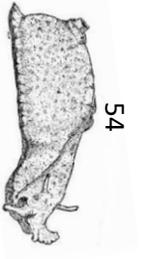


Figura 24. Porcentaje de organismos de *Aplysia dactylomela* y *A. fasciata* encontrados en distintos sustratos, en la playa de El Jicacal de acuerdo con los meses de muestreo.



54

DISCUSIÓN

Taxonomía, descripción y distribución de las especies

Sobre la base de los resultados obtenidos en el presente estudio, se demuestra la presencia de dos especies del género *Aplysia*: *A. dactylomela* y *A. fasciata*, en la playa rocosa de Montepío y El Jicacal. De acuerdo con Zamora-Silva y Ortigosa (2012), estas dos especies son de las más comunes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), en donde también fueron identificadas como especies dominantes en la localidad de Montepío por Vital en 2013. Es importante mencionar que aún existe cierta ambigüedad con respecto a la posición taxonómica de la familia Aplysiidae, por lo cual en la literatura especializada existen diferencias al referirse a las especies encontradas en este estudio. Ambas especies poseen varios sinónimos, por ejemplo, Valdés (2006), consideró a *A. fasciata* como sinónimos de *A. brasiliana*, *A. willcoxi* y *A. cervina*, información que coincide con Medina *et al.* (2005), quienes por medio de análisis moleculares concluyeron que *A. fasciata* y *A. brasiliana* son una sola especie.

En este estudio también se obtuvo el primer registro de la presencia del género *Aplysia*, en particular de las dos especies *A. dactylomela* y *A. fasciata* en la playa arenosa El Jicacal, la cual se ubica a 12 km de distancia, bordeando la costa de la playa de Montepío hacia el sur. De acuerdo con Zamora-Silva (2003), los organismos del género *Aplysia* poseen un amplio intervalo de distribución, debido a su gran facilidad para desplazarse mediante el nado. En adición, Vital (2013), reportó que *A. fasciata* posee un mayor intervalo de distribución (de Nueva Jersey hasta el sur de Brasil) con respecto a *A. dactylomela* (de Florida hasta Brasil).



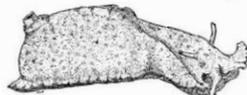
Abundancia

Aplysia dactylomela presentó una abundancia relativa de 66% del muestreo, mientras que *A. fasciata* presentó el restante 34%. Estas proporciones coinciden con lo que encontró Vital (2013), quien registró a *A. dactylomela* con 46% del muestreo y *A. fasciata* con 32%. Es necesario aclarar que no existen datos para la playa El Jicacal en junio de 2017, debido a que las condiciones climáticas no fueron favorables para tomar los datos necesarios y fue hasta agosto de 2017, que se pudo llevar a cabo el muestreo en dicha localidad. Se observó que para ambas especies, la abundancia fue siempre mayor en la playa de Montepío.

En el primer muestreo realizado en temporada de lluvias, en junio de 2017, *A. dactylomela* mostró una mayor abundancia, representando 62% (38 individuos) del muestreo y *A. fasciata* el restante 38% (23 individuos) en la costa rocosa de Montepío. Esto difiere con lo que encontró Vital (2013), en específico para junio del 2011 en Montepío, donde indicó que *A. fasciata* fue encontrada con una mayor abundancia con respecto a *A. dactylomela*. Sin embargo, Ortigosa (2005) encontró que en la laguna arrecifal Isla Verde, Veracruz, la especie más abundante en primavera fue *A. dactylomela*, también registró principalmente sobre fragmento de coral, algunos individuos de *A. cervina*, especie que no fue encontrada durante este estudio.

En el segundo y tercer muestreo realizados en agosto y octubre de 2017, que corresponden a temporada de lluvias y nortes respectivamente, únicamente se encontraron organismos de la especie *A. dactylomela* en El Jicacal. Lo registrado en estos meses concuerda con lo que observó Vital (2013), quien mencionó que *A. dactylomela* fue la única especie que se presentó en las tres épocas del año, contrario a *A. fasciata* que solo se presentó en temporada de secas y lluvias, es decir posee una menor permanencia en la localidad y se encontró menos abundante.

La ausencia de organismos en Montepío en estos meses fue atribuida principalmente a dos razones; la primera, debido a las condiciones meteorológicas encontradas durante cada muestreo (huracán en agosto y norte en octubre), y la segunda, a causa de la estructura rocosa y heterogénea de la playa de Montepío, la cual se encontraba sometida a un mayor estrés debido a su exposición al oleaje intenso. Como mencionaron Hernández *et al.* (2010), desde el punto de vista meteorológico, la playa de Montepío se encuentra bajo la influencia de disturbios cíclicos, ocasionados por la temporada de norte o los ciclones, lo cual provoca un oleaje intenso y, con esto, la resuspensión del sedimento, lo que podría generar diferentes grados de estrés en los organismos

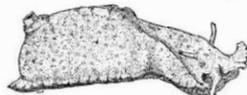


que ahí habitan; también provoca que la cobertura algal sea removida del sustrato, afectando la disponibilidad del principal recurso alimenticio para organismos herbívoros como *A. dactylomela* y *A. fasciata*. Además de que otros organismos como los erizos, los cuales son abundantes en Montepío, resultan fuertes competidores para las aplisias, ya que tienen los mismos hábitos de alimentación, ambos son herbívoros. Es probable que un drástico aumento en la población de erizos implique menos alga disponible para las aplisias.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el 10 de agosto de 2017 a las 00:00 horas, el huracán “Franklin”, con categoría 1, impactó la costa del estado de Veracruz, con vientos máximos sostenidos de 140 km/h y rachas de 165 km/h, al igual que precipitaciones de hasta 410.0 mm. Como consecuencia, muy probablemente los parámetros ambientales, como la velocidad de los vientos, la temperatura del agua, la intensidad de oleaje y la incidencia de luz en la columna de agua cambiaron de manera abrupta, afectando la capacidad de las macroalgas para realizar fotosíntesis, alterando así el ciclo biológico de éstas, que pudieron estar presentes en la costa rocosa. Ortigosa (2005) mencionó que, a partir de agosto y hasta septiembre, la abundancia de las especies disminuye debido a los vientos que generan un fuerte oleaje, el cual provoca la remoción de sustratos algales y, a su vez, de la diversidad de organismos que pudieran alimentarse y protegerse en dicho sustrato.

Estas condiciones a las que se ve sometida la playa rocosa de Montepío durante un huracán o en la temporada de nortes, dificultan la capacidad de los herbívoros para que se establezcan, por lo cual se piensa que no se logró encontrar algún organismo de esas especies en dicha localidad tanto en agosto como en octubre de 2017. En contraste con lo observado por Vital (2013) quien reportó que, en agosto de 2011 en Montepío, se registró a *A. dactylomela* con su mayor abundancia (alrededor de 40 organismos) y *A. fasciata* únicamente con dos individuos. También, a diferencia de las condiciones climáticas que se encontraron en el presente trabajo en octubre, Vital (2013) mencionó que durante ese mes las condiciones de visibilidad en la zona, así como el estado del tiempo fueron favorables para la búsqueda. Sin embargo, únicamente reportó 12 organismos de *A. dactylomela*.

A pesar de las condiciones meteorológicas, en El Jicacal se encontró a *A. dactylomela* con un total de 35 organismos en agosto y 10 organismos en octubre de 2017. Esto se atribuye a que en la playa El Jicacal, su estructura somera y ubicación protegida del oleaje mediante escolleras, los

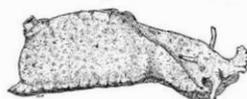


organismos hayan sido capaces de permanecer, aunque en poca abundancia, soportando de manera menos intensa las condiciones climáticas de este mes en específico. Lo anterior coincide con lo que mencionaron Fernández y Jiménez (2006), donde encontraron que en un litoral rocoso de Venezuela, los valores más altos de abundancia de moluscos herbívoros se registraron en las localidades más protegidas del oleaje, esto debido probablemente a la reducida amplitud de marea en aguas someras y tranquilas, que hacen posible que las condiciones sean menos severas y exista una mayor probabilidad de establecimiento de sustrato algal, que brinda protección y alimento a las especies; a diferencia de localidades expuestas, como el caso de la playa de Montepío.

Durante la época de secas, la playa rocosa de Montepío se encuentra sujeta a cambios físicos marcados, como la formación de pozas de marea y el aumento drástico de temperatura (condiciones que pocas especies pueden tolerar) (Vital, 2013). Sin embargo, durante el muestreo de abril de 2018, en Montepío se observó una dominancia de *A. dactylomela* con 23 organismos, con respecto a *A. fasciata* que presentó únicamente 12, aunque existe una diferencia de abundancia entre ambas especies, no se considera que existió una dominancia como tal de *A. dactylomela*, ya que ambas especies tendieron a aumentar en abundancia, aunque en distinto grado durante este mes de muestreo. Por el contrario, en ese mismo mes, en la localidad de El Jicacal se pudo observar una evidente dominancia de *A. fasciata*, con 23 organismos y *A. dactylomela* con tan solo dos individuos. La interacción que muestra la tendencia de una especie a aumentar en abundancia, mientras que otra disminuye, nos sugiere que posiblemente existe una exclusión competitiva entre las especies, pudiendo tratarse ésta debido a la falta de recurso alimenticio o de espacio disponible dentro de la comunidad.

También durante el muestreo de abril, en la playa de Montepío se pudo observar en cuatro ocasiones a parejas de organismos de *A. dactylomela* copulando, lo cual concuerda con el trabajo de Zamora-Silva y Ortigosa (2012), donde mencionan que durante abril y mayo pudieron observar largas cadenas de organismos de *A. dactylomela* copulando. Aun cuando los aplisiomorfo son capaces de reproducirse durante todo el año, lo anterior sugiere que en la época de secas se presenta el pico reproductivo de por lo menos esta especie.

Es importante mencionar que estas dos especies presentan alta fecundidad, una distribución amplia y gran capacidad de locomoción (Zamora-Silva, 2003), que de acuerdo con Pérez-Rodríguez (1997), se debe a la modificación y extensión del manto en parapodios, lo que les permite desplazarse

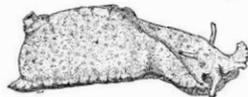


a grandes distancias. Incluso Moroz (2011), mencionó que *A. fasciata* es capaz de desplazarse hasta un kilómetro en un solo episodio natatorio. Durante este estudio se pudo observar a algunos individuos mientras se desplazaban mediante el nado, confirmando lo anterior.

Después de una temporada de condiciones climáticas desfavorables (época de nortes), en una playa rocosa como Montepío, se crean una gran cantidad de microhábitats disponibles, que pueden ser ocupados por cualesquiera de las especies presentes en la localidad; además que, de acuerdo con Hernández-Alvarez *et al.* (2010), Montepío es una zona con alto recambio de especies y probablemente de sustratos.

Durante el quinto muestreo, realizado en junio de 2018, se encontró a *A. dactylomela* con su mayor abundancia (60 organismos) en la playa de Montepío y *A. fasciata* únicamente presentó cinco individuos. Un número alto de organismos durante junio y hasta agosto de 2018, sugiere alta fecundidad por parte de *A. dactylomela*, y refuerza la idea de que el clímax reproductivo sucedió durante la temporada pasada (secas). En contraste, *A. fasciata* a partir de este quinto muestreo y hasta agosto de 2018 presentó una notable disminución de organismos en ambas localidades, esto se explica debido a la posible exclusión competitiva que ejerce *A. dactylomela* sobre *A. fasciata*, al poseer un mayor número de organismos en ambas playas.

A manera de hipótesis se plantea que los ciclos reproductivos de estas dos especies no sucedieron al mismo tiempo y que una de las dos especies posee mayor fecundidad que la otra. Por lo que podría inferirse lo siguiente: para el caso específico de Montepío y a consecuencia de la competencia interespecífica, *A. dactylomela* excluye a *A. fasciata*, obligando a los organismos de esta especie a desplazarse a la playa El Jicacal, la cual debido a su estructura predominantemente arenosa no se vio afectada tan abruptamente en cuanto a sus parámetros físicos; de esta manera, *A. fasciata* ha podido establecerse, incluso llegar a dominar sobre *A. dactylomela*, específicamente en la localidad de El Jicacal, durante la época de secas.



Talla y peso

Con respecto a la talla y peso de los organismos, existe escasa literatura, en la cual solo se llega a mencionar los valores más altos registrados para cierta especie, además tampoco se encontró algún estudio que profundice en el análisis de estas dos variables como parámetros que pudieran indicar el estado de desarrollo de los individuos. Por lo tanto, este es el primer estudio que trata de analizar especies de opistobranquios comparando valores de talla y peso.

En este estudio se encontraron organismos de todas las tallas registradas, únicamente en la playa de Montepío, a diferencia de El Jicacal, donde las tallas se vieron restringidas a las categorías chica y mediana. Lo anterior se le atribuye a la ya mencionada heterogeneidad que caracteriza a la playa rocosa de Montepío. La zona intermareal rocosa, a pesar de su constante fluctuación de parámetros ambientales, provee una estructura compleja de sustratos, la cual es aprovechada por distintos organismos (Luviano-Aparicio, 2013). Las fisuras, los huecos entre las rocas y los parches de fronda de alga podrían estar ofreciendo un refugio con una amplia diversidad de nichos disponibles para los organismos de distintas tallas para ambas especies. En comparación, la playa El Jicacal posee una estructura donde predomina el sustrato arenoso y los pocos parches de roca no resultan tan elaborados y complejos, por lo cual los organismos de tallas muy grandes se verían expuestos con mayor facilidad a las condiciones fluctuantes de un ambiente intermareal y a potenciales depredadores.

De manera general, para ambas especies en Montepío se observó una dominancia de individuos de tallas medianas. Sin embargo, *A. dactylomela* se encontró con una mayor proporción (65%) en este intervalo de tallas, en comparación con *A. fasciata* (42%). Por otro lado, *A. fasciata* presentó una mayor proporción de individuos de tallas chicas (34%). En la playa El Jicacal, aunque en menor grado, también se pudo observar una dominancia de *A. dactylomela* sobre *A. fasciata*, en cuanto a la proporción de organismos de tallas medianas. En contraste con lo anterior, Valdés (2006), indica que las tallas de *A. fasciata* llegan a ser mayores incluso que las de *A. dactylomela*, al igual que Vital (2013), que encontró una mayor talla y peso en organismos de *A. fasciata*.

Para Montepío se observó que *A. dactylomela* obtuvo la mayor abundancia de organismos en los intervalos de mayor talla en abril, al igual que de *A. fasciata*. Tal abundancia de organismos, que fueron considerados como adultos reproductivos, y la ausencia de individuos de tallas pequeñas indican la temporada en la que con mayor probabilidad ocurrió el máximo reproductivo para ambas



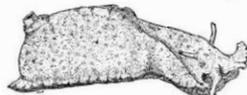
especies. Esto se comprobó, ya que posteriormente a la temporada de secas, en junio de 2017 y 2018, se encontraron organismos de tallas pequeñas para ambas especies, en mayor proporción de *A. fasciata*. También se presentó un marcado incremento de organismos medianos, pero en esta ocasión para la especie *A. dactylomela*.

Una vez iniciada la temporada de lluvias, en agosto de 2018, la abundancia de organismos de ambas especies disminuyó sin importar la talla. Se esperaba que todos los organismos de longitud mediana que se encontraron un par de meses antes se encontraran en junio representados en la categoría de tallas grandes como adultos reproductivos en agosto. Sin embargo, aunque esto no se pudo observar con las muestras obtenidas en este estudio y retomando lo que menciona Ortigosa (2005), a partir de agosto la abundancia de las especies disminuye debido a los vientos que generan un fuerte oleaje, con lo cual se plantea la hipótesis de que los individuos grandes de ambas especies, al menos para el muestreo de agosto de 2018, pudieron haberse encontrado a mayores profundidades, refugiándose de las condiciones fluctuantes del intermareal rocoso en temporada de lluvias.

En cuanto a El Jicacal, en el primer muestreo realizado en agosto del 2017 se encontró únicamente *A. dactylomela*, con una mayor abundancia en intervalos de tallas medias. Estos organismos podrían representar a los adultos reproductivos que, mediante un “trade off” energético, han podido permanecer en esta localidad, a pesar de las condiciones adversas por el paso del huracán Franklin, pero con rangos de talla menores que los organismos adultos de Montepío, invirtiendo menor energía en crecimiento y mayor energía para el desarrollo gonadal y la supervivencia inmediata.

Posteriormente, durante el muestreo de octubre de 2017 y hasta abril de 2018 se presentó una notable disminución de organismos de *A. dactylomela*. Hernández-Alvarez *et al.* (2010) mencionaron que la presencia de fenómenos meteorológicos, como en este caso un huracán o la temporada de nortes modifican a las comunidades desplazando a organismos de las especies más vulnerables, con ello la densidad de las especies se ve modificada principalmente por el tamaño de nicho disponible que, a su vez, se ve sujeto a las relaciones de competencia de la comunidad.

Con base en lo anterior, se piensa que, como consecuencia de las difíciles condiciones climáticas que se presentan cada año durante esta época, las poblaciones de *A. dactylomela*

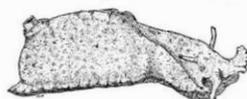


decrecieron, dejando así a disponibilidad diversos espacios y nichos que habitar, una vez que las condiciones resultaran más favorables. Este escenario posiblemente se presentó en abril de 2018, ya que durante el muestreo en temporada de secas se observó a *A. fasciata* con una mayor abundancia tanto en organismos pequeños como de tallas medianas, probablemente ocupando los espacios disponibles que dejó la época de nortes y así poder establecerse momentáneamente como especie dominante. Por último, durante el muestreo de junio de 2018 se observó un aumento de individuos de *A. dactylomela* de tallas chicas, lo cual sugiere que, debido a la competencia interespecífica, nuevamente *A. dactylomela* ha podido ubicarse como especie dominante en la playa de El Jicacal.

Como menciona Ortigosa (2005), al igual que Zamora-Silva (2003), organismos herbívoros como las aplisias tienden a ocupar con mayor frecuencia zonas con condiciones que permiten el desarrollo de algas foliosas, que aprovechan para camuflarse de sus posibles depredadores, entre otras cosas. Por lo cual se piensa que Montepío resulta ser una localidad más favorable para el desarrollo de organismos de tallas grandes. También se considera importante que el área que ofrece Montepío resulta más extensa y elaborada que la localidad de El Jicacal, ya que el sustrato de El Jicacal es principalmente arenoso con algunos parches de roca, y el sustrato algal se encuentra principalmente en forma de césped adherido a la roca.

Aplysia dactylomela mostró el intervalo de tallas más amplio durante los muestreos de junio de 2017 y 2018, mientras que en abril se presentó la mayor talla registrada en este estudio para la especie, en la localidad de Montepío. La gran amplitud de tallas durante la época de lluvias indica que durante estos meses (junio y agosto) distintas generaciones se encontraron interactuando, por lo tanto, la competencia intraespecífica debió de ser alta, lo cual estaría regulando a la población de *A. dactylomela per se* y, al mismo tiempo, mediante competencia interespecífica, los organismos de *A. dactylomela* pudieron estar excluyendo a *A. fasciata*, determinando así que los organismos de esta especie en Montepío fueran menos abundantes, más pequeños y con intervalos de tallas más estrechos.

En la playa rocosa de Montepío, la distribución de organismos de *A. dactylomela* con respecto a los intervalos de peso, mantuvo consistencia con el análisis de tallas, en el cual más de 60% de los organismos se encontraron en los intervalos de peso medio, de 45 a 128 g. Los organismos de mayor peso también fueron encontrados durante el mes de temporada de secas, en abril de 2017. Esto discrepa de lo reportado por Vital (2013), quien registró el mes de julio (época

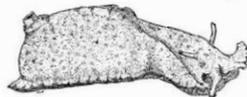


de lluvias) como el mes donde obtuvo los valores más altos de talla y peso para *A. dactylomela* y *A. fasciata*.

En este estudio, el peso de los organismos al igual que la talla, son utilizados como parámetros que sugieren el estado de desarrollo de un individuo, por lo cual es congruente que los organismos encontrados durante la temporada de secas se registraran con valores altos de peso y talla, permitiéndoles así una mayor capacidad y probabilidad de éxito reproductivo. En cuanto a los organismos de la especie *A. fasciata* se observó que más de la mitad de los individuos se encontraron en el intervalo de peso más ligero, de 3 a 44 g.

De manera preliminar, las pruebas t-student indicaron que estadísticamente existe una diferencia significativa entre las medias de talla y peso de las poblaciones de Montepío y El Jicacal, lo cual refiere evidencia de que dicha diferencia es suficiente para indicar que, en efecto, los organismos de ambas especies en la localidad de Montepío son significativamente más grandes que los encontrados en la playa de El Jicacal. Las pruebas de análisis de varianzas ANOVA también indicaron de manera general que existe una diferencia significativa entre las medias de talla y peso de las cuatro poblaciones analizadas. Mediante el post hoc de Tukey se pudo demostrar que, para el caso de la variable talla, las diferencias significativas se producen entre las localidades, sin importar la especie, y que las especies de una misma localidad no difieren significativamente en talla. Sin embargo, para el caso de la variable peso no sucede lo mismo, ya que se demostró que sí existe una diferencia significativa entre tres de las poblaciones (*A. dactylomela* y *A. fasciata* en Montepío y *A. dactylomela* en El Jicacal. Sin embargo, la población de *A. fasciata* no difiere significativamente de las últimas dos.

Es importante reconocer que a pesar de considerar las variables talla y peso como un parámetro para determinar la madurez de un individuo, estas podrían no ser del todo indicadas, ya que durante los muestreos se observó que para ambos parámetros existe un considerable margen de error debido a la naturaleza de los organismos, ya que en ocasiones los individuos no se elongaban en su totalidad, o su peso disminuía al expulsar tinta o agua de mar.



Profundidad

De manera general, se observó que los organismos se distribuyeron en su mayoría con una preferencia hacia profundidades someras, principalmente en los meses de temporada de lluvias (junio y agosto). De acuerdo con Ortigoza-Gutiérrez (2005), durante la temporada de lluvias existe una mayor cobertura de alga, las cuales proveen de alimentación y refugio a ambas especies. Considerando que durante junio de 2017 y 2018 en la playa de Montepío se encontró una mayor abundancia de organismos en su mayoría de talla mediana y chica, provocando así que existiera una mayor competencia por espacio y alimento, esto implicó que los individuos se vieran en la necesidad de distribuirse incluso en las zonas más someras, compitiendo por la mayor cantidad de recurso y espacio. Por lo tanto, durante la época de lluvias, la especie *A. dactylomela* encontró una mayor competencia intraespecífica, debido a la cantidad de organismos encontrados en la parte más somera y su variedad en tallas. Sin embargo, también se considera que durante junio de 2017 la competencia interespecífica debió de ser fuerte debido a que en este mes *A. fasciata* también presentó un alto número de organismos de tallas similares a las de su competidor e igualmente distribuidos en la región más somera. Se sugiere que ambas especies podrían estar empleando distintas estrategias para poder coexistir en un mismo intervalo de profundidad al menos durante este mes. Posiblemente *A. fasciata* se vio en la necesidad de restringir sus tallas para poder ocupar nichos distintos a los de su competidor.

Durante el muestreo en época de secas, en abril de 2018 en Montepío, se pudo apreciar que los organismos de ambas especies se distribuyeron en su mayoría en intervalos de profundidad media, principalmente en el rango de 26.8 a 39.9 cm. Esto atribuido a que durante ésta época los individuos de ambas especies, que son los de mayor talla y peso encontrados, se encuentran invirtiendo la mayor parte de su energía en la reproducción y precisan de encontrarse menos expuestos a la superficie para poder copular y posteriormente depositar la puesta de huevos a una profundidad considerable, para evitar que estos corran el riesgo de resultar expuestos a la superficie durante las mareas bajas, ya que pueden secarse y morir.

De acuerdo con la recopilación de Felder y Camp (2009), existen registros de *A. dactylomela* a profundidades de hasta 3 m y de *A. fasciata* a profundidades de hasta 13 m. En Montepío únicamente en el último muestreo, durante agosto de 2018, *A. dactylomela* se encontró distribuida en todos los intervalos de profundidad, de 0 a 80 cm. Lo anterior podría ser consecuencia del



incremento de la competencia interespecífica durante los posteriores meses al clímax reproductivo (secas), ya que una vez que las larvas de ambas especies se establecen sobre el sustrato y se convierten en juveniles, la competencia por espacio y alimento se eleva drásticamente. Probablemente *A. dactylomela* es la especie más apta y competitiva, debido a su adelantado inicio del ciclo reproductivo con respecto a su competidor, los individuos de esta especie presentan las tallas y pesos más altos y su abundancia es alta. Por lo cual se tiene la hipótesis de que *A. dactylomela* logró establecerse con ventaja sobre su competidor *A. fasciata*, desplazándola y así distribuirse ampliamente en el litoral rocoso de Montepío, con el mismo patrón general, en el cual se observaron más individuos a profundidades más someras.

En el caso de El Jicacal durante agosto de 2017, se pudo observar que los organismos de la especie *A. dactylomela* se distribuyeron de manera normal, teniendo una mayor abundancia a profundidades medias, principalmente en el rango de 26.8 a 39.9 cm. Los organismos que permanecieron a pesar de las recientes condiciones de huracán pudieron establecerse de acuerdo a sus capacidades en el sustrato disponible. Sin embargo, posteriormente a una temporada de disturbio, como lo es la época de nortes, existe una mayor disponibilidad de espacios y nichos por ocupar en la localidad, permitiendo así que *A. fasciata* pudiera tomar ventaja sobre su competidor y establecerse en temporada de secas con una distribución normal, con respecto a los intervalos de profundidad, también con una alta incidencia en el rango de 26.8 a 39.9 cm. Ahora bien, posteriormente a lo que sería la temporada de clímax reproductivo, se observó que *A. dactylomela* tenía mayor número de organismos y éstos se distribuyeron como en la playa de Montepío, con una preferencia a las profundidades bajas.



Sustrato

Con respecto a la distribución de los organismos de acuerdo con los distintos sustratos, se observó de manera general que los organismos de la playa de Montepío, aunque se encontraron en la mayoría de los muestreos con una preferencia al sustrato algal, la roca y arena fueron sustratos en los que se encontró una considerable proporción de organismos de ambas especies, en comparación con lo observado en El Jicacal, donde se registró una mayor incidencia de organismos encontrados sobre alga. Lo anterior concuerda con lo reportado por Ortigosa (2005), quien registró que más del 52% de los organismos de *A. dactylomela* fueron encontrados sobre sustrato algal, principalmente Chlorophytas y Phaeophytas. Durante el primer muestreo, en junio de 2017 en Montepío, se registró que el sustrato dominante fue roca, ya que más de la mitad de los organismos de ambas especies se distribuyeron en este sustrato. Sin embargo, en los muestreos posteriores se observó que ciertas partes de la roca se encontraban tapizadas por un césped algal de poco grosor; por lo tanto, durante este primer muestreo prospectivo no se hizo la distinción correcta del sustrato, por lo cual se piensa que la proporción de organismos sobre alga debió de ser más alta, ya que quizá gran parte de la roca se pudo encontrar cubierta por este césped de alga.

A partir del muestreo de abril, en la playa de Montepío se registró un aumento de la presencia de organismos sobre alga, esto atribuido a que a partir de que inicia la temporada de secas, la incidencia de luz solar es mayor, lo que favorece el sustrato vegetal, ya que la actividad fotosintética aumenta. Zamora-Silva (2012) también reporta que, durante la época de secas, la mayoría de los ejemplares fueron recolectados sobre sustrato vegetal, principalmente pastos marinos, algas verdes y pardas.

Durante abril, la distribución de ambas especies con respecto al sustrato fue bastante similar, ya que se encontró la mitad de los individuos sobre alga y la otra mitad encontrados sobre roca y arena, en la misma proporción. Esta distribución podría indicar que la mayoría de los organismos se encuentran compitiendo por el recurso alimenticio, lo cual es fundamental durante esta época, ya que se considera que sucede el mayor evento reproductivo del año para ambas especies.

Durante el mes de junio de 2018 se observó una dominancia de organismos de *A. dactylomela* sobre el sustrato alga, durante este mes se encontraron organismos con una amplia variedad de tallas, por lo que durante este muestreo los individuos más pequeños pudieron estar ocupando pequeños manchones de alga foliosa. Vital (2013) menciona que, durante la temporada



de lluvias, el ambiente de Montepío es muy inestable, por lo cual encontrarse sobre roca o arena representa un riesgo para los individuos, ya que el fuerte oleaje puede removerlos. Sin embargo, también indica que únicamente organismos de mayor tamaño, como las aplisias, fueron encontradas sobre dichos sustratos. En concordancia con lo anterior, se observó que el segundo sustrato con mayor proporción de organismos fue la arena. En el caso de *A. fasciata*, se observó que los pocos organismos encontrados (cinco) se distribuyeron principalmente sobre alga y roca.

En el último muestreo en la playa de Montepío se observó también una mayor proporción de organismos sobre alga. También se logró registrar a un organismo nadando, lo cual demuestra la capacidad de estos organismos para desplazarse y buscar el sustrato que proveerá de alimento, o de un sitio del cual sujetarse para evitar ser desplazados por el oleaje, ya que se ha visto que la presencia de organismos en cierta temporada depende, en mayor parte, de la disponibilidad del sustrato como fuente de alimento y de su capacidad como individuo para desplazarse hacia el recurso (Vital, 2016). A la movilidad natatoria como reptante de estos organismos, se le atribuye que exista un constante recambio de proporción de organismos entre los distintos sustratos; además que la localidad de Montepío es una playa rocosa, en la cual durante la marea baja y época de secas se forman pequeñas pozas de marea bordeadas por roca y con pequeños manchones de arena, en las cuales los organismos pueden quedar restringidos, hasta la próxima marea alta.

En el caso de la playa El Jicacal, la proporción de organismos sobre alga fue dominante. Durante los muestreos de agosto y octubre de 2017 se observó que más de 80% de los organismos de *A. dactylomela* se encontraron sobre alga, y el resto en roca y arena. Esta distribución, donde el alga es el sustrato con mayor número de organismos, es atribuida a la estructura de la playa El Jicacal, la cual está compuesta de pequeños montículos de roca, que se encuentran casi siempre sumergidos a profundidades generalmente someras y separados por tramos considerables de arena. En esta localidad se pudo apreciar que el alga presente abunda en forma de césped, tapizando la roca, lo cual provee de abundante alimento a los individuos, a pesar de las condiciones intensas de oleaje que suceden durante temporada de lluvias y norte, ya que el alga se encuentra adherida a la roca y con mayor dificultad puede ser removida. En temporada de secas (abril), a pesar del notable recambio de especies en la localidad, también se observó una distribución similar de organismos en el sustrato vegetal.



Por último, durante junio de 2018 se pudo observar un aumento en la incidencia de organismos sobre roca. Vital (2013), menciona que la roca fue el segundo sustrato en el cual se registró un mayor número de aplisias, esto debido a que los escurrimientos de roca basáltica que caracterizan la zona proveen de pequeños espacios disponibles para organismos de talla pequeña. Sin embargo, en el caso de la especie *A. dactylomela* se presentó una dominancia por el sustrato algal. También durante este muestreo se pudo registrar a organismos nadando.



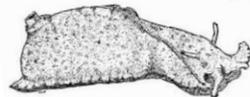
CONCLUSIONES

- ❖ Se encontró un total de 288 organismos pertenecientes a dos especies: *Aplysia dactylomela* y *A. fasciata*, en la playa rocosa de Montepío y en la playa arenosa El Jicacal.
- ❖ Es el primer registro del género *Aplysia*, en particular de *A. dactylomela* y *A. fasciata* en la playa arenosa El Jicacal.
- ❖ *Aplysia dactylomela* es una especie dominante por sobre *A. fasciata*.
- ❖ Los organismos de *Aplysia dactylomela* presentaron tallas y pesos mayores que *A. fasciata*.
- ❖ Los organismos de la playa Montepío resultaron significativamente más grandes en talla que los de la playa El Jicacal.
- ❖ A mayor profundidad, menor abundancia de las especies.
- ❖ En condiciones de huracanes y nortes, la playa El Jicacal representa un sitio de refugio para la especie *A. dactylomela*.
- ❖ Ambas especies tienen una tendencia a preferir el sustrato algal debido a que provee recurso alimenticio y protección.



RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores que quisieran dar seguimiento a esta investigación se recomienda la elaboración de un perfil de playa de cada localidad, para tener una percepción general de la complejidad estructural de las playas. También evaluar la intensidad del oleaje, realizar un análisis más específico en cuanto al tipo de sustrato pudiendo especificar quizá las especies de algas a las cuales es afín cada especie y la cobertura algal por estacionalidad. Podría considerarse evaluar a mayor detalle el desarrollo gonadal de cada especie en relación con su talla, y emplear métodos que permitan muestrear a mayor profundidad, como el buceo autónomo, al igual que realizar muestreos más periódicos.



LITERATURA CITADA

- Barnes, R. D. 1989. Zoología de los invertebrados. 5ta ed. Gettysburg College, Pennsylvania. 325-327, 374 - 377.
- Behrens, W. D. 1991. Pacific Coast Nudibranchs, A guide to the Opisthobranchs Alaska to Baja California. Monterey, California. 1pp.
- Bouchet, P. y J. P. Rocroi. 2005. Classification and Nomenclator of Gastropod Families. *Malacologia: International Journal of Malacology*. Institute of Malacology, **47**: 257-260.
- Brusca, C. R., W. Moore y S. M. Shuster. 2016. Invertebrates. Third Edition. Sunderland, Massachusetts U.S.A. 455pp.
- Caballer, G. M., J. Ortea, N. Rivero, G. T, Carias, M. A E Malaquias y S. Narciso. 2015. The opisthobranch gastropods (Mollusca Heterobranchia) from Venezuela: an annotated and illustrated inventory of species. *Zootaxa*, **4034** (2):201-256.
- Cabrales, F. A. S. 2017. Estudio poblacional de *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) (Echinodermata: Echinoidea: Mellitidae) en la playa arenosa El Jicacal, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 20pp.
- Camacho-García, Y., T. M. Gosliner, y A. Valdés. 2005. Guía de campo de las babosas marinas del Pacífico este tropical. Sabn Francisco, California.
- Carol, M. L. y W. G. Ronald. 1989. Pelagic Snails, The biology of Holoplanktonic Gastropod Mollusks. 1pp.
- Castillo, R. Z. 2014. Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, **85**: 419-430.



- Cruz-Francisco, V., D. Ortigosa y M. Gonzales-González. 2017. Primeros registros de babosas marinas (Gastropoda; Heterobranchia) del Sistema Arrecifal Tuxpan, México, con ampliaciones de ámbito de distribución. *Biodiversity and Natural History*, **3** (1): 15-23.
- Cruz-Francisco y González-Gándara. 2006. Lista actualizada de los gasterópodos de la planicie del Arrecife Lobos, Veracruz, México. *Revista UDO Agrícola*, **6** (1): 128-137.
- Fernández, J. y Jiménez, M. 2006. Estructura de la comunidad de moluscos y relaciones tróficas en el litoral rocoso del estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, **54** (3): 127-28.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF) [en línea]. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2016]. Disponible en: <<http://www.gbif.org/species>>
- Hernández, C., F. Álvarez y J. L. Villalobos. 2010. Crustáceos asociados a sustrato duro en la zona intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **81**: 141-151.
- Luviano-Aparicio, N. 2013. Ecolofía de la comunidad de moluscos de la criptofauna (Bivalvia, Gastropoda) de la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 6 pp.
- Medina, M., Collins, T. y Walsh, P. J. 2005. Phylogeny of sea hares in the *Aplysia* clade based on Mitochondrial DNA sequence data. *Bulletin of Marine Science*, **76** (3): 691-698.
- Moroz, L. L. 2011. *Aplysia*. *Current Biology*, **21** (2): 97-172. Disponible en: <[https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(10\)01453-3](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(10)01453-3)>
- Murcia, R. F. J. 2011. Opisthobranchios: Los arlequines del mar. *Revista Eubacteria: Especial Biología Marina*, **26**: 1-3.
- Naranjo, G. E. y G. M. Meza. 2000. Moluscos, *II*: Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores), G. De la Lanza Espino, S. Hernández Pulido y J.L. Carbajal Pérez (eds.) Plaza y Valdéz de C.V. México, D.F. 309-404pp.



- Naranjo, G. E. 2003. Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas. *Revista de Biología Tropical*, 51(3): 495-505.
- Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2011. Departamento de pesca y acuicultura. Visión General del sector acuícola nacional, México. [en línea]. [Fecha de consulta: 31 de octubre del 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es>
- Ortigosa, G. J. 2005. Riqueza y distribución de Opisthobranquios (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 12-16pp.
- Ortigosa, G. J. 2009. Biogeografía de moluscos opistobranquios de Yucatán, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México.
- Ortigosa-Gutierrez, J. D., G. Calado y N. Simões. 2007. Revisión bibliográfica de moluscos opistobranquios del Golfo de México. pp 35-37. En: Estudios sobre la malacología y conchiliología en México, Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds.) Universidad de Guadalajara, México. 299p.
- Pérez-Rodríguez, R. 1997. Moluscos de la plataforma continental del Atlántico mexicano. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 260 p.
- Rodríguez, L. E., A. Gómez-Pompa, J. C. A. López, N. R. Velázquez, Y. D. Aguilar y M. T. Vázquez. 2011. Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz. Universidad Veracruzana. México, Veracruz. 265-295pp.
- Rojas, V. 2013. Opistobranquios de la planicie arrecifal de los arrecifes Anegada de Adentro, La Blanquilla y Verde, Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 27pp.



- Rosenberg, G., F. Moretzsohn y E. F. García. 2009. Gastropoda (Mollusca) of the Gulf of Mexico. 579-699pp. *En*: Felder, D. L. y D. K. Camp. 2009. Gulf of Mexico, Origins, Waters, and Biota. Vol. 1. Biodiversity. Texas A&M University Press, E.U.A.
- Valdés, A., J. Hamann, D. Behrens y A. DuPont. 2006. Caribbean sea slugs. A field guide to the opisthobranch mollusks from the tropicalnorthwestern Atlantic. Sea Challengers Natural History Books, E. U. A.
- Vassallo, A., Y. Dávila, N. Luviano, S. D. Amozurrutia, X. G. Vital, C. A. Conejeros, L. Vázquez y F. Álvarez. 2014. Inventario de invertebrados de la zona rocosa intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **85**: 349-362.
- Vázquez, S. G., T. C. Barrera, J. C. Mejía, y G. D. Martínez. 2011. Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco.
- Vital, X. G. 2013. Diversidad y distribución de los opistobranquios bénticos (Mollusca: Gastropoda) de Montepío, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 57pp.
- Vital, X. G. 2016. Estructura comunitaria de moluscos opistobranquios en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 91pp.
- Zamora-Silva, B. A. 2003. Opistobranquios bénticos de La Gallega, Veracruz, México. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 110p.
- Zamora-Silva, A y G. E. Naranjo. 2008. Los opistobranquios de la Colección Nacional de Moluscos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México, **79**: 333-342.
- Zamora-Silva, A y D. Ortigosa. 2012. Nuevos registros de opistobranquios en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **83**: 359-369.



ANEXO 1

Tabla 1. Prueba de Tukey, comparación de medias de talla de las distintas poblaciones.

Poblaciones	<i>A. dactylomela</i> Montepío	<i>A. dactylomela</i> El Jicacal	<i>A. fasciata</i> Montepío	<i>A. fasciata</i> El Jicacal
<i>A. dactylomela</i> Montepío		< 0.0001	0.379271	0.000474
<i>A. dactylomela</i> El Jicacal			0.001889	0.999632
<i>A. fasciata</i> Montepío				0.034738
<i>A. fasciata</i> El Jicacal				

Tabla 2. Prueba de Tukey, comparación de medias de peso de las distintas poblaciones.

Poblaciones	<i>A. dactylomela</i> Montepío	<i>A. dactylomela</i> El Jicacal	<i>A. fasciata</i> Montepío	<i>A. fasciata</i> El Jicacal
<i>A. dactylomela</i> Montepío		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
<i>A. dactylomela</i> El Jicacal			0.008968	0.964971
<i>A. fasciata</i> Montepío				0.194026
<i>A. fasciata</i> El Jicacal				

