



SUBSECRETARIA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DEL CARACOL ROSADO (*Lobatus gigas*) CON RELACIÓN A SUS HÁBITATS EN BANCO CHINCHORRO QUINTANA ROO, MÉXICO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN MANEJO DE ZONA COSTERA

Presenta:

BIÓL. MARÍA JOSÉ GÓNGORA GALERA

DIRECTOR:

M.C. ALEJANDRO MEDINA QUEJ

CO-DIRECTOR:

DR. JOSÉ MANUEL CASTRO PÉREZ

CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, ENERO 2019

AGRADECIMIENTOS

En este trabajo de tesis realizado en el Instituto Tecnológico de Chetumal es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron distintas personas opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar la competencia y la experiencia de muchas personas que deseo agradecer con mucho cariño a través de estas líneas y en este apartado.

Primero que nada, quiero agradecer a la institución que ha hecho posible la realización del trabajo presentado en esta tesis por la ayuda económica brindada, por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México).

Al Instituto Tecnológico de Chetumal por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en sus instalaciones, así como el cuerpo académico por compartir sus conocimientos y experiencias.

A mi director de tesis, M en C. Alejandro Medina Quej, mi más amplio agradecimiento por haberme confiado y ayudado en este trabajo, por su paciencia ante mi inconsistencia, por su valiosa dirección y apoyo para seguir este camino de tesis y llegar a la conclusión de la misma, por su gran amistad y por sus grandes enseñanzas.

A mi Co-director, Dr. José Manuel Castro Pérez quien me brindó su apoyo incondicional para llevar a cabo mis análisis estadísticos y en dedicar varias revisiones al documento. Por sus miles de regaños, por su gran paciencia y consejos. Por su gran amistad.

Al maestro Héctor Ortiz León por su gran apoyo incondicional, por sus porras en los momentos de crisis, por sus sabios consejos, su valiosa amistad, por estar al pendiente de mí en todo momento y para terminar la tesis.

Al maestro Héctor Lara Arenas por brindarme su apreciado tiempo y apoyo con el programa para identificar algas y aportar valiosas observaciones en el trabajo de investigación.

De manera especial agradezco al Dr. Jesús Ernesto Arias, al M. C José Luis Cabrera Pérez y al M.C Aarón Israel Muñoz Castillo por su inestimable ayuda, paciencia y consejos al momento de realizar la identificación de algas y más que nada por permitirme realizar mi estancia en el Laboratorio de Ecología de Ecosistemas de Arrecifes del Departamento recursos del mar, dentro del Centro de investigaciones CINVESTAV, Unidad Mérida.

A mis compañeros de clase, por todos los buenos y malos momentos compartidos.

A todos los maestros del tecnológico que me dieron muestra de cariño, que me han motivado a seguir con mis estudios y que me han brindado grandes consejos, gracias por todo.

A mis amigas Karen Jiménez, Alejandra Archi, Keyla Arguello, Ángela Ponce, Yajaira Duran, Lucero Gómez y Tania Medina y amigo Oscar que han estado siempre apoyándome moralmente y en la realización de los monitoreos, que han estado en los momentos de tristeza y de felicidad, gracias por su valiosa amistad.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Todo esto nunca hubiera sido posible sin el apoyo y cariño incondicional que me otorgaron.

A mis padres, por darme la vida, por darme una infancia llena de felicidad, por la formación y la educación que con mucho esfuerzo e ímpetu lograron enseñarme, por darme unos hermanos maravillosos y por darme la lección más grande de la vida que es la vida misma.

Gracias a mi madre que siempre ha estado en el momento preciso para extenderme su mano, por convertir los malos pasos en momentos de reflexión, por escucharme y siempre tener algo que decirme, por prestarme tu hombro para desahogarme en llanto, por ser mi cómplice en tantas travesuras y por estar preocupada por mi maestría y que la pudiera culminar con éxito.

A mi padre quien me enseñó a valorar los resultados de un gran esfuerzo, a conocer el precio de tener una gota de sudor en la frente, por ser un gran padre, por sus regaños, así como palabras de aliento, por tu gran apoyo y por gran amor incondicional.

A mis hermanos que gracias a ellos adquirí el don de la paciencia y la reflexión, por compartir alegrías y tropiezos de los cuales salimos triunfadores, por su cariño, confianza y por permitirme estar en sus vidas, los amos a los tres. Siempre están presentes en mi vida.

A mis tíos Adriana Galera y Jorge Chan que para mí son mis segundos padres, gracias por todo el apoyo incondicional que me han brindado desde que empecé mis estudios en Chetumal, por sus sabios consejos y su cariño.

A mi abuelita Faustina Galera que siempre ha estado al pendiente de mí, por su gran amor de abuela incomparable.

Para finalizar, gracias a mi novio por el gran amor y cariño que me tiene, por su paciencia y sus porras en todo momento. Te amo!!

DEDICATORIA

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi maestría, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanos, tíos, primos, abuelos y amigos.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
1.- Introducción.....	1
1.1.- Información general de la especie.....	4
2.- Antecedentes.....	6
3.- Justificación.....	10
4.- Hipótesis.....	11
5.- Objetivos.....	12
5.1.- Objetivo general.....	12
5.2.- Objetivos específicos.....	12
6.- Materiales y Métodos.....	13
a) Área de estudio.....	13
b) Obtención de los datos biológicos.....	16
- Registro de la abundancia y tallas de los organismos del caracol rosado.....	16
- Obtención de la cobertura de los grupos bentónicos y tipo de sustrato.....	18
7.- Análisis de la información.....	20
7.1.- Densidad total y por zona de muestreo.....	20

7.2.- Comparación del promedio de la densidad del caracol rosado por zonas.....	21
7.3.-Distribución de frecuencias de las densidades por zonas de muestreo.....	21
7.4.- Comparación del promedio de las tallas (longitud sifonal y grosor de labio) del caracol rosado por zonas de muestreo.....	21
7.5.- Estructura de tallas (longitud sifonal y grosor de labio) de los organismos por zonas de muestreo.....	22
7.6.- Relación de la longitud sifonal con el grosor de labio de los organismos del caracol rosado.....	22
7.7.- Arreglo espacial de los grupos bentónicos en las zonas de estudio del caracol rosado.....	23
7.8.- Relación de la densidad y longitud sifonal con los grupos bentónicos y la profundidad.....	24
8.- Resultados.....	25
8.1.- Densidad total y por zona de muestreo.....	25
8.2.-Distribución y densidad del caracol rosado por zonas.....	26
a) Comparación del promedio de la densidad del caracol rosado por zonas.....	26
b) Distribución de frecuencias de las densidades por zonas de muestreo.....	28
9.- Estructura de tallas (longitud sifonal y grosor de labio) por zonas.....	30
a) Comparación del promedio de la longitud sifonal del caracol rosado por zonas de muestreo.....	30

b) Estructura de tallas (longitud sifonal) de los organismos por zonas de muestreo.....	32
c) Comparación del promedio del grosor de labio del caracol rosado por zonas en Banco Chinchorro.....	35
d) Estructura de tallas (grosor de labio) de los organismos por zonas.....	37
e) Relación de la longitud sifonal con el grosor de labio de los organismos del caracol rosado.....	39
10.- Arreglo espacial de los grupos bentónicos en las zonas de estudio del caracol rosado.....	40
11.- Relación de la densidad y longitud sifonal con los grupos bentónicos y la profundidad.....	43
12.- Discusión.....	46
12.1.- Densidad total y por zonas de muestreo.....	46
12.2.- Distribución y densidad del caracol rosado por zonas de muestreo.....	49
12.3.- Estructura de tallas (longitud sifonal y grosor de labio) por zonas de muestreo.....	52
12.4.- Arreglo espacial de los grupos bentónicos en las zonas de estudio del caracol rosado.....	54
12.5.- Relación de la densidad y longitud sifonal con los grupos bentónicos y la profundidad.....	56
13.- Conclusión.....	60
14.- Referencias bibliográficas.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Comparación del promedio de la densidad a través del Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA) por zonas de la población del caracol rosado en la RBBC. $P < 0.05$ existen diferencias significativas.....	27
Tabla 2.- Comparación del promedio de la longitud sifonal de los organismos de la población del caracol rosado a través del análisis de varianza de una vía (ANOVA) por zonas en la RBBC.....	32
Tabla 3.- Comparación del promedio del grosor de labio de los organismos de la población del caracol rosado a través del análisis de varianza de una vía (ANOVA) por zonas en la RBBC.....	36
Tabla 4.- Tipo de hábitat distintivo de cada grupo formado por las zonas estudiadas en concordancia con el porcentaje del análisis de similitud (SIMPER).....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Distribución geográfica de <i>Lobatus gigas</i>	4
Figura 2.- Ubicación geográfica de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (RBBC).....	15
Figura 3.- Área de estudio con las 35 estaciones de muestreo distribuidas en las seis zonas de mayor importancia en la captura del caracol rosado en la RBBC.....	16
Figura 4.- Presentación gráfica de la medición de la longitud sifonal (LS) y grosor de labio (GL) de los organismos de la población del caracol rosado.....	17
Figura 5.- Distribución de la densidad del caracol rosado en las seis zonas de mayor importancia en la RBBC.....	25
Figura 6.- Comparación del promedio de la densidad de la población del caracol rosado por zonas de muestreo en la RBBC.....	27
Figura 7.- Distribución de las densidades por zonas, separadas en tres grupos.....	27
Figura 8.- Distribución de frecuencia de las estaciones por intervalos de densidad por zonas en la RBBC.....	29
Figura 9.- Comparación del promedio de la longitud sifonal de la población del caracol rosado por zonas de muestreo en la RBBC.....	31
Figura 10.- Distribución de las tallas de longitud sifonal del caracol rosado a través de las seis zonas de muestreo en la RBBC.....	32
Figura 11.- Distribución de la longitud sifonal de los organismos de la población del caracol rosado por zonas en la RBBC.....	34
Figura 12.- Comparación del promedio del grosor de labio de la población de caracol rosado por zona de muestreo en la RBBC.....	36
Figura 13.- Distribución de las tallas del grosor de labio del caracol rosado por zonas de muestreo en la RBBC.....	36
Figura 14.- Distribución de las tallas del grosor del labio de los organismos de la población de caracol rosado por zonas en la RBBC.....	38

Figura 15.- Relación de la Longitud sifonal y el grosor del labio de la población del caracol rosado en la RBBC.....	39
Figura 16.- Patrón espacial de la cobertura del bentos en los hábitats del caracol rosado a través del dendrograma de similitud de Bray-Curtis.....	40
Figura 17.- Distribución de la cobertura de los grupos bentónicos en los hábitats del caracol rosado a través de las seis zonas de muestreo en la RBBC.....	41
Figura 18.- Relación de la densidad del caracol rosado con la cobertura de pastos marinos y la profundidad.....	44
Figura 19.- Relación de la longitud sifonal del caracol rosado con la cobertura de algas, la cobertura de pastos marinos y la profundidad.....	45

RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo con el fin de proporcionar la información necesaria para el manejo de la población del caracol rosado (*Lobatus gigas*) en México, por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo analizar la densidad total, densidad por zonas y estructura del tamaño de organismos, así como relacionar las variables bentónicas del hábitat con la densidad y tamaño de los individuos de la población del caracol rosado en la Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro (RBBC) en el año 2016. Los datos biológicos del caracol rosado fueron obtenidos de muestreos circulares en 35 estaciones de muestreo. De igual manera en las mismas estaciones se realizaron video transectos para la obtención de las coberturas de los grupos bentónicos. Los organismos se separaron en dos grupos: (a) los criterios basados en la cosecha legal en México: caracol de tamaño legal (longitud sifonal ≥ 200 mm) y caracol de tamaño ilegal (longitud sifonal < 200 mm), y (b) los criterios basados sobre madurez sexual usando el estándar del grosor del labio de 15 mm: el labio < 15 mm como caracol juvenil y labio ≥ 15 mm como caracoles adultos. En la RBBC se obtuvieron un total de 7,797 individuos del caracol rosado en un área de muestreo de 105, 000 m², el cual equivalió a una densidad total de 0.0742 ind/m² (742 ind/ha). Comparando esta densidad con trabajos anteriores se ha observado un aumento en la densidad total en la RBBC posiblemente se deba por la recuperación de la población del caracol rosado por la veda establecida de 5 años. En la mayoría de las zonas analizadas hubo presencia una gran cantidad de juveniles y pocos organismos adultos. 13 % de la población pueden ser vulnerables a la pesca. Las mayorías de los caracoles no aptos para la pesca presentaron grosor de labio mayor a 15 mm (adultos) o menos; y muchos caracoles aptos para la pesca presentaron grosor del labio menor a 15 mm (juveniles). Los caracoles juveniles (de menor talla) fueron numerosos en sitios poco profundos caracterizados por macroalgas y pastos marinos en comparación con zonas de mayor profundidad donde se reduce la cobertura de algas y pastos marinos. En la RBBC, así como en muchos arrecifes en el caribe se cree que una combinación de la migración ontogénica a aguas más profundas de los caracoles adultos y la captura de los caracoles de mayor talla en zonas profundas ha dado como resultado una sobre abundancia de organismos juveniles en aguas someras. Por último, es importante mencionar que resulta evidentemente, que la sobrepesca ya sea legal o ilegal, ha sido la causa principal de la disminución de la densidad y del tamaño de los individuos de la población de caracol en la RBBC.

1. INTRODUCCIÓN

Los moluscos constituyen al grupo de invertebrados más diverso y con mayor importancia económica en todo el mundo, destacando en la región del Caribe la pesquería correspondiente a la del caracol rosado *Lobatus gigas* (Linnaeus, 1758) (Ávila-Poveda, 2004; Cala *et al.*, 2013a; Sánchez-Barranco, 2017). De las seis especies de caracoles ampliamente distribuidas en el Caribe (dos son del género *Strombus* y cuatro de *Lobatus*), *L. gigas* es el que se destaca por su gran tamaño y su importancia en las pesquerías tropicales (Ávila-Poveda, 2004; Simone, 2005; Cala *et al.*, 2013a).

El caracol rosado (*L. gigas*) es un molusco gasterópodo perteneciente a la familia Strombidae que cuenta con una amplia distribución en el mar Caribe y áreas aledañas, extendiéndose desde Florida hasta el norte de Brasil. Debido a su gran distribución por diversas naciones y culturas, este caracol es conocido con diferentes nombres comunes o populares. Se le conoce como caracol rosado en México; Botuto o Guarura (Venezuela); Cambombia (Panamá); Cambute (Costa Rica); Caracol abulón (Guatemala); Caracol gigante (Honduras); Caracol pala (Colombia); Carrucho (Puerto Rico); Cobo (Cuba); Lambí (Haití y República Dominicana); Lambié (Isla de la Española y Antillas francesas); Queen conch o Pink conch (Florida, las Bahamas y en todas las islas de idioma inglés) (Appeldoorn, 1993; Frenkiel y Aldana-Aranda, 2003; Ávila-Poveda, 2004; Osuna-Mascaró, 2015).

En el ámbito científico se le ha conocido (antes del 2008 comúnmente) como *Strombus gigas*, desde que Linneo lo describió en 1750 en su "Systema naturae", tomando como referencia su gran tamaño. Sin embargo, hace apenas unos años fue revisada la

posición filogenética de la familia Strombidae a la que pertenece, clasificando al caracol rosado como *Eustrombus gigas*. De acuerdo con cambios taxonómicos propuestos dentro de la familia Strombidae se realizaron modificaciones al nombre científico quedando como *Strombus gigas*. A partir de ello, el género *Strombus* presentó series de modificaciones basándose en análisis morfológicos dando como resultando diversos nombres para la especie. En el 2017 el Diario Oficial de la Federación validó los cambios hacia dicha especie, mencionando que, debido a nuevos estudios de biología molecular realizados al caracol rosado, se toma la decisión de modificar el nombre científico cambiando el género de la especie de *Strombus* a *Lobatus*, quedando así el nombre científico como *Lobatus gigas* (DOF, 2017).

En el mar Caribe existen actividades pesqueras enfocadas no solo al recurso caracol, sino también a algunos crustáceos tales como la langosta espinosa y camarón; y diferentes especies de peces entre otros organismos. Desde principios de la década de 1970 grandes poblaciones de caracoles pertenecientes a diferentes géneros presentaron alta demanda pesquera, por lo que actualmente algunos ya no son de interés comercial por sus bajas cantidades en distintas regiones del mundo, debido principalmente a la sobre-explotación. En cuanto a *L. gigas*, el gran interés en su pesca, se originó por su gran tamaño, amplia distribución y su importancia en el desarrollo del mercado internacional; siendo actualmente en la gran mayoría de los países caribeños la segunda pesquería más importante desde el punto de vista económico (Ávila-Poveda, 2004; Nieto-Bernal *et al.*, 2011a; Nieto-Bernal *et al.*, 2011b; de Jesús-Navarrete, 2014; Medina-Quej *et al.*, 2015). Actualmente las pesquerías en la zona del Caribe indican que debido a la explotación pesquera los bancos de

caracoles que existen no serán capaces de soportar la demanda pesquera a futuro, a tal grado de que la especie será comercialmente amenazada y la pesquería estará en riesgo de desaparecer (Medina-Quej *et al.*, 2015).

En México, la explotación pesquera de *L. gigas* decreció drásticamente debido a la disminución de sus densidades en varios sitios pesqueros (Medina-Quej *et al.*, 2015). Sin embargo, aún podemos encontrar poblaciones explotables alrededor de la Península de Yucatán. En Quintana Roo, solo persisten poblaciones abundantes en la Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro (RBBC) y en la Isla de Cozumel (Basurto-Origel *et al.*, 2000; de Jesús-Navarrete *et al.*, 2003) donde representó la segunda pesquería económicamente importante, después de la langosta espinosa (*Panulirus argus*; Latreille, 1804) (Sosa-Cordero *et al.*, 1993).

La Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro es una de las últimas zonas pesqueras del Caribe donde se extraía más del 90 % de la producción de caracol rosado (INP, 2007). Sin embargo, y a pesar de las diversas prácticas de manejo como vedas, talla mínima legal, cuotas de captura, veda reproductiva y en el mayor de los casos el cierre total de la pesquería, debido a la presión pesquera en los últimos años, las poblaciones de caracol rosado han disminuido de tal forma que el recurso se ha considerado sobrexplotado (Chávez y Arreguín, 1994; de Jesús-Navarrete y Oliva-Rivera, 1997; de Jesús-Navarrete, 2011; Cala *et al.*, 2013a). Esta situación crítica hizo que, en 1992 *L. gigas* fuera incluida en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre) (Medina-Quej *et al.*, 2015; Meijer zu Schlochtern, 2014; Sánchez-Barranco, 2017). Este panorama es compartido por otras naciones en el Caribe, las cuales ha implementado diversas medidas de regulación pesquera para la recuperación de este molusco. En México las

poblaciones de caracol rosado no han mostrado una recuperación sustancial (de Jesús-Navarrete, 2001), probablemente por la falta de una eficiente vigilancia y buen control o por la falta de conservación dirigida exclusivamente a *L. gigas* (Díaz *et al.*, 2000). Cabe mencionar que recientemente dicha especie en México se encontró en veda permanente durante 5 años, establecida a partir del 21 de noviembre de 2012 al 28 de febrero de 2017.

1.1. Información general de la especie

El caracol rosado (*L. gigas*) es un molusco gasterópodo marino de gran importancia artesanal y económica, nativo de las aguas tropicales de la región del Caribe. La especie se encuentra distribuida extensamente desde el Golfo de México, el mar Caribe insular y continental, las Floridas, las Bahamas y más al norte hasta las islas Bermudas (figura 1) (Prent, 2013; Noguez y Aldana-Aranda, 2014; García, 2015).

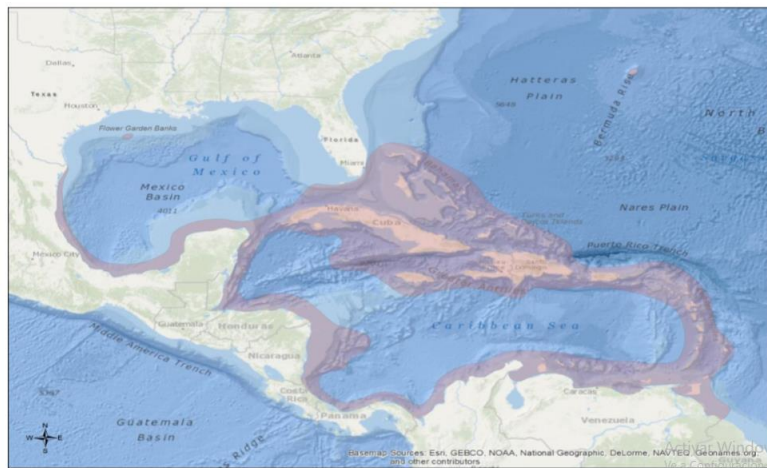


Figura 1. Distribución geográfica de *L. gigas*. Tomada de NMFS (2014).

Al caracol rosado lo podemos encontrar en diferentes tipos de hábitats, principalmente en praderas de pastos marinos, lechos arenosos, escombros de coral, aguas transparentes y someras, variando estas preferencias a lo largo de su ciclo de vida (Appeldoorn y Baker, 2013; Noguez y Aldana-Aranda, 2014). Este molusco es un organismo dioico, es decir presenta sexos separados (masculino y femenino), y puede tener una actividad reproductiva durante todo el año (Prent, 2013).

La vida de un caracol rosado comienza cuando la hembra deposita de 8 a 12 masas de huevos en aguas costeras de poca profundidad y con sustrato arenoso. Estos huevos al cabo de 5 días eclosionan dando paso a diminutas larvas. Durante la etapa planctónica, el caracol es una larva velígera que presenta una minúscula concha transparente, éste diminuto molusco formará parte del plancton nadando y dejándose llevar por las corrientes marinas durante aproximadamente un mes, recibiendo de esta manera la cantidad necesaria de alimento para su buen desarrollo. Posteriormente después de pasar de 25 a 30 días en la columna de agua se lleva a cabo la metamorfosis y el asentamiento en sitios propicios tales como pastos marinos para continuar su vida bentónica. En este momento desaparecen ciertas estructuras del cuerpo que le permitían nadar y comer. Al mismo tiempo, se va desarrollando el pie que le servirá para desplazarse por el fondo marino, y a su vez una pequeña estructura ralladora (rádula) que le permitirá triturar su alimento (Frenkiel y Aldana-Aranda, 2003).

El caracol rosado usa los sitios de praderas marinas para disminuir el riesgo de depredación, que en el caso de los caracoles juveniles es muy alta. Evitar la depredación y tener buena calidad del agua son factores muy importantes para que los juveniles elijan su hábitat. El rango de profundidad donde se localizan los caracoles

va de 1 a 15 m. Al continuar con su crecimiento, la concha se alarga y sigue enrollándose en espiral, formando al principio un labio fino y frágil que luego se irá engrosando hasta que el organismo haya alcanzado su madurez sexual (Frenkiel y Aldana-Aranda, 2003; Townsend, 2012; Prent, 2013; Appeldoorn y Baker, 2013). A medida que van creciendo, los individuos de *L. gigas* migran a un hábitat de aguas más profundas, debido a que ahora estos organismos adultos están más interesados en la alimentación y la dan menos importancia a ser depredados, por lo que tienen distintas preferencias de hábitats y se pueden encontrar en aguas más profundas, ocupando así una diversidad de sustratos (Prent, 2013; Appeldoorn y Baker, 2013; Brownscombe *et al.*, 2015).

2. ANTECEDENTES

De manera general los estudios realizados sobre la relación de las variables biológicas tales como la densidad y la talla de los individuos de la población del caracol rosado y las características de sus hábitats en el Caribe han sido escasos. A continuación, se mencionan algunos trabajos:

Glazer y Kidney (2004) presentaron un estudio sobre la asociación del hábitat de caracoles adultos (*L. gigas*) en el arrecife Conch Reef, ubicado en la parte alta de los Cayos de Florida. Para saber los requisitos del hábitat del caracol rosado fueron etiquetados 39 organismos con transmisores acústicos y rastreados durante un año, reportando que en un sitio los caracoles mostraron una fuerte preferencia por hábitats con características de arena gruesa y de escombros. De manera general el caracol seleccionó el hábitat de arena gruesa para su reproducción.

Doerr y Hill (2007) realizaron un análisis preliminar del uso del hábitat, el movimiento y los patrones de migración del caracol rosado *L. gigas* en St. John, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, encontrando que la mayoría de los caracoles adultos se encontraron originalmente en hábitats clasificados como macroalgas irregulares dominadas por *Avrainvillea spp.*, *Acanthophora spp.*, *Halimeda spp.*, y *Penicillus spp.* Los caracoles juveniles presentaron una distribución más uniforme entre los tipos de hábitats, con un 45 % en las praderas marinas (mezclas de *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*), 30 % en macroalgas irregulares y el 25 % restante en lechos continuos de algas marinas *T. testudinum* o *S. filiforme*). Otros resultados mostraron que hay una relación significativa entre la longitud total del caracol y la profundidad del agua.

Por su parte, Gómez-Campo *et al.* (2010) realizaron un estudio sobre la distribución espacial, abundancia y relación con características del hábitat del caracol rosado (*L. gigas*) en el archipiélago Nuestra Señora del Rosario en el Caribe Colombiano. Ellos encontraron que la abundancia de los organismos adultos estuvo estructurada espacialmente por épocas climáticas (lluvias y secas) y que los caracoles juveniles no mostraron una estructura espacial debido a la baja abundancia observada. Los modelos de regresión múltiple explicaron 48 y 14 % de la varianza en la abundancia de adultos, con la profundidad y el tamaño medio de grano.

Valles y Oxenford (2012) realizaron en una evaluación que proporciona información sobre las poblaciones de caracol rosado en la plataforma poco profunda de Barbados durante dos años. Encontrando de manera general que la densidad de caracoles fue baja y desigual, y la mayoría (aproximadamente 90 %) de los caracoles eran jóvenes o inmaduros. Por otra parte, el hábitat tuvo un efecto significativo sobre la presencia

de caracoles. Al final concluyen que las poblaciones de caracoles en la plataforma de Barbados están distribuidas de forma irregular y que están siendo severamente explotados.

Doerr y Hill (2013) monitoreando los movimientos a largo plazo y las distribuciones espaciales del caracol rosado en St. John, Islas Vírgenes, utilizando censos visuales y técnicas de marcaje y recaptura. Ellos encontraron que de todos los organismos marcados inicialmente (77 caracoles) como juveniles crecieron al tamaño de adulto durante los tres años de estudio. También mencionan que los caracoles juveniles principalmente se encontraron en sitios con agua poco profundas con abundantes pastos marinos mixtos (*S. filiforme* y *T. testudinum*) y macroalgas (*Laurencia spp.*, *Halimeda spp* y *Penicillus spp*). Los caracoles adultos fueron ubicados en zonas más profundas con menos coberturas de pastos marinos y abundantes especies de macroalgas tales como *Dictyota spp.*, *Ceramium spp.*, *Halimeda spp* y *Avrainvillea spp.*

Brownscombe *et al.* (2015) realizan un estudio sobre patrones de movimiento y la selección del hábitat de los caracoles juveniles en una bahía del Océano Atlántico en Bahamas. En este trabajo se registró el movimiento y la actividad de los individuos juveniles del caracol rosado en dos tipos de hábitats comúnmente ocupados (escombros de coral y pasto marinos). De manera general se encontró que los caracoles estuvieron más activos y con un mayor desplazamiento en el hábitat de pastos marinos en comparación con el hábitat de escombros de coral. Por otra parte, se tomaron individuos de los hábitats de escombros de coral y se colocaron en el hábitat de pastos marinos y viceversa, el resultado fue que el 36 % de los gasterópodos regresaron al hábitat de escombros de coral, mientras que ninguno de los organismos

colocados en escombros de coral regresó al hábitat de pastos marinos. Por último, concluyen que los organismos revelan una diversidad de respuestas conductuales.

En el mar Caribe mexicano la mayoría de los estudios sobre la población del caracol rosado se han enfocado a la distribución, abundancia, crecimiento, ecología y biología pesquera. En Banco Chinchorro los trabajos realizados sobre esta especie se han enfocado a varios temas tales como: abundancia y parámetros poblacionales (Domínguez-Viveros *et al.*, 1994); evaluación con fines pesqueros (Basurto *et al.*, 2005; Basurto *et al.*, 2010; Basurto *et al.*, 2011); actividad reproductiva (Valencia, 2011); distribución, abundancia, crecimiento y mortalidad (Dominguez-Viveros *et al.*, 1999; de Jesús Navarrete y Valencia, 2003; Cala *et al.*, 2013a; Medina-Quej *et al.*, 2015). Sin embargo, no existen estudios que analicen de forma directa la relación que tienen los hábitats con la distribución, densidad y estructura de edades de la población del caracol rosado en Caribe mexicano.

3. JUSTIFICACIÓN

El caracol rosado (*L. gigas*) es un recurso pesquero de gran valor comercial y artesanal en el Caribe, en la RBBC fue la segunda pesquería más importante después de la langosta espinosa. Sin embargo, la intensa explotación pesquera que ha tenido este gasterópodo en los últimos años ha puesto en riesgo a la pesquería por dejar de ser abundante, por lo que necesita una mayor protección para su recuperación. No obstante, se sabe que para alcanzar la sustentabilidad de este recurso por medio de los planes de manejo es necesario incorporar las opiniones y conocimiento a través de propuestas técnicas y científicas de investigadores, usuarios y manejadores.

En Banco Chinchorro los estudios realizados sobre la población del caracol rosado son numerosos y abarcan varios temas como son distribución, abundancia, crecimiento y mortalidad. No obstante, los trabajos que analizan no solo la densidad y estructura de edades de la población del caracol rosado sino también su relación con el hábitat, y el conocimiento de los patrones de distribución espacial y la preferencia ecológica en el área de estudio son realmente escasos. Por tal motivo, el presente trabajo pretende conocer las áreas de distribución y abundancia e identificar los tipos de hábitats preferentes del caracol rosado, las cuales podrían designarse en un futuro como zonas de recuperación en la RBBC; por otra parte, se estaría generando conocimiento sobre la dinámica poblacional de la especie y su relación con el ambiente que servirá como base para mejorar los planes de manejo implementados por las autoridades de la RBBC, para este recurso limitado.

4. HIPÓTESIS

Siguiendo un esquema hipotético deductivo, se busca comprobar a las siguientes hipótesis de relevancia en ecología de poblaciones:

HO: Las características de los hábitats arrecifales no influyen sobre la distribución, abundancia y tamaño del caracol rosado (*L. gigas*) en Banco Chinchorro.

H1: Las características de los hábitats arrecifales influyen sobre la distribución, abundancia y tamaño del caracol rosado (*L. gigas*) en Banco Chinchorro.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general:

Determinar la distribución y abundancia, así como el tamaño de los organismos de la población del caracol rosado con relación a las características de sus hábitats en Banco Chinchorro.

5.2. Objetivos específicos:

- Evaluar la distribución y abundancia del caracol rosado en diferentes zonas en Banco Chinchorro.
- Comparar el promedio de las tallas (longitud sifonal y grosor de labio) de los individuos por zonas de muestreo, así como conocer la estructura de tallas del caracol rosado en los hábitats estudiados.
- Relacionar la longitud sifonal con el grosor de labio de los individuos de la población del caracol rosado.
- Estimar la cobertura de los grupos morfo-estructurales del bentos en los hábitats del caracol rosado.
- Relacionar la densidad y el tamaño de los organismos del caracol rosado con las coberturas de los grupos morfo-estructurales del bentos y la profundidad en los hábitats estudiados.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

a) Área de estudio

La Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (RBBC), es un complejo arrecifal que por su estructura se le ha denominado falso atolón o arrecife de barrera con tres cayos. Estos pequeños cayos son considerados las únicas zonas de tierra emergidas en el área arrecifal y han sido clasificadas como zonas núcleos debido a que presentan un alto valor ecológico ya que presentan diversas especies de flora y fauna tanto acuática como terrestre (Silva, 2011). La RBBC se encuentra localizada al sureste de la península de Yucatán, en el estado de Quintana Roo ($18^{\circ}36'12''$ N - $87^{\circ}18'28''$ W) (figura 2). La reserva tiene una superficie aproximadamente de 814.2 km² que incluye la laguna y cresta arrecifal; y se localiza a 30.8 km de la costa frente al poblado de Mahahual. Presenta una forma oval de 46 km de largo y 19 km de ancho. Dentro de esta superficie se encuentran tres cayos conocidos como: Cayo Norte (4 km²) compuestos por dos islas de mangle, Cayo Centro (5.414 km²) que es el más grande, se encuentra cubierto por una red de islotes de mangle, palmas y vegetación arbórea; lo que ha originado un microsistema lagunar, una laguna arrecifal somera con un gradiente batimétrico sur-norte de 13 a 2 m y parches arrecifales conocidos como microatolones distribuidos por toda la laguna. Por último, el más pequeño llamado Cayo sur o Lobos (menos de 1 km²) que es un banco arenoso de forma elíptica sin mangle, localizado en el extremo sur del arrecife (Chávez e Hidalgo, 1984; Jordán y Martín, 1987; González *et al.*, 2003; González y Torruco, 2015).

El complejo arrecifal de la RBBC presenta una extensa formación coralina; soporta arrecifes prístinos y posee una gran variedad de hábitats tales como pastos marinos, parches de *Acropora sp.*, macizos y canales, piso calcáreo, parches pequeños, parches complejos, pedacería de coral, manglar, así como camas de macroalgas y arenales (Acosta-González, 2005; Silva, 2011).

Banco chinchorro es un arrecife oceánico y a pesar de que se encuentra separado del continente, es lugar de múltiples usos. Su lejanía de la costa, así como la ocupación temporal y las buenas prácticas de los pescadores han permitido que este lugar presente un buen estado de conservación, con coberturas de coral vivo de más del 20 %, formaciones coralinas muy desarrolladas en la parte sur y en barlovento, y pendientes muy abruptas en sotavento que sobrepasan los 500 m de profundidad. La laguna arrecifal de Banco chinchorro presenta una gran abundancia de algas macrofitas, las cuales son consideradas como un semillero de gran importancia, ya que juega un papel importante como zonas de refugio, crianza, alimento y desarrollo de larvas de langosta, caracol y otras especies marinas que son elementales para el funcionamiento del arrecife (Torruco *et al.*, 2003; García-Rivas *et al.*, 2009; González y Torruco, 2015) y otras que son de gran interés económico pesquero.

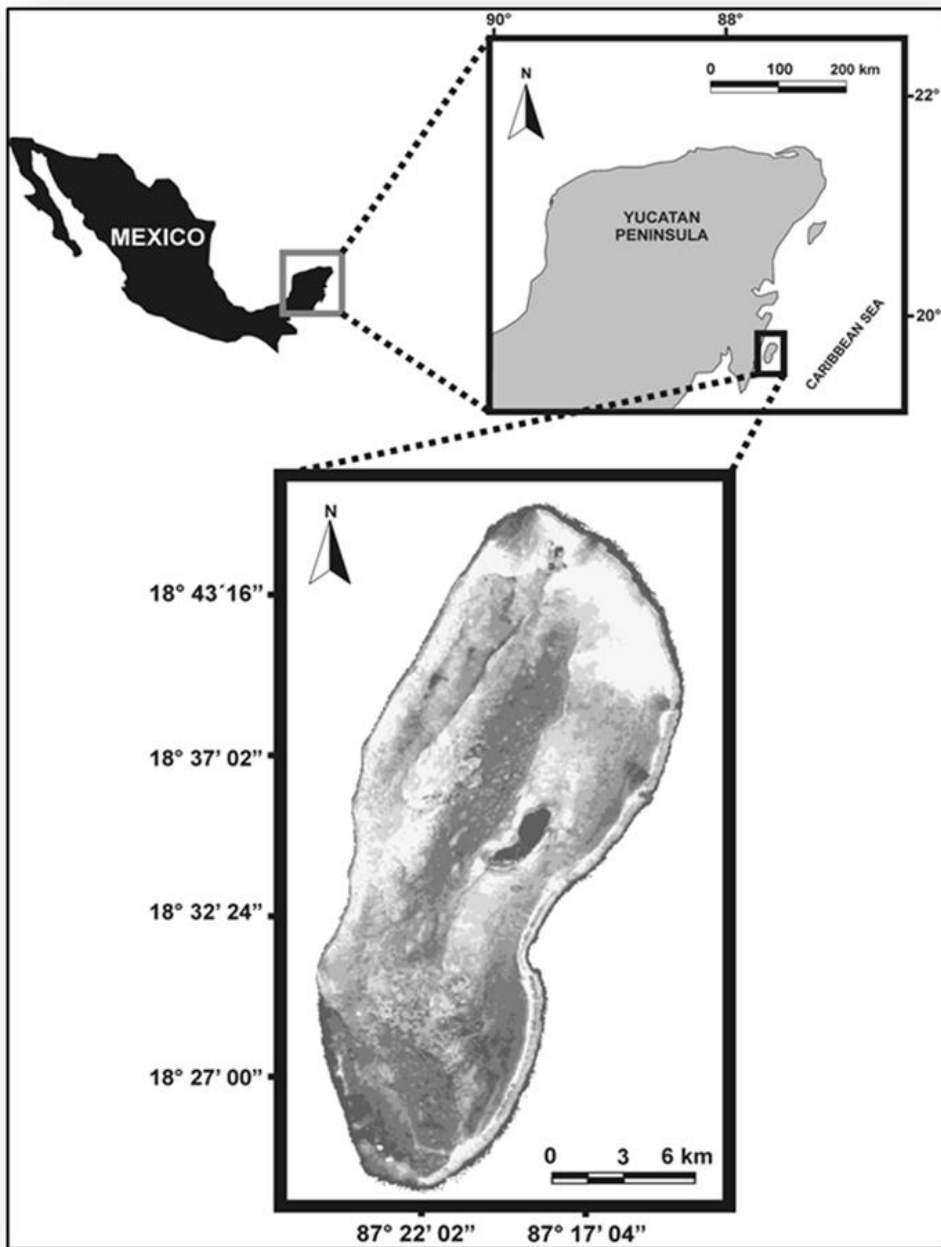


Figura 2. Ubicación geográfica de la Reserva de la Biosfera Banco Chichorro (RBBC). Tomada de Castro *et al.*, 2011.

b) Obtención de los datos biológicos.

- **Registro de la abundancia y las tallas de los organismos del caracol rosado.**

Para el registro de la abundancia y las tallas de los organismos de caracol rosado se muestrearon 35 estaciones, las cuales abarcaron a las seis zonas de mayor importancia en la captura del caracol rosado en la RBBC (Sotavento norte, Sotavento centro, Sotavento sur, Barlovento norte, Barlovento centro y Barlovento sur) (figura 3). El punto de inicio para cada estación y sus réplicas se geoposicionó.

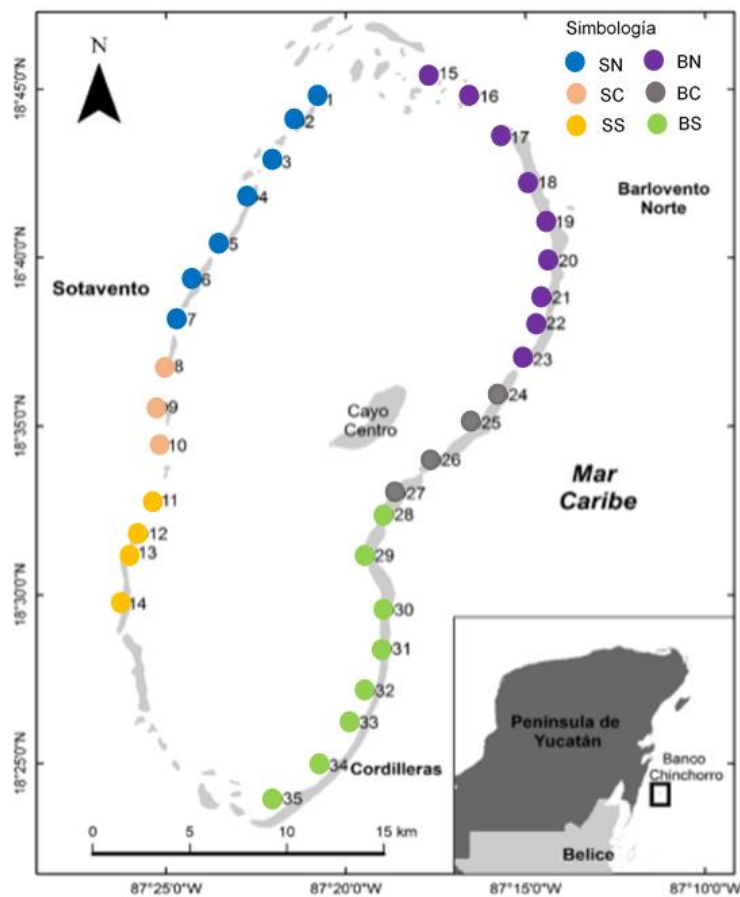


Figura 3. Área de estudio con las 35 estaciones de muestreo distribuidas en las seis zonas de mayor importancia en la captura del caracol rosado en la RBBC: Sotavento norte (SN), Sotavento centro (SC), Sotavento sur (SS), Barlovento norte (BN), Barlovento centro (BC) y Barlovento sur (BS).

Para estimar la abundancia y las tallas de los individuos se llevaron a cabo 5 muestreos por cada estación (réplicas), el tipo de muestreo realizado fue circular abarcando un área de aproximadamente 200 m², en donde 2 buzos con equipo básico realizaron la recolección de los caracoles que se encontraban dentro del círculo que tenía un radio de 8 m de longitud y los juntaron, a la par cuatro personas con equipo snorkel subieron los caracoles a una lancha, donde se les contó y a cada individuo se le midió su longitud total o sifonal LS (medida que se toma del ápice de la espira al final del canal sifonal) y grosor de labio GL (medida que se toma a 40 mm de profundidad del borde de la concha en su parte central) con el apoyo de un vernier (figura 4).

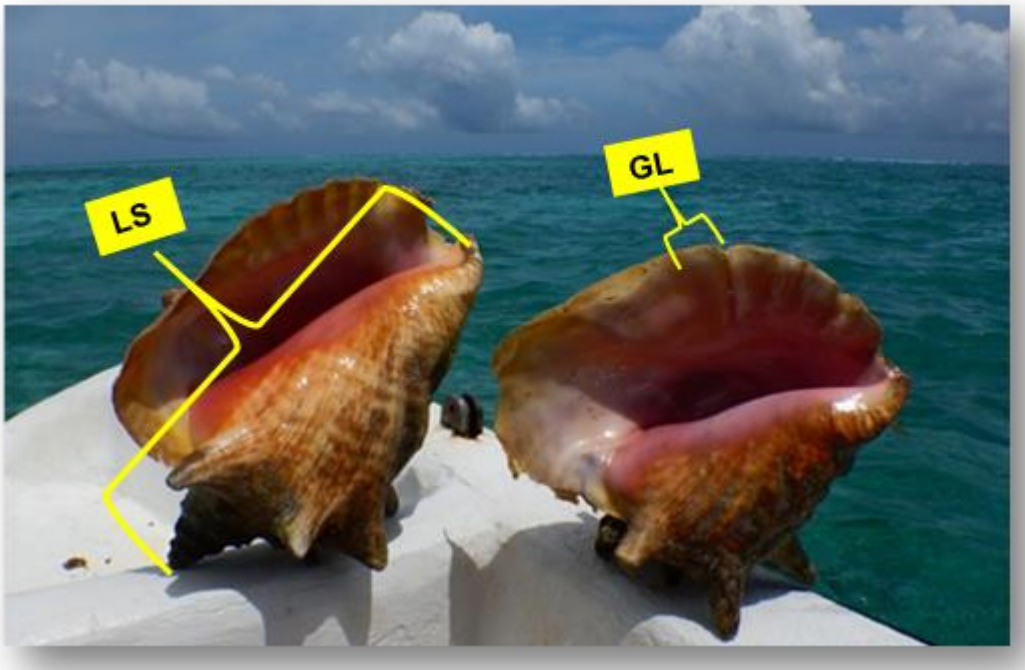


Figura 4. Presentación gráfica de la medición de la longitud sifonal (LS) y grosor de labio (GL) de los organismos de la población del caracol rosado. Tomado de Moo-Archi (2016).

- **Obtención de la cobertura de los grupos bentónicos y tipo de sustrato.**

La obtención de los datos de cobertura de los grupos bentónicos y tipo de sustrato se realizó a través de la técnica de video-transecto. Los video-transectos fueron realizados en las mismas estaciones empleadas para la determinación de la densidad y tallas de los individuos de la población del caracol rosado. Sin embargo, en 9 estaciones no fue posible realizar los video-transectos debido a las inclemencias del tiempo climático. En el área circular que se utilizó para la recolección de los caracoles en cada réplica de las estaciones de muestreo, un buzo tendió un transecto cubriendo un diámetro de 16 m de longitud utilizando una cinta métrica, sobre el transecto otro buzo filmó el sustrato hasta cubrir todo el diámetro, esto se realizó con ayuda de una cámara de video de alta resolución la cual fue puesta en una caja hermética, la cámara tenía atada una línea lastrada para mantener la cámara a 40 cm de distancia del sustrato, esto con el fin de filmar un área constante (Acosta-González, 2005; Garza-Pérez *et al.*, 2011). En cada video-transecto con ayuda de una tabla de acrílico y un lápiz se registró del número de estación y réplica, así como la profundidad.

Para llevar a cabo la identificación y estimación de las coberturas de los grupos bentónicos y tipo de sustrato, en un monitor de alta resolución se analizó detalladamente la imagen perpendicular obtenida del sustrato por medio de los video-transectos (réplicas) de cada estación. Los video-transectos fueron procesados deteniendo la imagen a intervalos de tiempo determinados (fotogramas), en cada una de estas muestras bajo una serie de 13 puntos marcados y distribuidos sistemáticamente en la pantalla del monitor se identificó el tipo de sustrato, así como

los organismos bénticos, considerando niveles superiores denominados grupos morfo-estructurales (GME), los cuales consideran los atributos morfológicos de las diferentes especies. Se observaron 40 fotogramas del video a lo largo de los 16 m del video-transecto, obteniendo un total de 520 puntos registrados por cada video-transecto, analizándose un área aproximada de 5.4 m², la cual ha sido probada ser suficiente para caracterizar cualquier ambiente arrecifal (Membrillo-Venegas, 1999, Hernández-Landa, 2004; Acosta-González, 2005). El intervalo de tiempo entre cada muestra se calculó dividiendo el tiempo en que tarda el video-transecto entre el número determinado de fotogramas (40 muestras) para analizar el video. Para la estimación de cobertura de los GME se empleó la siguiente fórmula (Osborne y Oxley, 1997):

$$\% \text{ de Cobertura} = \frac{\text{Total de números de puntos por forma de vida}}{\text{Total de números de puntos por video transecto}} \times 100$$

Los GME que se consideraron en este estudio fueron los siguientes: corales escleratíneos, octocorales (de forma abanico, dicotómica, arborescente, pinnada y no ramificados), hidrocorales (ramificado, folioso e incrustante), algas (macro corticadas, algas calcáreas, costrosa coralina, articuladas y filamentosas), pastos marinos y esponjas (forma de vaso, semiesférica, incrustante y tubular). Para el tipo de sustrato fueron considerados los siguientes: (arena, pedacearía calcárea, rocas grandes, piso calcáreo, coral enfermo y coral muerto).

El análisis de las coberturas de los grupos morfo-estructurales se llevó a cabo en el programa AEFEBE.v.1.1 (Lara-Arenas y Villegas-Sánchez, 2016), donde se fueron

agrupando los datos de acuerdo a los diferentes tipos bentónicos encontrados. La identificación de las especies de corales, algas, pastos marinos y esponjas se realizó con la ayuda del libro “Reef coral identification: Florida, Caribbean, Bahamas” (Humann y Deloach, 2008) y en casos necesarios se recurrió a los siguientes portales: Real Reefs (<http://realreefs.sisal.unam.mx/>), Coralpedia (<https://coralpedia.bio.warwick.ac.uk/>), DORIS (<http://doris.ffesm.fr/>) y Marine Species Identification (<http://species-identification.org/>).

7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

7.1. Densidad total y por zonas de muestreo.

Para determinar la densidad de los organismos por estaciones, se utilizó la fórmula simple $D = n / a$, donde se dividió el número de organismos encontrados por estación entre el área total muestreada de la misma (3000 m²). Para obtener la densidad por zonas, se realizó la sumatoria de la abundancia de los individuos de las estaciones que estaban distribuidas en cada zona y se dividió por la suma del área muestreadas de las estaciones. La densidad total en la RBBC fue obtenida dividiendo la abundancia total encontrada en las 35 estaciones entre el área total muestreada en todo el sistema arrecifal. La densidad y la longitud sifonal por estación por zonas fueron capturados en una hoja Excel para su posterior análisis.

7.2. Comparación del promedio de la densidad de caracol rosado por zonas.

Para la comparación del promedio de las densidades del caracol rosado entre zonas de muestreo, los datos de densidad fueron transformados con $\log_{10}(x)$ para cumplir con los supuestos requeridos para la utilización de un análisis de varianza de una vía (ANOVA) (Zar, 1999). Cuando se rechazó la hipótesis nula del ANOVA, se procedió con la prueba a *posteriori* de diferencias significativas mediante el análisis de rango múltiple (Fisher's LSD) (Zar, 1999) para identificar las zonas que presentaron diferencias significativas entre sus promedios de densidad.

7.3. Distribución de frecuencias de las densidades por zonas de muestreo.

Una vez detectados los grupos de las zonas de muestreo que presentaron diferencias en el promedio de sus densidades con la prueba de rangos múltiples de Fisher, sus datos de densidad fueron distribuidos en una tabla de distribución de frecuencias considerando rangos de densidad para su análisis.

7.4. Comparación del promedio de las tallas (longitud sifonal y grosor de labio) del caracol rosado por zonas de muestreo.

Para la comparación del promedio de la longitud sifonal y del grosor del labio de los caracoles por zonas de muestreo, los datos de las tallas fueron transformados con $\log_{10}(x)$ para posteriormente emplear un análisis de varianza de una vía (ANOVA) (Zar, 1999). Cuando se rechazó la hipótesis nula del ANOVA, se procedió con la prueba a *posteriori* de diferencias significativas mediante el análisis de rangos múltiples

(Fisher's LSD) (Zar, 1999) para identificar las zonas que presentaron diferencias significativas entre sus promedios de tallas.

7.5. Estructura de tallas (longitud sifonal y grosor de labio) de los organismos por zonas de muestreo.

Para cada grupo formado de las zonas de muestreo que presentaron diferencias en el promedio de la longitud sifonal (LS) y grosor de labio (GL) con la prueba de rangos múltiples de Fisher, los datos de LS y GL fueron distribuidas en una tabla de distribución de frecuencias considerando rangos de la longitud sifonal y grosor del labio de los organismos para su análisis. Para calcular el porcentaje por grupos de las zonas de muestreo de los caracoles que fueron aptos para la pesca y no, se tomó el siguiente criterio con base al tamaño mínimo de captura legal en México (200 mm de LS): caracoles aptos para la pesca ($LS \geq 200$ mm) y caracoles no aptos para la pesca ($LS \leq 200$ mm). Por otra parte, determinar el porcentaje de juveniles y adultos entre los grupos de las zonas de muestreo se consideró como indicador de la madurez sexual el grosor de labio: juveniles ($GL < 15$ mm) adultos ($GL \geq 15$ mm) (Stoner *et al.*, 2012b).

7.6. Relación de la longitud sifonal con el grosor de labio de los organismos del caracol rosado.

Para comprobar si los organismos aptos para la pesca son individuos maduros sexualmente o no, se relacionó la longitud sifonal (LS) con el grosor de labio (GL) a través de una regresión lineal simple $Y = a + b(x)$ y la correlación de Pearson (r), considerando un nivel de significancia del 95 % (Zar, 1999). Los datos crudos empleados en estos análisis cumplieron con los supuestos estadísticos.

7.7. Arreglo espacial de los grupos bentónicos en las zonas de estudio del caracol rosado.

Para la determinación de arreglo espacial las zonas de captura de caracol rosado considerando las coberturas de los grupos bentónicos, se utilizó el índice de similitud de Bray-Curtis. Los datos fueron transformados mediante $\log(x+1)$, esta conversión fue realizada para ponderar las contribuciones de los grupos comunes y raros (Clarke y Warwick, 2001).

Índice de similitud de Bray-Curtis

$$S_{jk} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |Y_{ij} - Y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (Y_{ij} + Y_{ik})}$$

Donde y_{ij} representa las coberturas de los grupos bentónicos i en la muestra j ($i = 1, 2, \dots, n$), Y_{ik} es la cobertura del grupo bentónico i en la muestra k . $| \dots |$ representa el valor absoluto de la diferencia $Y_{ij} - Y_{ik}$. Los valores extremos son entre 0 y 1, donde cero indica que no existe similitud, y 1 representa una similitud total o en otras palabras que las variables son iguales.

Con los coeficientes de similitud se empleó la técnica de clasificación de dendrograma de similitud para detectar patrones similares entre las zonas de muestreo (Clarke y Warwick, 2001). El siguiente procedimiento fue la aplicación de un análisis del porcentaje de similitud (SIMPER; Clarke y Warwick, 2001) para identificar a los grupos bentónicos que contribuyen a la identidad y/o discriminación entre las zonas de muestreo. El procedimiento SIMPER examina la contribución de cada grupo bentónico

en las 35 estaciones de muestreo al promedio de similitud de Bray-Curtis. La contribución promedio de cada componente (\bar{si}) correspondió al promedio de todos los pares de muestras dentro de un grupo, desde el término i de la ecuación derivada del coeficiente Bray-Curtis:

$$S_{ijk} = 100 \frac{2\min(y_{ij}, y_{ik})}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})}$$

Donde y_{ij} representa la entrada en el renglón i y columna j de la matriz de datos, esto es la cobertura del componente i en la muestra j ($i = 1, 2, 3, \dots, p; j = 1, 2, 3, \dots, n$). De manera similar y_{ik} es la cobertura del componente i en la muestra k ; $\min(y_{ij}, y_{ik})$ es el valor mínimo de las dos coberturas. Todas las técnicas multivariadas fueron realizadas a través del programa computacional PRIMER 6 (Plymouth Laboratory; Clarke y Gorley, 2006).

7.8. Relación de la densidad y la longitud sifonal con los grupos bentónicos y la profundidad.

Con el propósito de relacionar los valores de la densidad y la longitud sifonal de los organismos, con las coberturas de los 6 grupos mofo-estructurales (GME) del bentos (corales escleractineos, hidrocorales, octocorales, esponjas, algas y pastos marinos) y la profundidad obtenidas en las estaciones de muestreo, se emplearon análisis de regresiones lineales simples $Y = a + b(x)$ y correlaciones de Pearson (r) (Zar, 1999). Asimismo, para determinar la significancia de la relación entre la densidad y la longitud sifonal con la cobertura de los 6 grupos bentónicos y la profundidad se utilizó un ANOVA

(Zar, 1999). Los datos crudos empleados en estos análisis cumplieron con los supuestos estadísticos.

8. RESULTADOS

8.1. Densidad total y por zonas de muestreo

Durante el 2016, se llevaron a cabo muestreos de caracol rosado en la Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro abarcando en su totalidad 35 estaciones establecidas y distribuidas en las seis zonas de mayor importancia de captura de este molusco en este sistema arrecifal. En este estudio se obtuvieron un total de 7,797 individuos en un área de 105,000 m², el cual equivalió a una densidad de 0.0742 ind/m², la densidad de organismos muestreados por zonas se distribuyó de la siguiente manera: para la zona de Sotavento norte se registró una densidad de 0.0605 ind/m², para la zona de Sotavento centro 0.1482 ind/m² y en la zona de Sotavento sur se encontró una densidad de 0.0831 ind/m². Por otro lado, en la zona de Barlovento norte registró una densidad de 0.0836 ind/m², en Barlovento centro se encontraron 0.0443 ind/m² y, por último, en la zona de Barlovento sur se presentó una densidad de 0.0584 ind/m² (figura

5).

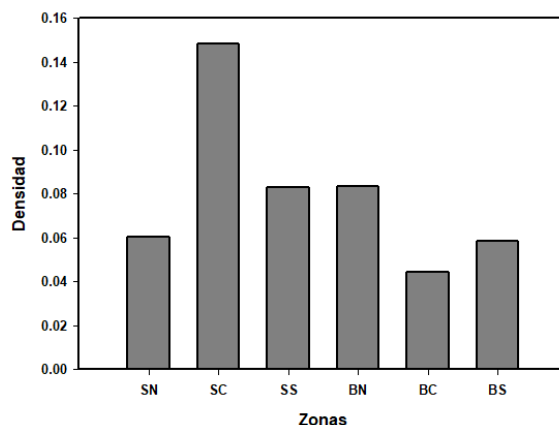


Figura 5. Distribución de la densidad del caracol rosado en las seis zonas de mayor importancia en la RBBC: Sotavento norte (SN), Sotavento centro (SC), Sotavento sur (SS), Barlovento norte (BN), Barlovento centro (BC) y Barlovento sur (BS).

8.2. Distribución y densidad del caracol rosado por zonas.

a) Comparación del promedio de la densidad del caracol rosado por zonas.

La comparación de los promedios de las densidades a través de un análisis de varianza de una vía (ANOVA) mostró diferencias significativas ($F= 3.52$; $P = 0.0047$) entre las zonas analizadas (tabla 1) y la prueba *a posteriori* de rangos múltiples de Fisher (LSD) detectaron esas diferencias separando las zonas en tres grupos (figura 6 y 7) considerando el valor de sus promedios de densidad, el grupo uno estuvo conformado por las zonas de Sotavento centro (SC) (0.1482 ± 0.0502 ind/m²: $\bar{X} \pm SE$) y Sotavento sur (SS) (0.0831 ± 0.0238 ind/m²), las cuales presentaron las más altas densidades, mientras que el grupo dos integrado por las zonas Barlovento norte (BN) (0.0836 ± 0.0293 ind/m²) y Sotavento norte (SN) (0.0605 ± 0.0189 ind/m²), mostraron densidades intermedias y, por último, valores de las densidades más bajas se presentaron en el grupo tres conformado por las zonas Barlovento centro (BC) (0.0443 ± 0.0170 ind/m²) y Barlovento sur (BS) (0.0325 ± 0.0169 ind/m²) (figura 6 y 7).

Tabla 1. Comparación del promedio de la densidad a través del Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA) por zonas de la población del caracol rosado en la RBBC. $P < 0.05$ existen diferencias significativas.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Coeficiente F	P-Valor
Entre grupos	27.6508	5	5.53016	3.52	0.0047
Intra grupos	257.59	164	1.57067		
Total (Corr.)	285.241	169			

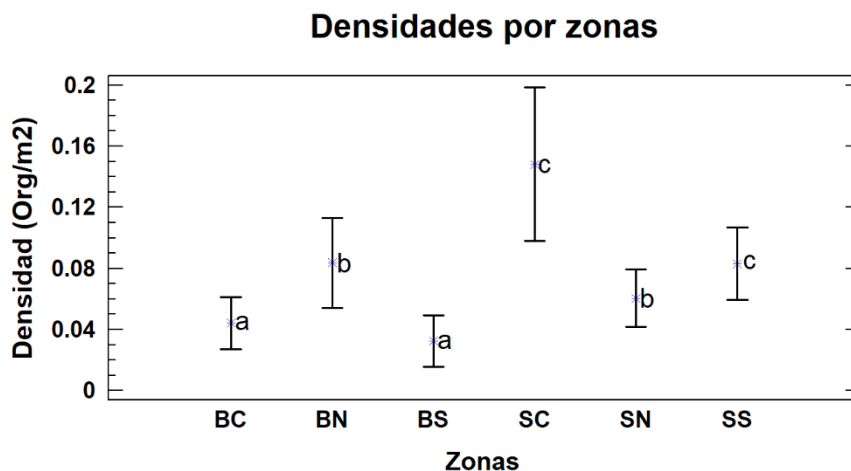


Figura 6. Comparación del promedio de la densidad de la población del caracol rosado por zonas de muestreo en la RBBC. Los grupos homogéneos (prueba LSD, $p > 0.05$) se indican con letras iguales para cada tratamiento (zonas). BC: Barlovento centro; BN: Barlovento norte; BS: Barlovento sur; SC: Sotavento centro; SN: Sotavento norte; Sotavento sur.

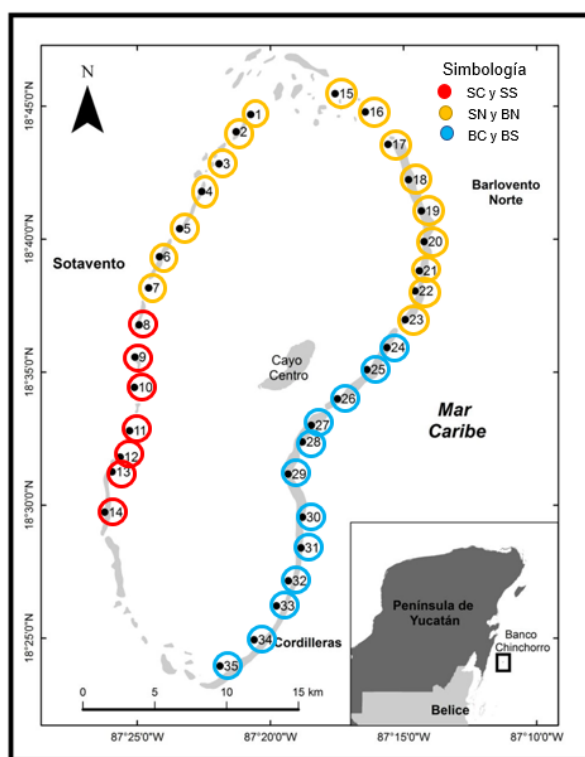


Figura 7. Distribución de las densidades por zonas, separadas en tres grupos. Las estaciones de las zonas que se encuentran de color rojo fueron las que presentaron las mayores densidades de organismos, las de color amarillo presentaron densidades intermedias y por último las de color azul presentaron los valores más bajos de las densidades.

b) Distribución de frecuencias de las densidades por zonas muestreo.

Considerando la separación de las zonas de muestreo (grupos) a través de la comparación de los promedios de las densidades con la prueba de Fisher se analizó la distribución de frecuencia de las estaciones en los intervalos de densidad de los 3 grupos formados (figura 8). En el grupo conformado por Sotavento y Barlovento norte se observa un rango en sus densidades que van de 0 a 0.24 ind/m² presentando una amplia distribución en su densidad por estaciones de muestreo, con su mayor pico de frecuencia de estaciones en el intervalo de 0 a 0.04 ind/m² con 8 estaciones, seguido de los intervalos de 0.04 a 0.08, 0.08 a 0.12 ind/m² y 0.12 a 0.16 con 2 estaciones (figura 8a). El grupo integrado por Sotavento centro y sur presentan un rango de densidades que van de 0 a 0.24 ind/m². La distribución de la densidad en este grupo fue homogénea entre los rangos de densidades, presentando solamente una estación en la mayoría de los intervalos, el rango que mostró la más alta frecuencia de estaciones fue de 0.04 a 0.08 ind/m² con dos estaciones (figura 8b). Por último, el grupo que contiene estaciones de las zonas de Barlovento centro y sur tuvieron densidades en un rango que van de 0 a 0.16 ind/m², presentándose su mayor pico de frecuencia en el intervalo 0 a 0.04 ind/m² con 9 estaciones (figura 8c).

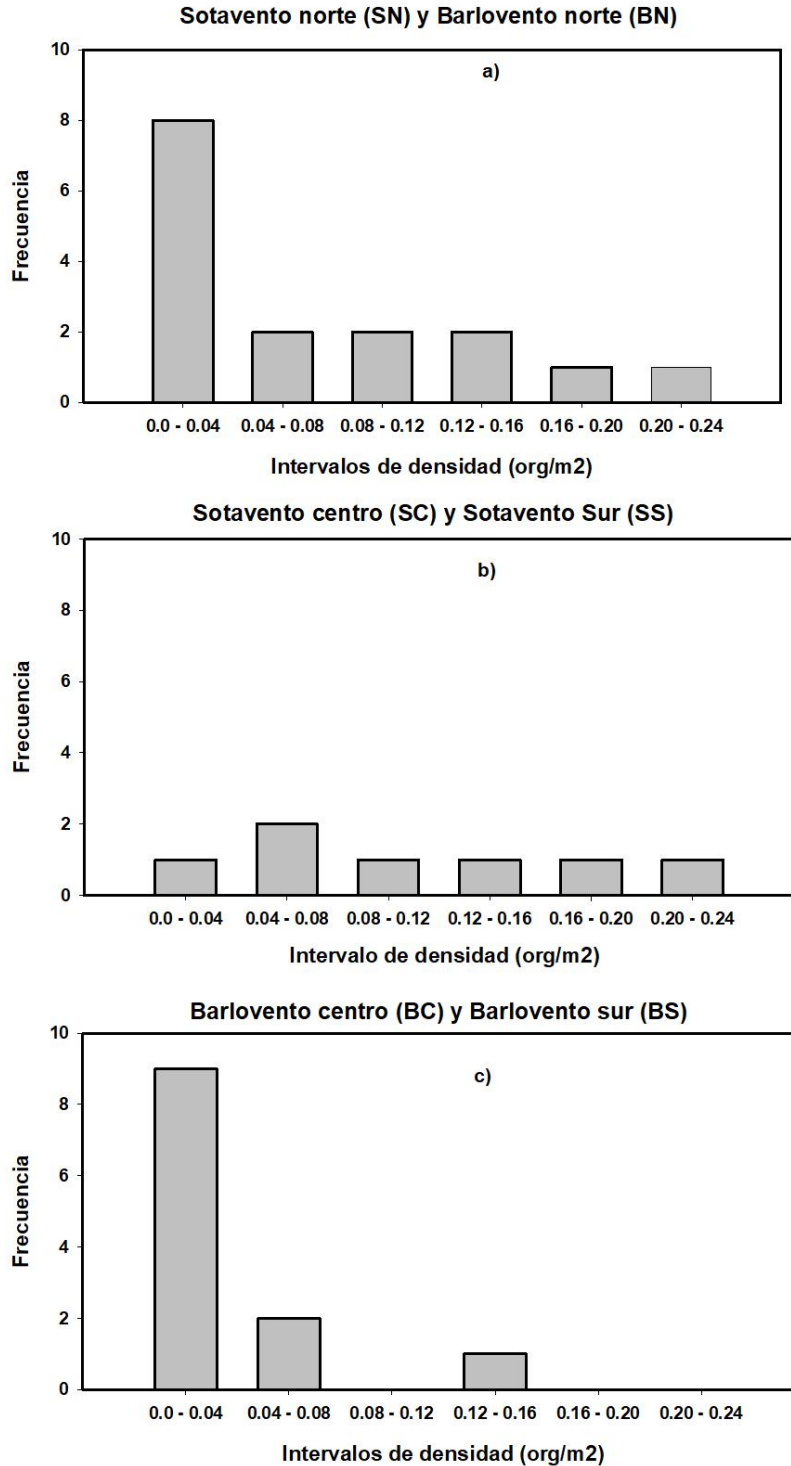


Figura 8. Distribución de frecuencia de las estaciones por intervalos de densidad para las zonas en la RBBC: a) Sotavento norte y Barlovento norte, b) Sotavento centro y Sotavento sur y c) Barlovento centro y Barlovento sur.

9. Estructura de tallas (longitud sifonal y grosor de labio) por zonas.

a) Comparación del promedio de la longitud sifonal del caracol rosado por zonas de muestreo.

Se realizó una comparación del promedio de las tallas considerando la longitud sifonal (LS) de cada individuo por zonas a través de un ANOVA, dando como resultado diferencias significativas de estas variables entre las zonas analizadas ($F= 76.53$; $P < 0.05$) (tabla 2). La prueba *a posteriori* de rangos múltiples de Fisher (LSD) mostró esas diferencias separando las zonas de la siguiente manera: las mayores longitudes sifonales se encontraron en la zona de Barlovento centro (BC) (172.66 ± 1.79 mm: $\bar{X} \pm SE$), seguida de la zona Sotavento norte (SN) (151.19 ± 1.32 mm), las tallas medias las presentaron las zonas de Barlovento Norte (BN) (145.94 ± 0.84 mm) y Barlovento sur (BS) (144.41 ± 1.36 mm) y por último, las menores tallas de longitud sifonal estuvieron presentes en las zonas Sotavento centro (SC) (133.12 ± 1.47 mm) y Sotavento sur (SS) (138.06 ± 1.50 mm) (figuras 9 y 10).

Tabla 2. Comparación del promedio de la longitud sifonal de los organismos de la población del caracol rosado a través del análisis de varianza de una vía (ANOVA) por zonas en la RBBC. $P < 0.05$ existen diferencias significativas.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Coefficiente F	P-Valor
Entre grupos	43.4278	5	8.68556	76.53	0.0000
Intra grupos	884.416	7793	0.113488		
Total (Corr.)	927.83	7798			

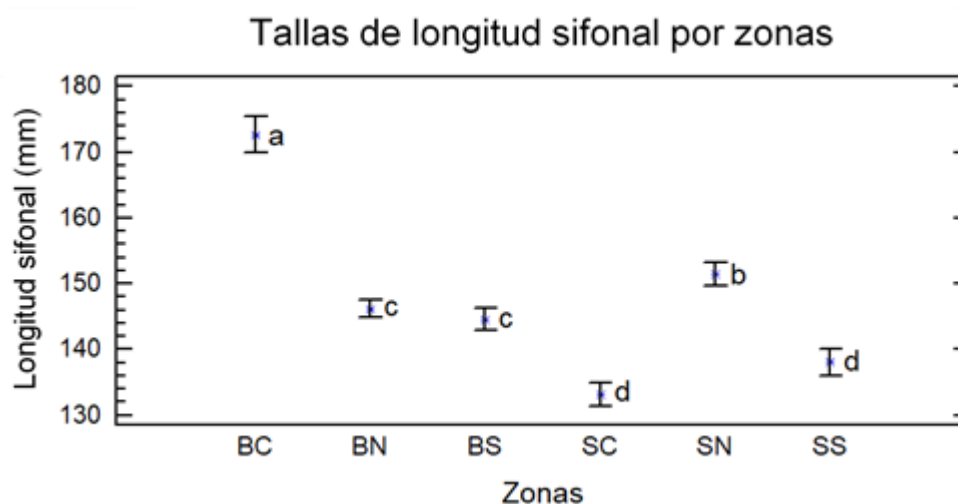


Figura 9. Comparación del promedio de la longitud sifonal de la población del caracol rosado por zonas de muestreo en la RBBC. Los grupos homogéneos (prueba LSD, $P > 0.05$) se indican con letras iguales para cada tratamiento (zonas). BC: Barlovento centro; BN: Barlovento norte; BS: Barlovento sur; SC: Sotavento centro; SN: Sotavento norte; SS: Sotavento sur.

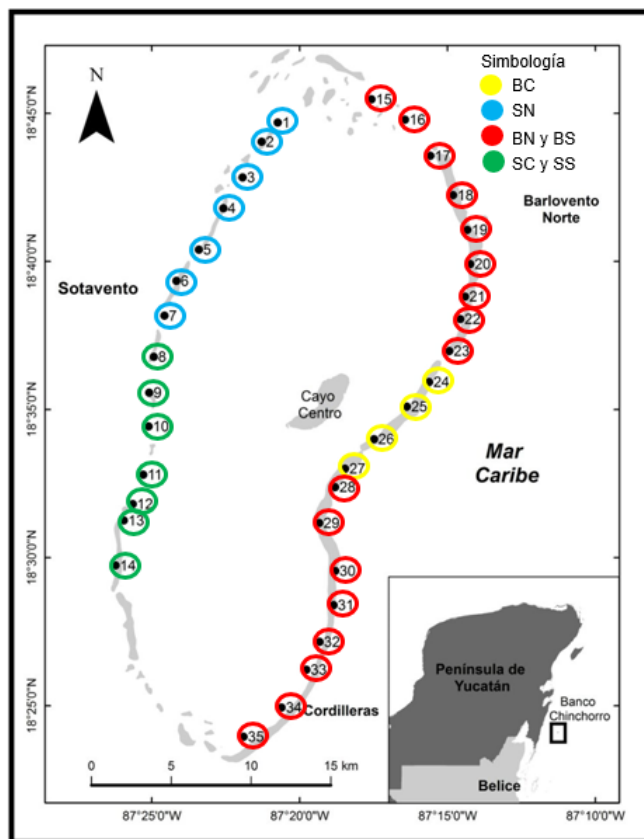


Figura 10. Distribución de las tallas de longitud sifonal del caracol rosado a través de las seis zonas de muestreo en la RBBC. Las estaciones de color amarillo y azul indican presencia de organismos de mayor talla, en las de color rojo se encuentran tallas intermedias y, por último, las menores tallas corresponden a las estaciones en color verde.

b) Estructura de tallas (longitud sifonal) de los organismos por zonas de muestreo.

En la figura 11 se muestra la distribución de la frecuencia de las longitudes sifonales de los caracoles por zonas de muestreo, en la zona de Barlovento centro se presentaron organismos con un rango de tallas de la longitud sifonal que van de 68 a 300 mm, con sus mayores picos de frecuencia de organismos en los intervalos de 155 a 184 y 184 a 213 mm con 148 y 206 individuos, respectivamente. Los intervalos que presentaron la menor frecuencia fueron de 242 a 271 y 271 a 300 mm con 6 y 4

individuos, respectivamente. Los caracoles con $LS \geq 200$ mm fueron 129 (24%) y $LS < 200$ mm fueron 407 (76 %) (figura 11a). En la zona Sotavento norte se encontraron organismos entre el rango de tallas de 10 a 300 mm, encontrándose sus mayores picos de frecuencia en los intervalos de 68 a 97 mm con 308 individuos, de 155 a 184 y de 184 a 213 mm con 349 y 318 individuos, respectivamente. Los intervalos de menor frecuencia fueron de 10 a 39 y de 271 a 300 mm con 2 y 3 individuos, respectivamente. Los individuos con $LS \geq 200$ mm fueron 171 (13 %) y $LS < 200$ mm fueron 1, 099 (87 %) (figura 11b). En las zonas de Barlovento norte y sur se presentaron organismos entre el rango de tallas de 10 a 300 mm, los intervalos que presentaron los mayores picos de frecuencia se encontraron entre el rango de tallas que van 68 a 213 mm, presentándose su mayor pico de frecuencia en el intervalo de 97 a 126 mm con 881 individuos, los intervalos que presentaron las más bajas frecuencias fueron 10 a 39 y 271 a 300 mm con 4 y 11 individuos, respectivamente, 487 (13 %) caracoles presentaron un $LS \geq 200$ mm y 3, 175 (87 %) tuvieron un $LS < 200$ mm (figura 11c). Por último, Barlovento norte y sur tuvieron organismos que presentaron un rango de tallas de 10 a 300 mm, siendo el intervalo de 68 a 97 mm el que presentó el mayor pico de frecuencia con 939 individuos, los intervalos de menor frecuencia fueron de 10 a 39 y 271 a 300 mm ambos con 1 individuo. Los caracoles con $LS \geq 200$ mm fueron 293 (13 %) y $LS < 200$ mm fueron 2, 038 (87 %) (figura 11d).

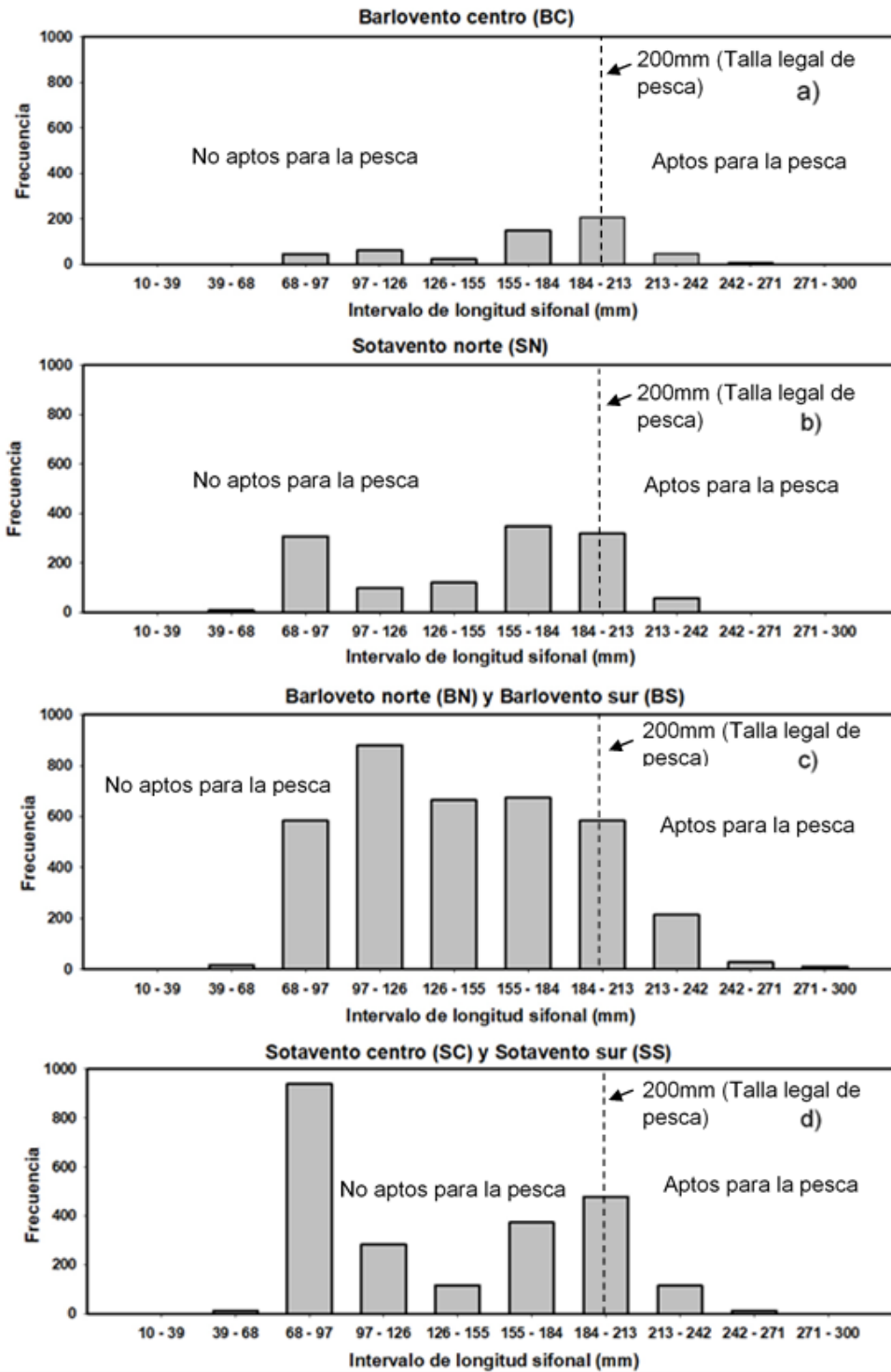


Figura 11. Distribución de la longitud sifonal de los organismos de la población del caracol rosado por zonas en la RBBC: a) Barlovento centro, b) Sotavento norte, c) Barlovento centro y sur, d) Sotavento centro y sur. Línea discontinua: análisis comparativo entre caracoles aptos y no para la pesca tomando en cuenta LS (200 mm) talla de captura legal (Stoner *et al.*, 2012b; Cala *et al.*, 2013a).

c) Comparación del promedio del grosor de labio del caracol rosado por zonas en Banco Chinchorro.

Por medio de un análisis de varianza de una vía (ANOVA) se realizó la comparación del promedio del grosor de labio (GL) transformado con $\log(x+1)$ de los individuos por zonas en la RBBC. Esta prueba mostró que existen diferencias significativas ($F=36.65$; $P < 0.0001$) entre las zonas monitoreadas (tabla 3). Para conocer cuáles zonas mostraron esas diferencias significativas, se realizó la prueba a *posteriori* de rangos múltiples de Fisher (LSD), el cual mostró que organismos con un grosor de labio mayor se encontraron en la zona Sotavento centro (SC) (6.47 ± 0.22 mm: $\bar{X} \pm SE$), organismos con tallas del grosor de labio intermedios fueron encontrados en la zona Sotavento norte (SN) (5.66 ± 0.19 mm) y Sotavento sur (SS) (6.00 ± 0.258 mm) y por último en las tres zonas restantes correspondientes al Barlovento norte (BN) (3.91 ± 0.12 mm), centro (BC) (3.94 ± 0.28 mm) y sur (BS) (3.42 ± 0.15 mm), se encontraron organismos con menor grosor de labio (figura 12 y 13).

Tabla 3. Comparación del promedio del grosor de labio transformado con $\log(x+1)$ de los organismos de la población del caracol rosado a través del análisis de varianza de una vía (ANOVA) por zonas en la RBBC. $P < 0.05$ existen diferencias significativas.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Coefficiente F	P-Valor
Entre grupos	247.555	5	49.511	36.65	0.0001
Intra grupos	10519.3	7787	1.35088		
Total (Corr.)	10766.9	7792			

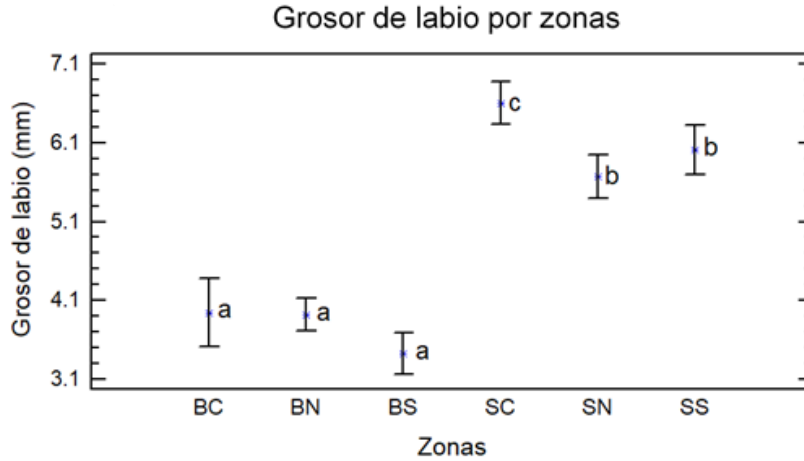


Figura 12. Comparación del promedio del grosor de labio transformado con $\log(x+1)$ de la población de caracol rosado por zona de muestreo en la RBBC. Los grupos homogéneos (prueba LSD, $p > 0.05$) se indican con letras iguales para cada tratamiento (zonas). BC: Barlovento centro; BN: Barlovento norte; BS: Barlovento sur; SC: Sotavento centro; SN: Sotavento norte; Sotavento sur.

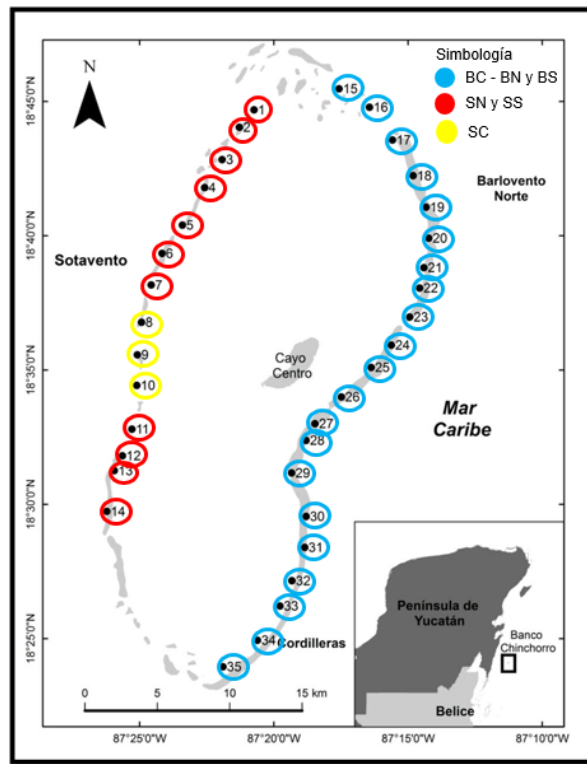


Figura 13. Distribución de las tallas del grosor de labio transformado con $\log(x+1)$ del caracol rosado por zonas de muestreo en la RBBC. En las estaciones de color amarillo se encontraron organismos que presentaron mayor grosor de labio, en las de color rojo se encontraron organismos con grososres de labio intermedio y por último los caracoles con labios menores se encontraron en las zonas en color azul.

d) Estructura tallas (grosor de labio) de los organismos por zonas

La distribución de la frecuencia del grosor de labio de los organismos de la población del caracol rosado por zonas de muestreo mostró que en las zonas de Barlovento centro, Barlovento norte y Barlovento sur presentaron organismos en rango de tallas de grosor de labio que van de 0 a 35 mm con sus mayores picos en la frecuencia de organismos en los intervalos de 0 a 3.5, 3.5 a 7 y 10.5 a 14 mm con 3, 255, 253 y 162 individuos, respectivamente. El intervalo que presentó la menor frecuencia de individuos fue de 31.5 a 35 mm con 5 organismos. Número de caracoles registrados como adultos ($GL \geq 0.15$ mm) fueron 382 (9 %) y juveniles ($GL < 0.15$ mm) 3, 810 (91 %) (figura 14a). En las zonas de Sotavento norte y sur se encontraron organismos entre el rango de tallas de 0 a 31.5 mm, encontrándose sus mayores picos de frecuencia de organismos en los intervalos de 0 a 3.5, 17.5 a 21 y 14 a 17.5 mm con 1527, 201 y 167 individuos, respectivamente. El intervalo que presentó la menor frecuencia de individuos fue de 28 a 31.5 mm con 2 organismos. La cantidad de individuos registrados como adultos fueron 463 (20 %) y juveniles 1, 805 (80 %) (figura 14b). Por último, en la zona de Sotavento centro se presentaron organismos entre un rango de tallas de grosor de labio de 0 a 35 mm, siendo los intervalos de 0 a 3.5, 17.5 a 21 mm con 875 y 127 organismos, respectivamente, seguido de los intervalos de 10.5 a 14 y 14 a 17.5 mm con 80 organismos, 311 (23 %) caracoles fueron clasificados como adultos y 1, 022 (77 %) individuos como juveniles. El intervalo con menor frecuencia de individuos fue 31.5 a 35 mm con 1 organismos (figura 14c).

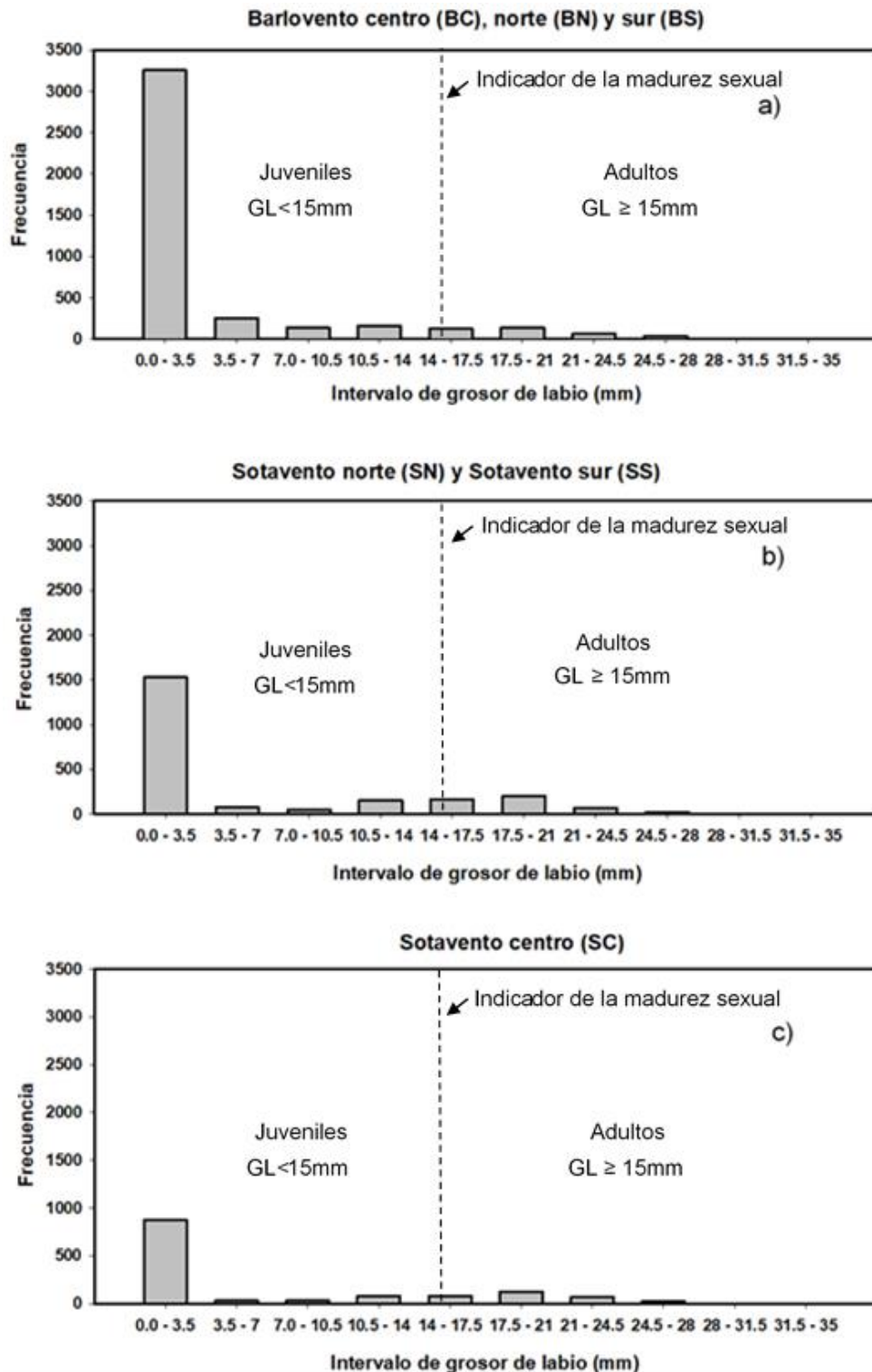


Figura 14. Distribución de las tallas del grosor del labio de los organismos de la población de caracol rosado por zonas en la RBBC: a) Barlovento centro, norte y sur b) Sotavento norte y sur, c) Sotavento centro. Línea discontinua: análisis comparativo entre caracoles adultos y juveniles tomando en cuenta GL (15 mm) indicador de la madurez sexual (Stoner *et al.*, 2012b; Cala *et al.*, 2013a).

e) Relación de la longitud sifonal con el grosor de labio de los organismos del caracol rosado.

En la figura 15 se presenta la dispersión de datos de la relación longitud sifonal y el grosor de labio en donde se observa que el cuadrante I, tiene una gran cantidad de organismos que son aptos para la pesca (GL ≥ 15 mm) y maduros sexualmente (GL ≥ 15 mm), mientras que el cuadrante II contiene de igual forma una cantidad considerable de organismos que son aptos para la pesca (GL ≥ 15 mm), pero que no han alcanzado su madurez sexual (GL < 15 mm).

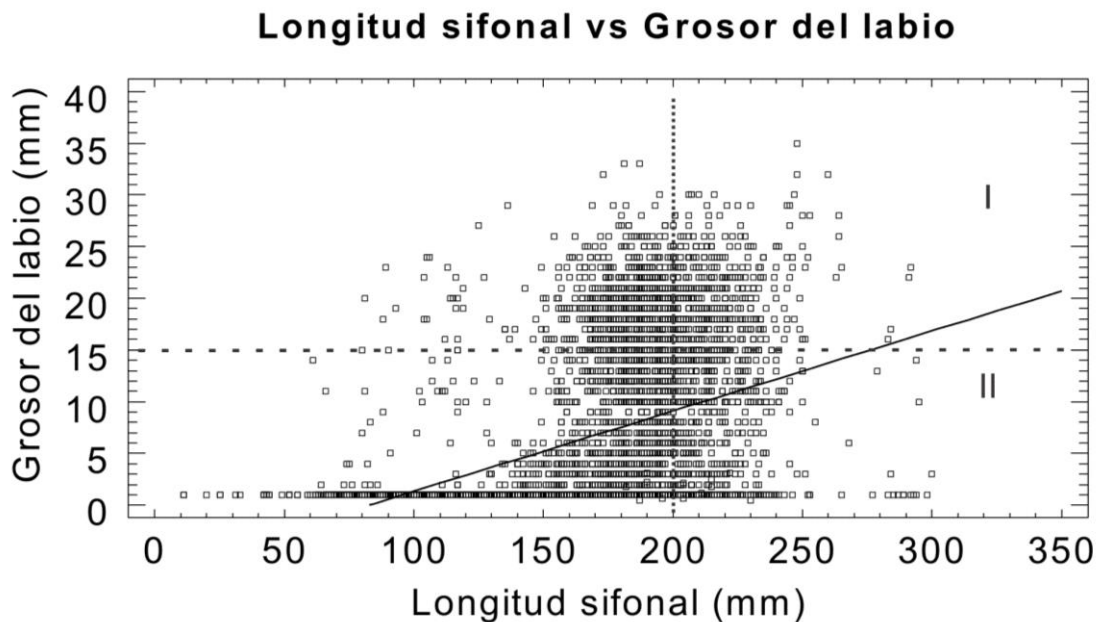


Figura 15. Relación de la longitud sifonal y el grosor del labio de la población del caracol rosado en la RBBC. Cuadrante I contiene caracoles maduros (GL ≥ 15 mm), cuadrante II contiene caracoles aptos para la pesca (LS ≥ 200 mm), pero no alcanzan los 15 mm de GL, línea continua indica GL= 15 mm, puntos discontinuos indican LS = 200 mm.

10. Arreglo espacial de los grupos bentónicos en las zonas de estudios del caracol rosado.

Las técnicas de clasificación a través del dendrograma de similitud de las coberturas de los grupos bentónicos y la validación a través de SIMPROF mostraron la formación de 4 grupos a un corte en el porcentaje de similitud del 85 %, el grupo 1 estuvo conformado por estaciones en las zonas Barlovento norte, Barlovento centro y Barlovento Sur, en el grupo 2 y 3 estuvieron las estaciones de las zonas Sotavento sur y Sotavento centro, respectivamente. Por último, el grupo 4 correspondieron a las estaciones de la zona Sotavento Norte (figura 16 y 17).

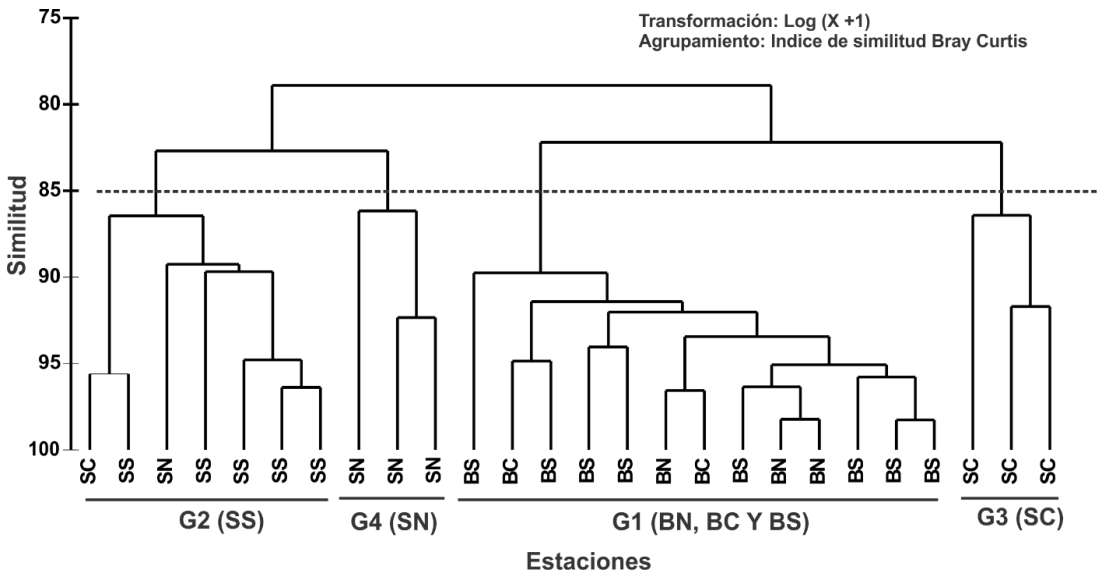


Figura 16. Patrón espacial de la cobertura del bentos en los hábitats del caracol rosado a través del dendrograma de similitud de Bray-Curtis a un nivel de similitud del 85 %. Código: G= Grupo; BC: Barlovento centro; BN: Barlovento norte; BS: Barlovento sur; SC: Sotavento centro; SN: Sotavento norte; SS: Sotavento sur.

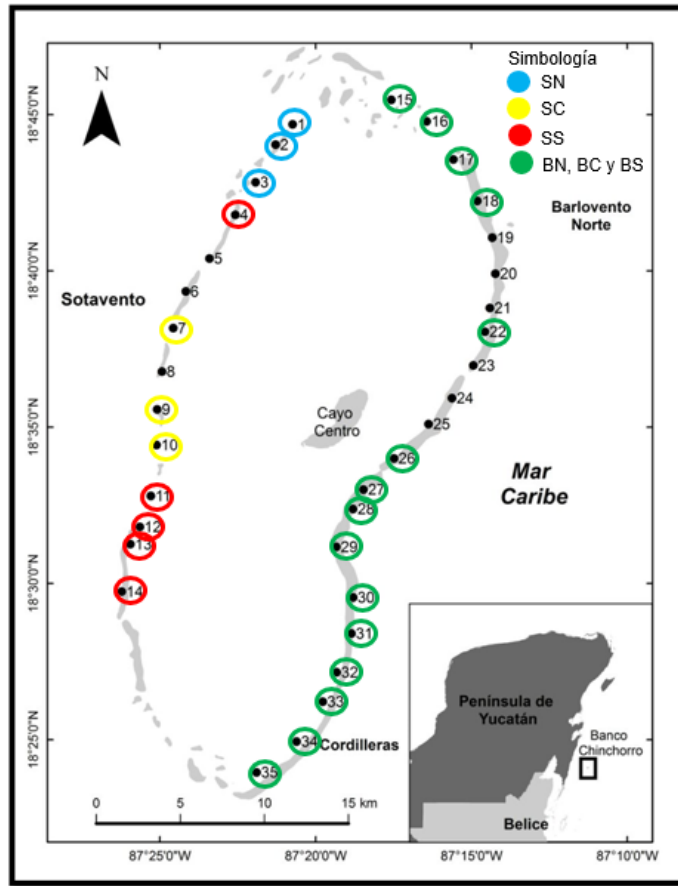


Figura 17. Distribución de la cobertura de los grupos bentónicos en los hábitats del caracol rosado a través de las seis zonas de muestreo en la RBBC. Las estaciones de color amarillo pertenecen a la zona de Sotavento centro (Grupo 3) y las de color azul son las encontradas en la zona Sotavento norte (Grupos 4). Las estaciones de color rojo corresponden a la zona Sotavento sur (Grupo 2) y, por último, las de color verde son las que pertenecen a las zonas Barlovento norte, Barlovento centro y Barlovento sur (Grupo 1).

De acuerdo con el SIMPER, considerando un porcentaje acumulativo de los tres principales grupos bentónicos que más contribuyen en la formación de cada uno de los 4 grupos, se encontró que los grupos 2 y 3, el sustrato, algas y pastos marinos fueron los que más contribuyen con porcentajes de 41.09, 32.03, 17.94 % y de 44.66, 35.09, 17.66 %, respectivamente (tabla 4). En los grupos 1 los grupos bentónicos predominantes fueron sustrato, algas, y corales escleractíneos con 52.25, 45.77 y 1.14%, respectivamente, mientras que el grupo 4, predominó el sustrato, algas, pastos marinos y corales escleractíneos con 54.95, 29.49, 10.00 y 3.27 %, respectivamente (tabla 4).

Tabla 4. Tipo de hábitat distintivo de cada grupo formado por las zonas estudiadas en concordancia con el porcentaje del análisis de similitud (SIMPER), considerando el porcentaje acumulativo menor de 100%. Códigos: Abundancia = promedio de la cobertura; PSIM = similitud promedio; PCO = porcentaje de contribución; PCA = porcentaje de contribución acumulado. Grupo 1: Barlovento norte, Barlovento centro y Barlovento sur; Grupo 2: Sotavento sur; Grupo 3: Sotavento centro; Grupo 4: Sotavento norte.

Tipo de hábitat	Abundancia	PSIM (%)	PCO (%)	PCA (%)
Grupo 1				
Sustrato	3.98	46.54	52.25	52.25
Algas	3.49	40.77	45.77	98.02
Corales escleractíneos	0.22	1.02	1.14	99.16
Grupo 2				
Sustrato	4.14	36.75	41.09	41.09
Algas	3.24	28.65	32.03	73.12
Pastos marinos	2.27	16.04	17.94	91.06
Grupo 3				
Sustrato	4.14	38.46	44.66	44.66
Algas	3.42	30.21	35.09	79.75
Pastos marinos	0.69	6.60	17.66	97.41
Grupo 4				
Sustrato	4.40	45.18	54.95	54.95
Algas	2.59	24.24	29.49	84.44
Pastos marinos	1.43	10.91	10.00	94.44
Corales escleractíneos	0.74	5.56	3.27	97.71

11. Relación de la densidad y longitud sifonal con los grupos bentónicos y la profundidad.

De manera general las regresiones lineales y correlaciones no mostraron una relación significativa entre la densidad de caracoles y los grupos bentónicos; sustrato ($r^2 = 0.1043$; $r = 0.0323$), algas ($r^2 = 4.39$; $r = 0.2097$), hidrocorales ($r^2 = 0.0049$; $r = 0.0070$), octocorales ($r^2 = 4.59$; $r = 0.2143$), esponjas ($r^2 = 20.82$; $r = 0.4563$) y corales escleractineos ($r^2 = 1.72$; $r = -0.1315$), solamente se presentó una fuerte relación positiva entre la densidad y los pastos marinos ($r^2 = 68.84$; $r = 0.8297$; ANOVA, $p < 0.0001$) (figura 18), también la densidad de caracoles tuvo un relación positiva con la profundidad ($r^2 = 52.63$; $r = 0.7262$; ANOVA, $p < 0.001$) (figura 18).

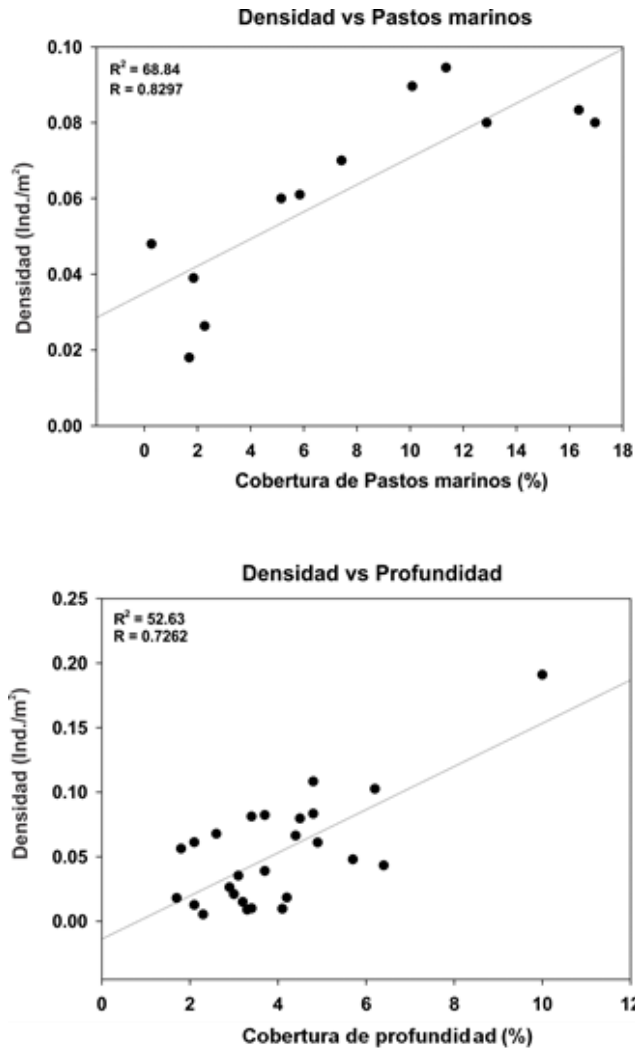


Figura 18. Relación de la densidad del caracol rosado con: a) la cobertura de pastos marinos y b) la profundidad (r^2 = regresión; r = correlación de Pearson; ANOVA, $p < 0.0001$).

Por otra parte, la longitud sifonal no presentó una relación significativa con los grupos bentónicos; sustrato ($r^2 = 0.4070$; $r = 0.0638$), hidrocorales ($r^2 = 0.6609$; $r = 0.0813$), octocorales ($r^2 = 2.85$; $r = 0.1689$), esponjas ($r^2 = 0.5550$; $r = 0.0745$) y corales escleractíneos ($r^2 = 6.82$; $r = 0.2612$). Sin embargo, hubo una fuerte relación negativa entre la longitud sifonal con algas ($r^2 = 59.24$; $r = 0.7697$; ANOVA, $p < 0.001$) y pastos marinos ($r^2 = 73.75$; $r = 0.8587$; ANOVA, $p < 0.001$) (figura 19). De igual manera la

profundidad presentó una relación, pero positiva con la longitud sifonal ($r^2 = 0.6207$; $r = 0.7878$; ANOVA, $p < 0.001$) (figura 19).

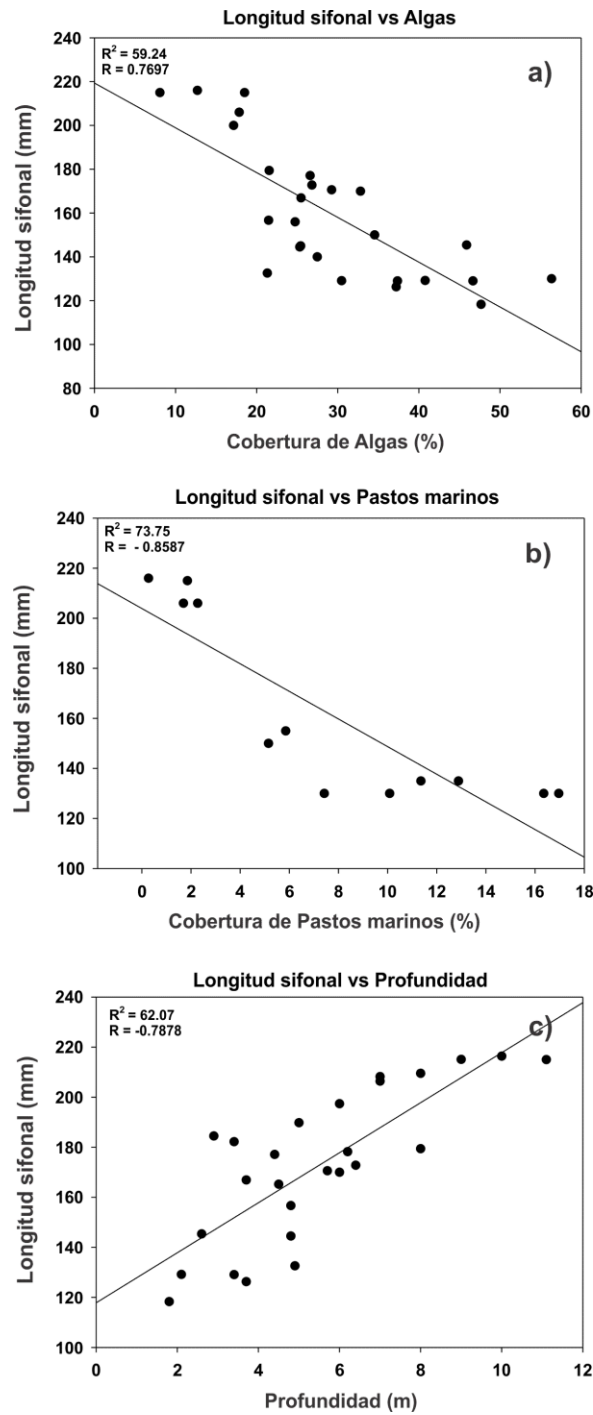


Figura 19. Relación de la longitud sifonal del caracol rosado con: a) la cobertura de algas, b) la cobertura de pastos marinos y c) la profundidad (r^2 = regresión; r = correlación de Pearson; ANOVA, $p < 0.001$).

12. DISCUSIÓN

12.1. Densidad total y por zonas de muestreo

La mayor parte de las pesquerías a nivel mundial dependen de las capturas de poblaciones naturales, cuya productividad proviene de la capacidad de recuperación del stock pesquero. Aunque se pensó, que la pesca no podía dañar las poblaciones naturales, el abatimiento de grandes zonas pesqueras demuestran que la mayoría de los recursos marinos, si no todos, son agotables (Bohnsack y Ault, 1996).

El caracol rosado *L. gigas* es un recurso que a nivel regional en el mar Caribe, ocupó la segunda pesquería de gran importancia comercial, generadora de divisas para varios países, el mal manejo de su pesquería llevo al recurso al extremo de la sobreexplotación (Posada *et al.*, 2007, Pool-Pool *et al.*, 2012, Cala *et al.*, 2013a y b), ocasionando que se tomaran medidas para su manejo o cerrando su pesquería en forma definitiva. Las variaciones de las densidades poblacionales del caracol rosado, pueden estar relacionadas con las variables ambientales tales como la profundidad, complejidad topográfica, etc., interacciones biológicas, variaciones en el reclutamiento, muchas veces controlado por efectos hidrográficos en la zona costera, y por la depredación y la pesca de los stocks (Roughgarden *et al.*, 1988, Stoner *et al.*, 1996, Hadad, 1998, De Jesús-Navarrete *et al.*, 2003, Cala *et al.*, 2013a y b).

En la RBBC se obtuvieron un total de 7,797 individuos del caracol rosado en un área de muestreo de 105, 000 m², el cual equivalió a una densidad total de 0.0742 ind/m² (742 ind/ha). Domínguez-Viveros *et al.*, (1999) estudiando la abundancia de la población de caracol rosado de septiembre 1991 a septiembre 1992, utilizando la técnica de barrido (100 m²) registraron una abundancia total de 40 individuos en 100 m² (4, 000 ind/ha); de Jesus-Navarrete y Valencia Hernández (2013) registrando la

abundancia del caracol rosado en Banco Chinchorro a través de censos en 81 transectos en el año 2009, encontraron en el mes de julio densidades en un rango de 367 a 541 ind/ha, mientras que en noviembre osciló de 203 a 363 ind/ha; Cala *et al.*, (2013a) registraron en la época de lluvias una densidad de 127 ind/ha y en la época de secas de 384 ind/ha en muestreos (transectos) llevados a cabo en tres zonas en Banco Chinchorro; norte, centro y sur, en el año 2009 y 2010; Medina- Quej *et al.*, (2015), utilizando la misma metodología (censos circulares) empleada en este estudio registró una abundancia de 8, 405 individuos en un área de 140,000 m² (600 ind/ha). Comparando el resultado de la densidad de este estudio con lo registrado en los estudios anteriores se puede deducir que los cambios en la densidad que ha experimentado la RBBC a través del tiempo ha sido provocado principalmente por el esfuerzo de pesca. En 1991 se registró una alta abundancia (densidad) de la población del caracol rosado, aunque el recurso presentaba una explotación pesquera (Dominguez-Viveros *et al.*, 1999). Sin embargo, para el año 2009 y 2010 esa abundancia decreció drásticamente por el incremento del esfuerzo de pesca inducida por los pescadores de las cooperativas que allí operan y los pescadores furtivos (de Jesus-Navarrete y Valencia Hernández, 2013; Cala *et al.*, 2013a). No obstante, en un estudio llevado a cabo por Medina-Quej *et al.*, (2015) y en este trabajo se observó un aumento de la abundancia (densidad) posiblemente por la recuperación de la población del caracol rosado por la veda de 5 años establecida a partir del 21 de noviembre de 2012 al 28 de febrero de 2017. De igual manera no se descarta la posibilidad de que parte de esos cambios en la abundancia se deba a la variabilidad espacial y temporal de los estudios realizados en el área de estudio por diferencias en los sitios y meses de muestreo. Por otra parte, la abundancia encontrada en este

estudio presentó una alta variabilidad con las abundancias registradas en trabajos llevados a cabo en el Caribe, por ejemplo; Tewfik *et al.*, (1998) encontraron en un estudio poblacional del caracol rosado en Cayo Cochinos, Honduras una densidad total en 14.6 ind/ha; Posada *et al.*, (1999) registraron en el Parque Nacional Jaragua, Republica Dominicana una densidad del caracol rosado de 57.43 ind/ha; Cala *et al.*, (2013b) reportaron una densidad del caracol rosado de 247 ind/ha en la época de lluvia y 1, 767 ind/ha en la época de secas en el Parque Nacional Desembarco del Granma, Santa Cruz, Cuba; Cigliano y Kliman (2014) estudiando la abundancia del caracol rosado en la Reserva Marina Cayo Sapodilla, Belice encontraron en el año 2006 una densidad general de 1, 113 ind/ha, en el 2007 de 937.5 ind/ha y en el 2008 se registró 900 ind/ha, en la misma área de estudio en el 2009 se registró una abundancia total de 693 individuos en 7, 200 m² (692.5 ind/ha) (Chan *et al.*, 2013). La variación encontrada en este estudio en comparación con otros trabajos en el Caribe podría atribuirse a varios factores espaciales predominantes en los arrecifes estudiados tales como la profundidad, características morfológicas y ambientales de los sitios donde se llevaron los muestreos, así como a los cambios provocados por la temporalidad (épocas climáticas), debido a que los estudios fueron realizados en diferentes épocas del año. De igual manera, existen factores antropogénicos que podrían estar afectando la abundancia del caracol rosado en las diferentes áreas en el Caribe como la sobreexplotación de este recurso y la degradación de los hábitats por la urbanización (Tewfik *et al.*, 1998; Posada *et al.*, 1999; Cala *et al.*, 2013; Chan *et al.*, 2013; Cigliano y Kliman, 2014; Aranda y Peel, 2017).

Por otra parte, de manera general, considerando las 6 zonas de muestreo establecidas para este estudio, las mayores densidades de caracoles se registraron en la zona de Sotavento centro y sur del sistema arrecifal de Banco Chinchorro. De Jesus-Navarrete y Valencia-Hernandez *et al.*, (2013) en un estudio realizado en el 2009 encontraron sus mayores densidades en la porción sur de la RBBC en comparación con la porción centro y norte. La mayor densidad encontrada en Sotavento centro en este estudio posiblemente se deba a la recuperación que está experimentando la población del caracol rosado en esta porción del arrecife, por la veda establecida de 5 años a partir del 2012. Aunque la veda se estableció en todo arrecife, la porción de Sotavento centro es una zona de reclutamiento de juveniles y no presenta actividad pesquera en comparación con las demás zonas en el área de estudio. Lo anterior ha favorecido el incremento de la densidad de caracoles juveniles en esta zona del arrecife.

12.2. Distribución y densidad del caracol rosado por zonas de muestreo.

El análisis de comparación de las densidades de las zonas consideradas en este estudio mostró que existió diferencias significativas entre ellas, siendo Sotavento centro y Sotavento sur donde se presentaron los más altos valores de la densidad, debido a que la frecuencia de las estaciones de muestreo fue homogénea en todos los intervalos de clases de la densidad consideradas en este estudio, en las zonas de Sotavento norte y Barlovento norte donde se presentaron valores de densidades intermedias presentando de igual manera, estaciones en todos los rangos de densidad, pero con su mayor pico de frecuencia de estaciones en el primer intervalo que incluía valores bajos de densidad. Por último, Barlovento centro y Barlovento sur

presentaron los valores más bajos de la densidad debido a que las frecuencias de estaciones solo se presentaron en los tres primeros intervalos de clases que fueron los que exhibieron los valores más bajos de densidad.

Las altas densidades encontradas en las estaciones de las zonas de Sotavento centro y Sotavento sur posiblemente se debe a la presencia de hábitats de reclutamiento del caracol rosado presente en estas zonas, por la gran abundancia de organismos juveniles encontrados en esta porción del sistema arrecifal. Domínguez-Viveros *et al.*, (1992) encontraron en la RBBC que las mayores abundancias de juveniles del caracol rosado se presentaron en la porción centro y en Isla Che (Sotavento sur), concluyendo que son zonas de crianza y desarrollo de juveniles. de Jesús-Navarrete y Valencia-Hernández (2013) en muestreos realizados en el 2009 en la RBBC, encontraron de manera general que las mayores densidades lo presentaron la zona sur y centro de este complejo arrecifal, los cuales tuvieron poca proporción de adultos. Las densidades intermedias se encontraron en la porción norte del complejo arrecifal (Barlovento norte y Sotavento sur) y las menores densidades fueron en la parte no protegida del Banco (Barlovento centro y sur), siendo la porción sur (cerca de cayo lobos) la que presentó la mayor profundidad donde la mayoría de los organismos fueron adultos.

Las diferencias encontradas entre las zonas de muestreo podrían explicarse por los movimientos locales del *L. gigas* a lo largo y ancho de la laguna arrecifal. Estos movimientos locales se relacionan fundamentalmente con la migración ontogenética de los caracoles hacia las zonas profundas y luego a zonas someras en donde tiene lugar la reproducción (Laughlin y Weil, 1985, Díaz-Avalos, 1991). Por otro lado, se

conoce que existe una estratificación del recurso respecto a la profundidad y que los individuos se encuentran en grupos de tamaños y edades similares (Randall, 1964; Alcolado, 1976), esta estratificación ha sido reportada por Domínguez-Viveros *et al.*, (1999) para Banco Chinchorro, destacando el papel de la profundidad en la distribución de los organismos. Estos autores señalan que en general, la zona sur de Banco Chinchorro presenta una profundidad mayor que las zonas norte y centro. La mayor profundidad en la zona Sur de Banco Chinchorro puede brindar refugio a los caracoles debido a que moverse hacia estas zonas los organismos quedan fuera del alcance de los pescadores. Las características de las zonas también podrían estar influyendo en la distribución de la especie dentro del Banco, ya que las zonas norte y centro han sido reportadas como lugares de crianza y desarrollo de juveniles, mientras que la zona sur se ha considerado como un sitio de agregación de adultos debido a la calidad de sus hábitats (Domínguez-Viveros *et al.*, 1999; Cala *et al.*, 2013). de Jesús-Navarrete (2013) menciona que en la RBBC el principal transporte de agua es la corriente caribeña, este sistema arrecifal recibe primero esta corriente en su porción sur y después fluye hacia la porción norte. Por lo tanto, generalmente la porción sur tiene sedimentos que se rigen por arenas gruesas y zonas profundas que favorece la presencia de organismos adultos del caracol rosado, mientras que la porción centro y norte presentan sedimentos medios y finos que favorece el establecimiento de lechos de pastos marinos y algas; y por ende el reclutamiento de juveniles del caracol rosado.

12.3. Estructura de tallas (longitud sifonal y grosor de labio) por zonas de muestreo.

La distribución de las tallas (longitud sifonal y grosor de labio) del caracol rosado ha sido generalmente influenciada por las condiciones ambientales, interacciones biológicas y la pesca como acción modificadora del medio (Weil y Laughling, 1984; de Jesús-Navarrete *et al.*, 2003, Gómez-Campo *et al.*, 2005; Cala *et al.*, 2013a; Cala *et al.*, 2013b). De manera general en la mayoría de las zonas analizadas en la RBBC hubo presencia una gran cantidad de juveniles y pocos organismos adultos. Considerando el criterio como caracoles aptos para la pesca a los organismos que tienen $LS \geq 200$ y no aptos a los individuos con $LS < 200$, en todas las zonas de estudio se presentó un porcentaje bajo de caracoles aptos para la pesca (13 %) y 87 % no propensos a la explotación pesquera a excepción de la zona Barlovento centro con 24 % y 76 %, respectivamente. El mayor porcentaje de individuos grandes en esta zona podía deberse a que sus estaciones se ubican cerca y enfrente de la estación biológica de la CONANP, y por lo tanto existe mayor vigilancia, lo que ocasiona menos explotación pesquera principalmente por los pescadores furtivos.

El problema de la sobrepesca del caracol rosado en la RBBC ha sido abordado en estudios precedentes (de Jesús-Navarrete *et al.*, 2003), mostrando una disminución de la densidad de población desde 1990 a 1997. Además, estos autores mencionan que la población del caracol rosado en Banco Chinchorro en esos años estuvo dominada por individuos jóvenes (más del 89 %) y sugieren que tanto la pesca legal como la ilegal fueron los responsables de estos cambios, a pesar de los esfuerzos de

gestión por parte de la Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA) para regular la pesquería.

La mayoría de los caracoles no aptos para la pesca en la RBBC presentaron grosor de labio mayor a 15 mm (adultos) o menos; y de igual manera muchos caracoles aptos para la pesca presentaron un grosor del labio menor a 15 mm (juveniles) (figura 15). Los caracoles con morfología similar también fueron observados por de Jesús-Navarrete *et al.* (1997; 2013) en Banco Chinchorro. Esto implica que considerar solo el tamaño no determina si una concha es juvenil o adulto. El mejor criterio para diferenciar a los adultos es la presencia de un labio bien desarrollado, sin embargo, un estudio histológico de las gónadas para comprobar su etapa de maduración sería deseable para determinar la madurez de los individuos del caracol rosado. Caracoles con los labios gruesos, pero tamaño pequeño también se han divulgado en el Caribe, y han sido referidos como enanos o caracoles "Samba" (Mitton *et al.*, 1989; Clerveaux *et al.*, 2005).

En la RBBC, el pequeño fenotipo en adultos probablemente aparezca como resultado de la presión de pesca. La reducción en el promedio del tamaño de los individuos es una de las características de poblaciones de peces e invertebrados muy explotados en los sistemas marinos (Roberts y Polunin, 1991), y esto ocurre a menudo como un resultado directo de la captura selectiva de animales grandes (Stoner *et al.*, 2012). Los pescadores normalmente seleccionan conchas más grandes, ya que poseen más carne, a pesar de que están representadas en su mayoría por hembras (Alcolado, 1976). Por lo tanto, la pesca sobre todo de las hembras podría contribuir a la disminución en la longitud de los individuos y en la densidad de la población. La presión de pesca en los caracoles grandes puede proporcionar una ventaja selectiva,

ya que esta induce a que los individuos se reproduzcan con tamaños pequeños o a una edad temprana. Lo anterior pudiera estar ocurriendo con la población de caracoles en la RBBC.

Evidentemente, la sobrepesca ya sea legal o ilegal, ha de ser la causa principal de la disminución del tamaño de los individuos de la población de caracol en la RBBC. Esto es debido fundamentalmente a que los pescadores capturan el número de caracoles necesario para completar la cuota asignada para cada año, lo que resulta en una disminución de la población de adultos y por consiguiente disminución de la tasa de encuentro entre hembras y machos, lo que sugiere la presencia de un efecto Allee en la población. Este problema se acrecienta con los pescadores furtivos que extraen los caracoles sin importar el tamaño, aunque existe el marco legal apropiado para evitarlo esto muchas veces no se aplica por la falta de interés de las autoridades competentes para hacer cumplir las leyes establecidas. La disminución en la densidad de adultos con el cambio de criterios para evaluar la madurez sexual (tamaño de grosor de labio), es una prueba de los errores en la gestión de la pesca de caracol rosado en la RBBC durante más de dos décadas y puede ser la causa de la disminución de la población y el colapso de la pesquería en Banco Chinchorro y el resto del mar Caribe (Stoner *et al.*, 2012b).

12.4. Arreglo espacial de los grupos bentónicos en las zonas de estudio del caracol rosado.

Las zonas de Sotavento centro (grupo 2) y sur (grupo 3) donde predominaron los grupos bentónicos de sustrato (arena y pedacería calcárea), algas (macro

foliosas/globosas y calcárea articulada), pastos (*T. testudinum* y *S. filiforme*) en orden de importancia, se registraron las mayores densidades de caracoles de menores tallas (mayormente juveniles). Estas zonas presentaron rangos de profundidad de 3 a 6 m. En cambio, las densidades intermedias y bajas de la población del caracol rosado; y los organismos de mayor talla se encontraron en las zonas de Sotavento norte (grupo 4) donde dominaron sustrato (arena y pedacería calcárea) y algas (macro foliosas/globosas y calcárea articulada), así como en las zonas de Barlovento norte, centro y sur (grupo 1) donde dominaron los grupos bentónicos sustrato (arena y pedacería calcárea), algas (macro foliosas/globosas y calcárea articulada), pastos (*T. testudinum* y *S. filiforme*) y corales escleractineos (*Porites astreoides* y *Siderastrea sidérea*) en orden de importancia. Las estaciones en ambos grupos se presentaron en profundidades de 1.5 a 6 m.

En las zonas de estudio los grupos predominantes fueron sustrato, algas, pastos marinos en este orden de importancia debido a que las estaciones de muestreo fueron seleccionadas en las seis zonas de mayor importancia de captura del caracol rosado en la RBBC. Sin embargo, se observa que el porcentaje de contribución de estos grupos por zonas podría estar influenciando la densidad de caracoles y la distribución de las tallas de los organismos. En las zonas (Sotavento centro y sur) donde se presentaron las mayores densidades principalmente de juveniles tuvieron mayores porcentajes de sustrato (arena y pedacería calcárea), algas y pastos marinos, mientras que en las zonas donde se observaron las densidades intermedias y bajas; y los organismos de mayores tallas, el pasto marino estuvo ausente o presentó una baja cobertura.

En sitios someros en el Parque Nacional Jaragua, República Dominicana el 88.9 % de los caracoles eran juveniles, el sustrato de estos sitios generalmente estuvo dominado por lechos de pastos marinos mixtos (*Thalassia-Syringodium*) a profundidades menores de 7 m (Posada *et al.*, 1999). Tewfik y Guzmán (2003) en Bocas del Toro Panamá encontraron que el 80 % los individuos del caracol rosado eran juveniles en zonas de agua someras (< 5 m, 84 %) con abundantes coberturas de pastos marinos (> 70 %). Gómez-Campo *et al.*, (2007) estudiando fondos potencialmente favorables para la presencia del caracol rosado en el Archipiélago nuestra Señora del Rosario en el Caribe Colombiano, reportaron que la única variable que presentó una estrecha relación con la abundancia de juveniles fue la cobertura de *Thalassia*, durante la época de secas debido a que estos individuos se caracterizan por alimentarse de macrodetritos, incluyendo partes muertas de hojas de pastos marinos (Stoner, 1989). Cigliano y Kliman (2014) en un estudio de la población del caracol rosado en la Reserva Marina Sapodilla en Belice encontraron que en las zonas donde predominaban lechos de pastos marinos principalmente de *Thalassia* presentaban gran abundancia de organismos juveniles (93 %).

12.5. Relación de la densidad y longitud sifonal con los grupos bentónicos y la profundidad.

En la RBBC no hubo una relación entre la densidad de caracoles y los grupos bentónicos predominantes en las zonas de estudio a excepción con la cobertura de pastos marinos. De igual manera la densidad de caracoles mostró una relación con la profundidad. En la mayoría de las zonas analizadas en la RBBC hubo presencia de una gran cantidad de juveniles y pocos organismos adultos. La presencia de una gran

cantidad de juveniles en el área de estudio posiblemente está ocasionando que la densidad de caracoles (juveniles) incremente al aumentar la cobertura de pastos marinos, debido a que numerosos estudios han documentado que en los sitios conocidos como viveros (sitios de reclutamiento de caracoles juveniles) se caracterizan por presentar altas coberturas de pastos marinos y algas (Randall, 1964; Stoner y Waite, 1990; Stoner y Davis, 1994; Stoner *et al.*, 1996; Posada *et al.*, 1999; de Jesús-Navarrete y Valencia-Beltrán, 2003; Tewfik y Guzmán, 2003; Gómez-Campo *et al.*, 2010; Cigliano y Kliman, 2014). Estos organismos se caracterizan por alimentarse de macrodetritos, incluyendo partes muertas de hojas de pastos marinos (Stoner, 1989), lo que hace que dichos ambientes sean propicios para el ciclo de vida de caracoles juveniles. Según Stoner *et al.*, (1995), los juveniles se agregan durante cierta época del año en sectores específicos de praderas de pastos marinos donde la protección contra depredadores y la disponibilidad de alimento hacen del hábitat un lugar seguro y propicio para el crecimiento. Stoner y Ray (1993) mencionan que las altas densidades de caracoles juveniles encontradas en los sitios (viveros) donde persisten grandes cantidades de cobertura de pastos marinos pueden explicarse considerando uno más de los siguientes mecanismos a) son hábitats con características particulares que los hacen sitios de agregación ecológicamente únicos, b) tienen un asentamiento larval continuo, c) las agregaciones ocurren como una función diferencial de la supervivencia (depredación) en la etapa de post-asentamiento y d) los caracoles juveniles son gregarios. No obstante investigaciones recientes han encontrado que la presencia de organismos juveniles en las áreas llamadas viveros está determinada principalmente por estos factores; profundidad, biomasa de pastos

marinos, fuerza de las corrientes marinas y presencia de co-específicos (Stoner *et al.*, 1996; Gómez- Campo *et al.*, 2010; Cigliano y Kliman, 2014).

Por otra parte, aunque las estaciones de muestreos en las zonas de estudios se encontraron en rango de profundidad 1.7 a 10 m, los valores de la densidad de caracoles cambiaron con la profundidad, las más bajas densidades se presentaron entre 1.7 a 2 m, posteriormente estas densidades incrementaron de manera sucesiva al aumentar la profundidad entre 3 a 6.5 m (mayormente predominaron juveniles) y la densidad fue mayor a la profundidad de 10 m (organismos juveniles y adultos). En este sentido Alcolado (1976), registró que la distribución de la especie *Lobatus gigas* está ligada a la profundidad, donde los caracoles adultos se encuentran formando grupos hasta los 40 m de profundidad. Gómez *et al.*, (2010), estudiando la relación de la abundancia de la población del caracol rosado con la profundidad en el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario en el Caribe Colombiano, encontraron que la profundidad fue una variable que contribuyó a predecir la abundancia de individuos por épocas climáticas, registrándose los valores más altos de las abundancias (adultos) en las zonas más profundas debido principalmente a la presión pesquera. Cigliano y Kliman (2014) en un estudio en la Reserva Marina Sapodilla en Belice, encontraron altas densidades de caracoles juveniles en zonas que presentaron un rango de profundidades de 0.3 a 4.9 m, las cuales se caracterizaban por tener altas coberturas de pastos marinos y que los individuos de mayor tamaño fueron abundantes en las zonas más profundas.

Con base a lo anterior se deduce que, en la RBBC la profundidad podría ser una de las variables ambientales más importante debido a que determina la distribución y

abundancia de la cobertura de pastos marinos y algas (Moore, 1963; Ogden, 1967; Dawes y Lawrence, 1980; Laverde-Castillo, 1992; Lee y Dunton, 1997; Carlson *et al.*, 2003; Albis-Salas *et al.*, 2010) y otros grupos bentónicos que tienen influencia sobre la abundancia de juveniles y adultos de la población del caracol rosado.

En este estudio cuando se relacionó el tamaño de la longitud sifonal (talla) de los caracoles con los grupos bentónicos y la profundidad, se encontró que el tamaño de los individuos mostró una relación inversamente proporcional con la cobertura de pastos marinos y algas. De igual manera hubo una relación proporcional entre la longitud sifonal con la profundidad.

En muchos estudios se ha encontrado que los caracoles juveniles (de menor talla) ha sido más numerosos en sitios poco profundos caracterizados por presentar altas coberturas de macroalgas y pastos marinos en comparación con zonas de mayor profundidad donde se reduce la cobertura de algas y pastos marinos (Stoner *et al.*, 1996). Lo anterior, está relacionado a los cambios ontogenéticos que experimenta el caracol rosado durante su ciclo de vida, donde los organismos juveniles que viven en las praderas de pastos marinos al alcanzar la adultez migran hacia zonas más profundas en la plataforma coralina donde se reduce la cobertura de pastos marinos y algas (Sandt y Stoner, 1993; Stoner *et al.*, 1996; Posada *et al.*, 1999; Schweizer y Posada, 2006; Cigliano y Kliman, 2014).

En la RBBC, así como en muchos arrecifes en el Caribe se cree que una combinación de la migración ontogénica a aguas más profundas de los caracoles adultos y la captura de los caracoles de mayor talla en zonas profundas ha dado como resultado una sobreabundancia de organismos juveniles en aguas poco profundas (Weil y

Laughlin, 1984; Appeldoorn, 1993; Stoner y Schwarte, 1994; Stoner, 1997, Posada *et al.*, 1999; de Jesús-Navarrete y Valencia-Beltrán, 2003; Cala *et al.*, 2013; Cigliano y Kliman, 2014).

Por último, cabe mencionar que la baja densidad de adultos debido a la sobre pesca reportado en este estudio podría estar ocasionando una baja actividad reproductiva debido a la disminución de la tasa de encuentro entre hembras y machos, lo que sugiere la presencia de un efecto Allee en la población. Por lo anterior, las estrategias de manejo para las pesquerías de *L. gigas* deben centrarse en capturar sólo el exceso de la producción o incluso, establecer una cuota por debajo de este exceso para mantener un nivel óptimo en la abundancia de la población, donde se garantice la probabilidad de encuentro entre los caracoles adultos por encima del límite inferior necesario para la reproducción (Appeldoorn, 1988; Dugan y Davis, 1993; Basurto *et al.*, 2000; Stoner *et al.*, 2012).

13. CONCLUSIONES

Los cambios en la abundancia del caracol rosado que ha experimentado la RBBC a través del tiempo ha sido provocado principalmente por el esfuerzo de pesca. En años anteriores a la veda de 5 años, la abundancia decreció drásticamente por el incremento del esfuerzo de pesca y posteriores a la veda se observó un aumento de la abundancia total.

Las altas de densidades de juveniles encontradas en las estaciones de las zonas de Sotavento centro y Sotavento sur en la RBBC posiblemente se debe a la presencia de hábitats de reclutamiento del caracol rosado.

Las diferencias encontradas entre las zonas de muestreo podrían explicarse por los movimientos locales del *L. gigas* a lo largo y ancho de la laguna arrecifal. Estos movimientos locales se relacionan fundamentalmente con la migración ontogenética de los caracoles entre zonas profundas y someras.

En la mayoría de las zonas analizadas en la RBBC hubo presencia una gran cantidad de juveniles y pocos organismos adultos. En todas las zonas de estudio se presentó un porcentaje bajo de caracoles aptos para la pesca (13 %) y 87 % no propensos a la explotación pesquera a excepción de la zona Barlovento centro con 24 % y 76 % respectivamente.

La mayoría de los caracoles no aptos para la pesca en la RBBC presentaron un grosor de labio mayor a 15 mm (adultos) o menos; y de igual manera muchos caracoles aptos para la pesca presentaron un grosor de labio menor a 15 mm (juveniles). Esto implica que considerar solo el tamaño no determina si una concha es juvenil o adulto.

Evidentemente, la sobrepesca ya sea legal o ilegal, ha de ser la causa principal de la disminución del tamaño de los individuos población de caracol en la RBBC. Esto es debido fundamentalmente a que los pescadores capturan el número de caracoles necesario para completar la cuota asignada para cada año.

En las zonas de muestreo los grupos predominantes fueron sustrato, algas, pastos marinos en este orden de importancia. Observándose que el porcentaje de

contribución de estos grupos por zonas podría estar influenciando la densidad de caracoles y la distribución de las tallas de los organismos.

En las zonas de Sotavento centro y sur donde se presentaron las mayores densidades de juveniles tuvieron mayor porcentaje de sustrato, algas y pastos marinos, mientras que en las zonas donde se observaron las densidades intermedias y bajas; y los organismos de mayores tallas el grupo de pastos marinos estuvo ausente o presentó una menor cobertura.

En la RBBC la profundidad podría ser una de las variables ambientales importante debido a que determina la distribución y abundancia de la cobertura de pastos marinos que tienen influencia sobre la abundancia de juveniles y adultos de la población del caracol rosado.

En el área de estudio los caracoles juveniles (de menor talla) han sido más numerosos en sitios poco profundos caracterizados por macroalgas y pastos marinos en comparación con zonas de mayor profundidad donde se reduce la cobertura de algas y pastos marinos.

En la RBBC, así como en muchos arrecifes en el caribe se cree que una combinación de la migración ontogénica a aguas más profundas de los caracoles adultos y la captura de los caracoles de mayor talla en zonas profundas ha dado como resultado una sobre abundancia de organismos juveniles en aguas someras.

Las estrategias de manejo para las pesquerías de *L. gigas* deben centrarse en capturar sólo el exceso de la producción o incluso, establecer una cuota por debajo de este exceso para mantener un nivel óptimo en la abundancia de la población.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-González G (2005) Caracterización de dos arrecifes de la Península de Yucatán: hacia el desarrollo de los sistemas de información geográfica. Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN, unidad Mérida. 112 pp.
- Albis-Salas MR, Gómez-López DI, Duque-Nivia G (2010) Estructura de las praderas de *Thalassia testudinum* en un gradiente de profundidad en La Guajira, Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 39(2): 381-395.
- Alcolado PM (1976) Crecimiento, variaciones morfológicas de la Concha y algunos datos biológicos del cobo *Strombus gigas* L. (Mollusca, Mesogastropoda). Acad. Cien. Cuba Ser. Oceanol., No 34: 36 pp.
- Aldana-Aranda D, Peel JR (2012) Growth and population assessment of the queen conch *Strombus gigas* (Mesogastropoda: Strombidae) by capture mark-recapture sampling in a natural protected area of the Mexican Caribbean. Revista de Biología Tropical, 60(1): 127-137.
- Appeldoorn RS (1988) Age determination, growth, mortality and age of first reproduction in adult queen conch, *Strombus gigas* L., off Puerto Rico. Fisheries Research, 6(4): 363-378.
- Appeldoorn RS (1993) Reproduction, spawning potential ratio and larval abundance of queen conch off La Parguera, Puerto Rico. Ms. Rept. To Caribbean Fishery Management Council, San Juan. Puerto Rico. 20 pp.
- Appeldoorn, R. S y Baker, N. E. 2013. A literature review of the queen conch, *Strombus gigas*. Department of Marine Sciences. University of Puerto Rico. 30 pp.
- Ávila-Poveda OH (2004) Ciclo reproductivo del Caracol Pala *Strombus gigas* Linnaeus 1758 (Gastropoda: Caenogastropoda: Strombidae) del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe insular colombiano. Tesis Doctoral, CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. Yucatán, México. 81 pp.
- Basurto M, Cruz-Domínguez O, Martínez-Vázquez D (2000) Caracol rosado. En: Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y Manejo 1997-1998. Instituto Nacional de la Pesca, México. 589-610.
- Basurto M, Cadena P, Escobedo G, Fernández F, Figueroa F (2005) Evaluación de la población de *Strombus gigas* en los bancos de Cozumel y Chinchorro y recomendaciones para su Aprovechamiento sostenible. Informe de investigación. Instituto nacional de la Pesca. 63 pp.

- Basurto M, Espinosa JC, Cob E, Escobedo G (2010) Evaluación de la abundancia de *Strombus gigas* en Banco Chinchorro y cálculo de la cuota de pesca para la temporada de pesca 2010-2011. Quintana Roo, México: Instituto Nacional de la Pesca.
- Basurto M, Cervera K, Medina M (2011) Evaluación de la abundancia de *Strombus gigas* en Banco Chinchorro y cálculo de la cuota de pesca para la temporada de pesca 2011-2012. Quintana Roo, México: Instituto Nacional de la Pesca.
- Bohnsack AJ, Ault SJ (1996) Management Strategies to Conserve Marine Biodiversity. *Oceanography*, 9 (1): 73-82.
- Brownscombe JW, Wilson AD, Samson E, Nowell L, Cooke SJ, Danylchuk AJ (2015) Individual differences in activity and habitat selection of juvenile queen conch evaluated using acceleration biologgers. *Endangered Species Research*, 27(2): 181-188.
- Cala YR, de Jesús-Navarrete A, Ocaña FA, Oliva-Rivera J (2013a). Densidad, estructura de tallas y actividad reproductiva del caracol rosado *Eustrombus gigas* (Mesogastropoda: Strombidae) en Banco Chinchorro, México. *Revista de Biología Tropical*, 61(4): 1657-1669.
- Cala YR, de Jesús-Navarrete A, Ocaña FA, Oliva-Rivera J (2013b) Density and structure of a queen conch *Strombus gigas* (Mollusca: Strombidae) population at Desembarco del Granma National Park, Cabo Cruz, Cuba. *Caribbean Journal of Science*, 47 (2-3): 242-250.
- Carlson PR Jr L, Yarbro A, Madley K, Arnold H, Merello M, Vanderbloemen L, McRae G, Durako MJ (2003) Effect of El Niño on demographic, morphological, and chemical parameters in turtle-grass (*Thalassia testudinum*): an unexpected test of indicators. *Environ. Monit. Assess.*, 81 (1-3): 393-408.
- Castro-Pérez JM, Acosta-González G, Arias-González JE (2011) Caracterización espacial y temporal de la pesquería en la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, norte del sistema Arrecifal Mesoamericano. *Hidrobiológica*, 21(2):197-209.
- Chan I, Tseng LC, Dahms HU, Hwang JS (2013) Population and growth of queen conch (*Lobatus gigas* Linnaeus, 1758) in the Sapodilla Cayes Marine Reserve of Belize. *Zoological Studies*, 52(1): 46.
- Chávez EA, Arreguín-Sánchez F (1994) Simulation modelling for conch fishery management. En: Appeldoorn RS, Rodríguez Q (eds) *Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture*. Fundación Científica Los Roques, Caracas Venezuela, pp.169-189.

- Chávez EA, Hidalgo E (1984) Spatial structure of benthic communities of Banco Chinchorro, Mexico. En: Advances in reef science. Joint Meeting I. S. R.S. and Atoll reef Comm. Univ. of Miami, pp. 19-20.
- Cigliano JA, Kliman RM (2014) Density, age structure, and length of queen conch (*Strombus gigas*) in shallow-water aggregations in the Sapodilla Cayes Marine Reserve, Belize. Caribbean Journal of Science, 48(1):18-30.
- Clarke K, Gorley R (2006) PRIMER V6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth
- Clarke KR, Warwick RM (2001) Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation, second edition. PRIMER-E Ltd. Plymouth, UK: 203 pp.
- Clerveaux W, Danylchuk AJ, Clerveaux V (2005) Variation in Queen Conch morphology: management implications in the Turks and Caicos Islands. En: Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute, 56, pp. 715-723.
- Coralpedia (Spheppard C; s.f). Consultado en: <https://coralpedia.bio.warwick.ac.uk>.
- Dawes CJ, Lawrence JM (1980) Seasonal changes in the proximate constituents of the seagrasses *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* and *Syringodium filiforme*. Aquatic Botany, 8: 371-380.
- De Jesús Navarrete A, Oliva-Rivera JJ (1997) Densidad, crecimiento y reclutamiento del caracol rosado *Strombus gigas* L. en Punta Gavilán, Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical, 45(2):797-801.
- De Jesús-Navarrete A (2001) Crecimiento del caracol rosado *Strombus gigas* (Gastropoda: Strombidae) en cuatro ambientes diferentes de Quintana Roo, México. Revista Biología Tropical, 49: 85-91.
- De Jesús-Navarrete A (2011) El caracol rosado, joyel del viento. En: Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. Pozo C, Canto NA, Calmé S (eds) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: El Gobierno del Estado de Quintana Roo: El Colegio de la Frontera Sur, pp. 228-233.
- De Jesús-Navarrete A (2014) Population evaluation of Queen Conch (*Strombus gigas*), Alacranes Reef National Park, Yucatan, Mexico. Funding: NOAA, National Ocean Service, Coral Reef Conservation Service, project number183, pp.1-24.
- De Jesús-Navarrete A, Valencia V (2003) Abundance of *Strombus gigas* zero year class juveniles at Banco Chinchorro Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. Bulletin Marine Science, 73:231-240.

- De Jesús-Navarrete A, Medina Quej A, Oliva-Rivera JJ (2003) Changes in the queen conch *Strombus gigas* population structure at Banco Chinchorro Quintana Roo, Mexico. *Bulletin Marine Science*, 73(1): 219-229.
- De Jesús-Navarrete A, Valencia-Hernández A (2013) Declining densities and reproductive activities of the queen conch *Strombus gigas* (Mesogastropoda: Strombidae) in Banco Chinchorro, Eastern Caribbean, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 61(4): 1671-1679.
- Díaz JM, Barrios L, Cendales M, Garzón J, Geister J, López M, Ospina GH, Parra F, Pinzón J, Vargas B, Zapata FA, Zea S (2000) Áreas coralinas de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales No. 5, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, Santa Marta. 176 pp.
- Díaz-Avalos C (1991) Growth and mortality of juvenile queen conch *Strombus gigas* in Punta Gavilán, Quintana Roo. Some considerations on its fishery utilization. *Ciencia Pesquera*, 8: 63-70.
- Doerr JC, Hill RL (2008) A Preliminary analysis of habitat use, movement, and migration patterns of queen conch, *Strombus gigas*, in St. John, USVI, using acoustic tagging techniques. 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, pp. 509-515.
- Doerr JC, Hill RL (2013) Home range, movement rates, and habitat use of queen conch, *Strombus gigas*, in St. John, US Virgin Islands. *Caribbean journal of science*, 47(2-3): 251-259.
- DOF. 2017. Diario Oficial de la Federación. Acuerdo por el que se modifica el género *Strombus* a *Lobatus*.
- Domínguez-Viveros M, Sosa-Cordero E, Medina Quej A (1992) Abundancia y parámetros poblacionales del caracol *Strombus gigas* en Banco Chinchorro, Q.Roo, México. Trabajo de Investigación, pp.1-24.
- Dominguez-Viveros M, de Jesús-Navarrete A, Medina-Quej A, Oliva-Rivera. ("1994".1996) Estado actual de la población de *Strombus gigas* en la zona sur de Quintana Roo, México. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 46th Ann. Meeting (en prensa).
- Domínguez-Viveros M, Sosa-Cordero E, Medina-Quej A (1999) Abundance and population parameters of queen conch *Strombus gigas* in Banco Chinchorro, Quintana Roo, Mexico. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 45: pp. 943-954.

DORIS (s.f.). Consultado en: <http://doris.ffessm.fr/>.

Dugan JE, Davis GE (1993) Applications of marine harvest refugia to coastal fisheries management. *J. Fish Aquat.*, 50: 2029-2042.

Frenkiel L, Aldana-Aranda D (2003) *Strombus gigas*, la vie du Lambi, la vida del Caracol, the Queen conch life story. CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Yucatán, México. 170 pp.

García FM (2015) Manejo pesquero sostenible del cobo *Strombus gigas* (Linnaeus, 1758, Mollusca, Caenogastropoda) en Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 32(1): 1-5.

García Rivas MC, Hernández A, Rodríguez F, Domínguez J, Fonseca F, García G, Hernández N, Gallegos E, Muñoz G, Priego R, Ríos G, Rodríguez L, Vega A, Witzil Y (2009) Reserva de la Biosfera de Banco Chichorro, arrecife insular del Caribe mexicano tras el huracán Dean. CONANP. WWF Arrecife Mesoamericano. Universidad Autónoma de Jalisco. 50 pp.

Garza-Pérez JR, García-Guzmán S, Mata-Lara M, Schirp-García EA (2011) Estado de condición del arrecife de Akumal, Quintana Roo, 2010” Reporte Técnico, DGAPA-PAPIME, UNAM. 40 pp.

Glazer RA, Kidney JA (2004) Habitat associations of adult queen conch (*Strombus gigas* L.) in an unfished Florida Keys back reef: applications to essential fish habitat. *Bulletin of Marine Science*, 75(2): 205-224.

Gómez-Campo K, Rueda M, García-Valencia C (2010) Distribución espacial, abundancia y relación con las características del hábitat del caracol pala *Eustrombus gigas* (Linnaeus) (Mollusca: Strombidae) en el archipiélago Nuestra señora del Rosario, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marina Costeras*, 39: 137-159.

Gómez-Campo K, Rueda M, García-valencia C, Ballesteros F, Mejía LE (2005) Densidad y distribución de la estructura poblacional de *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Strombidae) asociada a diferentes hábitats en el Archipiélago Nuestra Señora del Rosario, Caribe colombiano. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 58: 399-406.

González A, Torruco D (2015) Distribución de las macroalgas en la laguna arrecifal de Banco Chinchorro: arrecife coralino del caribe mexicano. *Gayana. Botánica*, 72(1):114-124.

- González A, Torruco D, Liceaga A, Ordaz J (2003) The shallow and deep bathymetry of the Banco Chinchorro reef in the Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science*, 73: 15-22.
- Hadad WL (1998) Distribución y abundancia del caracol rosado *Strombus gigas* en Banco Chinchorro. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal. 65 pp.
- Hernández-Landa RC (2004) Variación espacial de la cobertura de corales escleractineos y descripción de condición arrecifal a lo largo del Caribe mexicano y un arrecife del Banco de Campeche. Tesis de maestría. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional-Unidad Mérida, Mérida. 125 pp.
- Humann, P y Deloach, N. 2008. Reef coral identification: Florida, Caribbean, Bahamas. Second edition, New World Publications, Inc.-Star Standard Industries Pte. Ltd.Singapur.
- INP (2007) Estimación de biomasa explotable de *Strombus gigas* en los bancos abiertos a la pesca en Quintana Roo, México: Banco Chinchorro y Banco de Cozumel. Temporada de captura 2007-2008. Dictamen técnico. Centro Regional de Investigación Pesquera de Puerto Morelos, INP y SAGARPA. 20 pp.
- Jordán E, Martín E (1987) Chinchorro: Morphology and composition of a Caribbean atoll. *Atoll Research Bulletin*, 310: 1-27.
- Lara-Arenas JH, Villegas-Sánchez CA (2016) AEFEBE v. 1.1. Software para analizar fotogramas del bentos. Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Laughlin RA, Weil E (1985) Ecology, cultivation, and repopulation of the queen conch *Strombus gigas* L. in the National Park of Los Roques Archipiélago (Tech. Rept. 1182). Caracas, Venezuela: Fundación Científica Los Roques. 51 pp.
- Laverde-Castillo J (1992) Microhábitats de lechos de *Thalassia testudinum*: su papel en la evaluación de la abundancia de la macrofauna. En: Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Santa Marta). Memorias del VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Bogotá. 628 pp.
- Lee KS, Dunton KH (1997) Effects of in situ light reduction on the maintenance, growth and partitioning of carbon resources in *Thalassia testudinum* Banks ex König. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 210: 53-73.
- Marine Species Identification (s.f.). Consultado en: <http://species-identification.org/index.php>.

- Medina-Quej A, Castro-Pérez JM, Lorenzo JL, Martínez-Duarte JR, Lara H, Sánchez-Villegas CA, Ortiz-León H, Gallegos E (2015) Evaluación de la situación de riesgo actual del caracol rosado en la Reserva de Banco Chinchorro. Informe Técnico, PROCER, CONANP. 69 pp.
- Meijer zu Schlochtern M (2014) Population status and reproductive biology of queen conch (*Lobatus gigas*) in the coastal waters around St Eustatius. Master report, Aquaculture and Fisheries Group, Wageningen University. 51 pp.
- Membrillo-Venegas N (1999) Descripción de los paisajes arrecifales en la laguna del Arrecife Alacranes, Yucatán, México. Tesis de Maestría. CINVESTAV, Unidad Mérida-IPN. 119 pp.
- Mitton JB, Berg Jr CJ, Orr KS (1989) Population structure, larval dispersal, and gene flow in the queen conch, *Strombus gigas*, of the Caribbean. *The Biological Bulletin*, 177(3): 356-362.
- Moo-Archi AG (2016) Edad y crecimiento del caracol rosado *Strombus gigas*, en las temporadas 2014-2015 en el sitio portillas en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), Quintana Roo. Tesis de Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico de Chetumal. 60 pp.
- Moore DR (1963) Distribution of the sea grass, *Thalassia*, in the United States. *Bulletin of Marine Science*, 13: 329-342.
- Nieto-Bernal R, Rodríguez A, Chasqui-Velasco L, Castro E, Gil-Agudelo DL (2011a) Distribución y abundancia de las poblaciones de gasterópodos de importancia comercial en La Guajira, Caribe colombiano (No. PDF 946).
- Nieto-Bernal R, Rodríguez A, Chasqui-Velasco L, Castro E, Gil-Agudelo DL (2011b) Distribución y valoración del estado de la población silvestre de caracol pala *Eustrombus gigas* (Gastropoda: Strombidae) en La Guajira (Caribe colombiano) como guía para su manejo pesquero y conservación. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar) y Subsecretaría de Pesca de la Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Serie de Documentos Generales de Invemar, Santa Marta.
- NMFS (2014) Queen Conch, *Strombus gigas* (Linnaeus 1758) Status Report, 101. 58 pp.

- Ogden JC (1980) Faunal relationships in Caribbean seagrass beds // Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective. - New York: Garland STPM, pp. 173-198.
- Osborne K, Oxley WG (1997) Sampling benthic communities using video transects. En: English S, Wilkinson C, Baker V (eds) Survey Manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science. Townsville, pp. 363-376.
- Osuna-Mascaró AJ (2015) Detección e Identificación de componentes orgánicos en conchas de moluscos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 208 pp.
- Pool-Pool A, Medina-Quej A, Gómez-Poot J, Castro-Pérez JM, Hadad-López W, de Jesús-Navarrete A (2012) Distribución y abundancia del caracol rosado *Strombus gigas* en el parque nacional arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México. Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, pp. 391-395.
- Posada JM, Mateo RI, Nemeth M (1999) Occurrence, abundance, and length frequency distribution of queen conch, *Strombus gigas* (Gastropoda) in shallow waters of the Jaragua National Park, Dominican Republic. Caribbean Journal of Science , 35 (1): 70-82.
- Posada JM, Stoner AW, Sullivan-Sealey KM, Antczak A (2007) Regional initiative for evaluation of queen conch *Strombus gigas* exploitation under an historical perspective. Proceedings of the 59th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, pp. 23-30.
- Prent P (2013) Spatial and size distribution of Queen Conch (*Lobatus gigas*) veligers in relation with ocean surface currents in Lac Bay, Bonaire. A Master Thesis of Aquaculture and Marine Resource Management Aquatic Ecology and Water Quality Management. Wageningen University, Netherlands. 31 pp.
- Randall JE (1964) Contributions to the biology of the queen conch *Strombus gigas*. Bulletin of Marine Science Gulf Caribbean, 14:246-295.
- Real Reefs (s.f.). Programa de Investigación Espacial en Ambientes Costeros y Marinos PIESACOM de la UMDI-Sisal, F. Ciencias, UNAM. Consultado en: <http://realreefs.sisal.unam.mx/>.
- Roberts CM, Polunin NVC (1991) Are marine reserves effective in management of reef fisheries. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1: 65-91.
- Rouhgarden J, Gaines S, Possingham H (1988) Recruitment dynamics in complex life cycles. Science, 228: 1460-1466.

- Sánchez-Barranco V (2017) Diet and maximum size of Queen conch (*Lobatus gigas*) around the island of Curaçao. Tesis de Maestría. MSc Marine Science at Utrecht University. Department of Coastal Systems, The Netherlands. 46 pp.
- Sandt VJ, Stoner AW (1993) Ontogenic shift in habitat by early juvenile queen conch, *Strombus gigas* patterns and potential mechanisms. Fishery Bulletin, 91(3): 516-525.
- Schweizer D, Posada JM (2006) Distribution, density, and abundance of the queen conch, *Strombus gigas*, in Los Roques Archipelago National Park, Venezuela. Bulletin of Marine Science, 79(2): 243-257.
- Silva AIC (2011) Clasificación de fondos bénticos en arrecifes de coral mediante imágenes satelitales, Banco Chinchorro, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones en geografía y geomática. Ing. Jorge Tamayo A. C. 95 pp.
- Simone LRL (2005) Comparative morphological study of representatives of the three families of Stromboidea and the Xenophoridae (Mollusca, Caenogastropoda) with an assessment of their phylogeny. Arquivos de Zoologica San Paulo, 37(2): 141-267.
- Sosa-Cordero E, Medina-Quej A, Ramírez-González A, Domínguez-Viveros M, Aguilar-Dávila W (1993) Invertebrados marinos explotados en Quintana Roo. En: Biodiversidad marina y costera de México. Salazar-Vallejo SI, González NE (eds.) CIQRO-CONABIO, pp. 709-734.
- Stoner, AW (1989) Density-dependent growth and grazing effects of juvenile queen conch *Strombus gigas* L. in a tropical seagrass meadow. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 130(2): 119-133.
- Stoner AW, Waite JM (1990) Distribution and behavior of queen conch *Strombus gigas* relative to seagrass standing crop. Fish. Bull., 88: 573-585.
- Stoner A, Ray-Culp M (1993) Aggregation dynamics in juvenile queen conch (*Strombus gigas*): population structure, mortality, growth and migration. Mar. Biol., 116: 571-582.
- Stoner AW, Davis M (1994) Experimental outplanting of juvenile queen conch, *Strombus gigas*: comparison of wild and hatchery-reared stocks. Fish. Bull. U.S. 92: 390-411.
- Stoner AW, Schwarte KC (1994) Queen conch, *Strombus gigas*, reproductive stocks in the central Bahamas: distribution and probable sources. Fish. Bull., 92:171-179.

- Stoner AW, Ray M, Glazer R, McCarthy KJ (1996) Metamorphic responses to natural substrata in a gastropod larval: decisions related to post-larval growth and habitat preference. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, 205: 229-243.
- Stoner AW (1997) The status of queen conch *Strombus gigas* research in the Caribbean. *Mar. Fish. Res.*, 59(3): 14-22.
- Stoner AW, Davis MH, Booker CJ (2012a) Negative consequences of Allee effect are compounded by fishing pressure: comparison of queen conch reproduction in fishing grounds and a marine protected area. *Bulletin of Marine Science*, 88: 89-102.
- Stoner AW, Mueller KW, Brown NJ, Davis MH, Booker CJ (2012b) Maturation and age in queen conch (*Strombus gigas*): urgent need for changes in harvest criteria. *Fisheries Research*, (131- 133):76-84.
- Tewfik A, Guzmán H, Jácome G (1998) Assessment of the queen conch *Strombus gigas* (Gastropoda) population in Cayos Cochinos, Honduras. *Revista de Biología Tropical*, 46: 137-150.
- Tewfik A, Guzman H M (2003) Shallow-water distribution and population characteristics of *Strombus gigas* and *S. costatus* (Gastropoda: Strombidae) in Bocas del Toro, Panamá. *Journal of Shellfish Research*, 22(3): 789-794.
- Torruco D, González A, Ordaz J (2003) The role of environmental variables in the lagoon coral community structure on the Chinchorro Bank, México. *Bulletin of Marine Science*, 73(1): 23-36.
- Townsend J (2012) Petition to list the Queen Conch (*Strombus gigas*) under the Endangered Species Act (ESA). WildEarth Guardians. Denver, Colorado.
- Valencia AM (2011) Actividad Reproductiva del Caracol rosado *Strombus gigas* en Banco Chinchorro, México. Tesis Licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico de Chetumal. 53 pp.
- Valles H, Oxenford HA (2012) Queen conch (*Strombus gigas*) in Barbados: Density, distribution, and habitat correlates. *Bulletin of Marine Science*, 88(4): 947-969.
- Weil E, Laughlin R (1984) Ecología, cultivo y repoblación del botuto *Strombus gigas* L. en el Parque Nacional Archipiélago de los Roques. Fundación Científica Los Roques, Informe final, Caracas. 481 pp.

Zar JH (1999) Biostatistical Analysis (4th. ed.). Prentice Hall, Upper Saddle River, USA.
663 pp.