



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Estructura comunitaria de gastrópodos en la
planicie arrecifal de Santiaguillo, Sistema
Arrecifal Veracruzano

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA

MARIANA TAPIA DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

BIÓL. FELIPE DE JESÚS CRUZ LÓPEZ



LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, ESTADO DE
MÉXICO. 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

“La superpoblación, la destrucción del ambiente y la mala calidad de vida en las ciudades, no se pueden resolver con adelantos técnicos, ni por medio de la literatura o la historia, sino sólo con medidas basadas en el conocimiento de las raíces biológicas de estos problemas.”

Ernst Mayr

Agradecimientos

A mis padres por siempre brindarme su apoyo y cariño, los amo.

A Rodrigo y Daniela no solo por ser mis hermanitos, sino también por ser mis mejores amigos.

A TODA mi familia.

A mis amigos de la carrera a los biólogos: Maye, Liz, Noe, Fernando, Leito y también al MVZ Eduardo; por estar en los buenos momentos, pero sobre por estar en los malos.

A las biólogas: Angy, Andy y Rebe; por compartir conmigo esta experiencia, por su amistad.

A Alecita, Sarai, Ericka y Alex; por hacer más divertidos los muestreos realizados.

A mi director de tesis Biól. Felipe de Jesús Cruz López por aceptar dirigir este trabajo, por sus consejos y por toda su paciencia (sobre todo en la parte final de este trabajo).

Al Biol. Edgar Peláez Rodríguez por su ayuda en la parte del análisis ecológico.

A mis sinodales: M. en C. Mario Chávez Arteaga, Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela, Biol. José Antonio Martínez Pérez y al Biol. José Luis Tello Musi por todo su tiempo invertido en los consejos y correcciones que contribuyeron a mejorar este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de concluir mis estudios tanto de bachillerato como de licenciatura.

Índice

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	5
Objetivos	7
• General	
• Particulares	
Área de estudio	8
Método	11
Resultados.....	15
Discusión	34
Conclusiones	41
Literatura citada	42
Anexos.....	48

Resumen

Los arrecifes de coral son comunidades, tales como el Sistema Arrecifal Veracruzano, con características particulares que crean el medio adecuado para albergar una gran cantidad de organismos, entre ellos se encuentra un grupo del filo Mollusca: los gastrópodos. En el presente trabajo se estudió la estructura de la comunidad de gastrópodos en la planicie del arrecife Santiaguillo, durante la época de lluvias. Se registraron un total de 344 organismos, se determinaron 13 especies, siete son un nuevo registro para este arrecife. Las especies de mayor frecuencia en la planicie fueron *Trachypollia nodulosa* y *Mancinella deltoidea*. Para el análisis comunitario se tomaron en cuenta solo las nueve especies que registraron organismos vivos. *Cerithium litteratum*, *T. nodulosa* y *M. deltoidea* fueron las especies dominantes. Mientras que *Petalconchus erectus* y *Lithopoma tectum* fueron las especies raras. La diversidad encontrada fue baja ($H' = 1.77$ bits/ind), la cual es atribuible a las características propias de este arrecife. El arrecife se muestra una división en una zona de barlovento y sotavento basándose en la distribución de biotopos y especies.

Palabras clave: Gastropoda, distribución, comunidad, PNSAV.

1. Introducción

México, rodeado por los océanos Pacífico y Atlántico, es uno de los países con mayor extensión de litorales. La costa mexicana tiene una longitud de 11,592.76 km (incluidos: lagunas, bahías, esteros, estuarios y marismas) de los cuales el 70% corresponden al océano Pacífico y 30% al Golfo de México y al mar Caribe en el océano Atlántico (de la Lanza, 2004; PNUMA, 2004).

A su vez, la posición geográfica de nuestro país lo ubica entre dos grandes regiones climáticas, en donde confluyen corrientes marinas cálidas y frías. Esto permite el intercambio entre elementos de origen boreal y tropical que dan como resultado una gran variedad de climas y ecosistemas (Contreras, 1991). Entre los que destacan los complejos lagunares, playas, dunas, bahías, manglares, marismas, salitrales, humedales, praderas de pastos marinos, lagunas costeras y arrecifes coralinos (PNUMA, 2004).

El Golfo de México es un área de alta sedimentación terrígena, donde las formaciones arrecifales están limitadas por la carencia de lechos rocosos y la alta turbiedad del agua, derivada del aporte de sedimentos por varios ríos, propiciando que los arrecifes se formen en parches aislados sobre la plataforma continental (Tunnell, 2007); no obstante en esta zona existen algunos sistemas arrecifales, como el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV).

El SAV representa el sistema arrecifal de mayor tamaño de la región centro del Golfo de México y, posiblemente, en conjunto con los sistemas arrecifales del norte de Veracruz, funciona como reservorio, puente y

punto de diseminación de especies entre las áreas arrecifales del mar Caribe y Florida (Ortiz-Lozano, 2006). Este sistema es considerado como uno de los más impactados dentro de la región del Golfo no solo por el impacto antropogénico, sino también por factores naturales como lo son las tormentas tropicales o los nortes, ya que estos crean un oleaje que puede tener la capacidad de provocar cambios en la comunidad coralina de los arrecifes (Jordán-Dahlgren, 2003).

Siendo los arrecifes de coral estructuras calcáreas que se forman por los organismos que ahí habitan; principalmente por los corales formadores de arrecifes llamados hermatípicos (básicamente escleractinios e hidrocorales) y por algunos otros organismos como algas calcáreas y diversos invertebrados de distintos fila (Knowlton y Jackson, 2001). Estas comunidades se localizan en aguas claras, poco profundas, cálidas (promedio anual $> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) y con poca materia en suspensión; por lo que se encuentran restringidas a mares tropicales y subtropicales del mundo (Knowlton y Jackson, 2001; Tunnell, 2007).

A pesar de las diferencias morfológicas que existen entre los complejos arrecifales, las estructuras sumergidas de todos ellos han sido moldeadas por los mismos procesos, lo que se refleja en una serie de rasgos geomorfológicos y ecológicos comunes (Díaz, 2005), por lo que se pueden distinguir varias zonas como el talud de barlovento, cresta arrecifal, talud de sotavento o arrecife posterior y la planicie arrecifal (Lara *et al.*, 1992; Chávez *et al.*, 2007).

Las condiciones en estos ecosistemas permiten que exista una alta diversidad de diferentes organismos como: peces, crustáceos, poliquetos,

moluscos, equinodermos, entre otros; ya que aquí encuentran los sustratos en donde viven, se protegen y alimentan.

Particularmente el filo Mollusca constituye el segundo grupo de invertebrados con mayor número de especies, incluidas en ocho clases: Solenogastres, Caudofoveata, Polyplacophora, Monoplacophora, Bivalvia, Scaphopoda, Gastropoda y Cephalopoda (Ponder y Lindberg, 2008); y de ellos, tres cuartas partes son gastrópodos (Brusca y Brusca, 2003).

Así la clase Gastropoda con más de 100,000 especies actuales descritas (Felder y Camp, 2009), está formada por animales predominantemente asimétricos con cabeza, pie, saco visceral, manto, una concha univalva (que puede estar bien desarrollada, reducida o ausente) y una rádula (Lindner, 2000). El tamaño, forma, tipos de hábitats y hábitos alimenticios (herbívoros, carroñeros, ramoneadores) de estos organismos son muy variados; son generalmente organismos deslizantes con poco desplazamiento (debido al peso de su concha) aunque muchos otros están adaptados para trepar, cavar o nadar (Hickman, 2002).

Estos organismos desempeñan un papel importante dentro del ecosistema coralino, ya que pertenecen a diferentes eslabones dentro de las redes tróficas gracias a sus variados hábitos alimenticios y también sirven como sustrato o refugio para otros organismos. Además, han sido de una gran importancia económica, tanto en las pesquerías como en la parte turística, gracias a sus conchas que son apreciadas como objetos decorativos (Rivera-Cruz, 2010).

2. Antecedentes

Gracias a la riqueza de estos organismos en nuestro país, se han realizado distintos estudios que abarcan principalmente aspectos taxonómicos, ecológicos, reproductivos, paleontológicos, así como la importancia de algunas especies dentro de las pesquerías.

Pizaña-Alonso (1990), realizó un estudio sobre moluscos arrecifales de Antón Lizardo reportando 45 especies de gastrópodos. Por su parte Jácome-Pérez (1992), llevó a cabo un estudio sobre los moluscos bentónicos del arrecife Anegada de Afuera en Veracruz encontrando 17 especies, siendo la cresta y la planicie arrecifal las zonas de mayor riqueza; García-Salgado (1992) en el arrecife Anegada de Adentro registró 15 especies.

Eberhardt-Toro (2002), elaboró un listado taxonómico de los Archeogastrópodos de Punta Mocambo, en el que reporta 31 especies. Para el arrecife La Gallega, se encuentran algunos trabajos como los de: Ramos (2003), que reporta 21 especies de mesogastrópodos y dos registros nuevos para México: *Modulus carchedonius* y *Epitonium angulatum*; Salcedo-Ríos (2003) estudió la comunidad de neogastrópodos encontrando 22 especies y Zamora-Silva (2003) analizó la comunidad de opistobranquios bentónicos, en donde encontró 12 especies.

Ortigosa-Gutiérrez (2005), en el arrecife Isla Verde encontró 10 especies de Opistobranquios. Pérez-Nava y Reguero (2007), para los arrecifes Isla de Enmedio, Isla Sacrificios y Hornos registran 27 especies de gastrópodos en total.

Dorantes-Mejía (2010) realiza un estudio sobre el uso de la especie *Elysia crispata* como un organismo bioindicador de la contaminación en los arrecifes del SAV. Por su parte Rivera-Cruz (2010), analizó la distribución

de prosobranquios en la planicie arrecifal de La Galleguilla reportando 47 especies.

Entre los estudios más recientes Villanueva-Sousa (2011), en el Talud del Arrecife Sacrificios registró 22 especies de gastrópodos. A su vez, en la planicie arrecifal de Sacrificios González-Bárcenas (2011), reporta 87 especies. Zamora-Silva y Ortigosa (2012) reportan 23 especies de opistobranquios en 23 arrecifes, de estas nueve son nuevos registros para el SAV.

A pesar de que existe información sobre el estado de las comunidades de gastrópodos para el SAV, cabe mencionar que los esfuerzos realizados hasta el momento no han abarcado todas las formaciones arrecifales, o estos se han enfocado en un grupo particular de gastrópodos; y al tratarse de un área natural protegida es de vital importancia mantener inventarios actualizados de las especies presentes. Por lo que el presente trabajo contribuye con el conocimiento tanto en la parte taxonómica, así como en el análisis de la estructura de la comunidad de gastrópodos en el arrecife Santiaguillo, el cual es además considerado como “zona núcleo” dentro del SAV (DOF, 2012).

3. Objetivos

3.1 General

- ☉ Analizar la estructura comunitaria de gastrópodos en la planicie arrecifal de Santiaguillo, Veracruz.

3.2 Particulares

- ☉ Describir la planicie del arrecife Santiaguillo, de acuerdo a los biotopos registrados.
- ☉ Elaborar una lista taxonómica con las especies encontradas en Santiaguillo.
- ☉ Determinar la distribución de los gastrópodos encontrados en el arrecife.
- ☉ Determinar la estructura de la comunidad de gastrópodos en cuanto a la riqueza de especies, abundancia, frecuencia, densidad, valor de importancia y diversidad.

4. Área de estudio

El Sistema Arrecifal Veracruzano se ubica en la plataforma continental del estado de Veracruz (Figura 1), en el polígono delimitado por los 19°00'00" y 19°16'00" N y los 95°45'00" y 96°12'00" O. Ha sido declarado como un área natural protegida con el carácter de Parque Nacional por el Diario Oficial de la Federación en 1994 (Jiménez-Hernández *et al.*, 2007).

Este parque cubre una superficie aproximada de 65,516 hectáreas (DOF, 2012). Está formado por 28 arrecifes con grados distintos de desarrollo, que se encuentran divididos en 2 grandes sectores, separados por un área establecida por la desembocadura del río Jamapa. El sector norte, ubicado frente al puerto de Veracruz, representa casi una tercera parte del parque e incluye 15 arrecifes; el sector sur, localizado frente al poblado de Antón Lizardo, incluye la extensión mayor del sistema y cuenta con 13 arrecifes (DOF, 2012; Winfield, 2009; Tunell 2007).

Esta zona se caracteriza por poseer un clima cálido-subhúmedo (García, 1990), con una temperatura promedio de 26 °C y una mínima promedio de 18 °C (Dorantes-Mejía, 2010). Identificándose tres temporadas climatológicas: la de nortes (noviembre-febrero), secas (marzo-junio) y lluvias (julio-octubre), aunque durante las últimas décadas han ocurrido cambios en el inicio y la duración de cada una (Winfield, 2009).

Las aguas que rodean los arrecifes son: aguas oceánicas, costeras y de mezcla, las primeras pasan hacia el norte formando corrientes predominantes con velocidades medias de 0.4 a 0.5 nudos y temperaturas variables entre 28.5 y 28.7 °C; las segundas presentan temperaturas entre 29 y 29.4 °C y las últimas entre 28.7 y 29 °C. Los vientos influyen en la circulación prevaleciente; produciendo una circulación dominante del

Estructura comunitaria de gastrópodos en la planicie arrecifal de Santiagoillo, Sistema Arrecifal Veracruzano

sureste durante abril-mayo a septiembre-octubre con temperaturas entre los 28.5 y 28.7 °C. Durante los meses de noviembre a abril se dan fuertes corrientes de norte a sur asociadas a los fenómenos conocidos como "Nortes". Las concentraciones de salinidad promedio son de 33.6 ups, desde valores inferiores a 31.5 ups y superiores a 34.5 ups con o sin influencia pluvial (Domínguez-Castañedo, 2007; Dorantes-Mejía, 2010).

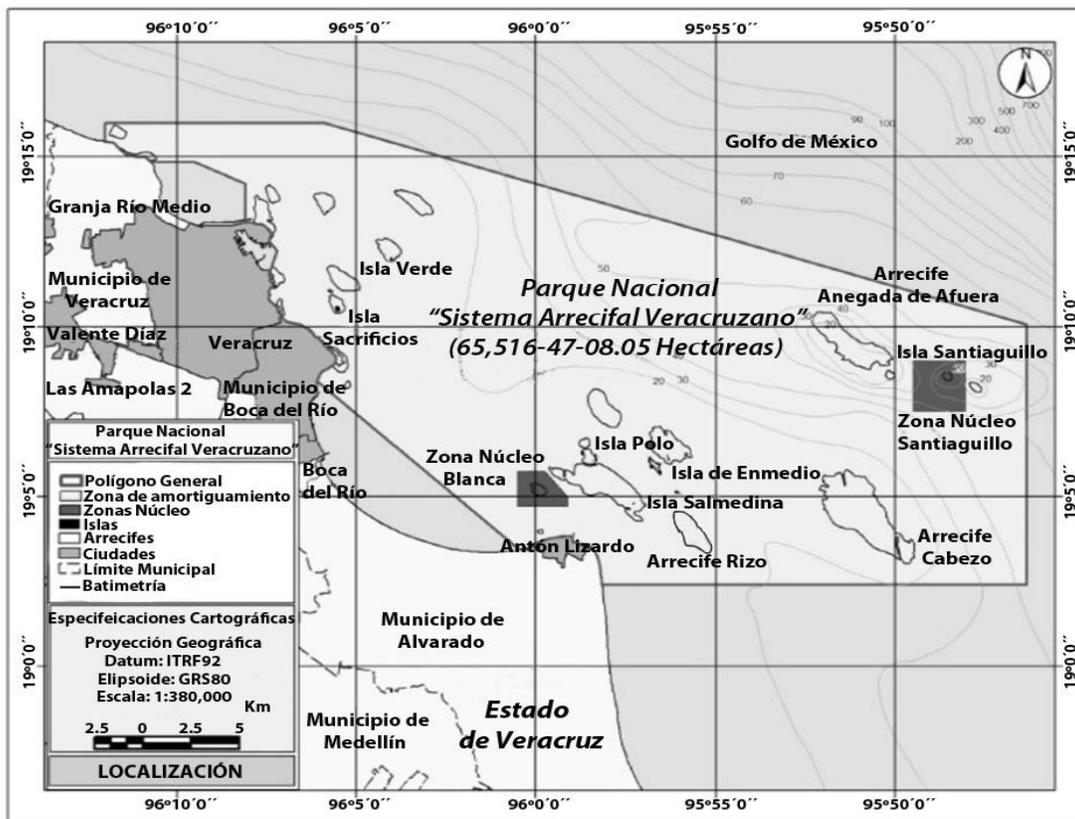


Figura 1. Sistema Arrecifal Veracruzano (Modificado de DOF, 2012).

- Arrecife Santiaguillo

Este arrecife (Figura 2) se ubica en el sector sur del SAV, frente a Antón Lizardo a una distancia de 20 Km de la costa. Es un arrecife de tipo plataforma emergente y se localiza a los 19°08'32" N y 95°49'28" W; tiene una longitud de 375 m y un ancho de 250 m y cuenta con un área de 1.01 km² (Lara, 1992), se encuentra orientado en dirección NO-SE. Tiene una isla en la porción sur, formada por restos de coral (sin arena), sin vegetación (Tunell, 2007).



Figura 2. Vista del arrecife Santiaguillo al norte. Fotografía de © Kip Evans National Geographic Society (Tunell, 2007).

5. Método

5.1 Diseño de muestreo

En la determinación de los puntos de muestreo se escaneó la carta náutica S.M 821.5 escala 1:25,000 de la Secretaría de Marina (2010), una vez obtenida la imagen digital de la planicie del arrecife Santiaguillo, con el programa ArcView 3.1 se dividió en cuadrantes de 25 m², para posteriormente elegir aleatoriamente los cuadrantes a muestrear. El número de cuadrantes se obtuvo en base al estudio previo en la planicie arrecifal de La Gallega (Islas-Peña, 2004), en el que se relacionó el área del arrecife y el número de cuadrantes. Por lo que en la planicie de Santiaguillo se eligieron 11 puntos de muestreo tomando las coordenadas UTM de la esquina superior izquierda de cada cuadrante (Anexo I), en la Figura 3 se muestra la ubicación de los puntos a muestrear.

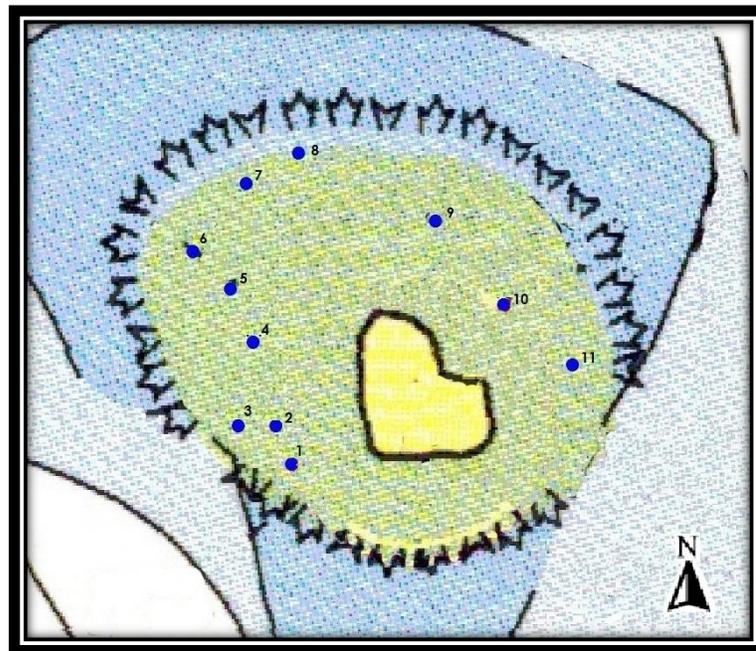


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo en la planicie arrecifal de Santiaguillo.

La identificación de los organismos fue hecha *in situ*, por lo que se elaboraron guías de campo sumergibles con las especies que ya han sido registradas para el SAV, estas se corroboraron con literatura especializada: Abbott (1974), Rehder (1990), Abbott y Morris (1995) y García-Cubas y Reguero (2004).

5.2 Trabajo en campo

Se llevaron a cabo dos muestreos en los meses de abril y julio de 2012, correspondientes a las épocas de secas y lluvias respectivamente. El primero de ellos fue un muestreo preliminar para el reconocimiento del área.

Una vez localizados los puntos de muestreo se utilizó la técnica de cuadrantes, los cuales fueron delimitados usando un cabo de 20 m, para formar un área de 25 m², utilizando buceo libre para la toma de datos en cada estación. Registrándose los siguientes datos en una bitácora sumergible: coordenada del cuadrante, número de cuadrante, hora, especies encontradas, número de individuos por especie, los tipos de biotopos presentes, la cobertura de cada biotopo y profundidad. Asimismo las especies se fotografiaron con ayuda de una cámara sumergible Olympus modelo TG-610 de 14 megapíxeles, para su posterior corroboración en el laboratorio.

5.3 Análisis de la información

La descripción de la planicie se basó principalmente en el tipo de biotopos presentes y en la cobertura registrada de cada uno en el área muestreada, a su vez se hizo un mapa con la localización de los biotopos dentro de la planicie.

La lista taxonómica de las especies registradas en campo siguió el arreglo sistemático propuesto por Bouchet y Rocroi (2005) hasta el nivel de familia, para los géneros y especies se siguió el arreglo de Abbott (1974) y Rosenberg (2009).

La descripción de las especies, solamente incluye las características más conspicuas de cada una, sus sinonimias de acuerdo con Abbott (1974), Rehder (1990), Abbott y Morris (1995), García-Cubas y Reguero (2004) y con el sitio Malacolog 4.1.1: A Database of Western Atlantic Marine Mollusca (Rosenberg, 2009), así como los registros previos de cada una para el SAV.

Para comprender la estructura de las comunidades arrecifales se determinaron los siguientes atributos comunitarios de acuerdo con Legendre y Legendre (1998) y Rocha *et al.* (2008): riqueza de especies, abundancia, densidad, frecuencia y valor de importancia.

Con la ayuda del programa PRIMER v 6.0 se obtuvo la curva de acumulación de especies mediante el estimador de Chao 2, el cual se basa en datos de presencia-ausencia (Escalante-Espinosa, 2003; González-Oreja *et al.*, 2010).

El Test de Asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995), el cual relaciona la abundancia y la frecuencia, es un gráfico en el que se observan cuatro cuadrantes: en el superior derecho se ubican aquellas especies abundantes y frecuentes (dominantes); en el inferior derecho se ubican las especies poco frecuentes pero abundantes (ocasionales); en el superior izquierdo las especies que son frecuentes y poco abundantes (comunes) y en el inferior izquierdo las especies poco frecuentes y poco abundantes (raras).

Los atributos comunitarios, el test de Olmstead-Tukey y los valores de diversidad se determinaron con el programa Excel 2007, mediante la elaboración de una matriz con los datos recabados en campo.

Para determinar la diversidad se usó el índice de Shannon-Weaver, a su vez se calculó el valor de diversidad máxima y la equitatividad de Pielou (Rocha *et al.*, 2008). Las ecuaciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones para calcular el índice de diversidad, diversidad máxima y equitatividad.

Diversidad de Shannon-Weaver (H')	$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$
Diversidad máxima (H'máx)	$H'máx. = \log_2 S$
Equitatividad de Pielou (J')	$J' = H' / H'máx$

Donde:

p_i = Proporción de la especie *i* en la muestra = n_i / N

N = Número total de individuos en la muestra

S = Número de especies

Para estimar la relación entre las estaciones de muestreo, de acuerdo con la composición y abundancia de las especies, se usó el coeficiente de Distancia de cuerda. Con los datos obtenidos se llevó un análisis de agrupamiento, por el método de ligamiento promedio, este análisis se elaboro con el programa PRIMER v.6.

6. Resultados

6.1 Caracterización de la planicie del arrecife Santiaguillo

En la planicie del arrecife Santiaguillo las profundidades registradas oscilan entre los 0.59 y 1.86 m, con una profundidad promedio de 0.93 m. Entre los organismos de coral vivo que fueron observados se encuentran: *Acropora cervicornis*, *A. palmata*, *Millepora cervicornis*, *Diploria strigosa*, *D. clivosa* y *Montastraea annularis*. También se encontraron parches de macroalgas en la zona oeste del arrecife.

Los biotopos encontrados en la planicie de Santiaguillo fueron: roca coralina, pedacería coralina, coral vivo y algas. Con 11 cuadrantes de 25 m² registrados, se cubrió un área de 275 m². Del área muestreada (Figura 4), se encontró que el biotopo de roca coralina cubre 155 m² (56.36%), pedacería coralina 88.75 m² (32.27%), coral vivo 23.75 m² y algas 7.5 m² (2.72%).

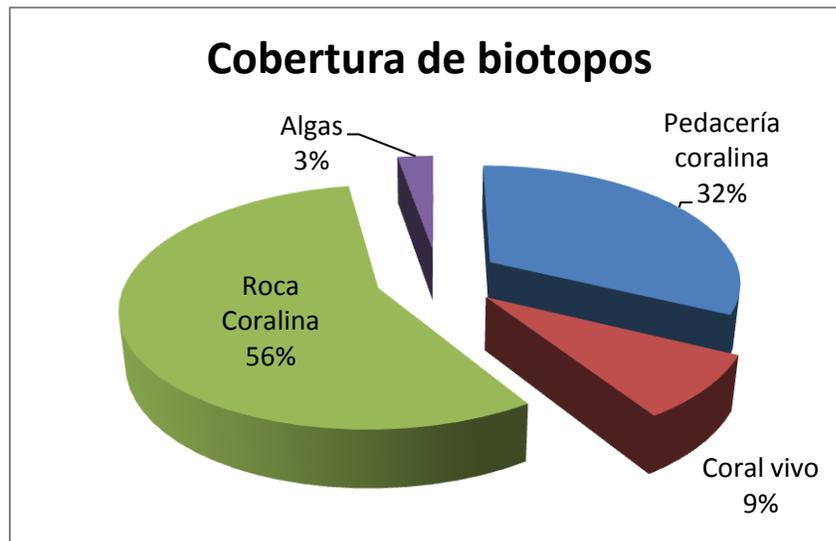


Figura 4. Porcentaje de cobertura por biotopo del área total muestreada.

La distribución de los sustratos dominantes (roca coralina y pedacería coralina) en la planicie del arrecife se muestra en la Figura 5, se hace referencia a los biotopos de menor cobertura: coral vivo y algas en la Figura 6.



Figura 5. Distribución de biotopos dominantes en la planicie arrecifal de Santiagoillo.

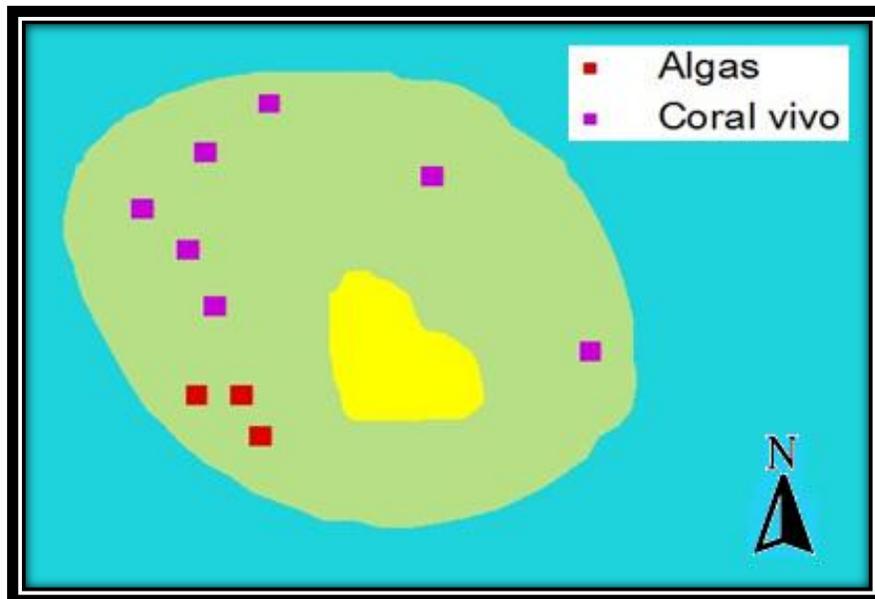


Figura 6. Distribución de los biotopos de menor cobertura.

6.2 Composición faunística

Se registraron un total de 344 organismos pertenecientes a cinco órdenes, nueve familias, 12 géneros y 13 especies. A continuación se muestra la lista taxonómica, el arreglo sistemático se realizó de acuerdo a la publicación de Bouchet y Rocroi, 2005:

Filo Mollusca

Clase Gastropoda Cuvier, 1797

Clado Patellogastropoda

Superfamilia Lottioidea Gray, 1840

Familia Lottiidae Gray, 1840

Subfamilia Lottinae Gray, 1840

Género *Tectura* Gray, 1847

Especie 1. *Tectura antillarum* (Sowerby, 1834)

Clado Vetigastropoda

Superfamilia Fissurelloidea Fleming, 1822

Familia Fissurellidae Fleming, 1822

Subfamilia Emarginulinae

Género *Diodora* Gray, 1821

Especie 2. *Diodora cayenensis* (Lamarck, 1822)*

3. *Diodora dysoni* (Reeve, 1850)*

Superfamilia Turbinoidea Rafinesque, 1815

Familia Turbinidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Turbininae Rafinesque, 1815

Género *Astrarium* Link, 1807

Especie 4. *Astrarium phoebium* (Röding, 1798)

Género *Lithopoma* Gray, 1850

Especie 5. *Lithopoma tectum* (Lightfoot, 1786)

Clado Sorbeoconcha

Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822

Familia Cerithiidae Fleming, 1822

Subfamilia Cerithiinae Fleming, 1822

Género *Cerithium* Bruguiere, 1789

Especie 6. *Cerithium litteratum* (Born, 1778)

Familia Modulidae P. Fischer, 1884

Género *Modulus* Gray, 1842

Especie 7. *Modulus carchedonius* (Lamarck, 1822)*

Clado Littorinimorpha

Superfamilia Cypraeoidea Rafinesque, 1815

Familia Cypraeidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Cypraeinae Rafinesque, 1815

Género *Macrocyprea* Linnaeus, 1758

Especie 8. *Macrocypraea cervus* Linnaeus, 1771*

Superfamilia Vermetoidea Rafinesque, 1815

Familia Vermetidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Vermetinae Rafinesque, 1815

Género *Petalconchus* H. C. Lea, 1843

Especie 9. *Petalconchus erectus* (Dall, 1888)

Género *Serpulorbis* Sassi, 1827

Especie 10. *Serpulorbis decussatus* (Gmelin, 1791)

Clado Neogastropoda

Superfamilia Muricoidea Rafinesque, 1815

Familia Muricidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Muricinae Rafinesque, 1815

Género *Trachypollia* Woodring, 1928

Especie 11. *Trachypollia nodulosa* (C. B. Adams, 1845)

Género *Mancinella* Röding, 1798

Especie 12. *Mancinella deltoidea* (Lamarck, 1822)

Clado Sacoglossa

Subclado Placobranchacea

Superfamilia Placobranchoidea Gray, 1840

Familia Placobranchidae Gray, 1840

Género *Elysia* Risso, 1818

Especie 13. *Elysia crispata* (Mörch, 1863)

* Sólo se encontró la concha del organismo

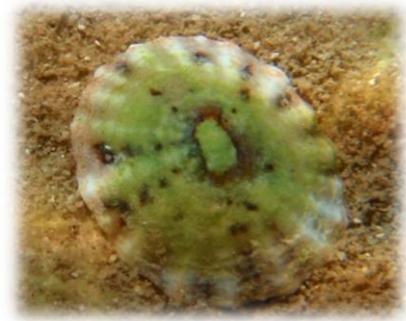
A continuación se muestra una breve descripción de las especies que contaban con organismo dentro de la concha registradas para el arrecife, sus sinonimias, en que arrecifes han sido registradas y su distribución en la planicie.

Tectura antillarum (Sowerby I, 1834)

Sinonimia: *Lottia antillarum* Sowerby I, 1834;

Collisella antillarum (Sowerby I, 1834);

Acmaea antillarum (Sowerby I, 1834)



Descripción: Concha tipo lapa, con base ovalada; de 20 a 30 mm de diámetro. En la parte externa posee numerosas líneas radiales de color café, posee una cicatriz en el ápice hasta la cual llegan las líneas radiales, regularmente se puede encontrar la concha cubierta por algas; el interior blanco lustroso, con el callo teñido de café y con numerosas líneas radiales de color café. Habita en la zona intermareal. Se encontró sobre rocas y adherida sobre otras conchas.

Registros para el SAV: La Galleguilla, Isla Sacrificios.

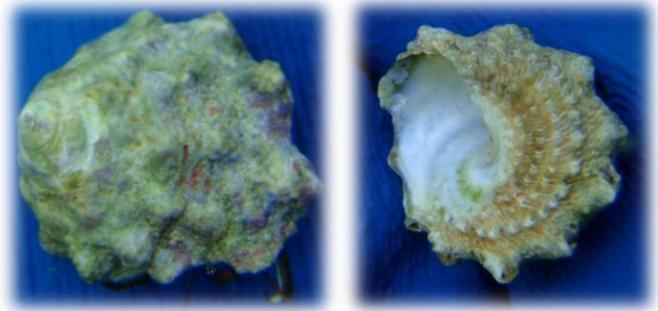
Distribución en la planicie: Se encontró con su mayor abundancia hacia la parte de barlovento en el arrecife.



Figura 7. Distribución de *Tectura antillarum*.

Astralium phoebium

(Röding, 1798)



Sinonimia: *Astraea phoebia* Röding, 1798; *Trochus longispina* Lamarck, 1822;
Astraea longispina (Lamarck, 1822)

Descripción: Concha cónica con espira baja; mide entre 50 y 80 mm de longitud. De aproximadamente tres vueltas, con fuertes espinas aplanadas de forma triangular; con o sin ombligo. Abertura redonda ubicada en la base de la concha; de color blanco a café claro, con el interior plateado y nacarado. Habita en aguas someras sobre fondos arenosos y arrecifes de coral. Se encontró adherida a rocas.

Registros para el SAV: La Galleguilla, Isla Sacrificios.

Distribución en la planicie: Hacia la zona de sotavento.

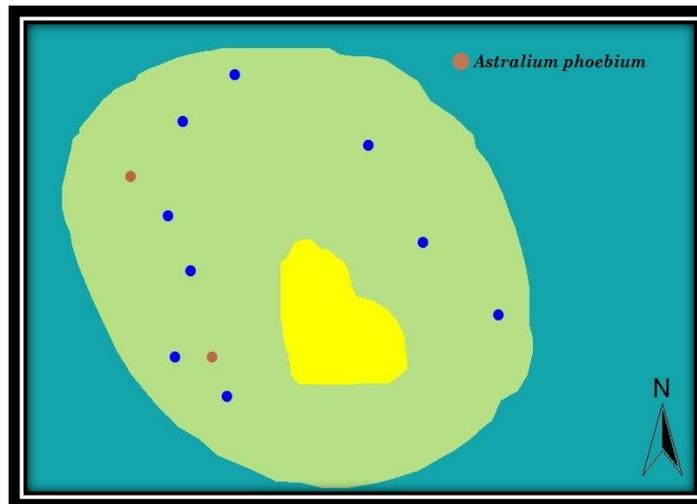


Figura 8. Distribución de *Astralium phoebium*.

Lithopoma tectum (Lightfoot, 1786)

Sinonimia: *Astraea tectum* (Lightfoot, 1786);
Trochus tectus Lightfoot, 1786;
Astraea imbricatum (Gmelin, 1791)



Descripción: Concha cónica, con espira alta; mide entre 25 y 80 mm de largo, por 20 mm de ancho. Con numerosas costillas axiales onduladas en cada vuelta; la base de la concha es plana. Abertura redonda, cercana a la base de la. De color blanquecino o amarillo pálido, con el interior nacarado. Habita comúnmente entre rocas y áreas de pastos marinos desde la zona intermareal; concha cubierta por algas calcáreas. Se encontró adherida a rocas.

Registros para el SAV: Anegada de afuera, Anegadilla, Santiaguillo, Cabezo, Isla de Enmedio, Rizo, Blanca, Bajo, Polo, Chopas, La Galleguilla, Isla Sacrificios.

Distribución en la planicie: Se registró únicamente en una estación de muestreo, esta se localizó en la parte de sotavento del arrecife.

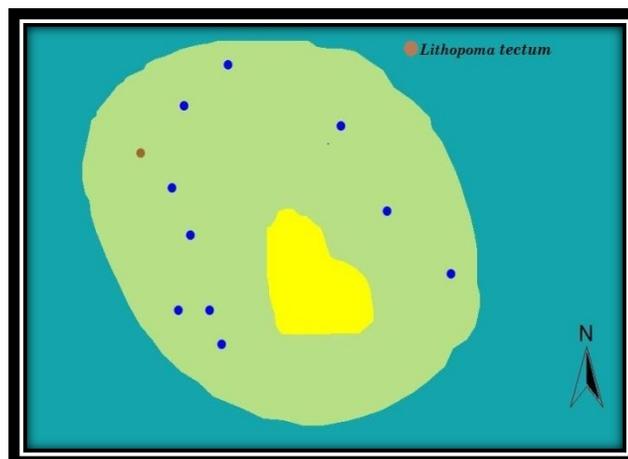


Figura 9. Distribución de *Lithopoma tectum*.

Cerithium litteratum (Born, 1778)

Sinonimia: *Murex litteratus* Born, 1778;
Cerithium reticulatum G. Perry, 1811;
Cerithium semiferrugineum Lamarck, 1822;
Cerithium angustum Anton, 1838;
Cerithium playagrandense Weisbord, 1962



Descripción: Concha cónica o turricada; mide 30 mm de largo por 15 de ancho. Espira del tamaño del cuerpo; posee una débil várice con numerosos cordones espirales gruesos y con una hilera espiral de 9 a 12 nódulos por debajo de la sutura; con canal sifonal corto. Es de color blanco sucio con hileras de numerosas manchas negras o rojizas. Abertura, con el labio interno ligeramente aplanado. Se encontró formando agrupaciones sobre pedacera coralina.

Registros para el SAV: Hornos, Isla de Enmedio, Anegada de afuera, Anegadilla, Santiaguillo, Cabezo, Rizo, Blanca, Bajo, Polo, Chopas, La Gallega, Isla Sacrificios, La Galleguilla.

Distribución en la planicie: Se distribuyó principalmente en la parte noroeste de la planicie.

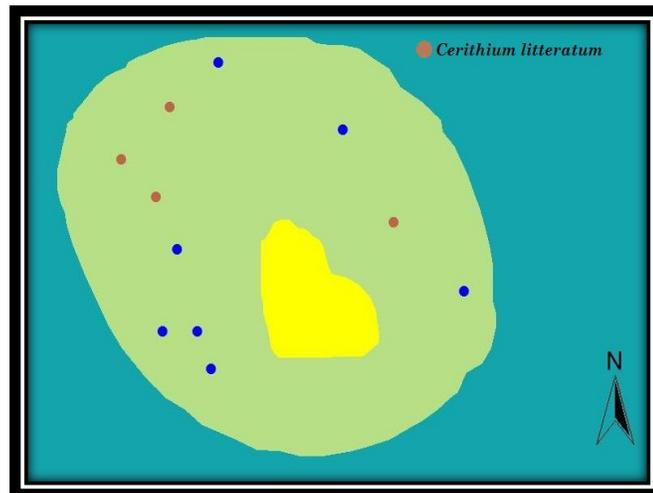


Figura 10. Distribución de *Cerithium litteratum*.

Petalococonchus erectus (Dall, 1888)

Sinonimia: *Vermetus erectus* Dall, 1888



Descripción: Concha tubícola, mide 25 y 50 mm de longitud, Generalmente se adhiere a conchas o rocas en donde enrosca varias vueltas desde la base del cuerpo, la parte final se proyecta hacia arriba. Es de color blanco con una superficie lisa o irregular. Abertura redonda.

Registros para el SAV: La Gallega, Isla Sacrificios.

Distribución en la planicie: Hacia la zona noreste del arrecife, en la parte más cercana hacia la cresta.

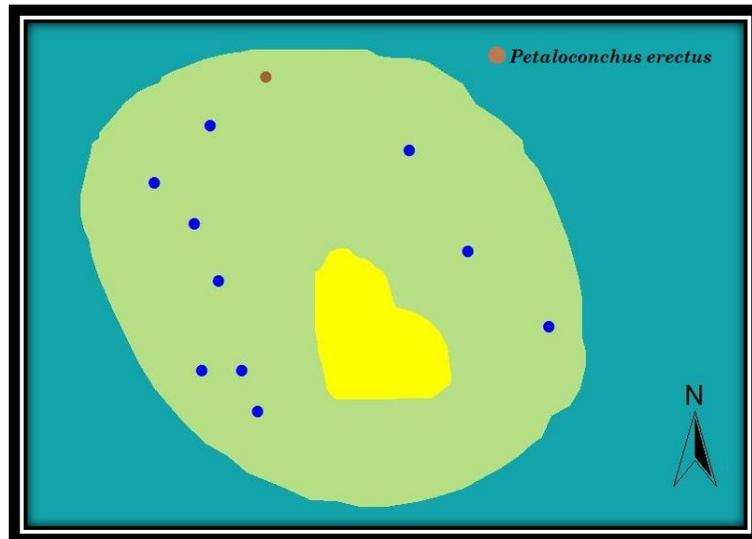


Figura 11. Distribución de *Petalococonchus erectus*.

Serpulorbis decussatus

(Gmelin, 1791)



Sinonimia:

Serpula decussata Gmelin, 1791;

Lemintina decussatus (Gmelin, 1791); *Bivonia decussatus* (Gmelin, 1791);

Thylacodes decussatus (Gmelin, 1791); *Thylacodes intermedius* Mörch, 1862;

Thylacodes laevigatus Mörch, 1862; *Thylacodes tenuis* Mörch, 1862

Descripción: Concha tubícola, mide entre 25 a 80 mm de largo. Se encuentra ligeramente enroscada, posee cordones longitudinales irregulares. De color amarillento a café. Abertura redonda. Habita comúnmente adherida a rocas o a otras conchas. Se encontró adherida a rocas, entre oquedades.

Registros para el SAV: La Gallega, La Galleguilla, Isla Sacrificios.

Distribución en la planicie: Hacia la zona sureste del arrecife, en la parte más cercana a la cresta.

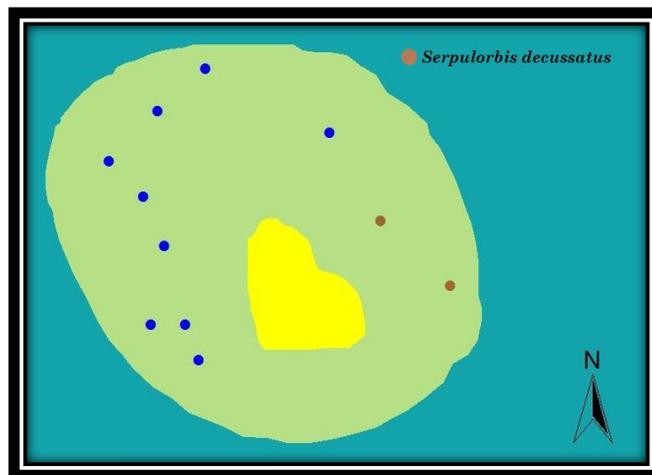


Figura 12. Distribución de *Serpulorbis decussatus*.

Trachypollia nodulosa (C. B. Adams, 1845)

Sinonimia: *Purpura nodulosa* C. B. Adams, 1845;

Ricinula nodulosa (C. B. Adams, 1845);

Drupa nodulosa (C. B. Adams, 1845);

Morula nodulosa (C. B. Adams, 1845)



Descripción: Concha elongada, mide entre 10 y 25 mm. Fuertemente esculpida, con la espira moderadamente alta con 5 o 6 giros; con numerosos nódulos en la parte externa. La columela posee tres canales cortos. Abertura oblonga, con dientes en ambos labios. Es de color café oscuro, el interior es de color púrpura. Se encontró adherida a rocas o entre erizos, cubierta por algas calcáreas.

Registros para el SAV: Blanquilla, Hornos, Isla de Enmedio, Chopas, Anegada de afuera, La Gallega, La Galleguilla, Isla Sacrificios.

Distribución en la planicie: Prácticamente por toda la planicie.

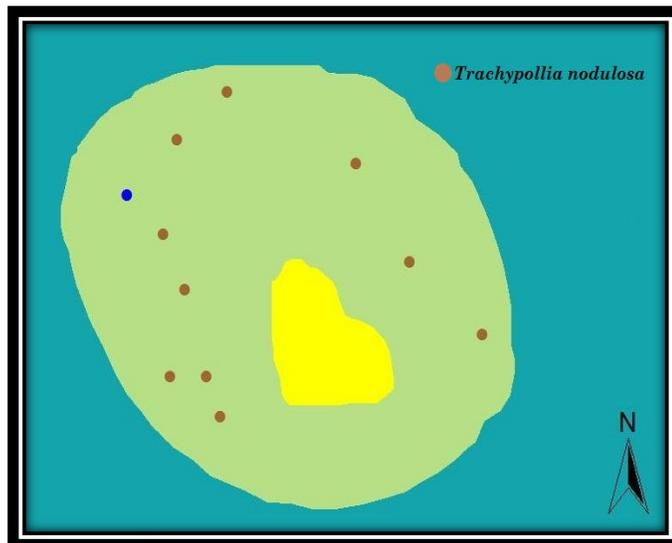


Figura 13. Distribución de *Trachypollia nodulosa*.

Mancinella deltoidea

(Lamarck, 1822)

Sinonimia: *Purpura trapa* auct. non

Röding, 1798;

Purpura deltoidea Lamarck, 1822;

Thais deltoidea (Lamarck, 1822)



Descripción: Concha cónica robusta, mide entre 50 y 60 mm. Posee una espira baja con 6 a 8 giros; con 2 a 3 hileras de nódulos romos teñidos de café rojizo. El labio externo es grueso y dentado; la base de la columela con una costilla que forma el margen del canal sifonal. Es de color blanco a rosado. Abertura oblonga. Se encontró adherida a rocas, cubierta por algas calcáreas.

Registros para el SAV: Isla de Enmedio, Anegada de afuera, Anegadilla, Santiaguillo, Cabezo, Rizo, Blanca, Chopas, La Gallega, La Galleguilla, Isla Sacrificios.

Distribución en la planicie: Prácticamente por toda la planicie.

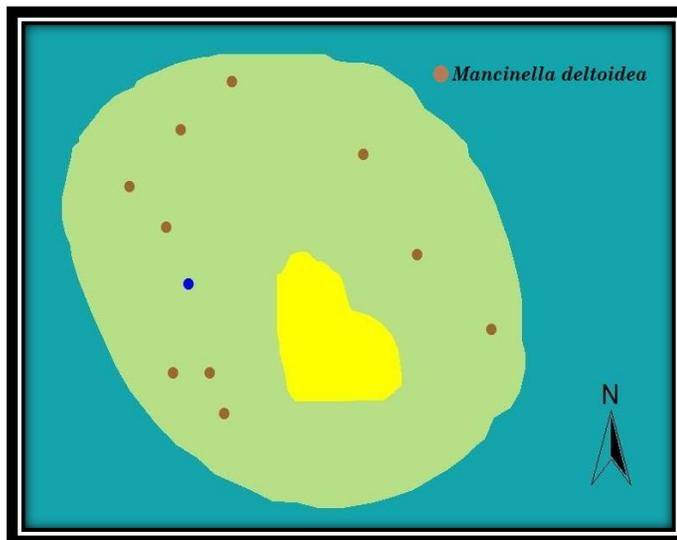


Figura 14. Distribución de *Mancinella deltoidea*.

Elysia crispata (Mörch, 1863)

Sinonimia: *Tridachia ornata* auct. non Pease, 1860; *Elysia crispata* Mörch, 1863; *Tridachia crispata* (Mörch, 1863)



Descripción: Organismo oblongo, mide entre 20 y 40 mm de longitud. Posee un manto altamente ondulado. Es de color verde o azulado, con manchas ovaladas de color blanquecino.

Registros para el SAV: Anegadilla, Santiaguillo, Cabezo, Isla de Enmedio, Rizo, Polo, Chopas, Anegada de afuera, La Gallega, Isla Verde, Isla Sacrificios.

Distribución en la planicie: Hacia la zona de sotavento.

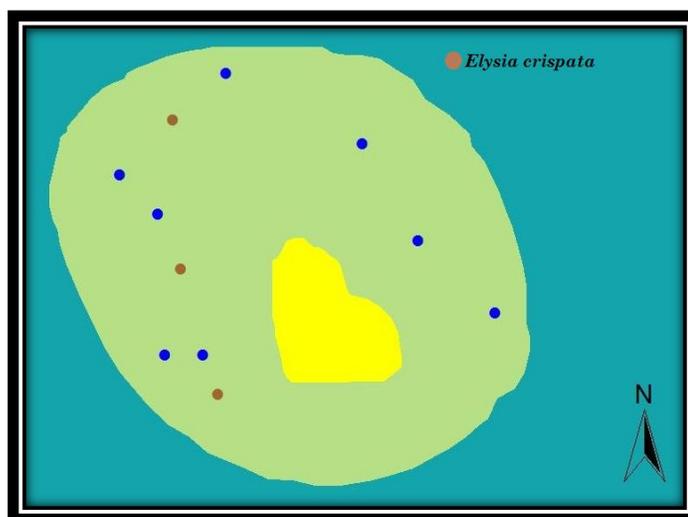


Figura 15. Distribución de *Elysia crispata*.

6.3 Riqueza específica

Se registraron 13 especies dentro de la planicie de Santiagoillo, cabe mencionar que solo nueve especies se registraron vivas, por lo que solo estas fueron utilizadas para el análisis comunitario. Las cuales pertenecen a 6 familias, siendo Turbinidae, Vermetidae y Muricidae las que contaron con dos especies cada una. Mientras que de las familias Lottidae, Certhiidae y Placobranchidae se registró solo una especie.

La Figura 16 muestra el número de especies esperadas utilizando el estimador Chao 2 y las especies registradas en este estudio. Las especies esperadas son 11, por lo que en este estudio se registró solo el 82% de las especies esperadas.

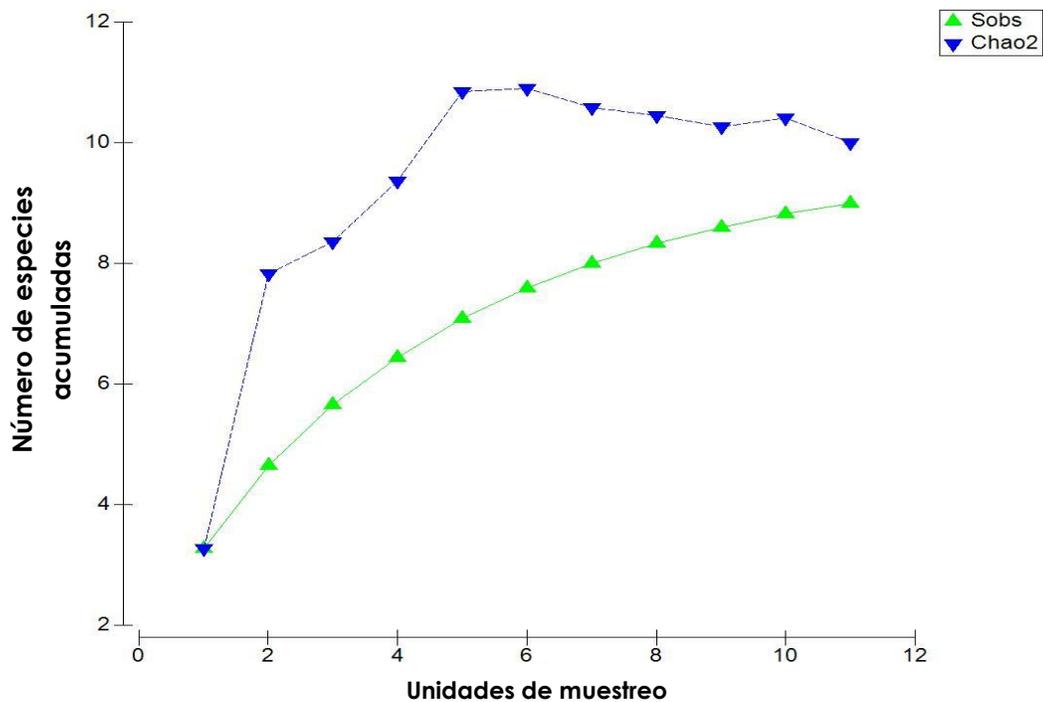


Figura 16. Curva de acumulación de especies para la planicie arrecifal de Santiagoillo. La línea azul muestra el número esperado de especies por el estimador Chao 2, la línea verde muestra las especies observadas.

En cuanto a la riqueza por estación de muestreo (Figura 17), esta no varió considerablemente. Siendo solo la estación diez la de mayor riqueza con cinco especies registradas. Las estaciones cuatro y nueve presentaron la menor riqueza con solo dos especies; en las siete estaciones restantes se encontró una riqueza de tres especies.

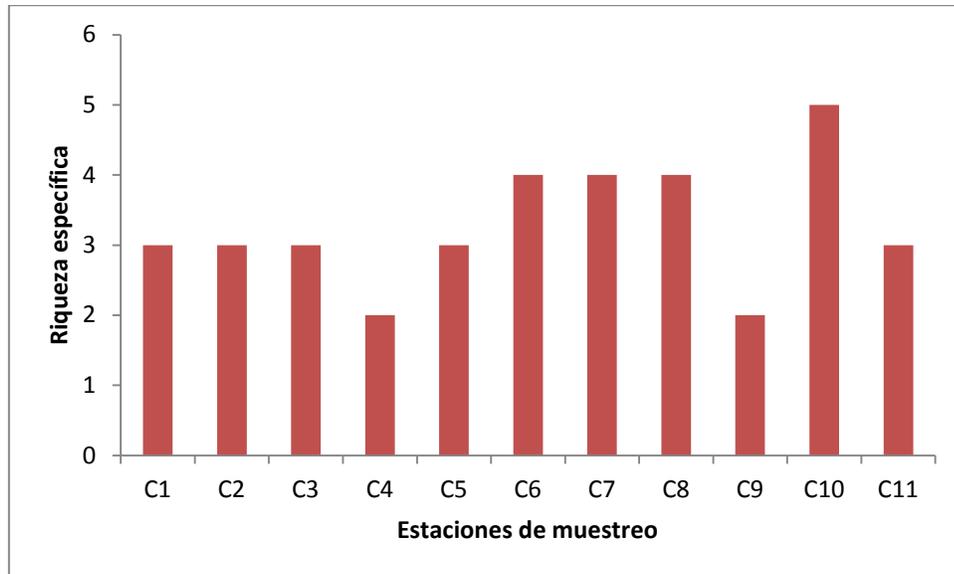


Figura 17. Riqueza de especies por estación de muestreo.

6.4 Abundancia

En cuanto a la abundancia registrada de gastrópodos fue de 340 organismos (Figura 18). La especie con mayor abundancia fue *C. litteratum* con 206 organismos, seguida de *T. nodulosa* con 65 y *M. deltoidea* con 44. El resto de las especies presentaron una abundancia menor a diez organismos, siendo *P. erectus* la especie con menor número de organismos registrados.

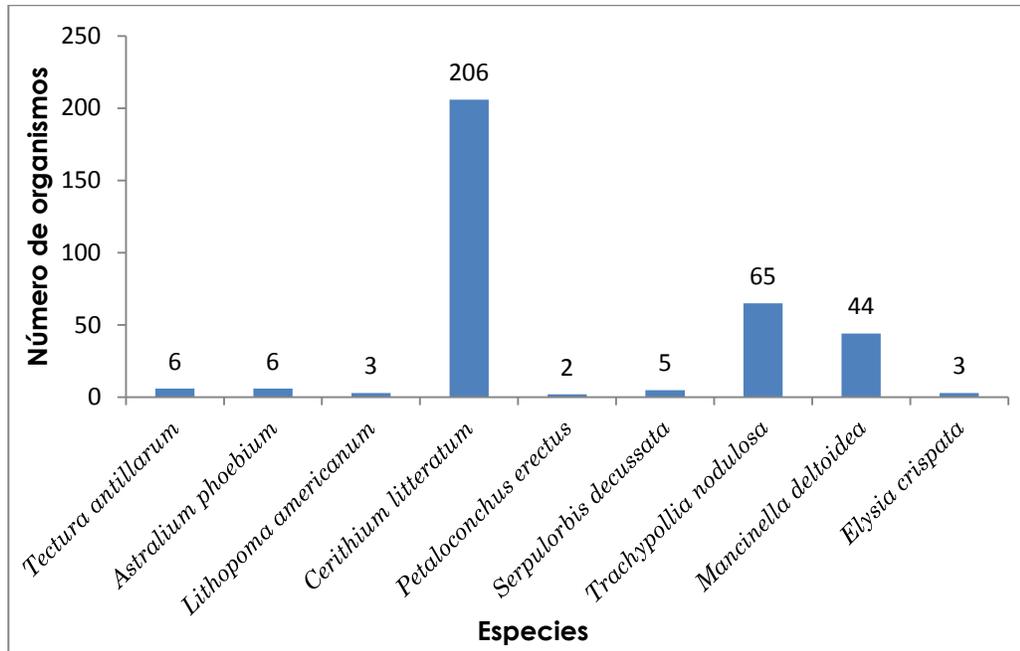


Figura 18. Abundancia de las especies registradas.

6.5 Valor de importancia (VI) y test de asociación Olmstead-Tukey

De acuerdo con el valor de importancia (Tabla 2) y el test de asociación de Olmstead-Tukey (Figura 20), los organismos registrados en la planicie arrecifal de Santiaguillo se agruparon en dos cuadrantes: dominantes y raras.

Tabla 2. Frecuencia relativa, abundancia relativa (AR), densidad relativa (DR) ind/m² y Valor de importancia (VI) de las especies registradas.

Especie	F.R.	A.R.	D.R.	V.I
<i>T. antillarum</i>	8.333	1.7647	1.7647	11.8627
<i>A. phoebium</i>	5.555	1.7647	1.7647	9.0849
<i>L. americanum</i>	2.777	0.8823	0.8823	4.5424
<i>C. litteratum</i> *	11.111	60.5882	60.5882	132.2875
<i>P. erectus</i>	2.777	0.5882	0.5882	3.9542
<i>S. decussatus</i>	5.555	1.4705	1.4705	8.4967
<i>T. nodulosa</i> *	27.777	19.1176	19.1176	66.013
<i>M. deltoidea</i> *	27.777	12.9411	12.9411	53.6601
<i>E. crispata</i>	8.333	0.8823	0.8823	10.098

* Especies con los valores más altos de F.R., A, D.R. y V.I

Las especies con el valor de importancia más alto y dominantes fueron: *C. litteratum* que presentó la abundancia y densidad más altas, *T. nodulosa* y *M. deltoidea* estas dos últimas especies presentaron la frecuencia más alta dentro de la planicie.

A su vez las especies raras y con los valores de importancia más bajos fueron *L. americanum* y *P. erectus*, ambas presentaron unas de las abundancias más bajas de tan solo tres y dos organismos respectivamente, así como las frecuencias más bajas.

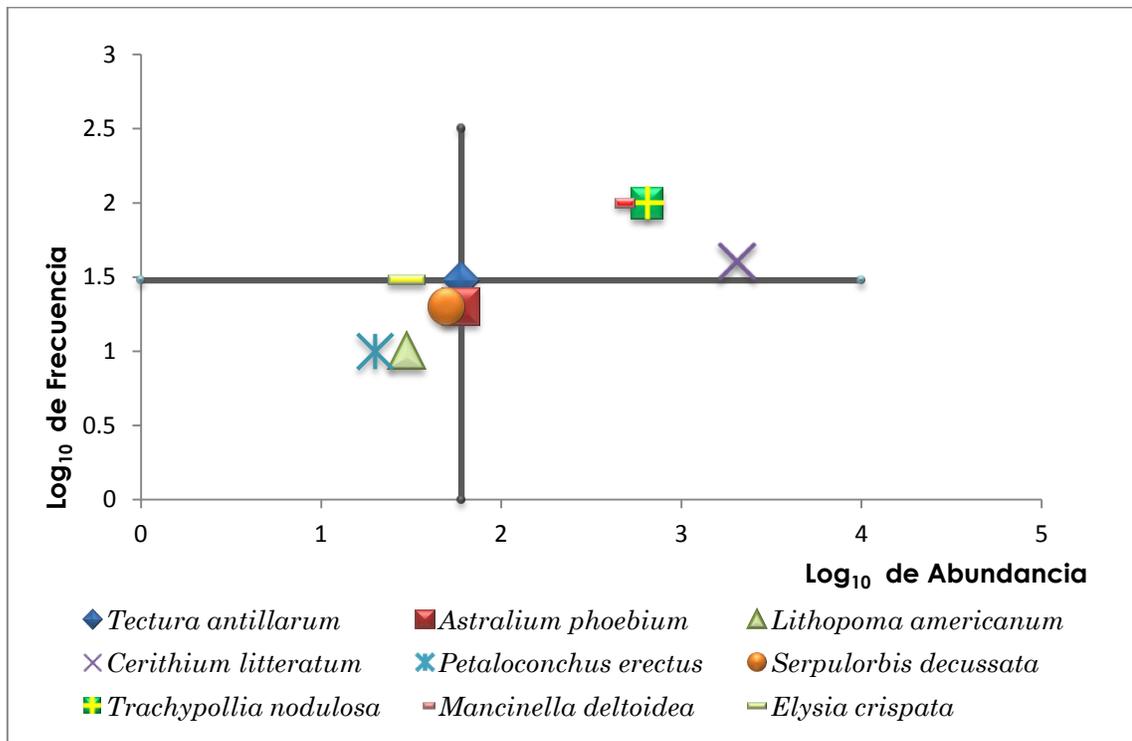


Figura 20. Test de asociación Olmstead-Tukey para las especies registradas en el arrecife Santiaguillo.

6.6 Diversidad

De acuerdo con el índice de diversidad de Shannon-Weaver se obtuvo un valor de diversidad (H') de 1.7351 bits/ind, un valor de diversidad máxima (H' máx) de 3.1699 y un valor de equitatividad (J') de 0.5473.

6.7 Análisis de agrupamiento

De acuerdo al análisis de agrupamiento por el método de distancia de cuerda, se puede observar en la Figura 21 el dendrograma con un corte al 0.8 en distancia de cuerda (56.56% de disimilitud) la formación de tres grupos. En la Figura 22 se muestra la distribución de los grupos formados dentro de la planicie.

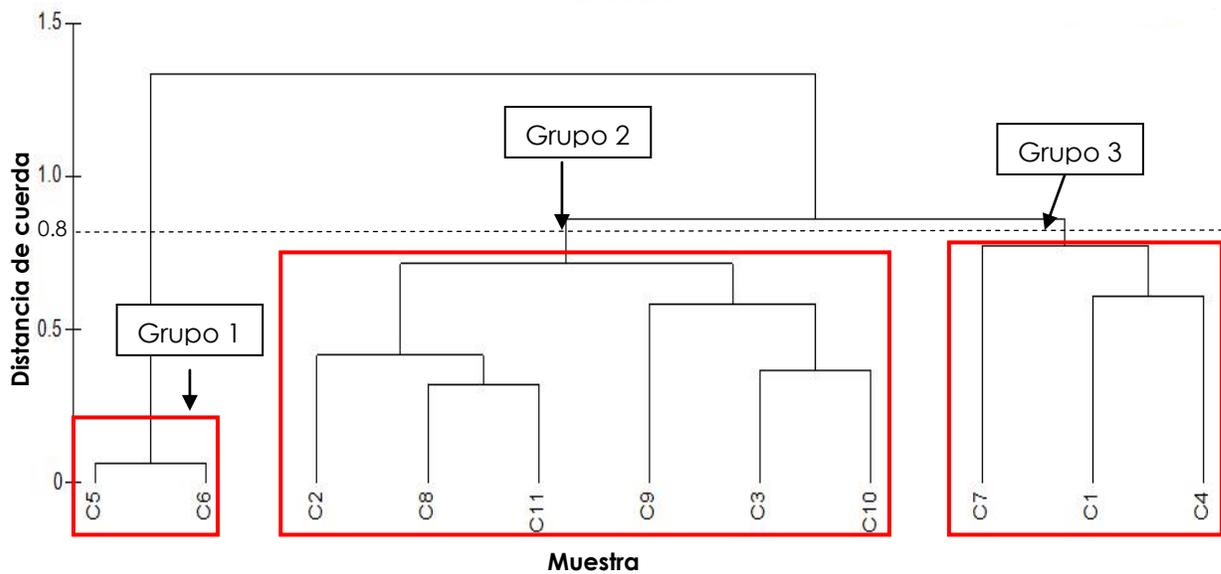


Figura 21. Dendrograma de acuerdo al análisis de agrupamiento por el método de distancia de cuerda.

En el primer grupo se encuentran los cuadrantes que tuvieron en común a *C. litteratum* y *M. deltoidea*. Estos cuadrantes se ubicaron en la parte noroeste del arrecife, donde el sustrato predominante fue roca coralina con algún porcentaje de cobertura de coral vivo. En este grupo se registraron las mayores abundancias de *C. litteratum* y también se encuentra el único registro de *L. americanum*.

En el segundo grupo se engloban todos aquellos cuadrantes que poseen en común a las especies *T. nodulosa* y *M. deltoidea*, pero además comparten a *T. antillarum* y *S. decussatus*. Se relacionan los cuadrantes

localizados principalmente en la parte de barlovento, donde el sustrato registrado principalmente fue roca coralina.

En el tercer grupo se agruparon aquellos cuadrantes en los que la especie en común fue *E. crispata*, estos cuadrantes se ubican en la zona oeste de la planicie.

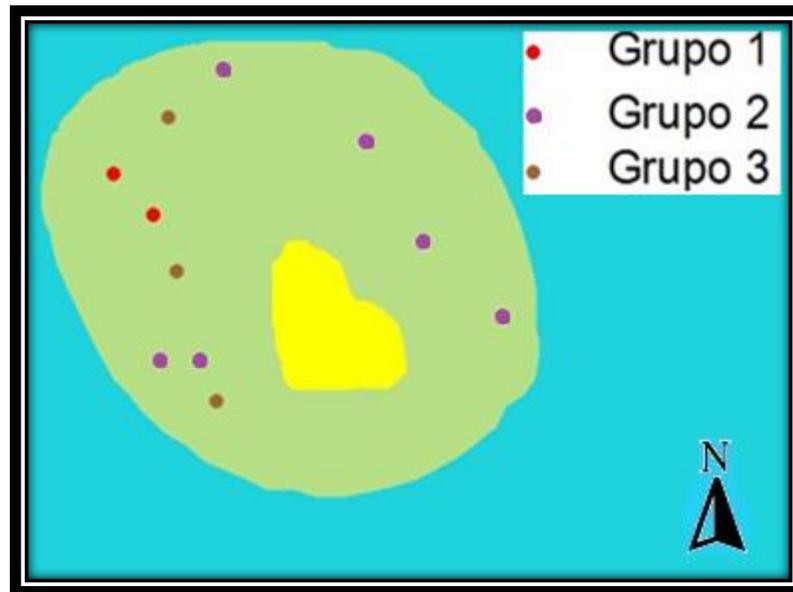


Figura 22. Ubicación de los cuadrantes agrupados dentro de la planicie de Santiagoillo.

7. Discusión

7.1 Caracterización de la planicie

El desarrollo de cada biotopo puede ser un elemento que confiere cierta complejidad ambiental (Islas-Peña, 2004) y principalmente se encuentra modificada por la geomorfología del arrecife, las corrientes predominantes y por las distintas épocas del año (Tello, 2000; González-Martínez, 2003).

En el caso de Santiaguillo biotopos tales como arena, *Thalassia* o coral muerto no fueron registrados; en contraste con planicies de otros arrecifes en los que este tipo de biotopos son característicos por mencionar a Isla Verde, La Gallega, Sacrificios, Hornos o Isla de Enmedio (Tello, 2000; González-Martínez, 2003; Ibarra *et al.* 2007; Ramírez-García, 2007)

Para los arrecifes de menor tamaño, siendo el caso de Santiaguillo, cuya planicie arrecifal apenas cuenta con un área de 61,000 m² en contraste con La Gallega que simplemente el área de su planicie arrecifal abarca 1, 362, 000 m² (González-Martínez, 2003), las planicies arrecifales no se encuentran lo suficientemente desarrolladas como para retener sedimentos finos, lo que conlleva a un poco desarrollo o ausencia de biotopos tales como arena o *Thalassia* (Chávez *et al.*, 2007).

A su vez la presencia de biotopos como roca coralina y pedacera de coral, reflejan que junto al tamaño de la planicie otros factores como el movimiento de las corrientes y el fuerte oleaje contribuyen a la baja sedimentación de partículas finas. Chávez *et al.* (2007), mencionan que generalmente este tipo de arrecifes se encuentran cubiertos por arena gruesa o residuos de coral, cementados por la acción de algas calcáreas.

La importancia en el reconocimiento de los biotopos presentes, se debe a que estos determinan las especies de gastrópodos que pueden presentarse en el arrecife; ya que ciertos grupos poseen adaptaciones para desarrollarse en sustratos específicos (Vermeij, 1971; Contreras, 1991).

7.2 Composición faunística

Las 13 especies registradas en este estudio representan aproximadamente un 6.56%, del total de 198 especies citadas para el SAV por Villanueva-Sousa (2011). De estas, siete son un nuevo registro para el arrecife Santiaguillo: *T. antillarum*, *D. cayenensis*, *A. phoebium*, *M. carchedonius*, *P. erectus*, *S. decussatus* y *T. nodulosa*.

De acuerdo con la distribución de cada especie dentro de la planicie del arrecife se encontró que:

La especie *T. antillarum* (Figura 7), es una especie que tolera la energía del oleaje, se encontró con su mayor abundancia hacia la parte de barlovento en el arrecife.

En cuanto a las especies *A. phoebium* (Figura 8) y *L. americanum* (Figura 9), se distribuyeron hacia la zona de sotavento, ambas solo se registraron en una estación de muestreo.

En el caso de *C. litteratum* (Figura 10), esta especie se distribuyó principalmente en la parte noroeste de la planicie. Generalmente es encontrada formando aglomeraciones en cualquier tipo de sustrato, además, es una especie abundante en las zonas someras de los arrecifes (Pizaña-Alonso, 1990).

La distribución de *S. decussatus* y *P. erectus* (Figuras 11 y 12 respectivamente), hacia las partes más cercanas de la cresta, puede deberse a su morfología, ya que al adherir sus conchas sobre el sustrato

duro estos organismos son menos propensos a ser removidos por la acción del oleaje. Además al ser esta zona de alta energía, tanto el efecto del oleaje y la dirección en la que llegan las corrientes a la planicie, estas puedan ser condiciones que pongan a disposición partículas de alimento para estos organismos filtradores.

A su vez *T. nodulosa* y *M. deltoidea* (Figuras 13 y 14 respectivamente), se distribuyeron prácticamente por toda la planicie, lo cual puede explicarse principalmente por la presencia de roca coralina como biotopo dominante.

La distribución de *E. crispata* (Figura 15) hacia la zona sur de sotavento coincide con la presencia de pedacera de coral, que fue en donde también se encontraron los parches de macroalgas. Recordando que este organismo es consumidor de algunas especies algas de la zona (Thompson y Jarman, 1994; Zamora-Silva y Ortigosa, 2012).

7.3 Estructura de la comunidad

La riqueza específica registrada para la planicie arrecifal de Santiaguillo (nueve especies) es baja, esto se puede observar al compararse con otros arrecifes del SAV, ya que el promedio de especies en 14 arrecifes es de 25 especies, en la Tabla 4 (Anexo II) se puede observar la riqueza específica en algunos arrecifes del SAV.

Esto concuerda con lo obtenido con el estimador Chao 2, ya que con este las especies esperadas son 11, por lo que solo se registro el 82% de las especies vivas esperadas para la zona de estudio, es importante hacer mención que las especies en total (vivas y muertas) registradas en este estudio fueron 13. Si bien al aplicar este tipo de estimadores se puede considerar que la calidad de los inventarios realizados sea buena o mala, es importante recordar que se debe considerar la estacionalidad y la

biología de los organismos, así como el tipo y esfuerzo de muestreo (González-Oreja *et al.*, 2010); y que generalmente son las especies raras las que no son registradas durante los inventarios taxonómicos, lo cual no altera la comprensión de la comunidad (Villanueva-Sousa, 2011).

De acuerdo con los valores registrados en cuanto a las abundancias, así como con el valor de importancia y con el test de Olmstead-Tukey; las especies dominantes en este arrecife son: *C. litteratum*, *T. nodulosa* y *M. deltoidea*.

C. litteratum fue la especie de mayor abundancia y que presentó el valor de importancia más alto, en este trabajo se encontró hacia la zona de sotavento, sobre pedacera coralina. Esta especie presenta una alta tasa de crecimiento poblacional y generalmente es encontrada en distintos tipos de biotopos (Pizaña-Alonso, 1990), siendo estas características las que le confieren una gran ventaja frente a depredadores y a otros competidores. A su vez, es una especie que también ha sido reportada como dominante en otras planicies arrecifales como en La Galleguilla (Rivera-Cruz, 2010), en Sacrificios (González-Bárcenas, 2011) y en Rizo (Vázquez-Machorro, comunicación personal, abril 2013). Con lo cual se puede considerar a esta especie como representativa de la planicie, ya que Villanueva-Sousa (2011), en el talud de Sacrificios, la reporta como una especie de distribución batimétrica reducida.

Las especies *T. nodulosa* y *M. deltoidea* fueron las especies más frecuentes y las segundas más abundantes después de *C. litteratum*. Como se menciona previamente la distribución de ambas especies fue amplia dentro de la planicie, debido a las características propias del arrecife, el cual se encuentra sujeto a la acción del oleaje lo cual no permite el desarrollo de otros biotopos en la planicie, siendo roca coralina el biotopo

dominante; esto concuerda con Salcedo-Ríos (2003) quien reporta a estas especies como abundantes en sustratos rocosos y en zonas donde la energía del oleaje es fuerte. Fairweather (1988), —para especies de la misma familia (Muricidae) —, menciona que las densidades de sus poblaciones están determinadas en gran medida por la disponibilidad de refugio y alimento.

Las especies *T. antillarum* y *A. phoebium*, las cuales presentaron valores de importancia bajos, concuerda con los valores reportados para ambas especies en el arrecife Sacrificios (González-Bárcenas, 2011; Villanueva-Sousa, 2011), además ambas especies fueron categorizadas por Villanueva-Sousa (2011) como especies raras pero frecuentes aunque generalmente presentan bajas abundancias.

Siendo un caso particular el de *L. tectum*, ya que se encontró como una especie rara, en contraste con diversos estudios en la que es reportada como una especie dominante (Pizaña-Alonso, 1990; Rivera-Cruz, 2010; González-Bárcenas, 2011). Siendo esta especie un componente importante dentro de las comunidades bentónicas al controlar las poblaciones de algas epifitas que crecen sobre las rocas y la vegetación (Irlandi *et al.*, 1997), por lo que probablemente esta especie no sea tan buena competidora ante otros herbívoros como el erizo *Echinometra lucunter*, el cual es abundante en sustratos rocosos y es reportado por Oseguera-Rodríguez (comunicación personal, 2013), en la planicie de este arrecife como la especie de equinodermos dominante.

En el caso de las especies *P. erectus* y *S. decussatus*, la primera de ellas rara y la segunda intermedia, si bien tienen características para soportar la energía del oleaje, al ser organismos filtradores es de vital importancia la cantidad de materia orgánica que llegue a ellos, y siendo Santiaguillo uno de los arrecifes más alejados de la costa el aporte de materia orgánica

proveniente de las descargas del río Jamapa o de drenajes es menor y es además es reportado como oligotrófico por Gold-Bouchet (2012). En este sentido Ramos (2003), reporta para La Gallega, un arrecife en el que el aporte materia orgánica es mayor debido a la presencia de una planta de tratamiento (Horta-Puga y Tello, 2009), una alta abundancia de ambas especies.

Finalmente para la especie *E. crispata*, en este estudio solo presento 3 organismos y no se encontraron otras especies de opistobranquios dentro de los sitios de muestreo. Por su parte Zamora-Silva y Ortigosa (2012), reportan para *E. crispata* y algunos aplisiomorfos que estos presentan sus mayores abundancias en esta temporada, cabe mencionar que ni fuera de las unidades de muestreo o en el recorrido a través de la planicie se detectaron grandes cantidades de *E. crispata*, ni se observaron otras especies de opistobranquios (obs. pers.).

En relación a la diversidad el valor obtenido fue bajo ($H' = 1.7351$), lo cual era esperado debido a la baja riqueza específica que se registró en la planicie; aunado a una equitatividad estimada intermedia ($J' = 0.5473$) que refleja la presencia de algunas especies con altas abundancias. Este valor también es menor al compararse, con los valores reportados para las planicies de Sacrificios (González-Bárcenas, 2011) y Rizo (Vázquez-Machorro, comunicación personal abril, 2013), de 3.62 bits/ind y 3.42 bits/ind respectivamente, en cuyos arrecifes ambos autores reportan más tipos de biotopos principalmente arena y *Thalassia*, lo cual permite que en estos arrecifes exista una mayor variedad de hábitats disponibles para ser colonizados por diferentes especies de gastrópodos (Contreras *et al.*, 1991).

La baja diversidad registrada para Santiaguillo, el cual se ubica a 20 km de la costa, lo que lo hace menos propenso a algunas perturbaciones (por ejemplo la llegada de sedimentos por el río Jamapa o al impacto

antropogénico), lo cual coincide con Huston (1985), quien menciona que en las zonas que están menos propensas a las perturbaciones, los procesos competitivos pueden conducir a una baja diversidad.

Con base en los mapas de distribución de las especies y sus abundancias; se encontró que estas se distribuyeron principalmente hacia sotavento o barlovento, lo cual también fue reflejado por el análisis de agrupamiento y a los mapas de distribución de los grupos formados (Figuras 9 y 10), en donde muestran que la formación de los grupos se encuentra determinada por la posición en que se ubicaron las estaciones de muestreo. Esto principalmente se explica por las características propias de cada especie, ya que estas les permiten tolerar las condiciones a las que están expuestas; por ejemplo las especies que se encontraron en la parte de barlovento presentan características que les permitan tolerar la energía del oleaje.

Para concluir, el presente estudio fue realizado solo en una temporada climática (lluvias), por lo que es conveniente proponer futuras investigaciones que abarquen las tres temporadas climáticas de la zona (nortes, secas y lluvias), con lo que se obtendría una comprensión de la estructura de la comunidad en este arrecife más precisa.

8. Conclusiones

- De acuerdo con los biotopos dominantes roca coralina y pedacera de coral, se puede considerar a la planicie del arrecife Santiaguillo como un ambiente muy homogéneo.
- Se determinaron taxonómicamente 13 especies de gastrópodos, siendo las especies: *T. antillarum*, *D. cayenensis*, *A. phoebium*, *M. carchedonius*, *P. erectus*, *S. decussatus* y *T. nodulosa* son un nuevo registro para el arrecife.
- *T. nodulosa* y *M. deltoidea* fueron las especies de mayor frecuencia en la planicie.
- Las especies dominantes para la planicie de Santiaguillo fueron: *C. litteratum*, *T. nodulosa* y *M. deltoidea*. A su vez las especies raras fueron: *L. tectum* y *P. erectus*.
- Se registro una baja diversidad ($H'=1.7351$) atribuible a las características propias de este arrecife.
- El arrecife se divide en una zona de barlovento y sotavento basándose en la distribución de biotopos y especies.

9. Literatura citada

- Abbott, R.T. 1974. American seashells. The marine mollusca of the Atlantic and Pacific coasts of North America. 2a ed. Van Nostrand Reinhold company, New Cork. 663pp.
- Abbott, R.T. y P. A. Morris. 1995. Shells of the Atlantic and Gulf Coasts and West Indies. 4a ed. Houghton Mifflin Company, New York. 350pp.
- Bouchet P. y J. P. Rocroi. 2005. Classification and nomenclator of Gastropod Families: Malacología, International Journal of Malacology. 47 (1-2) 1-397
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2003. Invertebrates. 2a ed. Sinaur Associates, Inc. Suderland, MA. 936 pp.
- Chávez, E., J.W. Tunnell y k. Withers. 2007. Reef zonation and ecology: Veracruz Shelf and Campeche Bank. *In Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico*, J. W. Tunnell Jr., E. A. Chávez y K. Withers (eds). Texas A&M University Press.
- Clarke, K.R., R.N. Gorley. 2006. User Manual/Tutorial PRIMER v6.0. PRIMER-E Ltd. 190 pp.
- Contreras, E.F. 1991. Clasificación trófica de lagunas costeras. *Ciencias* 42(2):227-231.
- Contreras, R. R., F. M. Cruz Abrego y A.L. Ibañez Aguirre. 1991. Observaciones ecológicas de los moluscos de la zona intermareal rocosa de la bahía de Chamela, Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 62(1): 17-32
- De la Lanza, E. G. 2004. Gran escenario de la zona costera y oceánica de México. *Ciencias*, 76. 4-13 pp.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2012. Decreto que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con una superficie de 52,238-91-50 hectáreas, publicado los días 24 y 25 de agosto de 1992. 29 de noviembre de 2012.
- Díaz M., J.M. 2005. Esquemas espaciales de zonación ecológica y morfología de las lagunas de los atolones y complejos arrecifales de un

- archipiélago oceánico del Caribe: San Andrés y Providencia (Colombia). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 29 (112). 357-369 pp.
- Domínguez-Castañedo, N. 2007. Estudio de la macrofauna bentónica de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología Marina), Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 98 pp.
 - Dorantes-Mejía, C.P. 2010. *Elysia crispata* (Mollusca: Sacoglossa: Elysiidae) como biomonitor de contaminación en tres arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 67 pp.
 - Eberhardt-Toro, I. 2002. Composición faunística del orden Archaeogastropoda en la Planicie Arrecifal Punta Mocambo, Veracruz. Tesis Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 67 pp.
 - Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores paramétricos de Chao. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Elementos: ciencia y cultura, 58. 53-56 pp.
 - Fairweather, P.G. 1988. Movements of intertidal whelks (*Morula marginalba* and *Thais orbita*) in relation to availability of prey and shelter. Mar. Biol. 100, 63–68.
 - Felder, P. L. y D. K. Camp. 2009. Gulf of Mexico: origin, waters and biota. Texas A&M University press. USA. 1393pp.
 - García, E. 1990. Carta de climas, atlas nacional de México. Instituto de geografía. UNAM.
 - García-Cubas, A. y M. Reguero. 2004. Catálogo ilustrado de moluscos gastrópodos del Golfo de México y Mar Caribe. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 168 pp.
 - García-Salgado, M. A. 1992. Moluscos bentónicos del Arrecife coralino Anegada de Adentro, Veracruz, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 66 pp.
 - Gold-Bouchot G. y V. García-Ríos. 2012. Evaluación de la condición ambiental del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y río Jamapa: Reporte final. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 94 pp.

- González-Bárceñas, O. 2011. Ensamblaje de gastéropodos de la planicie arrecifal de Isla Sacrificios, Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 71 pp.
- González-Martínez. C. 2003. Caracterización y distribución de los biotopos de la Planicie Arrecifal de la Gallega, Ver. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- González-Oreja, J. A., A. A. De la Fuente-Díaz, L. Hernández-Santín, D. Buzo-Franco y C. Bonache-Regidor. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*, 33(1). 31-45 pp.
- Hickman, C. P. 2002. "Zoología principios integrales", 5ta. Ed., Interamericana Mc Graw – Hill, Madrid, España, 204-236 pp.
- Horta-Puga, G. y J. L. Tello Musi. 2009. Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM005. México D. F. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfDM005.pdf>
- Huston, M. A. 1985. Patterns of species diversity on coral reefs. *Ann. Rev. Ecol.* 16: 149-177.
- Ibarra-Morales, N., y L. G. Abarca-Arenas. 2007. Distribución, abundancia y biomasa de *Thalassia testudinum* en la laguna del arrecife Sacrificios, Veracruz, p. 161-172. *In: Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano.* A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (eds.) Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Irlandi, E., S. Maciá, J. Serafy. 1997. Discharge: effects on mortality and feeding of an urchin (*Lytechinus variegatus*) and a gastropod (*Lithopoma tectum*) *Bulletin of marine science*, 61(3): 869-879 pp.
- Islas-Peña, T. V. 2004. Pelecípodos de la planicie del arrecife La Gallega, Veracruz, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 102 pp.

- Jácome-Pérez, L. 1992. Análisis de las comunidades malacológicas asociadas al arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 62 pp.
- Jimenéz-Hernández J.M., A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y L. Ortiz-Lozano. 2007. Análisis de la información científica en el sistema arrecifal veracruzano, p. 1-16. *In: Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano.* A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (eds.) Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Jordan-Dahlgren, E. y R. E. Rodriguez-Martínez. 2003. The Atlantic coral reefs of Mexico. *In: Latin American Coral Reefs,* J. Cortés (ed.). CIMAR. Universidad de Costa Rica. p. 131-158.
- Knowlton, N. y J. B. C. Jackson. 2001. The Ecology of Coral Reefs. *En: Marine Community Ecology.* Bertness, M. D., S. D. Gaines, y M. E. Hay (Eds.) Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. 550 pp.
- Lara, M., C. Padilla, C. García y J. J. Espejel. 1992. Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. *Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium 1:* 535-544.
- Legendre, P. y L. Legendre. 1998. Numerical ecology. 2ª ed. El sevier, Amsterdam. 853 pp.
- Lindner, G .2000. Moluscos y caracoles de los mares del mundo. Omega, Barcelona, 255pp.
- Morris, P.A. 1975. Shells of the Atlantic. 3a ed. Houghton Mifflin Company, Boston. 330pp.
- Ortigosa-Gutiérrez, J. D. 2005. Riqueza y distribución de opistobranquios (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Ver. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 54 pp.
- Ortiz-Lozano, L. D. 2006. Análisis crítico de las zonas de regulación y planeación en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California. México. 187 pp.
- Pérez-Nava, J.A. y M. Reguero. 2007. Taxonomía de los moluscos arrecifales de Isla de En medio, Isla Sacrificios y Arrecife Hornos. 74-76 p. *In: Estudios sobre la malacología y la conquiliología en México.* E. Ríos Jara, M.C. Esqueda González y C.M. Galván Villa. Guadalajara, Jalisco. Sociedad Mexicana de Malacología A.C., U. de G.

- Pizaña-Alonso, F. J. 1990. Moluscos Arrecifales de Antón Lizardo, Veracruz: un enfoque biogeográfico. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 36 pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2004. GEO México. Perspectivas del medio ambiente en México 2004. México. 323 pp.
- Ponder, W.F. y D. R. Lindberg. 2008. Molluscan evolution and phylogeny. *In: Phylogeny and evolution of the Mollusca*. Ponder, W.F. y Lindberg, D.R. (Eds.). University of California Press. Londres. 469 pp.
- Ramírez-García, P., J., Terrados M., O. Hernández Martínez, K., Pedraza, y A. Quiroz. 2007. La vegetación de *Thalassia testudinum* en los arrecifes de Hornos, Sacrificios y Enmedio: Biomasa, productividad y dinámica de crecimiento, p. 173-184. *In: Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (eds.) Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Ramos, E. A. 2003. Mesogastrópodos de la planicie arrecifal, la Gallega Veracruz. Tesis Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 57 pp.
- Rehder Harald A. 1990. The Audubon Society Field Guide to North American Seashells. Quinta edición. Alfred A. Knopf, Inc. 894 pp.
- Rivera-Cruz, M. 2010. Prosobranquios de la planicie del arrecife La Galleguilla, Veracruz, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Rocha, R. A., L. R. Chávez, A. Ramírez, y S. Cházaro-Olvera. 2006. Comunidades. Métodos de Estudio. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. 248 pp.
- Rosenberg, G. 2009. Malacolog 4.1.1: A Database of Western Atlantic Marine Mollusca. [WWW database (version 4.1.1)] URL <http://www.malacolog.org/>.
- Salcedo-Ríos, R. 2003. Neogastrópodos de la planicie arrecifal La Gallega Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 107 pp.
- Secretaría de Marina. 2010. Carta de Navegación S. M. 823 Veracruz y proximidades, 1:25000. 2a ed. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. México, D. F.

- Sokal, R.R. y F. J. Rohlf. 1995. Biometry. The principles a practice of stadistics in biological research. 3ra. Edición W.H. Freeman and Company New York. 871 pp.
- Tello Musi, J. L. 2000. Distribución de los biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 60pp.
- Thompson, T. E. y G. M. Jarman. 1994. Nutrition of *Tridachia crispata* (Mörch) (Sacoglossa). Journal of Mollusca Studies, 55 (2). 239-244 pp.
- Tunnell, J. W. 2007. Reef distribution. In: Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico, J. W. Tunnell Jr., E. A. Chávez y K. Withers (eds). Texas A&M University Press, EU.
- Vermeij, J.W. 1971. Substratum relationships of some tropical Pacific intertidal gastropods. Mar. Biol., 10(4): 315-320.
- Villanueva-Sousa, V. 2011. Análisis del talud, zona norte, del Arrecife Sacrificios con base en la distribución de moluscos y equinodermos. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 96 pp.
- Winfield, I., M. Ortiz y S. Cházaro-Olvera. 2009. Especie nueva de anfípodo comensal (Amphipoda: Gammaridea: Leucothoidae) del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, SO del golfo de México. Revista Mexicana de Biodiversidad Vol.80, 2: 315-320.
- Zamora-Silva, A. y D. Ortigosa. 2012. Nuevos registros de opistobranquios en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 359-369
- Zamora-Silva, B. A. 2003. Opistobranquios bénticos de La Gallega, Veracruz, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 111 pp.

10. Anexos

Anexo I. Localización de los puntos de muestreo.

Tabla 3. Coordenadas en UTM para la esquina superior izquierda de cada cuadrante

Cuadrante	Coordenadas	
	X	Y
1	204530	2118980
2	204520	2119005
3	204495	2119005
4	204505	2119060
5	204490	2119095
6	204465	2119120
7	204500	2119155
8	204535	2119185
9	204625	2119140
10	204662	2119078
11	204713	2119032

Anexo II. Comparación del tamaño, distancia a la costa y el número de especies reportadas para distintos arrecifes del SAV.

Tabla 4. Tamaño, distancia de la costa (modificado de Tunell, 2007) y número de especies de gastrópodos reportadas para cada arrecife.

Arrecife	Tamaño		Distancia de la costa (km)	Número de especies*
	Longitud (m)	Ancho (m)		
Grupo del Sur:				
Anegadilla	625	125	21	13
Santiaguillo	375	250	20	12
Polo	500	500	5	5
Blanca	875	500	3	16
Rizo	2870	875	5	21
Isla de Enmedio	2250	1800	6	14
Anegada de afuera	4370	1125	16	17
Chopas	5000	1625	3	30
Cabezo	6200	2500	15	22
Bajo		--	--	17
Grupo del Norte:				
La Galleguilla	1000	375	2	44
Sacrificios	1000	500	1	65
Anegada de Adentro	1870	500	8	15
La Gallega	2370	1125	0	55

*De acuerdo con: Pizaña-Alonso (1990), Jácome-Pérez (1992), García-Salgado (1992), Ramos (2003), Salcedo-Ríos (2003), Zamora-Silva (2003), y González-Bárcenas (2011).