



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE
ESPECIES EPIBIONTES DE LAS ALGAS
Sargassum horridum Y *Acanthophora spicifera* EN
PUNTA ROCA CAIMANCITO, LA PAZ, BCS,
MÉXICO

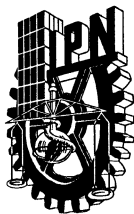
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

NEYSI GÁLVEZ ZEFERINO

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2015



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 13 del mes de Noviembre del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE ESPECIES EPIBIONTES DE LAS ALGAS

***Sargassum horridum y Acanthophora spicifera* EN PUNTA ROCA CAIMANCITO, LA PAZ, BCS, MÉXICO"**

Presentada por el alumno:

GÁLVEZ

ZEFERINO

NEYSI

Apellido paterno

materno

nombre(s)

Con registro:

A	1	4	0	5	3	1
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. GUSTAVO HERNÁNDEZ CARMONA
Director de Tesis

DR. RAFAEL RIOSMENA RODRÍGUEZ
2º. Director de Tesis

DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ

DR. JAIME GÓMEZ GUTIÉRREZ

DR. JUAN MANUEL LÓPEZ VIVAS

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 23 del mes de Noviembre del año 2015

El (la) que suscribe ECOL. MAR. NEYSI GÁLVEZ ZEFERINO Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A140531 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. GUSTAVO HERNÁNDEZ CARMONA y DR. RAFAEL RIOSMENA RODRÍGUEZ

y cede los derechos del trabajo titulado:

"ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE ESPECIES EPIBIONTES DE LAS ALGAS

Sargassum horridum Y *Acanthophora spicifera* EN PUNTA ROCA CAIMANCITO, LA PAZ, BCS, MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ney_2321@hotmail.com - gcarmona2007@gmail.com - riosmena@uabcs.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ECOL. MAR. NEYSI GÁLVEZ ZEFERINO

Nombre y firma del alumno

A mis padres Ernesto Gálvez Reyes y Lucina Zeferino Reyes por su amor incondicional, por darme el regalo más grande la sabiduría y enseñarme a emprender el vuelo. Porque de ellos aprendí que hay que luchar no importa de qué manera, a veces contra uno mismo.

A mis hermanos: Cesar, Cristina, Carolina y Faustino por su amor y cariño incondicional, por ayudarme a superar muchas cosas y estar al pie del cañón siempre. A mí cuñada Mónica por su apoyo y a mis sobrinas: Ximena Gabriel y Ángela Fernanda que con su inocencia y ternura me dan fuerza y esperanza para lograr lo imposible, los amo.

A José Manuel por amarme y seguir navegando conmigo en este mismo mar.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el proyecto que me permitió desarrollar y por la solvencia económica durante los dos años. De igual manera al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el espacio que me brindó durante este periodo.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), por prestarme las instalaciones del laboratorio de Botánica Marina para la separación e identificación de las muestras para este proyecto.

A Rafael Riosmena Rodríguez que me dio la oportunidad de ser parte de la familia Botánica Marina (BOT-MAR), sobre todo por creer en mí y por transmitirme su entusiasmo por conocer más allá del ámbito científico.

A Gustavo Hernández Carmona, Jaime Gómez Gutiérrez, Federico García Domínguez y Juan Manuel López Vivas, por sus recomendaciones y sugerencias que ayudaron mejorar este trabajo.

A Carmen Méndez Trejo por todo el apoyo en la realización de este proyecto desde las salidas de campo hasta el trabajo en el laboratorio, por tu tiempo enseñándome a identificar a los más pequeñititos anfípodos y poliquetos, gracias por dejar sabiduría en mí y también por todo lo que me has enseñado, porque eres una luchadora social y yo estaré contigo en una revolución de ideas y sobre todo por tu sincera amistad.

A Uliyanov Jackes Cota y a Gustavo de la Cruz por su tiempo y conocimientos porque sin el ustedes no lo hubiera logrado y por ser un ejemplo para mí, son admirables.

A Sergio García Ibáñez porque fue el primer investigador en sembrar la semilla de mi formación científica, porque a veces pienso que hubiera sido de mí, si no lo hubiera conocido.

A Lourie McConico y Jahir Bahena por la traducción del abstract.

A mis compañeros y amigos del Laboratorio de Botánica Marina que contribuyeron en la recolecta de muestras y me brindaron su apoyo siempre: José Manuel Ayala, Luis (Vaguito). Areli, Jorge Manuel, Alex, Betza, Tania y Gabo, por su compañía y su entusiasmo en BOT-MAR, por tener una sonrisa durante todo este tiempo. A Gaby por ser la mejor maestra en taxonomía de *S. horridum*.

A Marisol por apoyarme, sonreír y por enseñarme a seguir adelante con tu apoyo y consejos. Por enseñarme cultura sudcaliforniana, porque no imagino como hubiera sido si no te hubiera conocido, gracias por traer ataques de risa a mi vida, por ser

como una hermana para mí. A Pakis porque me has enseñado el valor de la amistad y por estar conmigo en momentos difíciles y ser un ser extraordinario que brinda apoyo incondicional, por hacer divertido todo, y a tu mami y hermano por su apoyo siempre.

A Cristy Landa por tu apoyo y tus ánimos, por enseñarme a luchar, algún día volveremos a encontrarnos y lucharemos juntas por un cambio. A ti Amelia por todas las aventuras vividas en este largo tiempo que se volvió nada, te agradezco por eso y más.

A Marijó por traer cultura nueva y aprendizajes a mi vida, por enseñarme a cuidar esta casa que se llama planeta tierra y su importancia, porque aunque seamos pocos ahora, después seremos más y por echarme porras todos los días.

A Erick Rubalcaba por su cariño y aprecio, sobre todo enseñarme a sonreír a pesar de las circunstancias y ser para mí un ejemplo, por ser como eres, por todo tu apoyo, sin ti no habría logrado parte de este trabajo.

Marc (Marc-iano) porque es difícil encontrar una persona como tú, así de loco con ocurrencias simplemente locas, por compartir parte de este tiempo conmigo, enseñarnos un poco de España, nunca cambies Marc-ianito.

Quiero agradecer Ariadna la más pequeña de nuestra generación pero la mujer con una madures inimaginable, gracias por cruzarte en mi camino eres una gran persona. A Mirtha, Emmanuel, Luis, Charlie y Antonio por su compañía por hacer ratos de trabajo agradable, por su apoyo y risas durante todo este tiempo, porque en cada uno de ustedes son especiales para mí.

A mis amigos que a la distancia siempre me han demostrado su cariño y su apoyo Susi (Coque), Oliver, Jahir, Audel, Luís (Romántico).

A Humberto Ceseña por su valiosa amistad.

A todos aquellos por tomarse el tiempo de leer mi tesis...

Y como decía Pierre Curie: Hay que hacer de la vida un sueño y del sueño una realidad. Los invito a hacer sus sueños una realidad y nunca perder la sonrisa en el intento.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
GLOSARIO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1. <i>Sargassum horridum</i> Setchell & N.L.Gardner 1924.....	6
2.2. <i>Acanthophora spicifera</i> (M.Vahl) Børgesen 1910	6
3. JUSTIFICACIÓN.....	8
4. HIPÓTESIS.....	9
5. OBJETIVO GENERAL	9
6. OBJETIVOS PARTICULARES	9
7. ÁREA DE ESTUDIO	10
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
8.1. Trabajo de campo.....	11
8.2. Trabajo de laboratorio.....	12
8.3. Análisis de los datos	12
8.3.1. Indicadores de la estructura de la comunidad epifaunística asociada a <i>S.horridum</i> y <i>A. spicifera</i>	13
8.3.2. Riqueza de especies.....	13
8.3.3. Abundancia relativa.....	13
8.3.4. Procedimiento permutacional de multirespuesta (PPMR) y análisis de Indicador de especies (ISA).....	13
8.3.5. Índice de valor de importancia	14

8.3.6.	Índice de diversidad de Shannon Wiener (H')	14
8.3.7.	Índice de equidad de Pielou (J')	15
8.3.8.	Índice de dominancia	15
8.3.9.	Análisis de varianza	16
8.3.10.	Índice de similitud de Bray-Curtis.....	16
8.3.11.	Análisis canónico de correspondencias	16
9.	RESULTADOS.....	17
9.1.	Riqueza biológica	17
9.2.	Análisis procedimientos de multirespuesta por permutación y análisis de indicador de especies.....	17
9.3.	Composición porcentual global de la abundancia.....	19
9.4.	Composición global por taxa.....	20
9.5.	Abundancia mensual relativa de <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i>	23
9.6.	Abundancia global por taxa	23
9.7.	Estructura de la comunidad asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i>	26
9.8.	Riqueza mensual	27
9.9.	Riqueza por temporadas.....	28
9.10.	Abundancia mensual	28
9.11.	Abundancia por temporada.....	29
9.12.	Diversidad mensual	30
9.13.	Diversidad por temporadas.....	31
9.14.	Equidad mensual	32
9.15.	Equidad por temporada	33
9.16.	Índice de valor de importancia.....	34
9.17.	Índice de similitud de Bray Curtis.....	36

9.18. Relación entre la biomasa de <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> con la abundancia y riqueza de especies asociadas	38
9.19. Análisis de correspondencia canónica (ACC).....	39
9.20. Variación de la temperatura superficial del mar, tallas y peso de las algas en Punta Roca Caimancito.....	42
10. DISCUSIÓN	43
11. CONCLUSIONES	52
12. BIBLIOGRAFÍA	54
13. ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio Punta Roca Caimancito, en la Bahía de La Paz.....	10
Figura 2. Diseño de muestreo; recolecta de  <i>S. horridum</i> y  <i>A. spicifera</i> cuadrante de 15 cm ² 	11
Figura 3. Composición porcentual de los individuos por phylum que componen la comunidad de epifauna asociada en a) <i>S. horridum</i> y b) <i>A. spicifera</i>	19
Figura 4. Composición porcentual del número de individuos de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a <i>S. horridum</i>	21
Figura 5. Composición porcentual del número de individuos de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a <i>A. spicifera</i>	22
Figura 6. Promedio de la abundancia mensual de individuos en <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> ; Media de  = <i>S. horridum</i> y  = <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales).....	23
Figura 7. Gráficos de eje 1; diversidad (H'), eje 4; equidad (J') y dominancia (D) de <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i>	26
Figura 8. Variación mensual de la riqueza de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de  = <i>S. horridum</i> y  = <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística p= 0.00 *** p< 0.001 ** p< 0.01 * p< 0.05.	27
Figura 9. Riqueza específica por temporadas de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de  = <i>S. horridum</i> y  = <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística p= 0.00 *** p< 0.001 ** p< 0.01 * p< 0.05.	28
Figura 10. Variación mensual de la abundancia de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de  = <i>S. horridum</i> y  = <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística p= 0.00 *** p< 0.001 ** p< 0.01 * p< 0.05.	29

Figura 11. La abundancia por temporada de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de ♦= <i>S. horridum</i> y ●= <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p= 0.00$ *** $p< 0.001$ ** $p< 0.01$ * $p< 0.05$	30
Figura 12. Variación mensual de la diversidad (Shannon-Wiener H') de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de ♦= <i>S. horridum</i> y ●= <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p= 0.00$ *** $p< 0.001$ ** $p< 0.01$ * $p< 0.05$	31
Figura 13. La diversidad (Shannon-Wiener H') por temporada de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de ♦= <i>S. horridum</i> y ●= <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p= 0.00$ *** $p< 0.001$ ** $p< 0.01$ * $p< 0.05$	32
Figura 14. Variación mensual de la equidad de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de ♦= <i>S. horridum</i> y ●= <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p= 0.00$ *** $p< 0.001$ ** $p< 0.01$ * $p< 0.05$	33
Figura 15. La equidad por temporada de la epifauna asociada a <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> en Punta Roca Caimancito. Media de ♦= <i>S. horridum</i> y ●= <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p= 0.00$ *** $p< 0.001$ ** $p< 0.01$ * $p< 0.05$	34
Figura 16. Dendograma de similitud con base a las abundancias por familia de <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> entre los meses de muestreo.	37
Figura 17. Variación mensual de la biomasa-abundancia de epibiontes y talla-abundancia de epibiontes asociados a <i>S. horridum</i> (a y b) y a <i>A. spicifera</i> (c y d) en Punta Roca Caimancito.	38
Figura 18. Variación mensual de la biomasa-riqueza específica y talla-riqueza específica de epibiontes asociados a <i>S. horridum</i> (a y b) y a <i>A. spicifera</i> (c y d) , en Punta Roca Caimancito.	39

Figura 19. Análisis de correspondencia canónica de <i>S. horridum</i> y los individuos más abundantes.....	40
Figura 20. Análisis de correspondencia canónica de <i>A. spicifera</i> y los individuos más abundantes.....	41
Figura 21. Variación de la temperatura y talla de las algas durante los meses de muestreo; Media de ♦= <i>S. horridum</i> y ●= <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), temperatura —, significancia estadística p= 0.00 *** p< 0.001 ** p< 0.01 * p< 0.05.....	42
Figura 22. Variación de la temperatura y peso húmedo (g) del alga durante los meses de muestreo. Media de ♦= <i>S. horridum</i> y ●= <i>A. spicifera</i> ; error estándar (líneas verticales), temperatura —, significancia estadística p= 0.00 *** p< 0.001 ** p< 0.01 * p< 0.05.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies en las que difieren <i>S. horridum</i> y <i>A. spicifera</i> y la significancia observada del análisis de indicador de especies.	18
Tabla 2. Variación mensual de la abundancia total (número de individuos totales) y abundancia relativa de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociados a <i>S. horridum</i> en la localidad de Punta Roca Caimancito, BCS durante el periodo de abril de 2014 a marzo de 2015.....	23
Tabla 3. Variación mensual de la abundancia total (número total de individuos) y abundancia relativa de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a <i>A. spicifera</i> en la localidad de Punta Roca Caimancito, BCS, durante el periodo abril de 2014 a marzo de 2015.....	25
Tabla 4. Valor de importancia (%) de los organismos y su variación mensual en <i>S. horridum</i>	35
Tabla 5. Valor de importancia (%) de los organismos y su variación mensual en <i>A. spicifera</i>	35

GLOSARIO

Abundancia: Número de organismos por unidad de área o volumen.

Biomasa: Medida cuantitativa de la materia viva por unidad de área o volumen, la cual generalmente se expresa en gramos por metro cuadrado.

Correlación: La relación cuantitativa entre dos variables aleatorias.

Detritívoro. Organismo que se alimentan de detritos.

Epifauna: Son los animales bentónicos que viven en la superficie de un sustrato, tales como rocas, la vegetación marina, o el propio fondo del mar o de un lago.

Epibionte: Organismo no parásito que vive por lo menos una fase de su ciclo vital encima de otro de mayor tamaño, al cual generalmente no le causa una interacción negativa.

Especie: Organismo capaz de reproducirse y de tener descendencia fértil.

Especie bioindicadora: Es un organismo cuya presencia, ausencia o abundancia refleja una condición ambiental específica.

Especie exótica: (introducida o no nativa). Es la especie, subespecie o taxón inferior que se establece fuera de su área natural (pasada o actual) y de dispersión potencial (fuera del área que ocupa de manera natural o que no podría ocupar sin la directa o indirecta introducción o intervención humana) e incluye cualquier parte, gameto o propágulo de dicha especie que puede sobrevivir y reproducirse.

Especie exótica invasora: Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que reemplaza a alguna o algunas especies o tiene una influencia en ellas que puede disminuir la diversidad biológica nativa con consecuencias ecosistémicas, económicas y/o la salud pública.

Estructura: La estructura contempla el tamaño y la densidad de la población.

Filoides: Estructuras fotosintéticas con apariencia de hojas que presentan las macroalgas).

Filtrador: Organismo que se alimentan de elementos suspendidos en la columna de agua, ya sea fitoplancton, zooplancton o materia orgánica.

Fronda: Parte superior del talo, la cual está delimitada en su parte inferior por el estipe y en la parte superior por el ápice, en ella se encuentran los patrones de ramificación y define el tipo de talo.

Hábitat: El lugar o espacio físico que un animal o planta ocupa en la naturaleza.

Herbívoro: Organismo que se alimenta de vegetales y más especialmente de hierbas.

Huésped: Vegetal o animal en cuyo cuerpo se aloja un parásito.

Manto: Extensiones donde la cobertura de alga se aproxima al 100% con respecto a un área determinada, constituido por una sola especie (monoespecífico) o de varias especies (multiespecífico).

Omnívoro: organismo que se alimenta de toda clase de sustancias orgánicas.

Sujetador: Parte del talo que sirve para el anclaje del mismo en el sustrato.

Taxones: El plural de taxón.

Taxón: Cada una de las subdivisiones de la clasificación biológica, desde la especie, que se toma como unidad, hasta el filo o tipo de organización.

RESUMEN

Sargassum horridum es un hábitat ecológicamente relevante porque brinda refugio a diversos organismos en el Golfo de California (GC). *Acanthophora spicifera* es un alga invasora que actualmente se encuentra compartiendo hábitat en el GC con *S. horridum* por lo que en el presente estudio se realizó una comparación de la variación estacional de la estructura de las asociaciones de especies epibiontes de *S. horridum* y *A. spicifera* de abril a julio de 2014 y de febrero a marzo de 2015 en Punta Roca Caimancito. En *S. horridum* se cuantificaron 713,396 epibiontes en 1.53 m² y se identificaron 124 taxa, que se agrupan en 11 phylum, 15 clases, 33 órdenes, 43 familias, 58 géneros y 46 especies. En *A. spicifera* se cuantificaron 432,840 epibiontes en 1.53 m² y se identificaron 90 taxa que se agrupan en siete phylum, 15 clases, 26 órdenes, 39 familias y 34 especies. *S. horridum* presentó 25 especies y *A. spicifera* siete especies con alta fidelidad específica. La riqueza y la diversidad mostraron diferencias significativas entre algas, meses y por temporada. Mientras que la abundancia y la equidad mostraron diferencias significativas solo por temporada. Se encontró una variación temporal de los taxa Gasterópoda, *Protohyale yaqui*, *Leptochelia dubia*, *Ampithoe plumulosa* y *Podocerus fulanus* son los más abundantes en la comunidad en ambas algas. En *S. horridum* los taxa actinaria, gasterópoda y ostrácoda se correlacionaron positivamente con la talla ($r=0.65$) y *L. dubia*, *A. plumulosa*, *B. tehuecos*, *P. fulanus*, *P. yaqui*, *Haplosilis spongicola* y Janiridae se correlacionaron de manera negativa con la temperatura ($r=-0.88$) y el peso ($r=-0.09$). En *A. spicifera* las especies *A. plumulosa*, *B. tehuecos*, *L. dubia*, *Ceratonereis singularis* se correlacionaron positivamente con la temperatura ($r=0.97$). Los taxa gasterópoda, *P. yaqui*, *H. spongicola* y *Apolochus* se correlacionaron de manera negativa con la talla del alga ($r=-0.15$) y el peso ($r=-0.38$). Por lo que concluimos que ambas algas presentan una estructura de la comunidad distinta, esto se debe a que presentan una morfología distinta que permite la especificidad de los epibiontes a cada una de ellas. Sin embargo no presentan cambios de la abundancia durante los meses estudiados, debido a que *A. spicifera* mantiene sus tallas y por lo cual brinda un refugio más estable a los organismos.

Palabras clave: Alga, comunidad, diversidad, epibiontes, invasora.

ABSTRACT

Sargassum horridum is an ecologically important habitat that provides shelter to various organisms in the Gulf of California (GC). *Acanthophora spicifera* is an invasive seaweed in the GC that is currently sharing habitat with *S. horridum*. In this study, a comparison of the seasonal variation in the structure of epibionts associated with *S. horridum* and *A. spicifera* was carried out April to July 2014 and February to March 2015 in Punta Roca Caimancito. In *S. horridum* we quantified in 713,396 epibionts in 1.53 m² and identified 124 taxa representing 11 phyla, 15 classes, 33 orders, 43 families, 58 genera and 46 species. In *A. spicifera*, we quantified 432,840 epibionts in 1.53 m² and 90 taxa from seven phyla, 15 classes, 26 orders, 39 families and 34 species were identified. *S. horridum* harbored 25 unique species and *A. spicifera*, seven. There were significant differences in richness and diversity between algae, months and seasons. While significant differences in abundance and equity were seen only for season. We found seasonal changes in Gastropod taxa, *Protohyale yaqui*, *Leptochelia dubia*, *Ampithoe plumulosa* and *Podocerus fulanus*, which are the most abundant in both algal communities. In *S. horridum* the taxa actinaria, gastropods and ostracods were positively correlated with alga size ($r = 0.65$) and *L. dubia*, *A. plumulosa*, *B. tehuecos*, *P. fulanus*, *P. yaqui*, *Haplosilis spongicola* and Janiridae were negatively correlated with temperature ($r = -0.88$) and weight ($r = -0.09$). In *A. spicifera* the species *A. plumulosa*, *B. Tehuecos*, *L. dubia*, *Ceratonereis singularis* were positively correlated with temperature ($r = 0.97$). The taxa *P. yaqui*, gastropods, *H. spongicola* and *Apolochus* were negatively correlated with alga size ($r = -0.15$) and weight ($r = -0.38$). So we conclude that both algae have a structure different community, this is due to having a different morphology that allows epibionts specificity to each. It does not represent changes in abundance during the months studied, because *A. spicifera* maintains its size and thus provide a more stable shelter to organisms.

Key words: Algae, community, diversity, epibionts, invasive.

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han causado la introducción de especies invasoras, debido a la globalización económica que continúa expandiéndose, creando un alto grado de conectividad a través del movimiento de mercancías por mar y tierra, lo que genera nuevas invasiones (Ruiz *et al.*, 1997). Las bahías y los estuarios han sido los sistemas marinos más frecuentemente invadidos, debido a que son centros para la navegación, acuicultura y otras actividades humanas conocidas porque facilitan la transferencia de organismos (Wasson *et al.*, 2005). Las especies invasoras dentro de los ecosistemas marinos en ocasiones prosperan poblacionalmente dañando a las especies nativas porque las desplazan, causando cambios en la composición de especies (Schaffelke *et al.*, 2006).

De forma general cuando una especie está fuera de su área natural y se introduce en un nuevo entorno donde encuentra condiciones favorables para su reproducción y crecimiento poblacional, pueden provocar desequilibrios ecológicos entre las poblaciones naturales. Estos cambios pueden ser en la composición de especies y en la estructura trófica, desplazamiento de especies autóctonas, reducción de la diversidad genética o la aparición de nuevos patógenos (Martínez & Adarraga, 2006).

En particular, entre los principales impactos que causan las algas exóticas invasoras se encuentran: competencia directa o indirecta con la biota nativa, alteración de la trama alimenticia, monopolización de espacio, cambio en la composición de la comunidad, efectos genéticos, impacto económico por el evidente decremento del valor recreativo en las playas, altos costos para su manejo, erradicación e investigación y en algunos casos, consecuencias sobre la salud humana (Schaffelke & Hewitt, 2007).

A nivel mundial el conocimiento que se tiene sobre la fauna asociada a grupos de algas es escaso y se ha dirigido principalmente hacia algas pardas filamentosas (Guerra-García *et al.*, 2010) y algas coralinas (Luizzi, 2010). Otras investigaciones han abordado la función de las algas marinas como hábitat de la epifauna, algunos de ellos comparan cómo diferentes especies de macroalgas influyen en la

abundancia, riqueza y la diversidad de las comunidades (Chemello & Milazzo, 2002). Un estudio comparativo de la epifauna asociada al alga invasora *Gracilaria vermiculophylla* con la nativa *Ulva rigida* en el lago Adriático durante cinco años, demostró que en el alga nativa los anfípodos fueron los epibiontes de mayor abundancia mientras que en el alga invasora fueron los gasterópodos. Las diferencias en la complejidad estructural de las dos algas (irregularmente ramificada vs forma plana) diferenciaron una fauna taxonómicamente y funcionalmente distinta (Murani *et al.*, 2015).

Diversos estudios han abordado el análisis comparativo de la epifauna asociada de una especie nativa en comparación con una invasora, todos han usado a *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt como el ejemplo de especie invasora. Utilizando algunos métodos estadísticos como el Análisis de Varianza (ANOVA), el análisis de covarianza (ANCOVA), el análisis de la varianza múltiple con permutaciones (PERMANOVA), el índice de similitud de Bray Curtis, el índice de valor de importancia (IVI) y los índices de diversidad (H') y equidad (J') y la riqueza y abundancia como principales métodos para evaluar si existen diferencias en las comunidades entre epibiontes de especies nativas e invasoras (Viejo, 1999; Wernberg *et al.*, 2004; Nascimento & Rosso, 2007; Gestoso *et al.*, 2012; Engelen *et al.*, 2013)

En el norte de España se comparó la epifauna en *Sargassum muticum* con dos especies de algas locales. En el análisis canónico de discriminante demostró una mayor correlación de especies con *S. Muticum* que con las otras dos especies. No se encontraron diferencias significativas entre los picos de abundancia de las familias Ampithoidae e Ischyroceridae. Encontraron tres taxa, gasterópodos, isópodos y gamáridos con altas abundancias. Para *S. muticum* creciendo en pozas de marea se encontró mayor abundancia de isópodos que en las algas locales y en la zona intermareal se encontró que los anfípodos son el grupo con mayor abundancia, seguido de los gasterópodos y los isópodos y la composición de la epifauna fue similar entre ambas algas. La riqueza de epibiontes en *S. muticum* y *C. nodicaulis* fue similar, esto se debió a la baja especificidad de los epibiontes al huésped y puede

haber una relación indirecta que esta medida por la presencia de epifitas y sus altas abundancias. Otra de las posibles causas fue la similaridad morfológica que presenta cada una, lo que hizo que ambas presentaran una riqueza similar (Viejo, 1999).

En Limfjorden (Dinamarca) se realizó un estudio comparativo de la fauna de *S. muticum* (invasora) y *Halidrys siliquosa* (nativa). El ANCOVA mostro homogeneidad entre el tamaño del alga y los epibiontes durante el tiempo muestreado. La riqueza y la abundancia variaron en *S. muticum* mientras que en *H. siliquosa* no tuvo una variación temporal. La abundancia máxima para *S. muticum* fue en agosto y para *H. siliquosa* fue en julio. La diferencia en *S. muticum* y *H. siloquosa* fue la temporalidad paralela de la abundancia de los taxones. Se encontraron los mismos siete phylum en ambas especies de algas, los cuales fueron Porífera, Cnidaria, Annelida, Arthropoda, Mollusca, Echinodermata, Chordata y solo el taxa malacostraca fue encontrado únicamente en *S. muticum*. Los artrópodos (Crustacea) fueron el phylum más abundante en términos del número de taxones y los cordados (Urochordata) en términos de biomasa. En promedio la riqueza de especies y diversidad de macrofauna en *U. rigida* era significativamente más bajos que en la especie invasiva *G. vermiculophylla* la cual presenta una arquitectura más compleja (Wernberg et al., 2004).

En la región sur de la costa de Galicia se estudió el efecto de la estructura del hábitat y la altura de la marea sobre la epifauna asociada a *Sargassum muticum* y *Laminaria ochroleuca*. El PERMANOVA mostró diferencias significativas en la epifauna asociada a orilla de costa, pero en el intermareal se vio reflejado a través del tiempo. En *S. muticum* el grupo dominante fue malacostraca y en *L. ochroleuca* los poliquetos y gasterópodos. En *L. ochroleuca* los grupos gasterópodos y los malacostracos (anfípodos e isópodos) representaron el 80% y en *S. muticum* los nemátodos y poliquetos representaron el 70%. En este estudio las diferencias en la composición de la comunidad no se debieron a la estructura de las algas, si no a la altura de la costa en la que fueron recolectadas y fueron influenciados por las epifitas del alga (Cacabelos et al., 2010).

En otro estudio, al sur de la costa de Galicia (España) se comparó la fauna asociada a *Sargassum muticum* (invasora) y a dos especies locales nativas (*Bifurcaria bifurcata* y *Sacchoriza polyschides*) por medio de análisis de varianza de la riqueza, la abundancia y la diversidad. Encontró mayores abundancias en *S. muticum* que en las dos algas locales. El análisis de similitud de especies mostró que la especie de isópodo *Dynamene bidentata* es la que contribuye a la disimilitud entre *B. bifurcata* y *S. muticum* y el gasterópodo *Bittium reticulatum* entre *S. muticum* y *S. polyschides*. En *B. bifurcata* los gasterópodos, bivalvos y poliquetos son los grupos de epibiontes más abundantes, en *S. muticum* los isópodos, los gasterópodos y los anfípodos, mientras que en *S. polyschides* los gasterópodos, los poliquetos y los ofiuroideos. Las diferencias que presentaron las tres algas fueron cambios en la abundancia y composición de los principales grupos faunísticos fueron en general consistente en el espacio y el tiempo (Gestoso *et al.*, 2012).

En dos localidades en la costa sur de Portugal se realizó una comparación de la diferencia faunística de *Cystoseira humilis* (nativa) y *Sargassum muticum* (invasora). En *C. humilis* 53 especies y *S. muticum* se encontraron 48, de las cuales 16 se encontraron exclusivamente en *C. humilis* y en 11 en *S. muticum*. La fauna dominante estuvo integrada por los gasterópodos, isópodos y anfípodos. El ANOVA no mostró diferencias significativas en la abundancia, pero el PERMANOVA si mostró diferencias de la riqueza por localidad. Las diferencias entre la epifauna asociada a las macroalgas en las localidades se debió principalmente a la presencia de dos gasterópodos *Pusillina interrupta* y *Rissoa similis* (Engelen *et al.*, 2013).

En el Norte de Portugal se realizó un análisis comparativo de la fauna asociada a dos algas locales *Bifurcaria bifurcata* y *Chondrus crispus* entre el alga invasora *Sargassum muticum*. El PERMANOVA mostró que la estructura de la comunidad difería significativamente respecto a la complejidad de las macroalgas. La especie *B. bifurcata* presentó 185.2 ± 15.2 taxones mientras que en *S. muticum* fueron 153 ± 11.8 taxones y en *C. crispus* fueron 116 ± 14 taxones. Mediante la curva de acumulación de especies observaron que *B. bifurcata* era sustrato de 39 especies exclusivas, *C. crispus* de 9 y *S. muticum* de 19. En *B. bifurcata* y *S. muticum* la

riqueza y la abundancia presentaron valores similares mientras que *C. crispus* presentó valores muy bajos. Sus resultados sugieren que la composición depende de la arquitectura del alga mientras que la abundancia depende del tamaño del hábitat. (Veiga *et al.*, 2014).

Todos los estudios previos comparativos de la epifauna asociada a macroalgas invasoras se han realizado para la especie *Sargassum muticum*. Hasta este momento, no se han hecho estudios de *Acanthophora spicifera*, ni de otras algas en condición de invasora en el Golfo de California. Esto es necesario para conocer lo que está ocurriendo en áreas subtropicales que carecen de estudios de esta línea de investigación. En este estudio se comparó mensualmente y temporalmente los epibiontes asociados a las algas *S. horridum* y *A. spicifera* en la bahía de La Paz, debido a que es una zona poco estudiada desde que *A. spicifera* se estableció como un alga invasora y como lo antes mencionado no se han realizado una comparación entre estas dos algas en tiempo y espacio, para ello se aplicaron los siguientes análisis estadísticos a los datos obtenidos: índices de diversidad, equidad, dominancia y posteriormente los análisis de varianza, índice de importancia relativa de las especies y un análisis de correlación canónico. Estos métodos ayudaron para inferir y comprender si *A. spicifera* ha provocado cambios en la comunidad de *S. horridum*.

2. ANTECEDENTES

2.1. *Sargassum horridum* Setchell & N.L.Gardner 1924

Sargassum horridum es una macroalga parda que se distribuye a lo largo de todo el noroeste del Pacífico Mexicano y Golfo de California (Andrade-Sorcía *et al.*, 2014). Se distribuye en la zona intermareal media a la submareal superior, creciendo sobre las rocas (Readdie *et al.*, 2006).

En el Golfo de California el primer trabajo sobre la fauna asociada a *Sargassum* en el Golfo de California fue realizado en la Bahía de La Paz en la playa el Sauzoso, donde se identificaron 17 taxa, 54 especies de invertebrados y 47 especies de peces. Los grupos más abundantes fueron los anfípodos, los copépodos y los gasterópodos (Suárez-Castillo *et al.*, 2013). La estructura de la comunidad de epibiontes presentó un patrón de variación durante el tiempo de muestreo acoplado a la dinámica poblacional de *Sargassum*. Se correlacionaron 15 epibiontes con respecto a la biomasa del alga (Suárez- Castillo, 2008).

Un estudio acerca de la complejidad agregada del hábitat de los anfípodos asociados a los bosques de *Sargassum* spp., en Bahía de La Paz. Describió la presencia de 17 especies de anfípodos asociados. Se sugiere que la complejidad agregada está definida por la interacción de las estructuras del alga, sus propiedades físicas, así como por la presencia de epífitas y fauna sésil. Éstas tuvieron un efecto en la abundancia total de anfípodos, como causa se sugiere el uso de hábitat y alimentación (Méndez-Trejo, 2013).

2.2. *Acanthophora spicifera* (M.Vahl) Børgesen 1910

Acanthophora spicifera es un alga roja, nativa del Caribe y las costas de Florida, actualmente está registrada como especie invasora en las islas del Pacífico Central (Russell, 1992; Tsuda & Coles 2008) y es la principal alga invasora y más dañina para los arrecifes coralinos en Hawái (Russell, 1992). Dentro del rango de su distribución se han hecho estudios entre *A. spicifera* y *Sargassum* spp., en Sao Paulo, Brasil donde se estudió la epifuna asociada a las algas con la finalidad de observar las variaciones entre ellas. El ANOVA mostró que *A. spicifera* presento

valores de riqueza y diversidad significativamente mayores en comparación con *Sargassum* spp. y otras macroalgas que mostraron valores menores. Los anfípodos fueron el grupo más abundante. *Sargassum* spp. presentó valores más altos de dominancia que el resto de las especies estudiadas (Nascimento & Rosso, 2007).

En el 2006 se detectó el arribo de *A. spicifera* a las costas del Golfo de California, su plasticidad morfológica, estrategias reproductivas (sexual y asexual), epitifismo en otras algas, adaptación a condiciones ambientales y capacidad de regenerarse por fragmentación, la han convertido en una especie capaz de invadir un ecosistema en el que la mayoría de las veces resulta exitosa (Russell, 1992; Smith *et al.*, 2002, Ávila *et al.*, 2012; Riosmena-Rodríguez *et al.*, 2009).

En Punta Roca Caimancito se realizó un estudio de la variación y reproducción de *A. spicifera*. Esta alga se reproduce por (fragmentación) y se presenta todo el año. El promedio máximo de la longitud de los talos fue de 163 mm en octubre y el mínimo 108 mm en agosto. El ANOVA mostró diferencias entre los meses, siendo octubre diferente de los demás por presentar la mayor longitud. La extensión manto en el 2009 fue de 31,536.93 m² ó 3.16 hectáreas. La biomasa fue mayor en la estación de otoño y en invierno disminuyó drásticamente la población. El porcentaje de biomasa en peso húmedo de *A. spicifera* fue mayor en otoño con 3.5 kg m⁻² y el menor fue en invierno con 0.59 kg m⁻² (Schnoller, 2011).

En el primer estudio de la fauna asociada a *A. spicifera* en el Golfo de California se identificaron (13 órdenes de meso herbívoros y 17 especies de macro invertebrados). *A. spicifera* tiene efecto sobre la fauna sésil, es el epizoismo, ya que puede incrementar su capacidad de fragmentación por medio de ellas, dispersión y reclutamiento de los invertebrados por medio de ellas. La talla de *A. spicifera* durante el muestreo fue de 3-21 cm y la biomasa total promedio fue de 958 ± 24 g ps m⁻², varió de abril a agosto y entre sitios (Méndez-Trejo, 2011). También se documentó que *A. spicifera* vive como epifita facultativa de *Sargassum* spp., sin ningún efecto negativo o positivo aparente. La intensidad de epitifismo por *A. spicifera* fue mayor en los meses en que el tamaño y la densidad del hospedero (*Sargassum* spp.) fue menor. En la misma área de estudio se registraron 11 géneros de esponjas

asociadas a *A. spicifera*. Las esponjas presentaron variaciones temporales de las abundancias, estas fueron influenciadas por los cambios en el tamaño y la densidad de *A. spicifera* así como por los factores ambientales la temperatura y la salinidad del agua (Ávila *et al.*, 2012).

En punta Roca Caimancito se realizó un estudio de la evaluación de la invasión de *A. spicifera* (Rhodophyta) sobre la epifauna de *Sargassum* spp. Se identificaron 10 especies de epifitas y 51 macroinvertebrados. Los anfípodos fueron el grupo más abundante y las especies más dominantes fueron *Ampithoe plumulosa* y *Podocerus fulanus*. La abundancia y la riqueza variaron significativamente a través del tiempo ($p < 0.05$). La talla promedio de *A. spicifera* mostró variación en el tiempo de estudio y entre sitios. La longitud promedio fue de 9.9 ± 0.15 cm con talla máxima de muestreo en abril (21 cm) y mínima en junio (3 cm). La biomasa promedio en gramos por peso seco (g ps m^{-2}) más alta se registró en abril ($2,136 \text{ g ps m}^{-2}$) y la mínima en julio ($852 \pm 40.54 \text{ g ps m}^{-2}$) (Méndez-Trejo *et al.*, 2014).

3. JUSTIFICACIÓN

La fauna en general que se encuentra asociada a los mantos o bosques de algas ha sido poco estudiada en el Golfo de California. En la zona costera de la Bahía de La Paz, habitan varias macroalgas, entre ellas las del género *Sargassum*, que es el alga más conspicua y que forma una comunidad compleja con importancia como hábitat para especies bentónicas asociadas, como artrópodos, crustáceos, moluscos, etc., que tienen relevancia pesquera. También pueden ser ecológicamente importantes para determinar las especies asociadas que actúen como bioindicadoras, como ya se ha estudiado en otras zonas. Aunado a esto, se sabe que *A. spicifera* es un alga exótica introducida, que puede llegar a desplazar la fauna nativa e incluso la flora y causar cambios en la estructura de la comunidad y posiblemente daños en el ecosistema así como también daños económicos. Es un alga que se ha adaptado a las condiciones ambientales de la Bahía de La Paz. Por ello, es necesario estudiar la función que desempeña y con quien, tiene interacción simbiótica como especie invasora en el ecosistema donde comparte hábitat con *S. horridum* en Punta Roca Caimancito, por lo que en este estudio se realizó una comparar la variación

estacional de la estructura de las asociaciones de especies epibiontes de las algas *S. horridum* y *A. spicifera*.

4. HIPÓTESIS

La complejidad de las macroalgas y las variaciones ambientales influyen la estructura de la comunidad y la composición de su fauna epibionte. Esto implica que algunas especies de macroalgas con distinta morfología y de distinta distribución biogeográfica, que se encuentren en un área donde co-habiten, como *Sargassum horridum* (nativa) y *Acanthophora spicifera* (introducida), presentarán distinta composición específica y estructura de la comunidad.

5. OBJETIVO GENERAL

Comparar la variación estacional de la estructura de las asociaciones de especies epibiontes de las algas *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito, BCS.

6. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Obtener la composición taxonómica de la fauna asociada a los talos de *S. horridum* y *A. spicifera*.
2. Analizar la estructura de la comunidad asociada a *S. horridum* y *A. spicifera*.
3. Conocer el patrón de variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad de la epifauna asociada a talos de *S. horridum* y *A. spicifera* de abril a julio de 2014 y febrero a marzo de 2015.
4. Determinar la relación que existe entre la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* con las variables ambientales.

7. ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de La Paz está localizada entre las coordenadas 24° 15' a 24° 33' N y -110° 15' a -110 ° 47' W, en la región suroeste del Golfo de California. Está delimitada al Este por la Isla Espíritu Santo y al Norte por la Isla San Francisquito, con una extensión aproximada de 2,000 km² y una profundidad máxima de 400 m. La profundidad en la bahía decrece gradualmente de Norte a Sur hasta menos de 100 m en su parte meridional. La circulación del agua superficial dentro de la bahía está influenciada por los vientos del Sureste durante el verano y por los vientos del Noroeste en el invierno. (Jiménez - Illescas *et al.*, 1997). La región presenta un clima seco y árido, con una evaporación anual (215 mm) que excede la precipitación (180 mm), esta última debida en su mayor parte a las lluvias generadas por tormentas tropicales durante el verano-otoño (Obeso-Nieblas & Jiménez-Illescas, 1989). La temperatura cercana al suelo varía de aproximadamente 20°C en invierno, a 40°C durante la segunda mitad del verano y a principios del otoño (Obeso-Nieblas, 2008).

La playa Punta Roca Caimancito se encuentra en el extremo suroeste de la Bahía (24°12'12" N, 110°18'02" W) entre la playa Coromuel y Costa Baja. Se caracteriza por ser una zona somera de fondo arenoso con agregaciones de rocas. Esta playa presenta un oleaje de muy baja intensidad (Ceseña-Arce, 2003) (Fig. 1).

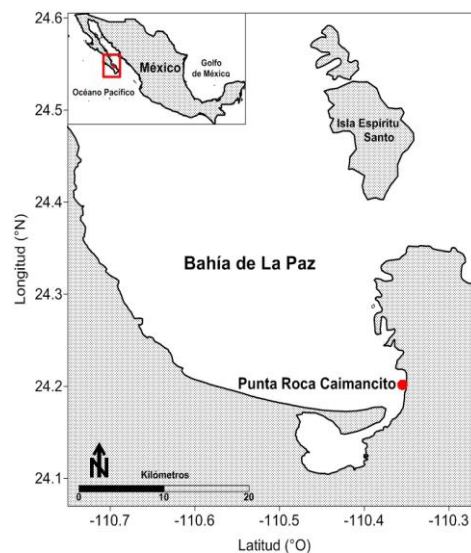


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio Punta Roca Caimancito, en la Bahía de La Paz

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Trabajo de campo

Se realizaron recolectas de *S. horridum* y *A. spicifera* en la localidad Punta Roca Caimancito, en función del ciclo de vida de *S. horridum* en el área de estudio, que fue de abril a julio de 2014 y de febrero a marzo de 2015. Durante los muestreos se midió la temperatura superficial con un termómetro de mercurio Brannan de 260 °C.

Por medio de buceo libre se colocaron 12 cuadrantes de 15 x 15 cm² perpendiculares a la línea de costa, separados por aproximadamente 2 m entre ellos (Fig.2) Los talos presentes dentro de los cuadrantes se recolectaron desde el sujetador con una espátula metálica con el fin de no fragmentar (en el caso de *A. spicifera*) y se depositaban dentro de bolsas plásticas etiquetadas para su transporte al laboratorio de Botánica Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.



Figura 2. Diseño de muestreo; recolecta de *S. horridum* y *A. spicifera* cuadrante de 15 cm² □

8.2. Trabajo de laboratorio

En el laboratorio se realizó la separación de los epífitos de los talos de *S. horridum* y *A. spicifera* mediante un proceso de agitación y filtración con agua dulce a través de una malla de 300 μm . Los individuos que permanecieron fijos al alga fueron separados con pinzas y agujas de disección. Todos los organismos separados se depositaron en frascos de plástico previamente etiquetados con los datos de recolecta y posteriormente se preservaron en alcohol al 70%. La identificación taxonómica se realizó bajo un estereoscopio (modelo SZ-ST Olympus) con ayuda de expertos taxónomos, para ser identificados hasta el menor nivel taxonómico posible mediante claves y la guía de León-González *et al.* (2009), para el caso de Anfípodos gamáridos (Peracarida: Amphipoda); García-Madrigal (2007), para moluscos Keen (1971), para los ofiuroides Flores-Escandón (2012) y para otros invertebrados Brusca (1980).

Cada muestra de algas se pesó con una balanza electrónica (OHAUS CS) de 200 gramos de precisión y se midieron con una regla (cm). Los datos obtenidos se correlacionaron con la abundancia y riqueza de las especies asociadas.

8.3. Análisis de los datos

Antes de realizar cualquier análisis los datos fueron estandarizados, con el fin de que las abundancias de los epibiontes estuvieran referidas a un mismo peso de sustrato pudieran ser comparables, empleando la siguiente fórmula expresados en unidades de No. Individuos g^{-1} de macroalga sustrato:

$$\frac{\text{número de individuos} * 1000}{\text{peso húmedo del alga}}$$

Los datos de abundancia fueron transformados a $\log(x+1)$ con el fin de disminuir sus desviaciones estándar.

8.3.1. Indicadores de la estructura de la comunidad epifaunística asociada a *S. horridum* y *A. spicifera*.

Los indicadores que se utilizaron para determinar los patrones que caracterizan la estructura de la comunidad epifaunística fueron: abundancia estandarizada a peso (N), riqueza de especies (S), índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') e índice de equidad de Pielou (J').

8.3.2. Riqueza de especies

Se determinó calculando el número total de especies en la muestra (cuadrante y mes).

8.3.3. Abundancia relativa

La abundancia relativa (Pi), estima las proporciones relativas con que participan cada uno de los taxones (preferentemente especies) en un sitio (cuadrante o tiempo) de muestreo, con respecto al total de los individuos de las demás especies de ese sitio (cuadrante o tiempo) y se emplea la siguiente fórmula:

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$$

Donde:

n_i = Número de organismos de la especie i .

n_j = Estación de muestreo.

N = Número total de organismos para todas las especies.

8.3.4. Procedimiento permutacional de multirespuesta (PPMR) y análisis de Indicador de especies (ISA)

Se aplicó un PPMR para responder la hipótesis de que existen diferencias significativas en la estructura de la comunidad de epibiontes que habitan en cada una de las especies de algas estudiadas. El análisis de indicador de especies está ligado a los procedimientos de permutación multirespuesta, este método combina información sobre la concentración de la abundancia de especies en un grupo en

particular y la fidelidad de la aparición de una especie de un grupo particular. Un indicador perfecto de un grupo en particular debe ser fiel a ese grupo (siempre presente). También debe ser exclusivo a ese grupo, nunca se producen en otros grupos. El análisis de indicador de especies da valores para cada especie en cada grupo. Los valores de los indicadores son la prueba de significación estadística utilizando una técnica (Monte Carlo) aleatorización en el Programa PCORD.

8.3.5. Índice de valor de importancia

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor relativo de las especies en función de su frecuencia de aparición y su densidad. Este índice fue implementado para medir la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad. La suma total de los valores relativos de densidad y frecuencia relativa debe ser igual a 100 cada una de ellas.

$$IVI = \text{Den. Rel.} + \text{Frec. Rel.}$$

Donde:

IVI= Índice de valor de importancia (%)

Den. Rel.= Densidad relativa (%)

Frec. Rel. = Frecuencia relativa (%)

8.3.6. Índice de diversidad de Shannon Wiener (H')

La diversidad indica cómo está distribuida la abundancia entre las especies, esta fue calculada con el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Puede adquirir valores entre cero cuando existe una sola especie y H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos n_i , es decir que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa ($H'_{\max}$). Se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/individuos.

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i) \log_2(p_i)$$

Donde:

s= número de especies (la riqueza de especies)

pi= proporción de individuos de la especie i (ni) en la comunidad (N), es decir: $p_i = \frac{n_i}{N}$

ni= número de individuos de la especie i

N= número de todos los individuos de todas las especies

8.3.7. Índice de equidad de Pielou (J')

El índice de equidad (J') aporta información respecto a la proporción media de abundancia que presentan las especies en una muestra, de tal manera que cuando todas las especies en una muestra son abundantes en la misma proporción, observaríamos que el índice de equidad sería máximo (con valor de 1) y decrecería si la abundancia relativa de las especies fuera diferente (con valor de 0).

$$J' = H' / H' \text{ max}$$

H' = Diversidad de Shannon

H' max= Diversidad máxima = log (S)

8.3.8. Índice de dominancia

La dominancia se valoró mediante el índice de Simpson. Este índice evalúa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, toma en cuenta la representatividad con mayor valor de importancia (Moreno, 2001). El valor máximo 1, se obtiene cuando solamente hay una especie, los valores que se aproximan a 0 se obtienen cuando hay numerosas especies y ninguna es dominante.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

D = Índice de dominancia.

S = Número total de especies.

N = Número total de organismos presentes.

n = Número de ejemplares por especie.

8.3.9. Análisis de varianza

Una vez probados los supuestos de normalidad ($\alpha = 0.05$) y homocedasticidad ($\alpha = 0.05$), se realizaron análisis de varianza de dos vías paramétricos (ANOVA), para determinar diferencias significativas de la riqueza abundancia, diversidad y equidad entre los valores de los cuadrantes por alga, de los valores mensuales y entre temporadas del año fría (febrero, marzo y abril) y los meses de transición y cálidos (mayo, junio y julio). En los casos donde se presentaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones de los valores de p para conocer entre cuáles meses se encontraban esas diferencias.

8.3.10. Índice de similitud de Bray-Curtis

Se estimó el grado de semejanza entre meses de muestreo utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis utilizando el programa PCORD (MjM), el cual considera en conjunto la presencia y abundancia de las especies (Krebs, 1999). Esta técnica es utilizada para expresar las similitudes entre las diferentes asociaciones bióticas en un espacio determinado, permitiendo que un conjunto de objetos pueda plasmarse en un dendrograma o conceptualmente en un mapa, el cual expresa la distancia relativa entre los puntos.

8.3.11. Análisis canónico de correspondencias

En ecología de comunidades, el Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) es una ordenación de unidades de muestra en el espacio ambiental. El ACC maneja dos matrices, en este estudio se utilizó una matriz de abundancia de epibiontes asociados a las algas, que se emparejo con una matriz de las variables ambientales (temperatura, talla y peso de las algas). El ACC ignora estructura de la comunidad que no está relacionada con las variables ambientales. Su objetivo es buscar las

asociaciones de especies de epibiontes en función de gradientes de múltiples variables y la validez de las mismas.

9. RESULTADOS

9.1. Riqueza biológica

Durante el periodo de estudio se realizaron un total de 136 cuadrantes de 225 cm² y se recolectaron 68 muestras de cada alga. Durante el periodo muestreado se cuantificaron en total 713,396 individuos en 15300 cm² en *S. horridum* y en *A. spicifera* 432,840 individuos en 15300 cm².

La comunidad de epifauna asociada a *S. horridum* estuvo compuesta por 124 taxa que se agrupan en 11 phylum, 15 clases, 33 orden, 43, familias, 58 géneros y 46 especies (ANEXO 1). En *A. spicifera* la epifauna estuvo compuesta por 90 taxa que se agrupan en siete phylum, 15 clases, 26 orden, 39 familias y 34 especies (ANEXO 2).

En el caso del phylum Mollusca solo se lograron identificar los organismos de los primeros dos meses de muestreo (abril y mayo) por restricciones de tiempo, y para los análisis estadísticos se procesó la abundancia total por phylum. Sin embargo, debido al esfuerzo realizado en la identificación de estos organismos, se agregaron al listado sistemático

9.2. Análisis procedimientos de multirespuesta por permutación y análisis de indicador de especies

Los resultados del análisis MRPP indicó que existen diferencias significativas ($p=0.0029$) en la estructura de la comunidad de ambas especies de algas. El análisis de indicador de especies mostró que en *S. horridum* se encontraron 25 taxa exclusivamente en esta especie y en *A. spicifera* siete especies exclusivas. Pero aparentemente el resultado obtenido muestra que estas especies prefieren estar en una u otra especie de alga, pero esta diferencia no fue significativa. Es decir, que es poco probable que solo se encuentren en una sola especie de acuerdo para cada

valor obtenido, ya que estas especies de epibiontes no presentan una variación en los meses y presentan baja abundancia (Tabla 1).

Tabla 1. Especies en las que difieren *S. horridum* y *A. spicifera* y la significancia observada del análisis de indicador de especies.

Phyla	Taxón	Alga	Valor observado	Media	Desv.	p *
Annelida	Syllidae sp. 4	1	5.9	3.0	1.34	0.11
	Serpullidae	1	3.6	3.1	1.27	0.49
	<i>Neanthes</i> sp. 1	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	Chrysopellidae	1	4.4	2.6	1.12	0.24
	<i>Pterocirrus macroceros</i>	1	2.9	2.0	0.92	0.48
	<i>Semiodera</i> sp.	1	4.4	2.6	1.08	0.24
	<i>Cerceis</i> sp.	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	<i>Ceratonereis excisa</i>	1	2.9	2.0	0.92	1.00
	Polynoidae sp. 2	1	3.6	3.1	1.27	1.00
	Capitellidae	2	1.5	1.5	0.02	1.00
	Cirratulidae	2	1.5	1.5	0.02	1.00
	Hesionidae	2	1.5	1.5	0.02	1.00
Arthropoda	<i>Ampithoe</i> sp. 3	1	1.5	2.0	0.02	1.00
	<i>Colonthura</i> sp.	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	Pyncnogonida sp. 2	1	1.4	2.5	1.10	1.00
	Isópoda sp.	2	1.5	1.5	0.02	1.00
	Hyppolitidae sp.	2	1.5	1.5	0.02	1.00
	Brachyura sp. 5	2	1.5	1.5	0.02	1.00
Bryozoa	Bryozoa	1	1.4	2.5	1.10	1.00
Chordata	Labrisomidae	1	1.5	1.5	0.02	1.00
Cnidaria	<i>Obelia</i> spp.	1	2.9	2.2	0.76	0.50
	<i>Clytia</i> spp.	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	<i>Plumularia</i> spp.	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	<i>Sertularia</i> spp.	1	1.5	1.5	0.02	1.00
Echinodermata	<i>Ophiotrix rudis</i>	1	4.9	3.5	1.42	0.23
	Asteroidea	2	1.5	1.5	0.02	1.00
Mollusca	<i>Dolabella articulatus</i>	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	<i>Berghia major</i>	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	Polyplacophora sp. 1	1	1.5	1.5	0.02	1.00
	<i>Crepidula</i> spp.	1	1.5	1.5	0.02	1.00
Platyhelminthes	Turbellaria	1	4.4	2.6	1.08	0.23
Sipunculida	Sipunculida	1	1.5	1.5	0.02	1.00

Proporción de datos aleatorios con valor del indicador superior o igual al valor del indicador observado. $p = (1 + \text{números corridos} \geq \text{observadas}) / (1 + \text{número aleatorios corridos})$ Alga 1=*S. horridum*; Alga 2=*A. spicifera*.

9.3. Composición porcentual global de la abundancia

La composición porcentual para *S. horridum* fue la siguiente: los artrópodos representaron el 55.61%, seguido de los moluscos con 35.40% y los anélidos con 5.72% y los demás grupos representaron el 3% restante (Fig. 3). En el caso de *A. spicifera* los artrópodos representaron el 68.1%, seguidos de los moluscos 16.5%, nematodos 8.2% y anélidos 6%, mientras que el resto de los grupos representan menos del 1% del total (Fig. 3).

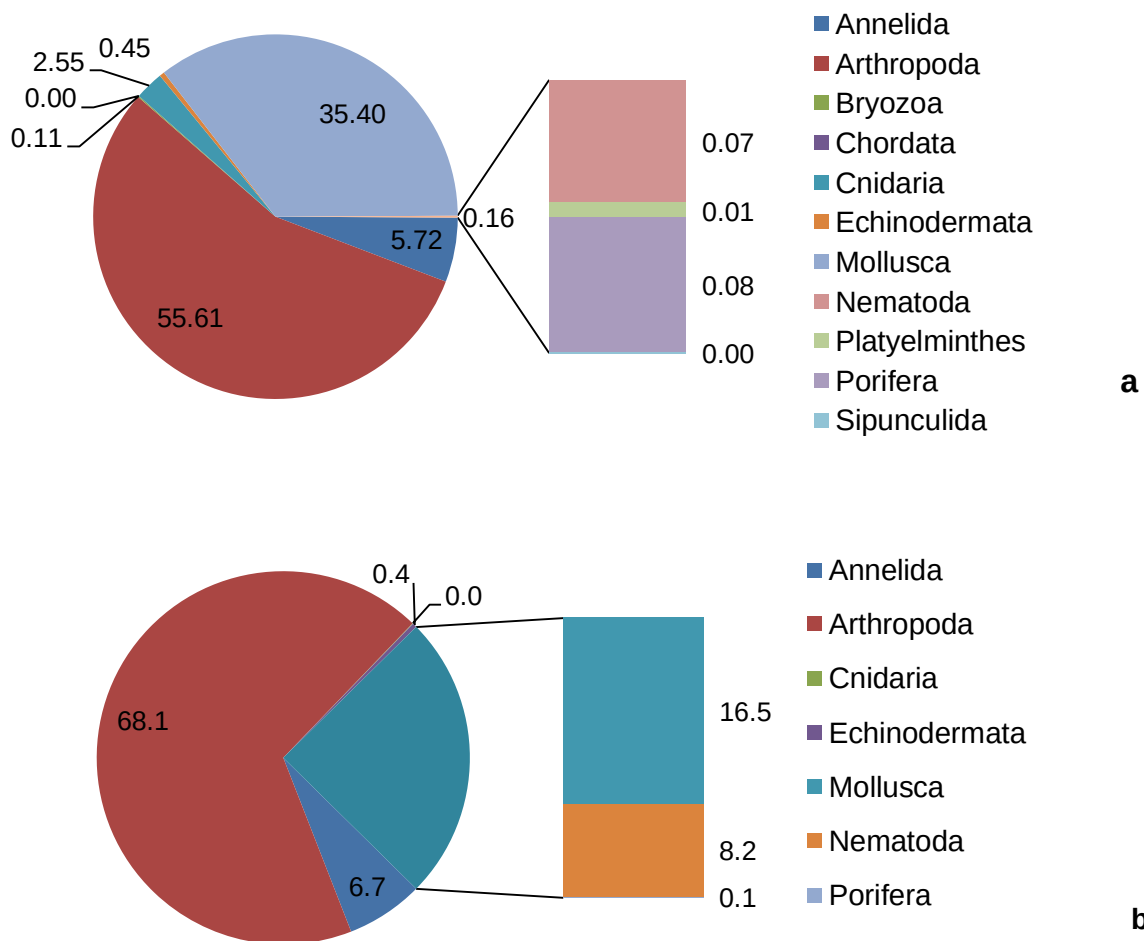


Figura 3. Composición porcentual de los individuos por phylum que componen la comunidad de epifauna asociada en a) *S. horridum* y b) *A. spicifera*.

9.4. Composición global por taxa

En los gráficos de composición por taxón se observa que los anfípodos son los que presentan el mayor porcentaje en ambas algas, en *S. horridum* (38.6%) y *A. spicifera* (51.5%), el segundo grupo son los gasterópodos en *S. horridum* (35.2%) y en *A. spicifera* (17.7%). El tercer grupo son los tanaidáceos (10.5%) en *S. horridum* y en *A. spicifera* (16.6%) y los demás grupos en las dos algas estuvieron representados por menos del (5%), es decir forman parte de la comunidad pero no se encuentran en alta abundancia (Fig. 4 y 5).

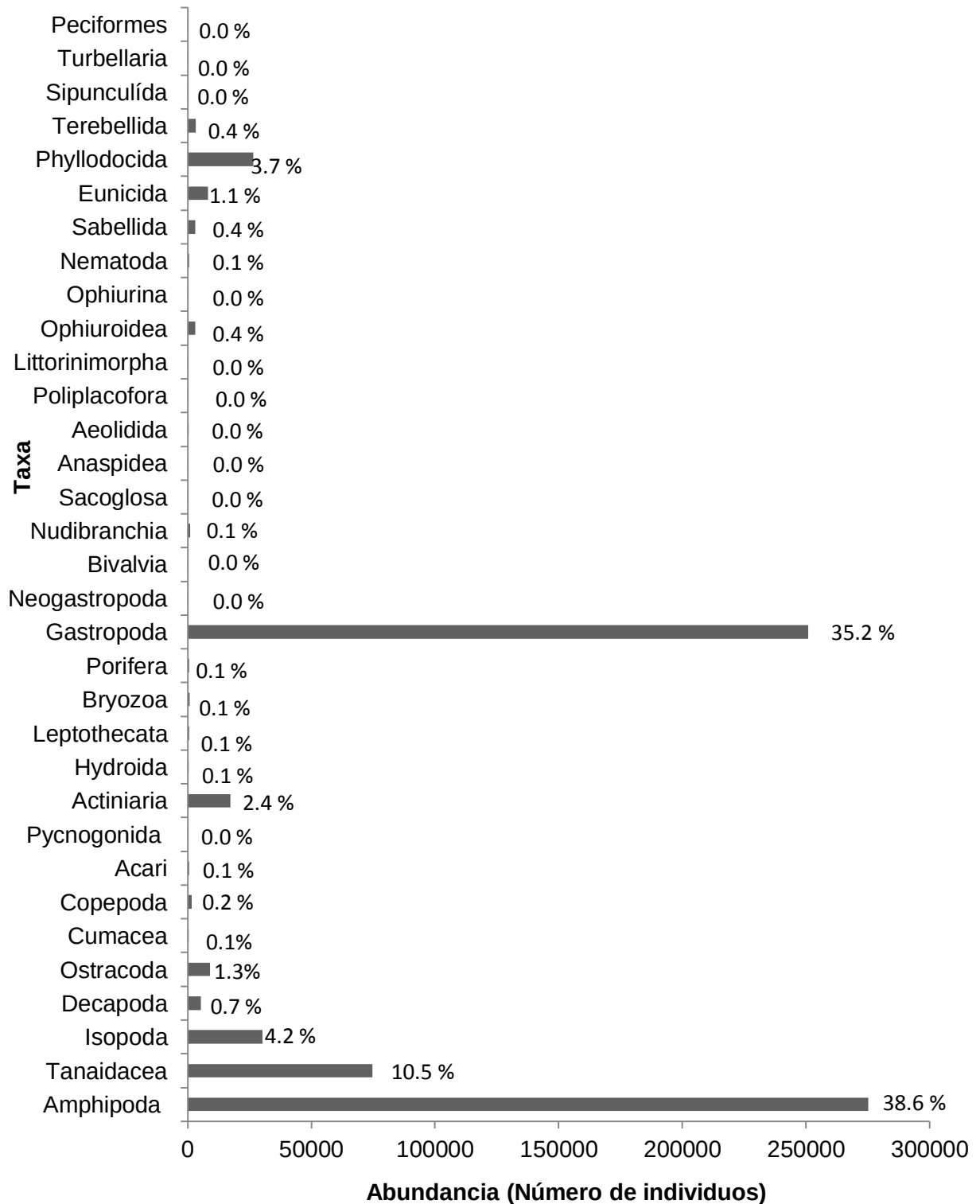


Figura 4. Composición porcentual del número de individuos de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a *S. horridum*.

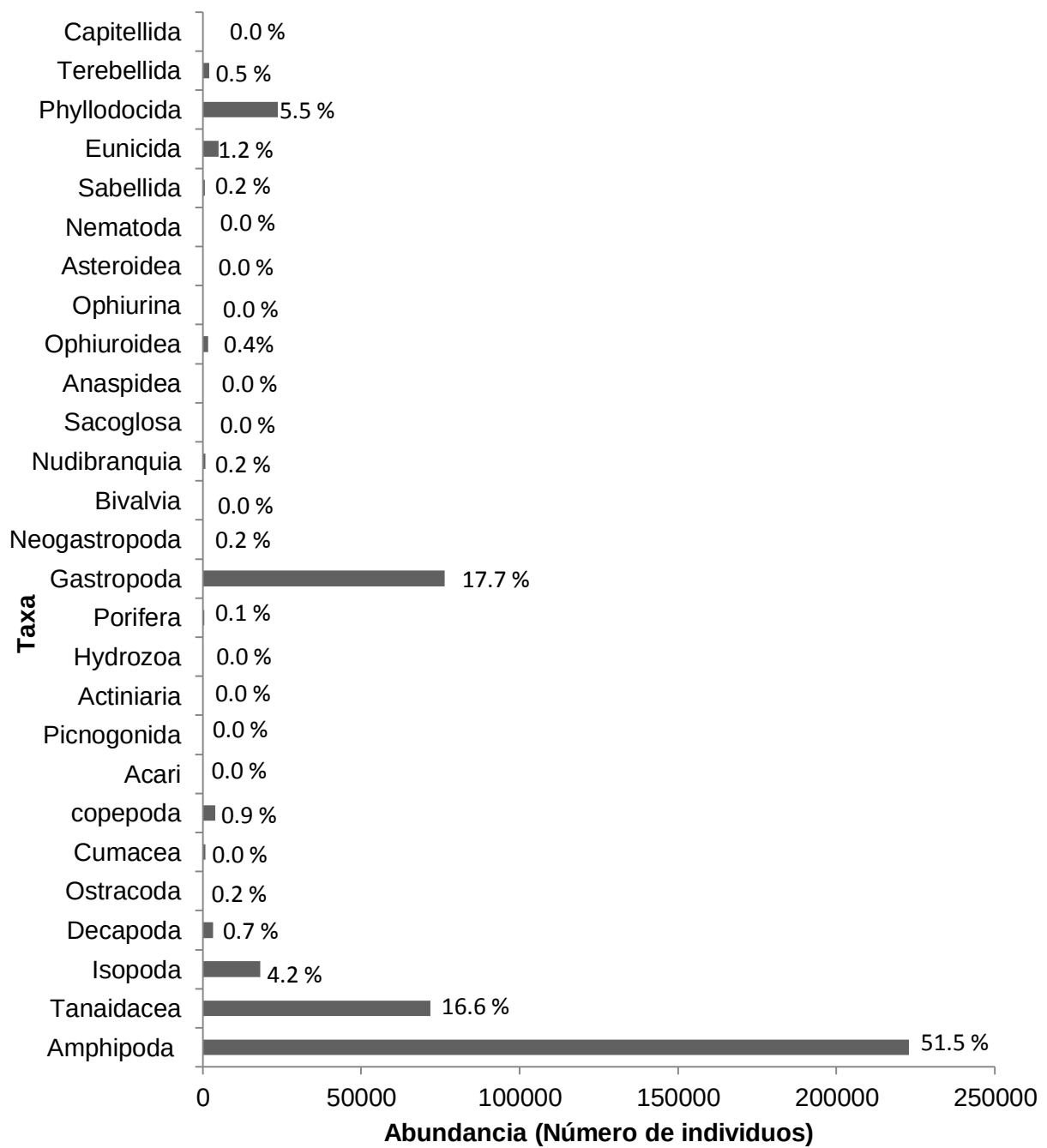


Figura 5. Composición porcentual del número de individuos de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a *A. spicifera*.

9.5. Abundancia mensual relativa de *S. horridum* y *A. spicifera*.

La variación mensual de la abundancia total de epibiontes en *S. horridum* muestra que hay un descenso de abril a julio. Cuando esto sucede, la abundancia de individuos asociados *A. spicifera* se incrementan en febrero a 7,189 individuos y en marzo hasta 13,136 individuos, las cuales rebasan las abundancias de *S. horridum* encontradas en febrero que fueron 5,516 individuos y en marzo 3,150 (Fig. 6).

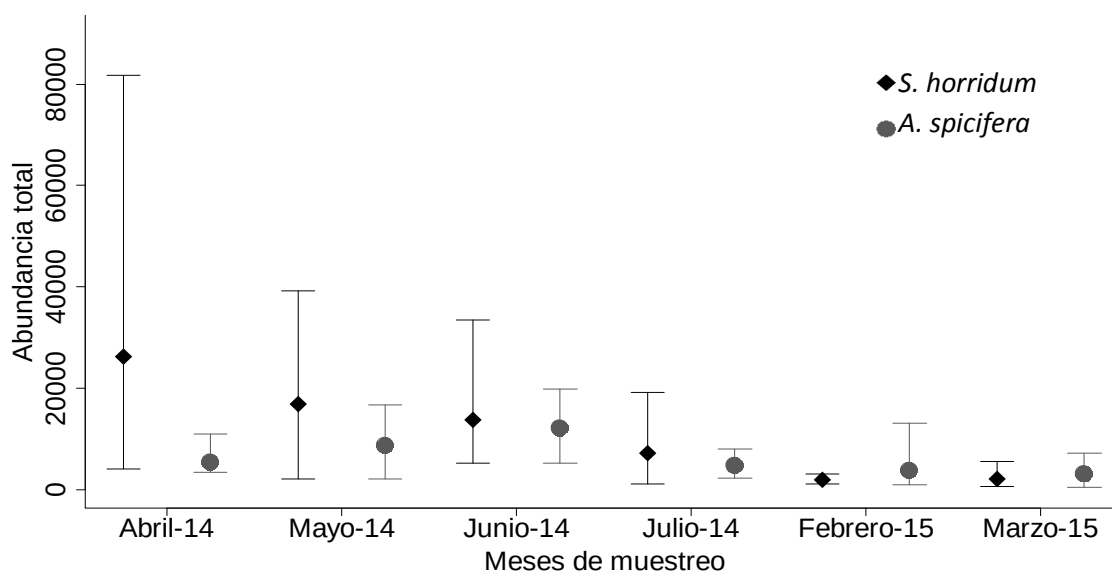


Figura 6. Promedio de la abundancia mensual de individuos en *S. horridum* y *A. spicifera*; Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales).

9.6. Abundancia global por taxa

En *S. horridum* los phyla más abundantes fueron los artrópodos (11-91%), seguidos de los moluscos (4-80%) y los anélidos (1-15%) y los demás grupos presentaron abundancia relativa baja (<13). Para *A. spicifera* fueron más abundantes los artrópodos (37-90%), seguidos de los moluscos (2-63%) y los anélidos (2-25 %), los demás grupos representaron menos del 15% (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Variación mensual de la abundancia total (número de individuos totales) y abundancia relativa de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociados a *S. horridum* en la localidad de Punta Roca Caimancito, BCS durante el periodo de abril de 2014 a marzo de 2015.

Taxón	Abril	(%)	Mayo	(%)	Junio	(%)	Julio	(%)	Febrero	(%)	Marzo	(%)
Annelida	3035	1	2804	1	24674	15	9576	11	367	2	353	1
Sabellida	947	0	429	0	758	0	606	1	213	1	26	0
Eunicida	1161	1	1486	1	3439	2	1963	2	61	0	83	0
Phyllodocida	774	0	856	0	18574	11	6067	7	28	0	182	1
Terebellida	153	0	32	0	1903	1	941	1	65	0	62	0
Arthropoda	24129	11	130703	64	129256	78	69232	80	21432	91	21984	89
Amphipoda	16674	8	98849	49	98364	60	23803	28	17949	78	19518	79
Tanaidácea	2713	1	13295	7	19107	12	36309	42	2190	9	997	4
Isópoda	1911	1	9240	5	10253	6	6628	8	1034	4	1115	5
Decápoda	560	0	1160	1	1183	1	1819	2	241	1	301	1
Ostrácoda	1197	1	7678	4	0	0	74	0	0	0	0	0
Cumacea	29	0	56	0	150	0	140	0	0	0	0	0
Copépoda	816	0	18	0	200	0	439	1	0	0	36	0
Acari	230	0	388	0	0	0	0	0	18	0	0	0
Picnogónida	0	0	18	0	0	0	20	0	0	0	17	0
Bryozoa	24	0	707	0	0	0	0	0	21	0	0	0
Chordata												
Perciformes	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidaria	13725	7	3719	2	361	0	0	0	229	1	165	1
Actiniaria	13640	6	3191	2	150	0	0	0	197	1	70	0
Hydroida	65	0	63	0	211	0	0	0	32	0	96	0
Leptothecata	19	0	465	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinodermata	109	0	472	0	945	1	1584	2	31	4	46	9
Ophiuroidea	109	0	444	0	945	1	1510	2	0	0	40	0
Ophiurina	0	0	28	0	0	0	74	0	31	0	6	0
Mollusca	168958	80	64891	32	9715	6	6093	7	1013	4	2117	9
Gastropoda	168841	80	64762	32	9626	6	5007	6	887	4	1812	7
Neogastropoda	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvia	0	0	0	0	89	0	92	0	30	0	11	0
Nudibranchia	59	0	91	0	0	0	661	1	64	0	29	0
Sacoglosa	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	14	0
Anaspidea	0	0	0	0	0	0	139	0	0	0	125	1
Aeolidida	0	0	0	0	0	0	111	0	32	0	125	1
Poliplacofora	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0
Littorinimorpha	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	0	0	0	0	116	0	24	0	348	1	30	0
Platyelminthes												
Turbellaria	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porífera	84	0	0	0	220	0	195	0	49	0	19	0
Sipunculida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0

Tabla 3. Variación mensual de la abundancia total (número total de individuos) y abundancia relativa de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a *A. spicifera* en la localidad de Punta Roca Caimancito, BCS, durante el periodo abril de 2014 a marzo de 2015.

Taxón	Abril	(%)	Mayo	(%)	Junio	(%)	Julio	(%)	Febrero (%)	Marzo (%)		
Annelida	2568	0	5538	2	10782	4	11329	19	1186	25	0	3
Sabellida	0	0	44	0	106	0	391	1	146	0	0	0
Eunicida	55	0	1564	2	1568	1	1056	2	642	1	145	0
Phyllodocida	58	0	388	0	3640	2	8542	15	10429	23	674	2
Terebellida	35	0	558	1	223	0	793	1	112	0	367	1
Capitellida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
Artropoda	1092	37	1347	68	2670	90	3221	79	283	69	0	71
Amphipoda	9527	22	55711	54	93036	64	15505	27	24403	54	24720	67
Tanaidacea	5873	13	8912	9	28986	20	25508	44	2291	5	209	1
Isópoda	423	1	4811	5	8788	6	1639	3	1495	3	1003	3
Decápoda	34	0	383	0	1002	1	896	2	786	2	71	0
Ostrácoda	0	0	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cumacea	0	0	430	0	110	0	0	0	272	1	43	0
Copépoda	237	1	85	0	0	0	1655	3	1858	4	70	0
Acari	0	0	53	0	80	0	0	0	0	0	0	0
Picnogónida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0
Cnidaria	0	0	15	0	0	0	0	0	167	0	27	0
Actiniaria	0	0	0	0	0	0	0	0	167	0	27	0
Hydrozoa	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinodermata	18	0	25	0	1546	1	37	0	91	0	82	0
Ophiuroidea	18	0	13	0	1546	1	0	0	91	0	12	0
Ophiurina	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	69	0
Asteroidea	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	27264	63	30333	29	6843	5	1313	2	2430	5	9368	25
Gastropoda	27230	63	30253	29	6592	5	1004	2	2181	5	9149	25
Neogastropoda	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	81	0
Bivalvia	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0
Nudibranquia	0	0	80	0	182	0	256	0	249	1	97	0
Sacoglossa	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0
Anaspidea	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	25	0
Nematoda	0	0	77	0	0	0	0	0	77	0	36	0
Porífera	18	0	0	0	156	0	119	0	139	0	34	0

9.7. Estructura de la comunidad asociada a *S. horridum* y *A. spicifera*

En *S. horridum* los índices diversidad y equidad se comportaron de manera semejante y variaron durante los meses de muestreo. Junio fue el mes con mayor diversidad y equidad ($H' = 3.9$ y $J' = 0.69$) y en abril la menor diversidad y equidad ($H' = 1.52$ y $J' = 0.26$). En cuanto al índice de dominancia el valor máximo se presentó en abril (0.64) mientras que los demás meses se mantuvo debajo de 0.3. En *A. spicifera* los índices de diversidad y equidad presentaron los valores más altos en febrero ($H' = 3.29$ y $J' = 0.64$) y en abril los valores mínimos ($H' = 2.0$ y $J' = 0.42$). En el caso del índice de dominancia el valor máximo fue en abril (0.41) y el valor mínimo fue en febrero (0.28), (Fig. 7).

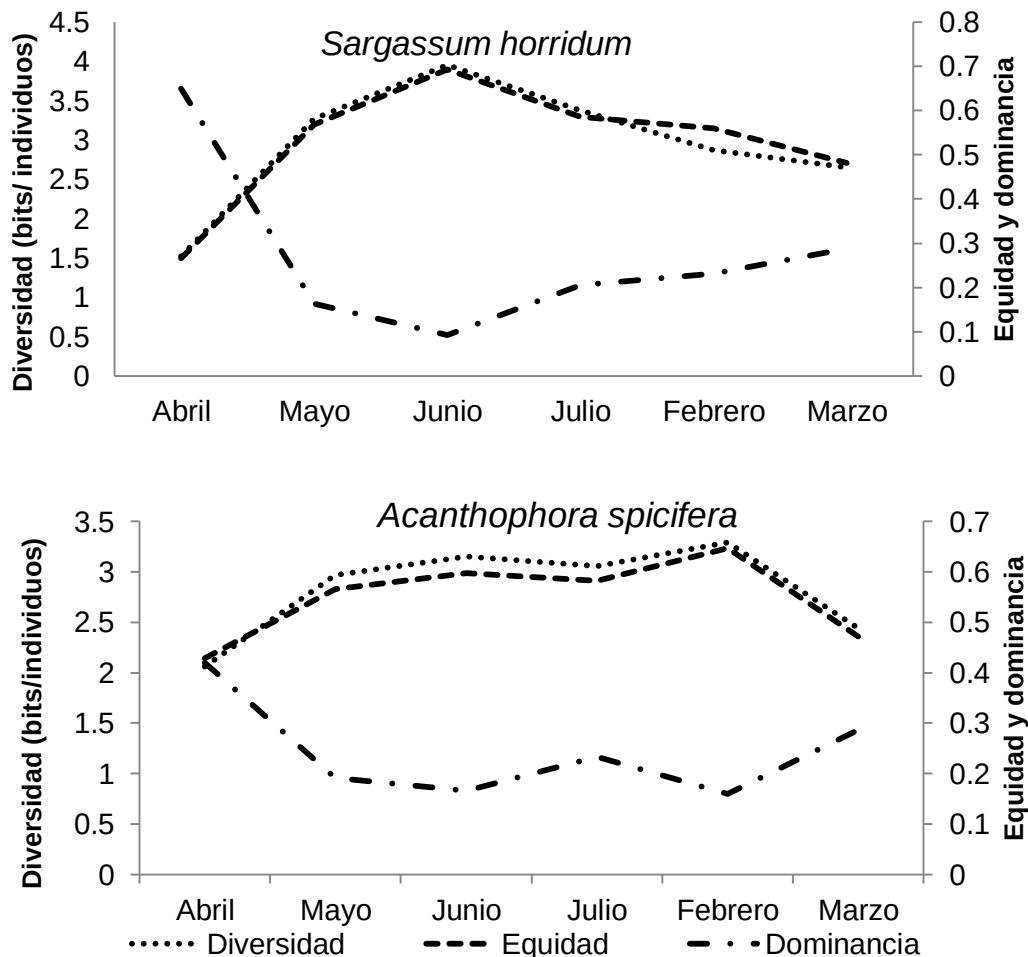


Figura 7. Gráficos de eje 1; diversidad (H'), eje 4; equidad (J') y dominancia (D) de *S. horridum* y *A. spicifera*.

9.8. Riqueza mensual

La riqueza específica presentó diferencias significativa entre las dos especies de algas ($p < 0.000$). En *S. horridum* se obtuvieron valores mínimos en los meses de febrero (12.75) y marzo (14.17) del 2015 y valores máximos en abril (21.75) y junio (24.42) de 2014. En *A. spicifera* los valores mínimos en febrero (11.25), marzo (10.58) y abril (11.25) y máximo en Junio (15.58) (Fig. 8).

El análisis de comparación de medias de t-student mostró diferencias significativas entre los meses de muestreo ($p < 0.00$), excepto el mes de febrero $p > 0.05$). En la comparación de la probabilidad (asteriscos) entre los meses de mostró que conforme la riqueza específica aumenta (abril a junio), la diferencia de los valores de los meses anteriores se vuelven significativas en ambas algas; por ejemplo, abril fue diferente de mayo, julio y febrero.

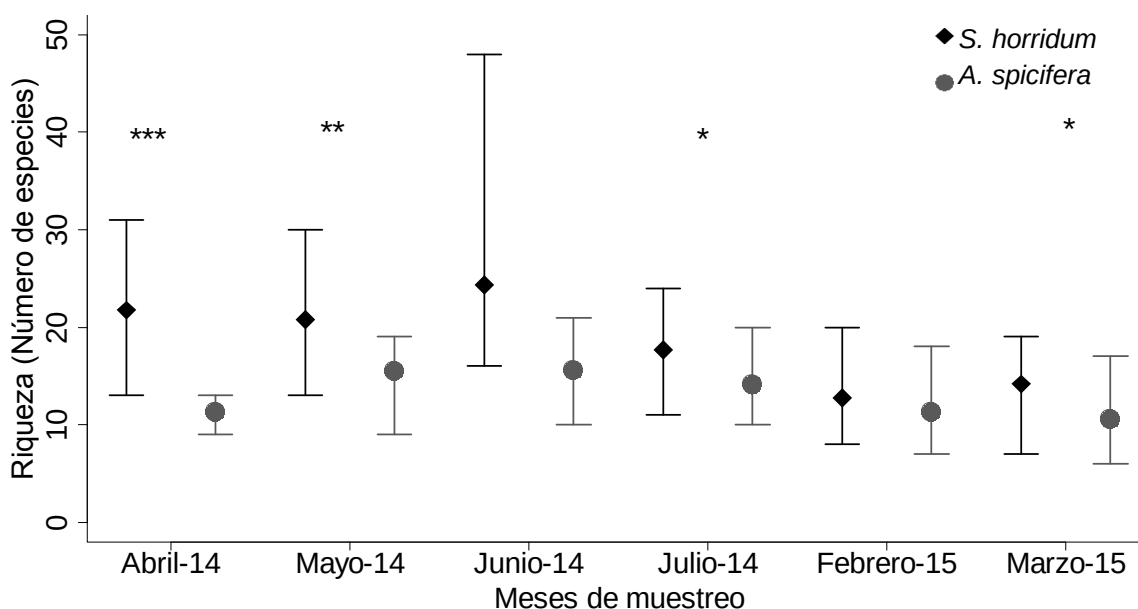


Figura 8. Variación mensual de la riqueza de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p = 0.00$ *** $p < 0.001$ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$.

9.9. Riqueza por temporadas

La riqueza específica por especie de alga y temporadas presentaron diferencias significativas ($p < 0.000$), es decir la composición en la riqueza fue distinta, *S. horridum* presentó una riqueza más alta que *A. spicifera*. Sin embargo, se observó que en ambas especies, durante la época cálida aumenta la riqueza (Fig. 9).

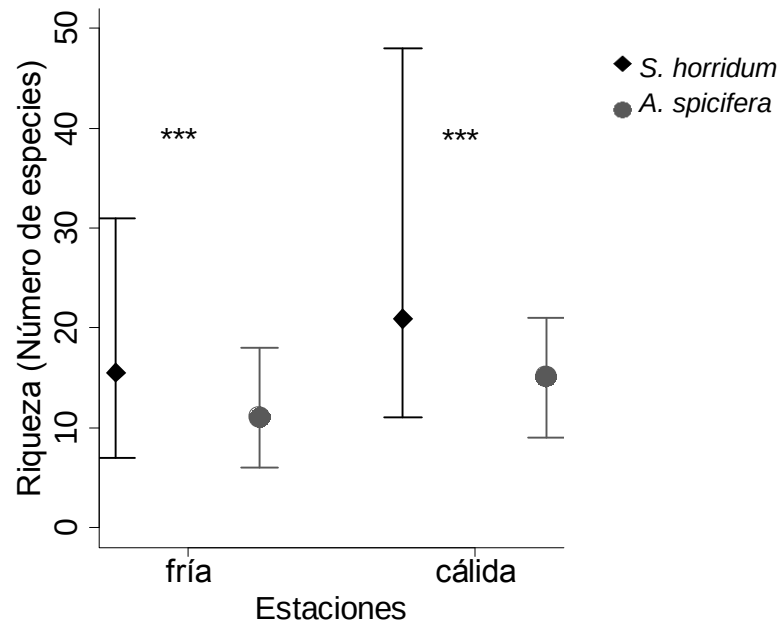


Figura 9. Riqueza específica por temporadas de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p = 0.00$ *** $p < 0.001$ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$.

9.10. Abundancia mensual

La abundancia total no presentó diferencias significativas entre las dos especies de algas ($p > 0.58$). *S. horridum* presentó valores mínimos en los meses de febrero (7.53) y marzo (7.42) del 2015 y valores máximos en abril (9.68) y mayo (9.28) de 2014. En *A. spicifera* los valores máximos fue en junio (9.31) y los valores mínimos en febrero (7.88) y abril (7.79) (Fig. 10).

El análisis de t mostró diferencias significativas entre meses de muestreo ($p < 0.000$). La comparación de los valores de p entre meses mostró que conforme la abundancia aumenta (marzo a junio), la diferencia de los valores entre los meses se volvieron significativas con respecto a los meses anteriores, por ejemplo abril fue diferente de julio.

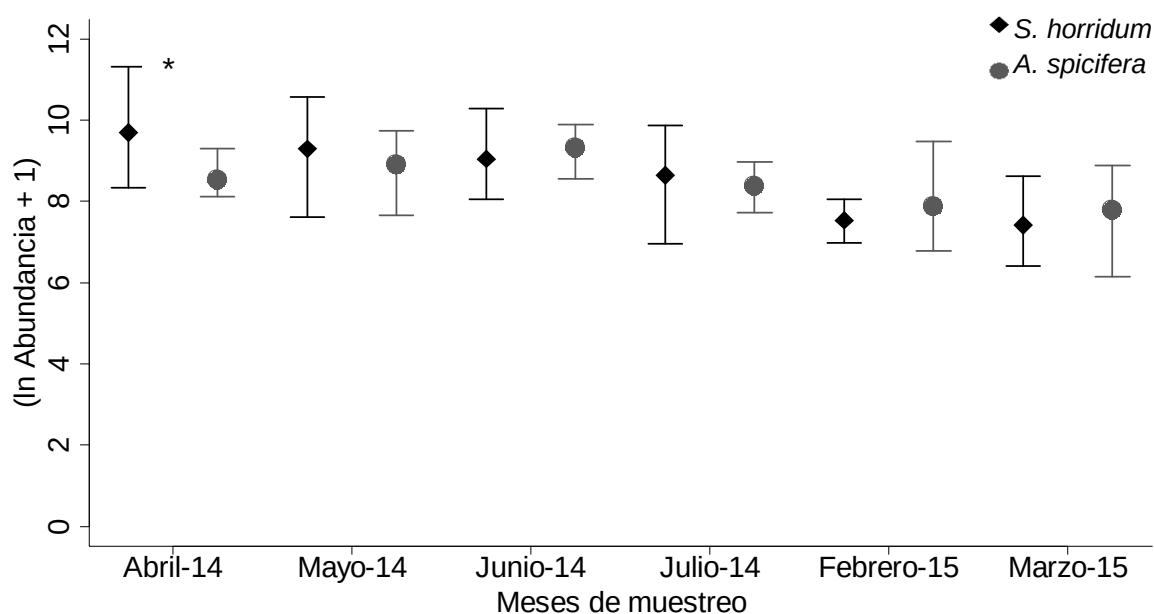


Figura 10. Variación mensual de la abundancia de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p = 0.00$ *** $p < 0.001$ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$.

9.11. Abundancia por temporada

La abundancia entre algas no presentó diferencia significativa ($p > 0.58$). Sin embargo la abundancia por temporadas sí mostró diferencia significativa $p < 0.000$. (Fig. 11).

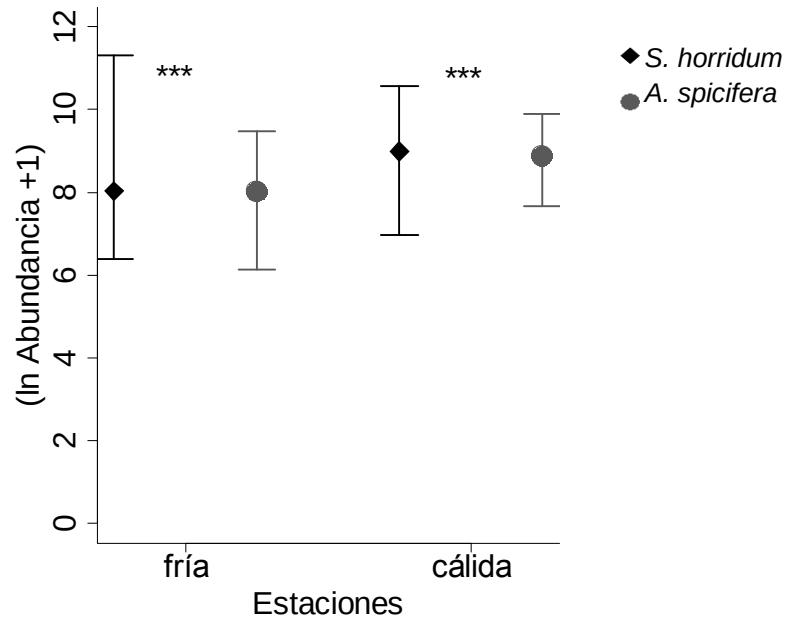


Figura 11. La abundancia por temporada de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ◆=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p = 0.00$ *** $p < 0.001$ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$.

9.12. Diversidad mensual

Se encontraron diferencias significativas en diversidad de la epifauna entre meses y entre especies de algas a lo largo del periodo de estudio ($p < 0.00$). Los meses con la diversidad promedio más alta fueron junio y julio en *S. horridum* (3.26 bits / individuos y 2.87 bits / individuos) y en *A. spicifera* (2.8 bits / individuos y 2.62 bits / individuos) y la diversidad más baja se presentó en abril en *S. horridum* (1.70 bits/ individuos) y en *A. spicifera* (1.87 bits / individuos) (Fig. 12).

Mediante la prueba de t, se encontró que conforme la diversidad disminuye de febrero a abril, la diferencia de los valores entre los meses se vuelve significativa con respecto a los meses anteriores por ejemplo junio ($p < 0.000$) es diferente a los demás meses. Cuando la diversidad aumenta en ambas especies de algas de mayo a julio existen diferencias con respecto a los meses anteriores.

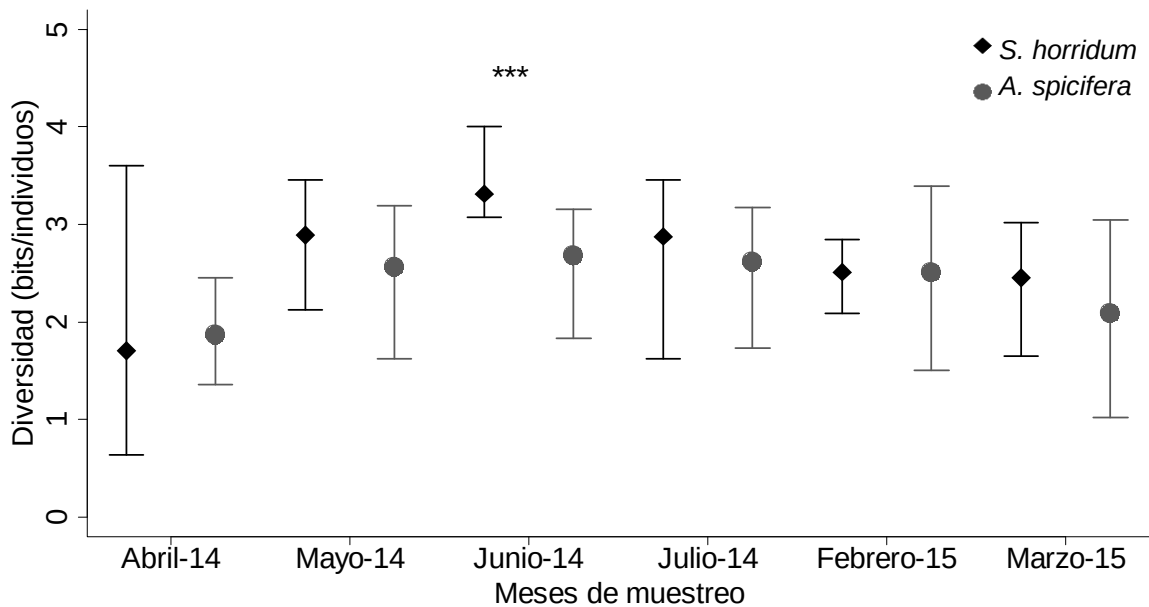


Figura 12. Variación mensual de la diversidad (Shannon-Wiener H') de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p=0.00$ *** $p<0.001$ ** $p<0.01$ * $p<0.05$.

9.13. Diversidad por temporadas

La diversidad presentó diferencias significativa entre alga y temporadas ($p=0.00$). *S. horridum* presenta una riqueza más alta que *A. spicifera*, sin embargo se observó que en la época cálida *A. spicifera* aumenta la riqueza de epifauna de 22 a 30 organismos en promedio (Fig. 13).

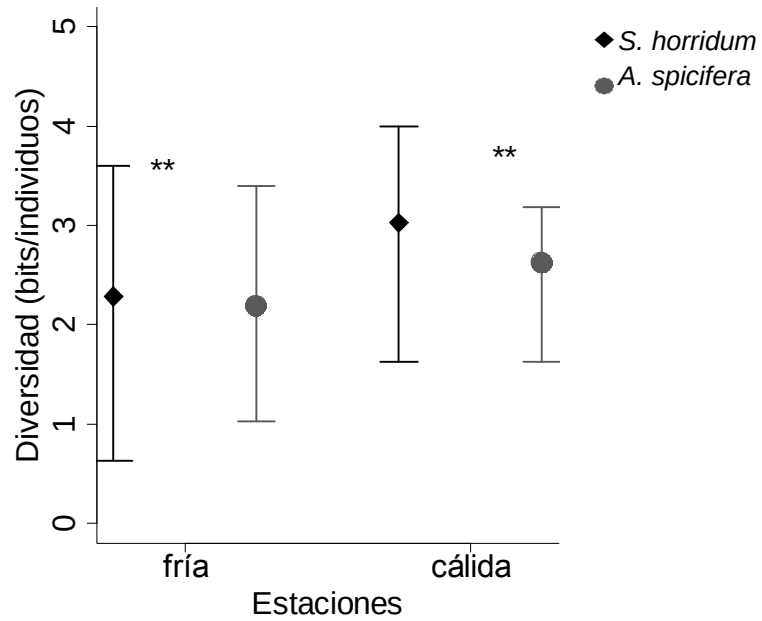


Figura 13. La diversidad (Shannon- Wiener H') por temporada de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p = 0.00$ *** $p < 0.001$ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$.

9.14. Equidad mensual

En la equidad no se encontró diferencia significativa entre especies de algas ni entre meses ($p > 0.05$), (Fig. 14).

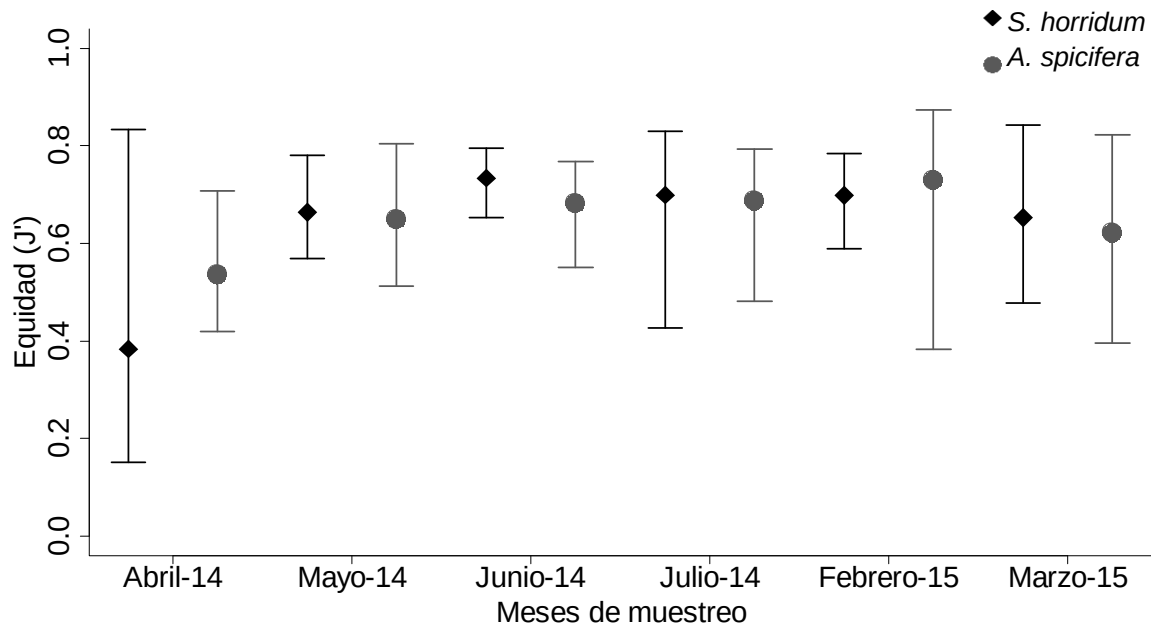


Figura 14. Variación mensual de la equidad de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p = 0.00$ *** $p < 0.001$ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$.

9.15. Equidad por temporada

La equidad no presentó diferencias significativa entre alga ($p > 0.05$), pero si por temporada ($p < 0.00$), es decir la proporción media de la abundancia en la que se encuentran los organismos es distinta (Fig. 15).

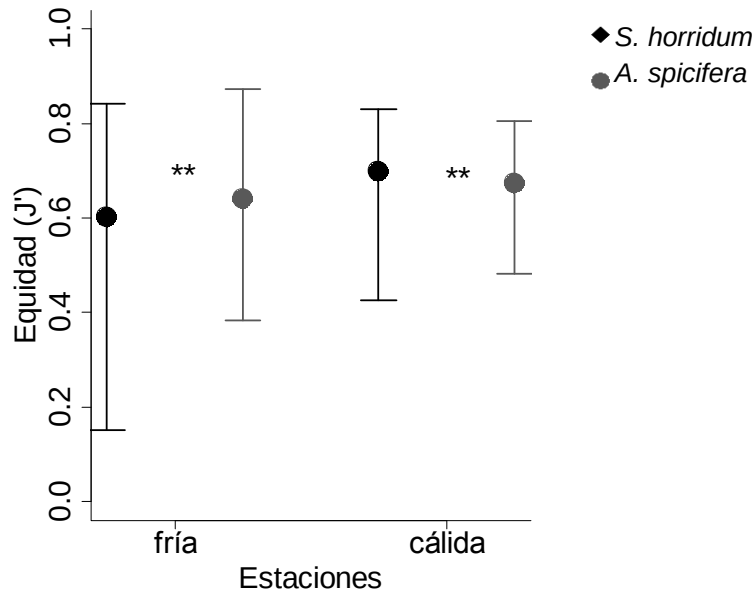


Figura 15. La equidad por temporada de la epifauna asociada a *S. horridum* y *A. spicifera* en Punta Roca Caimancito. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), significancia estadística $p=0.00$ *** $p<0.001$ ** $p<0.01$ * $p<0.05$.

9.16. Índice de valor de importancia

En *S. horridum*, los grupos que representaron la mayor importancia en la comunidad fueron los gasterópodos con 54% en marzo, seguidos de la especie *Protohyale yaqui* con 71.43% en abril y *Leptochelia dubia* con 51.51% en julio. En *A. spicifera* la especie de mayor importancia en la comunidad fue *Protohyale yaqui* en abril con 54.89% en marzo y los gasterópodos con 71.43% en abril y *Leptochelia dubia* con 51.51% en marzo (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Valor de importancia (%) de los organismos y su variación mensual en *S. horridum*.

<i>Sargassum horridum</i>						
Taxa	2014				2015	
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Febrero	Marzo
1 Gasterópodos	15.93	33.50	35.18	16.99	37.64	54.89
2 <i>Protohyale yaqui</i>	71.43	35.68	7.72	4.71	9.99	34.24
3 <i>Leptochelia dubia</i>	22.15	14.52	25.72	51.51	10.98	5.29
4 <i>Ampithoe plumulosa</i>	8.51	18.54	19.52	14.31	13.10	16.96
5 <i>Podocerus fulanus</i>	7.26	13.14	17.97	11.48	19.94	19.28
6 <i>Bemlos tehuecos</i>	6.24	9.79	9.89	4.73	8.09	9.54
7 Janiridae	9.42	4.20	11.79	9.17	11.53	1.70
8 Anthuridae	7.64	5.86	5.98	1.56	6.25	11.16
9 <i>Paracerceis sculpta</i>	2.34	4.11	5.58	5.39	5.96	4.20
10 <i>Ampithoe pollex</i>	0	1.73	5.37	19.51	0	0.93

Tabla 5. Valor de importancia (%) de los organismos y su variación mensual en *A. spicifera*.

<i>Acanthophora spicifera</i>						
Taxa	2014				2015	
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Febrero	Marzo
1 <i>Protohyale yaqui</i>	15.93	33.50	35.18	16.99	37.64	54.89
2 Gasterópodos	71.43	35.68	7.72	4.71	9.99	34.24
3 <i>Leptochelia dubia</i>	22.15	14.52	25.72	51.51	10.98	5.29
4 <i>Podocerus fulanus</i>	8.51	18.54	19.52	14.31	13.10	16.96
5 <i>Ampithoe plumulosa</i>	7.26	13.14	17.97	11.48	19.94	19.28
6 Janiridae	6.24	9.79	9.89	4.73	8.09	9.54
7 <i>Bemlos tehuecos</i>	9.42	4.20	11.79	9.17	11.53	1.70
8 Lisianisidae	7.64	5.86	5.98	1.56	6.25	11.16
9 Anthuridae	2.34	4.11	5.58	5.39	5.96	4.20
10 Syllidae	2.36	1.68	5.37	6.98	2.96	2.64

9.17. Índice de similitud de Bray Curtis

En el dendograma construido a partir de las abundancias de cada una de las algas, para *S. horridum* se incluyeron 43 familias y para *A. spicifera* 39 familias. A partir de este análisis se distinguieron dos grupos con una línea de corte a 12%. El primer grupo incluyó a todos los meses pertenecientes a *S. horridum* y en el segundo grupo se observa que la comunidad de *A. spicifera* es más abundante (Fig. 16).

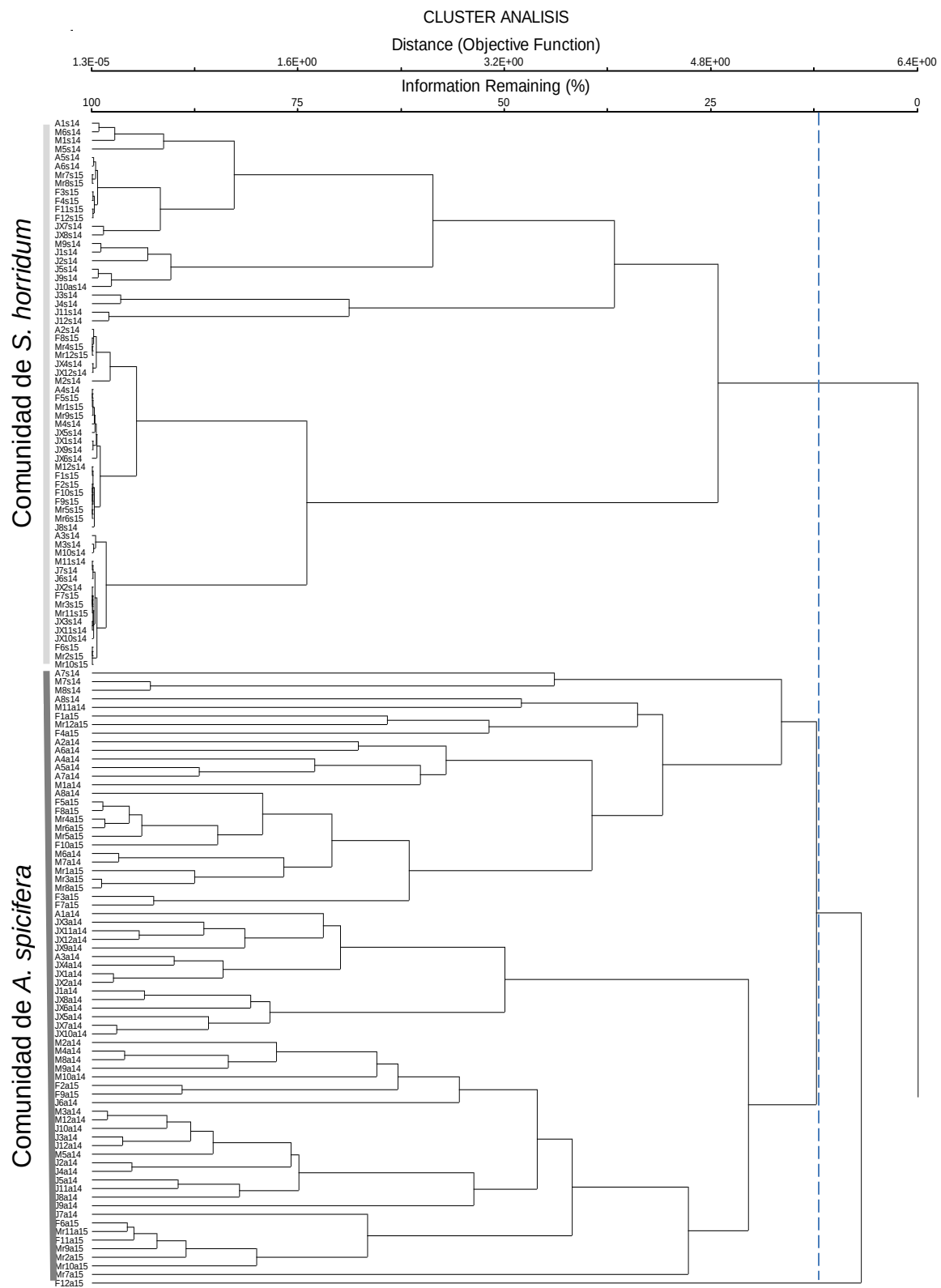


Figura 16. Dendrograma de similitud con base a las abundancias por familia de *S. horridum* y *A. spicifera* entre los meses de muestreo.

9.18. Relación entre la biomasa de *S. horridum* y *A. spicifera* con la abundancia y riqueza de especies asociadas

La biomasa *S. horridum* presento la máxima biomasa y la mínima abundancia de en marzo y la máxima abundancia de individuos fue en abril y de mayo a julio la biomasa disminuyó, que corresponde con los cambios del ciclo de vida de esta especie en el área de estudio. La talla de *S. horridum* presentó la misma tendencia que la biomasa. En *A. spicifera* la mayor biomasa y la menor abundancia fue en marzo y en junio se obtuvo la menor biomasa y la mayor abundancia y se observa que es el mes con la menor biomasa. La talla presentó la misma tendencia que la biomasa (Fig. 17).

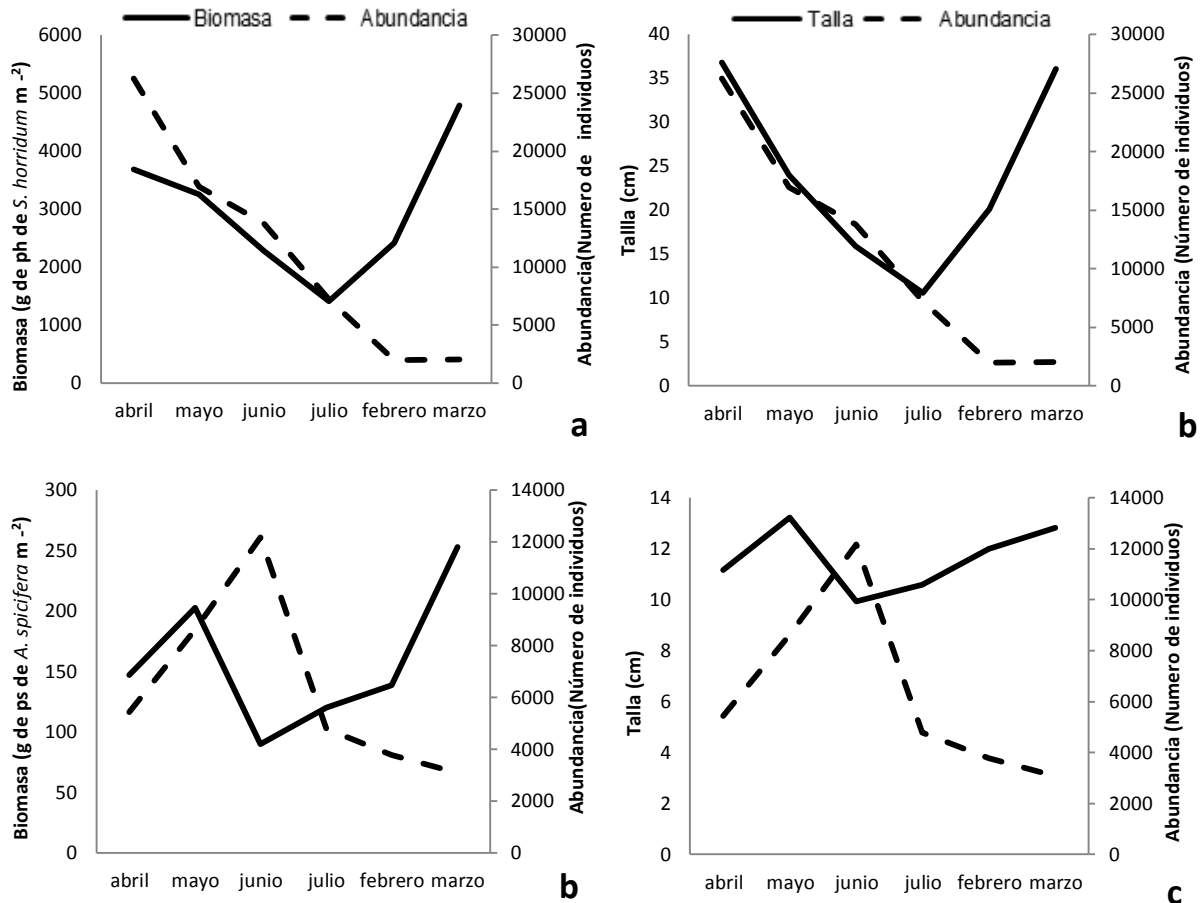


Figura 17. Variación mensual de la biomasa-abundancia de epibiontes y talla-abundancia de epibiontes asociados a *S. horridum* (a y b) y a *A. spicifera* (c y d) en Punta Roca Caimancito.

En el caso de *S. horridum*, en febrero se presentó la menor riqueza de especies (35) y la mayor riqueza en mayo y julio (53), lo cual se relacionan positivamente con menor biomasa y talla del alga. En *A. spicifera* se encontró la menor riqueza en abril y la mayor en mayo, junio y julio que se relacionan con la biomasa y tallas bajas (Fig. 18).

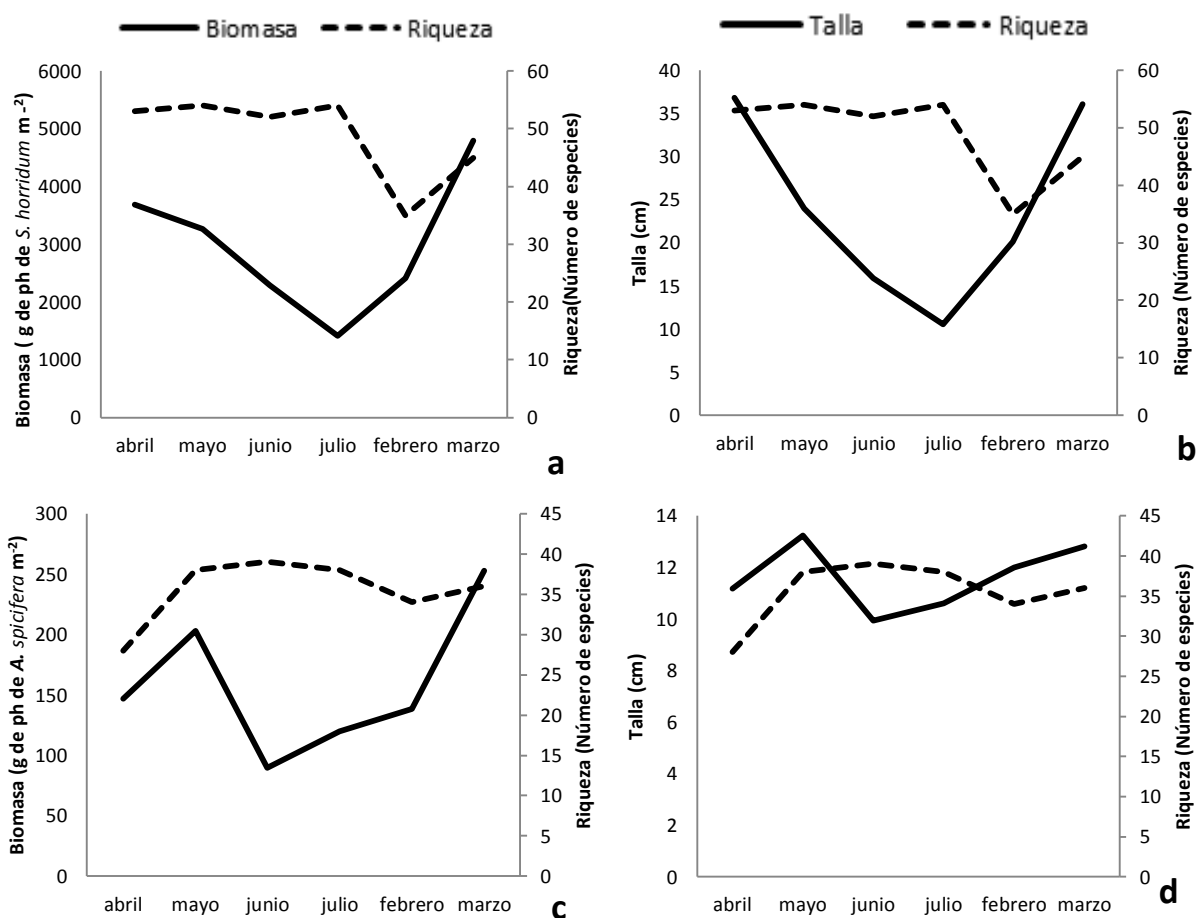


Figura 18. Variación mensual de la biomasa-riqueza específica y talla-riqueza específica de epibiontes asociados a *S. horridum* (a y b) y a *A. spicifera* (c y d), en Punta Roca Caimancito.

9.19. Análisis de correspondencia canónica (ACC)

El ACC indicó las correlaciones de las 10 especies más abundantes y las variables (temperatura, talla y peso del alga). En *S. horridum* los taxa actinaria, gasterópodos y ostrácodos se correlacionaron positivamente con la talla ($r = 0.65$) en el eje 1 el cual

Figura 19. Análisis de correspondencia canónica de *S. horridum* y los individuos más abundantes.



Para *A. spicifera* las especies *A. plumulosa*, *B. tehuecos*, *L. dubia*, *C. singularis* se correlacionaron positivamente con la temperatura ($r=0.97$) en el eje 1 el cual explica el 17% de la varianza, estas especies son abundantes cuando la temperatura del agua de mar fue mayor. Los taxa *Protohyale yaqui*, gasterópodos, *Haplosilis spongicola* y *Apolochus* se correlacionaron de manera negativa con la talla ($r=-0.15$) y el peso ($r=-0.38$), en el eje 2 el cual explica el 6.6% de la varianza, es decir estos organismos se encuentran cuando la talla y el peso es bajo (Fig. 20).

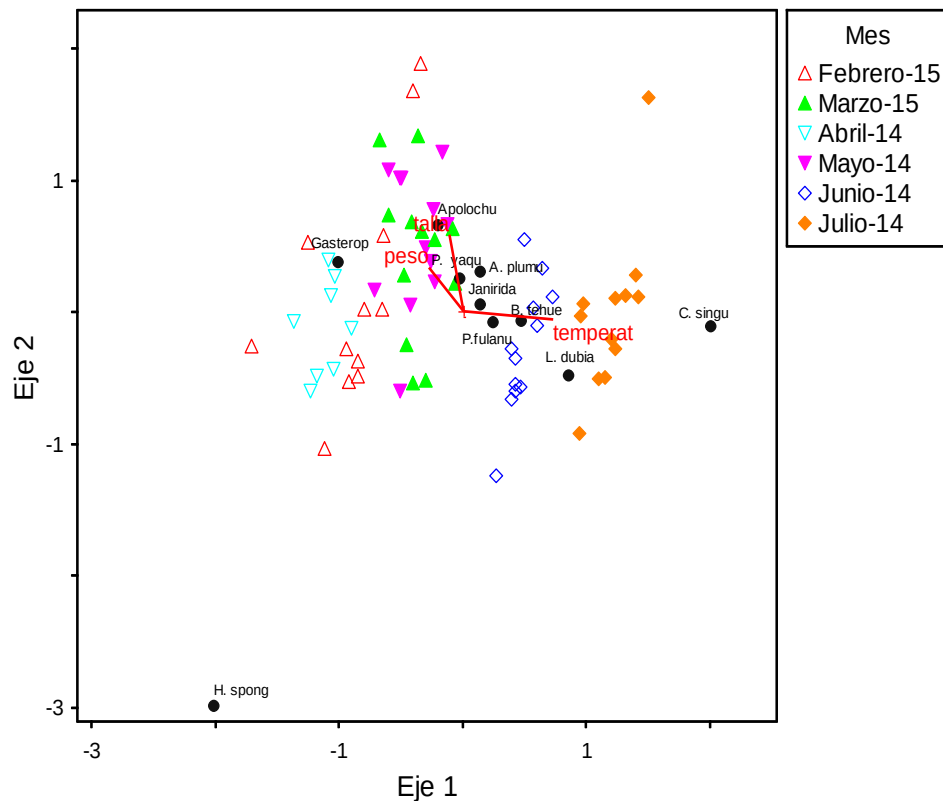


Figura 20. Análisis de correspondencia canónica de *A. spicifera* y los individuos más abundantes.

9.20. Variación de la temperatura superficial del mar, tallas y peso de las algas en Punta Roca Caimancito

Durante los meses muestreados se observó una variación en la temperatura superficial del agua, entre 21.6°C en abril a 27.8°C en junio. *S. horridum* presentó una talla promedio en abril 36.6 cm y en julio 10.5 cm y *A. spicifera* presentó en mayo su talla promedio 13.2 cm y en marzo 9.93 cm. Las algas *S. horridum* y *A. spicifera* no mostraron diferencia significativa en julio (Fig. 21).

El peso promedio en *S. horridum* fue de 107.7 g en marzo y 31.83 g en julio, mientras que en *A. spicifera* en marzo fue de 56 g y en junio de 20.1 g. En el peso ambas algas no mostraron diferencias significativas en abril, julio y febrero (Fig. 22).

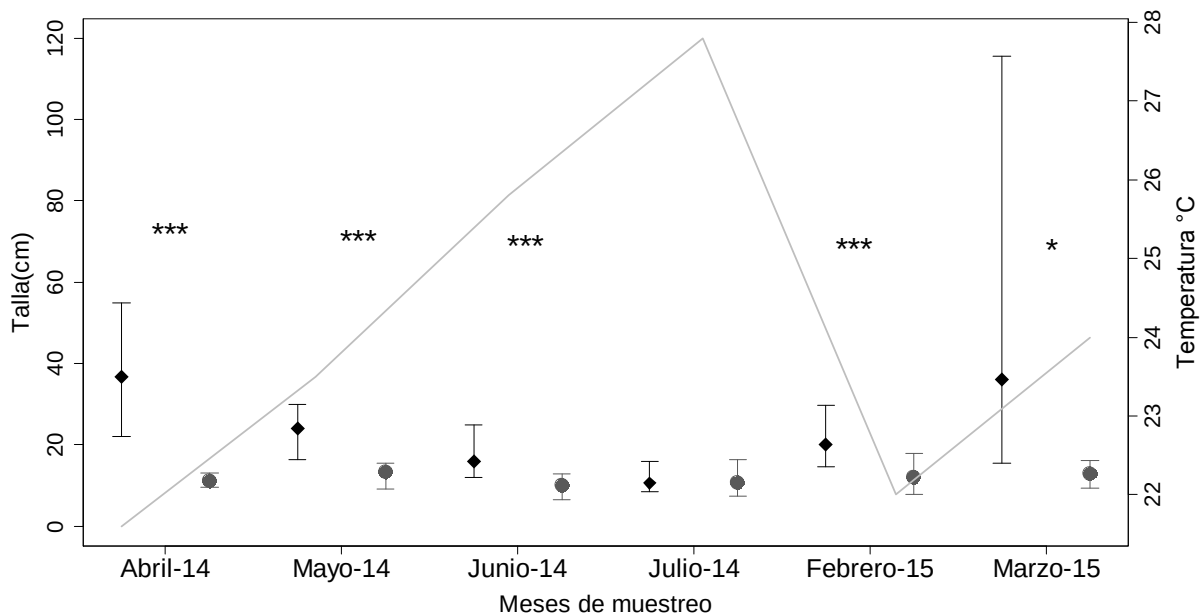


Figura 21. Variación de la temperatura y talla de las algas durante los meses de muestreo; Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), temperatura — , significancia estadística $p=0.00$ *** $p<0.001$ ** $p<0.01$ * $p<0.05$

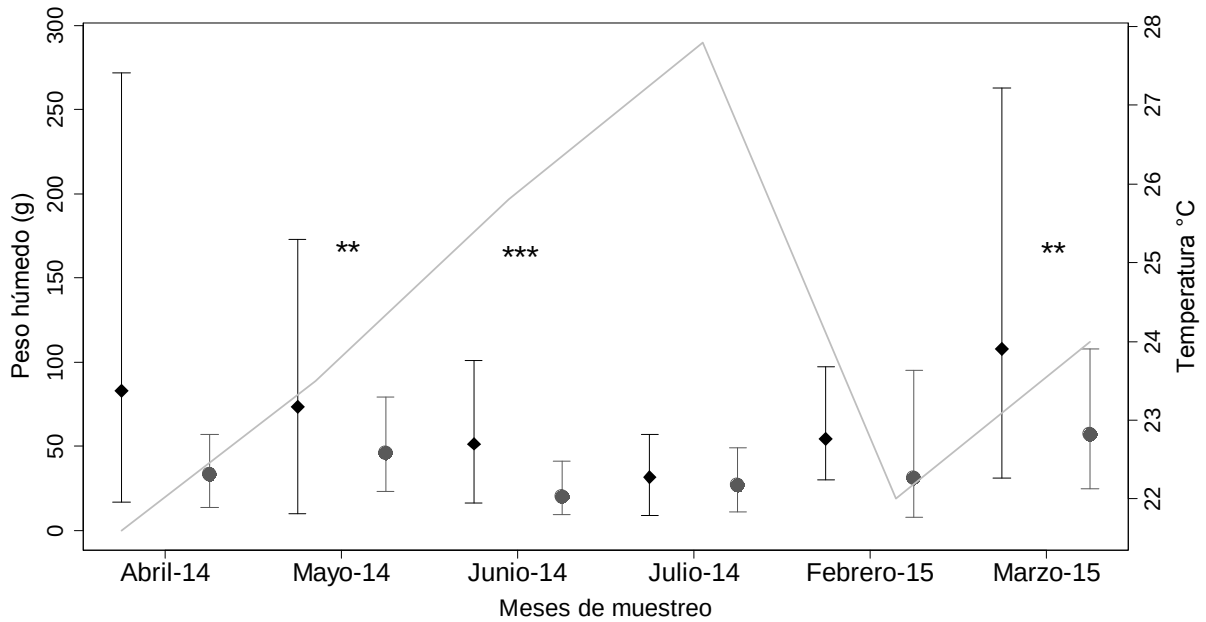


Figura 22. Variación de la temperatura y peso húmedo (g) del alga durante los meses de muestreo. Media de ♦=*S. horridum* y ●=*A. spicifera*; error estándar (líneas verticales), temperatura —, significancia estadística $p=0.00$ *** $p<0.001$ ** $p<0.01$ * $p<0.05$

10. DISCUSIÓN

A partir de los resultados encontrados en este estudio se hallaron patrones generales con respecto al número de especies. En cuanto al total de taxones encontrados en *S. horridum* y *A. spicifera* es diferente a lo encontrado en otras especies invasoras y nativas. En este trabajo se encontraron 90 taxa en *A. spicifera* y 124 en *S. horridum*. Una de las razones que explica una mayor riqueza en *S. horridum* es porque esta presenta una arquitectura más compleja de hábitat puede influir en la composición de la fauna asociada y la alta especificidad de los epibiontes hacia *S. horridum* que a *A. spicifera*, lo cual difiere a lo obtenido por otros autores que mencionan una riqueza baja, con excepción de Viejo (1999) y Veiga *et al.* (2014), quienes encontraron una riqueza similar entre alga nativa y alga invasora y en este caso la estructura del alga es muy parecida. El único estudio previo realizado en el área de estudio, se encontraron 17 especies de macroinvertebrados (Méndez-Trejo *et al.*, 2014), lo cual diferente a lo encontrado en este trabajo en el que fueron 34 especies de

invertebrados. Sin embargo, al considerar las especies exclusivas en cada especie de macroalga de todos los estudios hechos hasta este momento se encuentra en *S. horridum* que es la macroalga nativa y se observa que la mayor riqueza con 25 epibiontes exclusivos y a excepción de Veiga *et al.* (2014), quienes encontraron 39 especies exclusivas para *S. muticum* registrada como una especie invasora, y en *A. spicifera* solo se encontraron siete, lo cual es una diferencia notable entre *S. horridum* y *A. spicifera*. Esto se le atribuye a que los epibiontes prefieren *S. horridum* como hábitat ya que en ella la epifauna encuentra un mejor sustrato, sin embargo pese al mayor número estas especies no fueron tan abundantes y fueron poco frecuentes, por lo que podríamos suponer que estos organismos pudieron estar solo en el momento en el que se capturaron o tener su época reproductiva en esa temporada.

Otro aspecto importante, es que históricamente se habían determinado seis phylum para la región (Suárez-Castillo, 2008). Mientras que en este estudio se encontraron 11 phylum en *S. horridum*, los phylum que no se habían registrado son briozoos, sipunculida, nematoda, porífera y chordata. Los primeros tres phyla son organismos pequeños y difícil de encontrar, lo cual podemos inferir que por eso no se habían encontrado, pero también en este trabajo el tamiz utilizado para capturar a los organismos fue mucho menor. En cuanto al phylum Chordata si se habían encontrado peces pero de mayor tamaño, el pez encontrado media 3 cm y no es considerado de importancia comercial.

En *A. spicifera* en la misma área de estudio se encontraron seis phylum (Méndez-Trejo *et al.*, 2014) y siete para *A. spicifera* en este estudio. Un phylum encontrado en este estudio que no se había encontrado antes fue nematoda, pero también el phylum Chordata que fue encontrado por Méndez-Trejo (2011) y no se encontró en este estudio. Esta diferencia puede deberse a que en ese momento las condiciones ambientales no permitieron la aparición de los phylum o en este caso los nematodos encontraron un sustrato idóneo en *A. spicifera* y esta cumple con sus necesidades. Cabe señalar que el número de phyla encontrados en este estudio fue mayor a lo registrado por otros autores (<7) (Viejo, 1999; Cacabelos *et al.*, 2010; Gestoso *et al.*,

2012). Entre los diferentes estudios se encontró que los phylum Artrópoda y Mollusca, representaron mayor riqueza y abundancia. En este estudio el phylum Arthropoda en *S. horridum* representó 55.61% con una riqueza de 36 especies, estos organismos en su mayoría son herbívoros y el phylum Mollusca el 35.40% con una riqueza de 37 especies. Analizándolo desde un nivel trófico, se observa que algunos de los moluscos pueden ser detritívoros, herbívoros y carnívoros y el tercer phylum más importante fue Anélida con el 5.72% que en su mayoría son carnívoros. Esto reafirma que dentro de un nivel trófico hay más herbívoros que carnívoros, ya que los primeros son los que sostienen la comunidad. En *A. spicifera* el phylum Arthropoda representó 68.1% y fue mucho mayor a lo encontrado en *S. horridum*, seguido del phylum Mollusca (16.5%) con una riqueza de 24 especies y fue menor que el de *S. horridum*. El tercero fue el phylum Nematoda (8.2%) que fue distinto al encontrado en *S. horridum* y con mayor porcentaje. A este último phylum encontrado en *A. spicifera* se les considera organismos que pueden alimentarse de los tejidos de otros organismos y también del tejido de las algas en esta caso por su alta abundancia en *A. spicifera* se puede inferir que pudiera estarse alimentando de los organismos que se encuentran al pie del talo lo que no deja incrementar su abundancia o la intervención de otros factores que sean los que determinan la presencia de este phylum, sin embargo no tenemos evidencia que lo sostenga, por lo que este tema se debe manejar con cautela.

El índice de valor de importancia mostró que en ambas algas los taxa con mayor abundancia fueron los gasterópodos, *Protohyale yaqui*, *Leptochelia dubia* y *Ampithoe plumulosa* los cuales fueron similares en los primeros cuatro meses, sin embargo estos variaron significativamente a través de los meses. Este resultado sugiere que en estas algas no hay un traslape de las especies más abundantes y por lo tanto hasta el momento no existe competencia por las algas, ni por los recursos ambientales, pero si hay un cambio de hábitat por ejemplo el anfípodo *Protohyale yaqui* y otros gasterópodos, son muy abundantes en *A. spicifera* en marzo y en abril ya no, pero en marzo son nuevamente las especies más abundantes en *S. horridum*. Este comportamiento puede ser en respuesta a la disponibilidad de alimento como las algas epifitas, que también pueden aumentar la complejidad estructural del

hábitat (Martin-Smith, 1993). La especie *Leptochelia dubia* es un tanaidáceo que en julio se encuentra en la misma abundancia en ambas algas. En julio la especie *Ampithoe plumulosa* se encontró en alta abundancia en *S. horridum* particularmente esta especie aprovecha el sedimento o el material incrustado en las algas que puede utilizar para formar tubos o como una trampa de sedimento, en el mes de junio se observó que *S. horridum* empieza a decrecer y tiene muchas algas epifitas por ende una mayor acumulación de sedimento y materia orgánica (Johnson & Scheibling, 1987; Schneider & Mann, 1991). Estos organismos aprovechan las variaciones de talla y el ciclo de vida de cada una de las algas de acuerdo a sus requerimientos.

Los resultados antes mencionados son similares a lo encontrado por otros autores que encontraron que los phylum Arthropoda y Mollusca presentan altas abundancias en ambas algas (nativa e invasora) (Wernberg *et al.*, 2004; Gestoso *et al.*, 2012, Engelen *et al.*, 2013, Méndez-Trejo *et al.*, 2013). En el caso de las categorías inferiores se encontró que los grupos dominantes que han sido encontrados en otros trabajos son anfípodos, gasterópodos y poliquetos (Viejo, 1999, Cacabelos *et al.*, 2010, Gestoso *et al.*, 2012, Méndez-Trejo *et al.*, 2013). En el presente estudio además de los anfípodos y gasterópodos también se encontraron los tanaidáceos, como un grupo relevante en *S. horridum* y en *A. spicifera*. Se ha documentado la importancia de estos crustáceos como bioindicadores de zonas batimétricas y de contaminación ambiental, también son los primeros grupos que intervienen en la cadena alimenticia.

La riqueza en ambas algas presentó diferencias significativas entre algas y entre meses, lo cual se atribuye a las características morfológicas del alga. En este estudio las muestras fueron tomadas de día, sin embargo, muchas especies se trasladan de día o de noche a otras algas en busca de alimento o solo utilizan al alga como refugio durante el día, lo cual coincide por lo mencionado por otros autores (Gestoso *et al.*, 2012; Engelen *et al.*, 2013). Para el caso de la abundancia no se encontraron diferencias significativas de la epifuna asociada a ambas algas, es decir ambas algas desempeñan el rol de hábitat para los organismos pero no para todos, solo los que las seleccionan. Los resultados de la abundancia mostraron una variación mensual.

Esta fluctuación puede ser el resultado de cambios en las condiciones físicas y biológicas del entorno tales como la temperatura, la productividad o la presencia de depredadores, ya que las macroalgas muchas veces están expuestas a la desecación por los cambios de marea (Edgar, 1992; Taylor, 1998; Viejo, 1999; Jones y Thornber, 2010). Esto es similar a lo encontrado para la misma área de estudio para *A. spicifera* (Méndez- Trejo *et al.* 2013), pero es diferente a lo encontrado por otros autores como Engelen *et al.* (2013), ya que describe una diferencia significativa entre sitios de muestreo. Esto puede variar ya que en su caso tomaron muestras en distintos sitios y a diferentes profundidades. En este estudio las muestras se tomaron del mismo sitio y a la misma profundidad a la que se encontraron las algas. Además, la comparación del alga invasora es distinta, ya que en nuestro caso el alga nativa es *Sargassum horridum* y en la mayoría de los otros trabajos se refieren a *Sargassum muticum* como el alga invasora (Viejo, 1999; Wernberg *et al.*, 2004; Veiga *et al.*, 2014; Cacabelos *et al.*, 2010; Gestoso *et al.*, 2012; Engelen *et al.*, 2013). Sin embargo, un punto interesante, es que los organismos empiezan a utilizarla como hábitat y aunque no presentan los mismos taxa, podría ocurrir un primer cambio, que se vería reflejado en la abundancia. En los casos donde la estructura y la composición de especies presenta valores más altos que los encontrados por una especie nativa o local, entonces su invasión se vuelve exitosa en el área de estudio, lo que se sugiere que en un futuro si puedan verse más reflejados estos cambios como son el desplazamiento de *S. horridum* y sus especies que hasta el momento se han identificado como fieles (Veiga *et al.*, 2014).

Otra de las razones que explican la diferencia en la riqueza y abundancia de los epibiontes en un alga y en otra son las características morfológicas que las caracterizan. En nuestro caso *S. horridum* es un talo que mide más de 60 cm de longitud, es rígido y densamente ramificado. El estipe y las ramas son cilíndricas, con márgenes con espinas (muricado), agregados a un sujetador sólido, leñoso, que inicialmente era un disco, puede tener la forma de cono o háptero presenta filoides lanceolados, generalmente 0.3-0.6 cm de largo y 0.3-0.8 cm de ancho. Algunos filoides son ondulados con una nervadura evidente, con márgenes serrados y numerosos criptostomatas y tiene aerocistos esféricos, lisos o espinados, y con un

diámetro de 0.3-0.4 cm (Andrade-Sorcía *et al.*, 2014). En el caso de *A. spicifera* su morfología es más simple, su característica principal única es que el eje principal no presenta espinas, es un alga erecta que llega a medir hasta 25 cm, con ramas cilíndricas sólidas de 0.2 a 0.3 cm de amplitud. (Oliveira *et al.*, 2005). Algunas ramas son cortas y presentan formas irregulares con numerosas espinas que están organizadas radialmente. El crecimiento que presentan es apical, crece sujeta a un sustrato duro con un largo e irregular sujetador del cual surgen muchas espinas erectas (Kilar *et al.*, 1986; Perrone *et al.*, 2006).

La variación de la biomasa de *S. horridum* fue mayor a la de *A. spicifera* y se encontró una variación temporal en ambas algas. La biomasa obtenida de *S. horridum* en este trabajo (199,471 g de ph m⁻²), fue 16 veces mayor, comparada con lo obtenido por Suárez-Castillo (2008) quien reporta una biomasa de 12,322 g ph m⁻², pero con una variación muy marcada de la abundancia. Los organismos asociados a *S. horridum* pudieran estar migrando de un alga a otra por el ciclo de vida muy corto que presenta *S. horridum*. Otras variables que se correlacionaron de manera negativa con *S. horridum* fueron la temperatura y el peso, ya que a medida que la temperatura aumenta el peso disminuye. Suárez-Castillo (2008) menciona que la variación estacional de la comunidad faunística está en función del cambio cuantitativo de la complejidad del hábitat (biomasa y talla), permite determinar que la cantidad de la macrofita es el principal factor que influencia en la organización de la comunidad faunística.

La variación de biomasa que presentó *A. spicifera* estuvo asociada a la talla promedio, la cual fue máxima en mayo (15.5 ± 9.2 cm) y la talla mínima en junio (12.9 ± 6.6 cm), mientras que la talla promedio encontradas por Méndez-Trejo (2011), fue máxima en abril (31.8 ± 1.5 cm) y mínima en julio 10.4 ± 0.3 cm. La talla máxima obtenida en este estudio fue menor, pero la talla mínima fue mayor a lo reportado por Méndez-Trejo (2011). *A. spicifera* tiene una relación muy fuerte con los organismos asociados ya que presenta una menor variación de la abundancia a lo largo del periodo muestreado. En junio presentó su máxima abundancia y a diferencia de *S. horridum* presentó una mayor variación de la abundancia durante

todo el periodo muestreado. A partir de estos resultados se puede inferir que *A. spicifera* por presentar una mayor estabilidad en su biomasa tiene una comunidad establecida.

La diversidad encontrada en *S. horridum* fue de 3.9 bits/individuos y en *A. spicifera* de 3.29 bits/individuos, ambos son valores altos y comparándolos entre ellos, se encontró que fueron iguales excepto el mes de junio donde se encontró diferencia significativa de la diversidad, esto pudiera deberse a que en este mes las algas epifitan a *S. horridum* por eso presenta una mayor diversidad. Comparando la diversidad encontrada en otros estudios en casos de invasión, la diversidad más alta ha sido de 1.9 bits/individuos (Engelen *et al.*, 2013). En este trabajo este índice fue mayor para ambas algas, a partir de este resultado se puede inferir que hay una probabilidad muy grande de que en un futuro la introducción de *A. spicifera* reemplace a *S. horridum*, incluso que desaparezcan las especies epibiontes que son fieles a esta, ya que por las características que presenta *A. spicifera* no son aptas para que otros organismos se adhieran a ella y la puedan ocuparla como sustrato o hábitat. Las variables ambientales también favorecerán a *A. spicifera* y desfavorecerán a *S. horridum*, ya que como se sabe el ciclo de vida de *S. horridum* es temporal (enero a julio), mientras que *A. spicifera* se encuentra todo el año, además de tener una mayor tolerancia a los cambios de temperatura.

En este estudio se observó que en *S. horridum* y *A. spicifera* cuando la riqueza de epibiontes fue alta, la talla y la biomasa son menores, esto se ve mejor representado en el mes de julio en *S. horridum* y en junio para *A. spicifera*. En el caso de la abundancia en *S. horridum* y *A. spicifera* cuando la abundancia es menor, la talla y la biomasa del alga es mayor, esto se observa en el mes de marzo para ambas algas. Estos resultados son similares a otros trabajos (Méndez-Trejo, 2011; 2013). Este comportamiento podría atribuirse a que la mayor complejidad estructural ocasiona una mayor retención de partículas de sedimento, a la presencia de algas epifitas y una posible reducción en los niveles de oxígeno. Esto hace que se establezca una comunidad menos diversa integrada por fauna más resistente a este tipo de ambientes sedimentarios lo cual se coincide Méndez-Trejo (2011) o podría deberse a

que los organismo al tener más espacio se distribuyen en dicha área y que este organismo no permita que otras especies se asocien más al espacio ocupado por él, es decir la disponibilidad de hábitat es grande en relación a la mayor biomasa y poca abundancia de organismos.

La talla de *S. horridum* se correlacionó positivamente con los taxa actinaria, gasterópodos y ostrácodos, estos organismos se encuentran cuando la talla es mayor, esto se podría deber al tipo de alimentación ya que estos individuos son particularmente carnívoros y filtradores y al encontrarse en una mayor altura tienen más oportunidad de alimentarse de todo tipo de organismos suspendidos en el agua. Los taxa que se correlacionaron de manera negativa con la temperatura y el peso, fueron: *Leptochelia dubia*, *Ampithoe plumulosa*, *Bemlos tehuecos*, *Podocerus fulanus*, *Protohyale yaqui*, *Haplosilis spongicola* y Janiridae. Estos organismos se encuentran en mayor abundancia cuando el peso y temperatura son menores, esto puede deberse a que la mayoría de los anfípodos se refugian en algas con mayor ramificación debido a que presentan fotactismo negativo. Se ha observado que cuando la talla y el peso de *S. horridum* son bajos, comúnmente se encuentran una gran variedad de algas epifitas adheridas a ella, lo que propicia un hábitat diferente.

En el manto de *A. spicifera* se correlacionó de manera positiva la temperatura con los taxa *A. plumulosa*, *B. tehuecos*, *L. dubia*, *C. singularis*. Estas estas especies son abundantes cuando la temperatura del alga es mayor y los taxa que se correlacionaron de manera negativa fueron *Protohyale yaqui*, gasterópodos, *Haplosilis spongicola* y *Apolochus*, estos organismos se encuentran cuando la talla y el peso es menor Taylor y Cole (1994) registraron que la alta abundancia de crustáceos se relacionó con la complejidad del alga, sin embargo en este estudio no se vio reflejado, ya que la alta abundancia de crustáceos se relacionó con la talla del alga y la temperatura.

En otros estudios como los de Viejo (1999); Suárez-Castillo *et al.* (2013), Muñoz-Bautista (2013) han observado diferentes correlaciones con diferentes grupos, por ejemplo: los tanaidaceos se correlacionan más con la temperatura, pero en este estudio los grupos correlacionados con la temperatura son distintos. Se ha

encontrado que la presencia de tanaidaceos en *Sargassum* spp. se encuentra íntimamente relacionada con la biomasa (Suárez-Castillo, 2008; Muñoz- Bautista, 2013). La diversidad de grupos taxonómicos que son meso herbívoros en *A. spicifera*, muestran una correlación negativa, no significativa con respecto al tamaño y la biomasa Méndez-Trejo (2011). Estas diferencias se deben a que las correlaciones en el presente trabajo se realizaron con especies identificadas hasta el nivel más bajo posible, mientras que en otros trabajos se ha realizado a nivel taxa, por lo que son resultados analizados desde otra perspectiva más particular, lo cual no es comparable. Se recomienda que los estudios realizados de este tipo, se realicen hasta el taxón más bajo posible para poder dar una explicación más a fondo del comportamiento de este ecosistema.

En 1990 (Hernández-Carmona *et al.*, 1990) registraron un tamaño muestra del manto en Punta Roca Caimancito de 2, 453 m², para *S. horridum* en la misma área de estudio. En este trabajo el área total muestreada (la suma de cuadrantes) fue 1.53 m² donde encontramos un total de 713,396 individuos, por lo tanto podemos suponer que si *S. horridum* mantiene la misma área estimada tendríamos un total de 114,764,959 individuos en todo el manto estudiado. En *A. spicifera* el área registrada por Schnoller (2011) para Punta Roca Caimancito fue de 3,153 m² y en este estudio el área muestreada fue de 1.53 m² y encontramos que se asocian 432,840 individuos, por lo que si *A. spicifera* mantiene el área muestreada encontraríamos un total de 89,198,988 individuos. Por lo que comparando los resultados anteriores de *S. horridum* y *A. spicifera*, lo que sugiere que la complejidad de *S. horridum* hace que albergue mayor cantidad de organismos que *A. spicifera*. Sin embargo estos resultados se deben de tomar con cautela debido a que no se cuenta con el área total actual de ambas algas.

La información generada con este estudio, resalta la importancia ecológica de los mantos de *S. horridum* y *A. spicifera* como hábitat para una gran cantidad de especies de invertebrados que conforman un ecosistema relevante en la zona costera y contribuye con los estudios de comunidades para futuros planes de manejo.

11. CONCLUSIONES

- Los resultados anteriores sugieren que la complejidad de *Sargassum horridum* hace que albergue mayor cantidad de organismos que *Acanthophora spicifera*.
- A pesar de que *A. spicifera* es un alga con dimensiones pequeñas en comparación con *S. horridum* funciona como hábitat para muchos organismos, sin embargo la fauna que la habita es selectiva.
- Ambas algas presentan especies únicas, *S. horridum* presenta 25 taxa y *A. spicifera* siete que son fieles a ellas, posiblemente porque encuentran en ellas una hábitat idóneo que no encuentran en otras macroalgas, esto es importante porque refleja la importancia que tiene cada una en el ecosistema.
- En *S. horridum* la riqueza específica y la abundancia de epibiontes asociados presentan una variación que está en función de la biomasa, la talla y el peso de las macroalgas y representa para los organismos un hábitat muy inestable.
- En *A. spicifera* la riqueza y la abundancia de epibiontes asociados no presentan una variación en la biomasa, la talla y el peso, que para los organismos representa un hábitat más estable.
- Las dos especies presentan los mismos taxa con diferente variación lo que nos indica que no existe un traslape de las comunidades entre ambas algas.
- El phylum Artrópoda fue el taxón más diverso en *S. horridum* y *A. spicifera* y los taxa más abundantes en la comunidad en ambas algas fueron *Protohyale yaqui* y los gasterópodos en los meses de abril y marzo.
- Se considera que el alga *A. spicifera* es una como especie introducida en La Bahía de la Paz, hasta el momento no ha modificado la estructura de la comunidad de *S. horridum*, sin embargo en cuanto a la abundancia ya no se observa diferencia entre una y otra macroalga, por lo que *A. spicifera* funge

como hábitat de la misma manera que *S. horridum* pero no para todos los organismos, si no en mayor proporción el phylum Arthropoda.

- La temperatura, la talla y el peso influyó en la comunidad de epifauna asociada de *S. horridum*, ya que cuando la temperatura empieza a aumentar se observa una menor riqueza y abundancia y en el caso de *A. spicifera* los cambios de temperatura no parecen afectar en la riqueza, abundancia y diversidad.
- *A. spicifera* supera en abundancia la fauna que se había documentado antes en el área de estudio, lo que se esperaría que en un futuro podría superar la fauna en *S. horridum* si las condiciones ambientales la favorecen como hasta ahora.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade-Sorcía, G., R. Riosmena-Rodríguez, K.M. Lee, G. H. Boo, R. Muñiz-Salazar, J.M. López-Vivas & S.M. Boo. 2014. Morphological reassessment and molecular assessment of *Sargassum* (Fucales: Phaeophyceae) species from the Gulf of California, Mexico. *Phytotaxa*, 183 (4): 201-223.
- Ávila, E., M.C. Méndez-Trejo, R. Riosmena-Rodríguez, J.M. López-Vivas & A. Senties. 2012. Epibiotic traits of the invasive red seaweed *Acanthophora spicifera* in La Paz Bay, South Baja California (Eastern Pacific). *Marine Ecology*, 34: 409-419.
- Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona. Tucson, 513 p.
- Cacabelos, E., C. Olabarria, M. Incera & J.S. Troncoso. 2010. Effects of habitat structure and tidal height on epifaunal assemblages associated with macroalgae. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 89(1): 43-52.
- Ceseña-Arce, M.C. 2003. Fenología de *Padina caulescens* (Thivy), Taylor 1945 (Dictyotales: Phaeophyta) en la playa "Concha", B.C.S., México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, 43 p.
- Chemello, R. & M. Milazzo. 2002. Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal molluscs, *Marine Biology*, 140(5): 981-990.
- Edgar, G.J., 1992. Patterns of colonization of mobile epifauna in a Western Australian seagrass bed. *Jornal Experimental Marine Biology and Ecology*, 157: 225-246.
- de León González, J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo & V. Solís-Weiss. 2009. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, 737 p.
- Engelen, A.H., A.L. Primo, T. Cruz & R. Santos. 2013. Faunal differences between the invasive brown macroalga *Sargassum muticum* and competing native macroalgae. *Biological Invasions*, 15(1): 171-183.

- Flores-Escandón, N. 2012. Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 271 p.
- García-Madrigal, M.S. 2007. Clave ilustrada para las familias de anfípodos gamáridos (Peracarida: Amphipoda) litorales del Pacífico Oriental Tropical y glosario de términos. *Ciencia y Mar*, 11(32): 3-27.
- Gestoso, I., C. Olabarria & J.S. Troncoso. 2012. Effects of macroalgal identity on epifaunal assemblages: native species versus the invasive species *Sargassum muticum*. *Helgoland Marine Research*, 66(2): 159-166.
- Hernández-Carmona, G., M.M. Casas-Valdez, C. Fajardo-León, I. Sánchez-Rodríguez & E. Rodríguez-Montesinos. 1990. Evaluación de *Sargassum* spp. en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 5 (1): 11-18.
- Guerra-García, J.M., J.A. Sánchez, M. Ros, E. Baeza-Rojano, M.P. Cabezas & J. Corzo. 2010. Macrofauna asociada al alga *Stypocaulon scoparium* en el Estrecho de Gibraltar y comparación con el resto de la Península Ibérica Almoraima. *Revista Zoológica Baetica*, 40: 123-132.
- Jiménez-Illescas, A.R., M. Obeso-Nieblas & D.A.L. Salas. 1997. Oceanografía Física de la Bahía de La Paz, B.C.S., 31-41. En: Urbán R. J. & M. Ramírez R. (Ed.). La Bahía de La Paz, Investigaciones y Conservación. Universidad Autónoma Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Scripps Institution of Oceanography, La Paz, BCS, 345 p.
- Johnson, S.C., R.E. Scheibling, 1987. Structure and dynamics of epifaunal assemblages on the intertidal macroalgae *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus* in Nova Scotia, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 37: 209-227.
- Jones, E & C.S. Thornber. 2010. Effects of habitat-modifying invasive macroalgae on epiphytic algal communities. *Marine Ecology Progress Series*, 400: 87-100.
- Keen, A.M. 1971. Sea shells of tropical West America. Second edition. Stanford University Press, Stanford, California, 1064 p.

- Krebs, C.J. 1999. *Ecological methodology*. 2da Edición Addison-Welley Educational Publisher, Menlo Park, Ca, 620 p.
- Kilar J.A & J. Mclachlan. 1986. Ecological studies of the alga, *Acanthophora spicifera* (Vahl) Børg. (Ceramiales: Rhodophyta): vegetative fragmentation. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*, 104: 1-21.
- Luizzi, M.G. 2010. Macroalgas bentónicas como sustrato y refugio de invertebrados marinos. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires, 177 p.
- Martin-Smith, K.M. 1993. Abundance of mobile epifauna: the role of habitat complexity and predation by fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 174: 243-260.
- Martínez, J & I. Adarraga. 2006. Programa de vigilancia y control de la introducción de especies invasoras en los ecosistemas litorales de la costa Vasca 1. Costa de Gipuzkoa 2. Costa de Bizkaia. Dirección de Biodiversidad del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación de Territorio del Gobierno Vasco, 267 p.
- Méndez-Trejo, M.C. 2011. Aspectos ecológicos del alga invasora *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta: Rhodomelaceae) y su efecto sobre la biodiversidad en la Bahía de La Paz, Baja California Sur. Seminario de Investigación. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 79 p.
- Méndez-Trejo, M.C. 2013. Complejidad agregada del hábitat de los anfípodos asociados a los bosques de *Sargassum spp.* en Bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México, 119 p.
- Méndez-Trejo, M.C., R. Riosmena-Rodríguez, E. Ávila, J.M. López-Vivas & A. Sentíes-Paz. 2014. Evaluación de la invasión de *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta) sobre la epifauna en Bahía de La Paz, BCS. 433-456. En: Low-Pfeng, A. M. Quijón, P. A. & Píters-Recagno, E. M. (Ed.). Especies invasoras acuáticas: Casos de estudio en ecosistemas de México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F, 646 p.

- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza, 1: 84 p.
- Murani, C., N. Bocchi & M. Mistri. 2015. Epifauna associated to the introduced *Gracilaria vermiculophylla* (Rhodophyta; Florideophyceae: Gracilariales) and comparison with the native *Ulva rigida* (Chlorophyta; Ulvophyceae: Ulvales) in an Adriatic lagoon, Italian. *Journal of Zoology*, 82(3): 436-445.
- Nascimento, E.F.I & S. Rosso. 2007. Fauna asociada a macroalgas marinas bentónicas (Rodophyta y Phaeophyta) de la región de San Sebastian, Sao Paulo, Brazilian. *Journal of Ecology*, 38-52.
- Obeso-Nieblas, M. & A.R. Jiménez-Illescas. 1989. Propagación de la constituyente M2 de la marea en La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 4: 241-256.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, J. Gaviño-Rodríguez, E. Pérez-Lezama, H. Obeso-Huerta & A. Jiménez-Illescas. 2008. Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). *Revista Biología Marina y Oceanografía*, 43(3): 559-567.
- Oliviera C.E., K Osterlung & S.D. Mtolera. 2005. Marine plants of Tanzania, a field guide to the seaweeds and seagrasses. Stockholm University, Stockholm, 267 p.
- Perrone C., E. Cecere & G. Furnari. 2006. Growth pattern assessment in the genus *Acanthophora* (Rhodophyta, Ceramiales). *Phycologia*, 45: 37-43.
- Riosmena-Rodríguez, R., G. Ruíz & J. Hernández-Kantún. 2009. Invasión de algas exóticas en el Golfo de California, Amenaza para el ambiente y la economía regionales. En: *Análisis Periodísticos B.C.S, La Paz B.C.S*, 25-26.
- Readdie, M.D., M. Ranelletti & R.M. McCourt. 2006. Algas comunes del Golfo de California. Sea Challengers. Hong Kong, 104 p.

- Ruiz, G.M., J.T. Carlton, E.D. Grosholz & A.H. Hines. 1997. Global Invasions of Marine and Estuarine Habitats by Non-indigenous Species: Mechanisms, Extent, and Consequences. *American Zoologist*, 37: 621-632.
- Russell, D.J. 1992. The ecological invasion of Hawaiian reefs by two marine red algae, *Acanthophora spicifera* Vahl Boerg and *Hypnea musciformis* Wulfen J. Agardh and their association with two native species, *Laurencia nidifica* J. Agardh and *Hypnea cervicornis*. J. Agardh. *Marine Science Symposia*, 194: 110-125.
- Schaffelke, B., J.E. Smith & C.L. Hewitt. 2006. Introduced macroalgae growing concern. *Journal of Applied Phycology*, 18: 529-541.
- Schaffelke, B. & L.C. Hewitt. 2007. Impacts of introduced seaweeds. *Botanica Marina*, 50: 397-417.
- Schneider, F.I & K.H. Mann. 1991. Species specific relationships of invertebrates to vegetation in a seagrass bed II. Experiments on the importance of macrophyte shape, epiphyte cover and predation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 145: 119-139.
- Smith, J.E., C.L. Hunter & C.M. Smith. 2002. Distribution and reproductive characteristics of non-indigenous and invasive marine algae in the Hawaiian Islands. *Pacific Science*, 56: 299-315.
- Schnoller, V.C.G. 2011. Variación de biomasa y datos reproductivos de *Acanthophora spicifera* (Ceremiales: Rhodophyta) en la playa Punta Roca Caimancito de La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, 56 p.
- Suárez-Castillo, A.N. 2008. Fauna asociada a mantos de *Sargassum* (Ochrophyta: Fucales) en El Sauzoso, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, La Paz, 145 p.
- Suárez-Castillo, A.N., R. Riosmena-Rodríguez, M. Rojo-Amaya, J. Torre-Cosío, R. Rioja-Nieto, A. Hudson-Weaver, T. Pfister, G. Hernández-Carmona, G. Hinojosa-

- Arango, O. Aburto-Oropeza & A.L. Figueroa-Cárdenas. 2013. Bosques de algas pardas en el Golfo de California: *Sargassum* spp., un hábitat esencial. *CONABIO. Biodiversitas*, 108: 12-16.
- Taylor, R.B & R.G. Cole. 1994. Mobile epifauna on subtidal brown seaweeds in northeastern New Zealand. *Marine Ecology Progress Series*, 115: 271-282.
- Taylor, R.B. 1998. Seasonal variation in assemblages of mobile epifauna inhabiting three subtidal brown seaweeds in northeastern New Zealand. *Hydrobiologia*, 361: 25-35.
- Tsuda, T.R. & L.S. Coles. 2008. *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta: Rhodomelaceae) in the Marshall Islands. *Micronesica*, 401: 245-252.
- Veiga, P., M. Rubal & I. Sousa-Pinto. 2014. Structural complexity of macroalgae influences epifaunal assemblages associated with native and invasive species. *Marine Environmental Research*, 101: 115-123.
- Viejo, R.M. 1999. Mobile epifauna inhabiting the invasive *Sargassum muticum* and two local seaweeds in northern Spain. *Aquatic Botany*, 64(2): 131-149.
- Wasson, K., K. Fenn & J.S. Pearse. 2005. Habitat Differences in Marine Invasions of Central California. *Biological Invasions*, 7: 935-948.
- Wernberg, T.M.S. Thomsen, P.A. Staehr & M.F. Pedersen. 2004. Epibiota communities of the introduced and indigenous macroalgal relatives *Sargassum muticum* and *Halidrys siliquosa* in Limfjorden (Denmark). *Helgoland Marine Research*, 58: 154-16.

13. ANEXOS

ANEXO 1. Listado sistemático de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a los mantos de *S. horridum* en la localidad Punta Roca Caimancito. Se ordenaron de manera filogenética de acuerdo la clasificación de WoRMs: <http://www.marinespecies.org>.

Reino Animal

Phylum Annelida

Clase Polychaeta

Subclase Errantia

Orden Eunicida

Familia Eunicidae

Género *Eunice*

Eunice chikasi León-González, Rivera & Romero,
2004

Familia Lumbrineridae

Género *Lumbrinereis*

Lumbrinereis sp.

Familia Dorvilleidae

Especie 1

Orden Phyllodocidae

Familia Phyllodocidae

Especie 1

Familia Hesionidae

Hesione vittigera Ehlers, 1887

Familia Polynoidae

Especie 1

Especie 2

Familia Chrysopetalidae

 Especie 1

Familia Syllidae

 Especie 1

 Especie 2

 Especie 3

 Especie 4

Familia Nereidae

 Subfamilia Nereidinae

 Género *Ceratonereis*

Ceratonereis singularis Treadwell, 1929

Ceratonereis excise Grube, 1873

Subclase Sedentaria

 Orden Terebellida

 Familia Terebellidae

 Género *Kritzlerius*

Kritzlerius cf. *anomalus* Loñdono-Mesa, 2009

 Familia Trichobranchidae

 Especie 1

 Familia Flabelligeridae

 Género *Semiodera*

Semiodera sp.

 Orden Sabellida

 Familia Sabellidae

 Especie 1

 Especie 2

 Especie 3

 Especie 4

 Familia Serpulidae

Espece 1

Phylum Arthropoda

Subphylum Crustacea

Clase Malacostraca

Subclase Eumalacostraca

Orden Amphipoda

Familia Amphitoidae

Género *Amphitoe*

Amphitoe plumulosa Shoemaker, 1938

Amphitoe pollex Kunkel, 1910

Familia Aoridae

Género *Bemlos*

Bemlos tehuecos (J.L. Barnard, 1979)

Infraorden Hadziida

Familia Maeridae

Género *Elasmopus*

Elasmopus cf. *bampo* J.L. Barnard, 1979

Infraorden Corophiida

Familia Caprellidae

Espece 1

Familia Unciolidae

Subfamilia Aorodea

Género *Rudilemboides*

Rudilemboides stenopropodus J.L. Barnard, 1959

Familia Ischyroceridae

Subfamilia Ischyrocerinae

Género *Erichthonius*

Erichthonius brasiliensis (Dana, 1852)

Familia Podoceridae

Subfamilia Caprelloidea

Género *Podocerus*

Podocerus fulanus J.L. Barnard, 1962

Infraorden Tilitrida

Familia Phliantidae

Subfamilia Talitroidea

Género *Paraphinotus*

Pariphinotus escabrosus (J.L. Barnard, 1962)

Familia Hyalidae

Subfamilia Hyalinae

Género *Protohyale*

Protohyale yaqui (J.L. Barnard, 1979)

Familia Amphilochidae

Género *Apolochus*

Apolochus sp.

Familia Lysianassidae

Subfamilia Lysianassoidea

Especie 1

Familia Leucothoidae

Género *Leucothoe*

Leucothoe sp.

Orden Tanaidacea

Familia Leptochellidae

Subfamilia Leptocheliinae

Género *Leptochelia*

Leptochelia dubia (Krøyer, 1842)

Orden Isópoda

Especie 1

Familia Sphaeromatidae

Género *Paracerceis*

Paracerceis sculpta (Holmes, 1904)

Familia Paranthuridae

Subfamilia Anthuroidea
Género *Colanthura*
Colanthura sp.

Familia Janiridae
Subfamilia Janiroidea
Familia Anthuridae
Género *Mesanthura*
Mesanthura sp.

Orden Decápoda

Infraorden Caridea
Familia Palaemonidae
Especie 1
Familia Alpheidae
Especie 1
Infraorden Anomura
Especie 1
Infraorden Brachyura
Especie 1
Especie 2
Especie 3
Especie 4
Especie 5

Orden Cumacea

Especie 1

Clase Maxillopoda

Subclase Copépoda

Clase Arachnida

Subclase Acari

Especie 1

Especie 2

Clase Pygnogonida

Subclase Thecostraca

Orden Sessilia

Familia Balanidae

Especie 1

Phylum Chordata

Clase Actinopteri

Orden Peciformes

Familia Labrisomidae

Especie 1

Phylum Echinodermata

Subphylum Eleutherozoa

Superclase Cryptosyringida

Clase Ophiuroidea

Orden Ophiurina

Familia Ophiotrichidae

Género *Ophiothrix*

Ophiothrix rudis Lyman, 1874

Género *Ophiactis*

Ophiactis savignyi (Müller & Troschel, 1842)

Phylum Mollusca

Clase Gastropoda

Subclase **Heterobranchia**

Orden Cephalaspidea

Familia Haminoedae

Género *Atys*

Atys cf. castus Carpenter, 1864

Familia Bullidea

Género *Bulla*

Roxania morgana (Dall, 1908)

Familia Rissoellidae

Género *Rissoella*

Rissoella sp.

Orden Basommatophora

Familia Siphonariidae

Género *Williamia*

Williamia peltoides (Carpenter, 1864)

Orden Cephalaspidea

Familia Cylichnidae

Género *Cylichnella*

Cylichnella defuncta Baker & Hanna, 1927

Orden Heterostropha

Familia Architectonicidae

Género *Heliacus*

Heliacus infundibuliformi perrieri (Rochebrune,

1881)

Familia Pyramidellidae

Género *Miralda* sp.

Miralda sp.

Familia Omalogyridae

Género *Omalogyra*

Omalogyra cf. *simplex* (Costa O. G., 1861)

Orden Sacoglossa

Familia Plakobranchidae

Género *Elysia*

Elysia diomedea (Bergh, 1894)

Orden Anaspidea

Familia Aplysiidae

Género *Dolabella*

Dolabella auricularia (Lightfoot, 1786)

Género *Stylocheilus*

Stylocheilus striatus (Quoy & Gaimard, 1832)

Orden Aeolidida

Familia Aeolidiidae

Género *Bergia* sp.

Subclase Caenogastropoda

Orden Archotaenioglossa

Familia Cyclophoridae

Especie 1

Orden Littorinimorpha

Familia Barleeiidae

Género *Barleeia*

Barleeia orcutti Bartsch, 1920

Barleeia carpenteri Bartsch, 1920

Familia Rissoidea

Género *Alvania*

Alvania compacta (Carpenter, 1864)

Familia Cerithiopsidae

Género *Cerithiopsis* sp.

Familia Rissoinidae

Género *Rissonia*

Schwartziella effusa (Mörch, 1860)

Familia Litiopidae

Género *Alaba*

Diffalaba opiniosa Iredale, 1936

Familia Cingulopsidea

Género *Eatonina*

Especie 1

Familia Eulimidae

Género *Melanella*

Melanella cumingii (A. Adams, 1851)

Familia Calyptraedae
Género *Crepidula*
Crepidula sp.

Orden Neogastropoda

Familia Cystiscidae
Género *Cystiscus*
Cystiscus politus (Carpenter, 1857)

Familia Fasciariidae
Género *Leucozonia*
Leucozonia sp.

Género *Aptyxis*
Fusinus luteopictus (Dall, 1877)

Familia Strombina

Familia Cerithiidae
Género *Bittium*
Bittium cerralvoense Bartsch, 1911

Familia Olividae
Género *Oliva*
Subgénero *Olivella*
Olivella sp.

Familia Muricidae
Especie 1

Clase Bivalvia

Subclase Pteriomorphia

Orden Arcoida

Familia Arcidae
Género *Arca*

Arca pacifica (G. B. Sowerby I, 1833)

Clase Polyplacopora

Phylum Cnidaria

Clase Hydrozoa

Subclase Hydroidolina

Orden Leptothecata

Familia Campanulariidae

Género *Clytia*

Clytia spp.

Género *Obelia*

Obelia spp.

Familia Plumulariidae

Género *Plumularia*

Plumularia spp.

Familia Sertulariidae

Género *Sertularia*

Sertularia spp.

Clase Anthozoa

Subclase Hexacorallia

Orden Actinaria

Especie 1

Phylum Bryozoa

Especie 1

Phylum Porifera

Especie 1

Phylum Nematoda

Especie 1

Phylum Platyelminthes

Clase Turbellaria

Especie 1

Phylum Sipunculida

Especie 1

ANEXO 2. Listado sistemático de los taxa que componen la comunidad de epifauna asociada a los mantos de *Acanthophora spicifera* en la localidad de Punta Roca Caimancito. Se ordenaron de manera filogenética de acuerdo la clasificación de WoRMs: <http://www.marinespecies.org>.

Reino Animalia

Phylum Annelida

Clase Polychaeta

Subclase Sedentaria

Infraclase Scolecida

Familia Capitellidae

Orden Sabellida

Familia Sabellidae

Especie 1

Especie 2

Familia Serpulidae

Especie 1

Orden Terebellida

Familia Terebellidae

Especie 1

Familia Trichobranchidae

Especie 1

Familia Cirratulidae

Especie 1

Subclase Errantia

Orden Phyllodocida

Familia Phyllodocidae

Familia Polynoidae

Especie 1

Familia Hesionidae

Familia Syllidae

Especie 1

Especie 2

Especie 3

Género *Eusyllinae*

Eusyllinae sp

Género *Trypanosyllis*

Trypanosyllis sp.

Género *Haplosyllis*

Haplosyllis spongicola (Grube, 1855)

Familia Nereidae

Subfamilia Nereidinae

Género *Ceratonereis*

Ceratonereis singularis Treadwell, 1929

Orden Eunicida

Familia Eunicidae

Género *Eunice*

Eunice chikasi León-González Rivera & Romero,

2004

Género *Lysidice*

Lysidice sp.

Familia Lumbrinereidae

Género *Lumbrinereis*

Lumbrinereis sp.

Phylum Arthropoda

Subphylum Crustacea

Clase Malacostraca

Orden Amphipoda

Familia Amphitoidae

Género *Amphitoe*

Amphitoe plumulosa Shoemaker 1938

Amphitoe pollex Kunkel, 1910

Familia Aoridae

Género *Bemlos*

Bemlos tehuecos (J.L. Barnard, 1979)

Infraorden Hadziida

Familia Maeridae

Género *Elasmopus*

Elasmopus cf. *bampo* J.L. Barnard, 1979

Infraorden Corophiida

Familia Caprellidae

Familia Unciolidae

Subfamilia Aorodea

Género *Rudilemboides*

Rudilemboides stenopropodus J.L. Barnard, 1959

Familia Ischyroceridae

Subfamilia Ischyrocerinae

Género *Erichthonius*

Erichthonius brasiliensis (Dana, 1852)

Familia Podoceridae

Subfamilia Caprelloidea

Género *Podocerus*

Podocerus fulanus J.L. Barnard, 1962

Infraorden Tilitrida

Familia Phliantidae

Subfamilia Talitroidea

Género *Paraphinotus*

Paraphinotus escabrosus (J.L. Barnard, 1962)

Familia Hyalidae

Subfamilia Hyalinae

Género *Protohyale*

Protohyale yaqui (J.L. Barnard, 1979)

Familia Amphilochidae

Género *Apolochus*

Apolochus sp.

Familia Lysianassidae

Especie 1

Familia Leucothoidae

Género *Leucothoe*

Leucothoe sp.

Orden Tanaidacea

Familia Leptochellidae

Subfamilia Leptocheliinae

Género *Leptochelia*

Leptochelia dubia (Krøyer, 1842)

Orden Isopoda

Familia Sphaeromatidae

Género *Paracerceis*

Paracerceis sculpta (Holmes, 1904)

Familia Janiridae

Subfamilia Janiroidea

Familia Anthuridae

Especie 1

Género *Mesanthura*

Mesanthura sp.

Orden Decapoda

Suborden Pleocyemata

Infraorden Brachyura

Especie 1

Especie 2

Especie 3

Especie 4

Infraorden Caridea

Familia Hyppolitidae

Género *Hyppolite*

Hyppolite sp.

Familia Alpheidae

Especie 1

Familia Palaemonidae

Especie 1

Clase Malacostraca

Subclase Eumalacostraca

Orden Cumacea

Especie 1

Clase Maxillopoda

Subclase Copepoda

Especie 1

Subphylum Chelicerata

Clase Pycnogonida

Especie 1

Subclase Acari

Especie 1

Especie 2

Clase Ostrácoda

Especie 1

Phylum Echinodermata

Subphylum Eleutherozoa

Superclase Cryptosyringida

Clase Ophiuroidea

Orden Ophiurina

Familia Ophiotrichidae

Género *Ophiotrix*

Ophiotrix sp.

Género *Ophiactis*

Ophiactis savignyi (Müller & Troschel, 1842)

Phylum Mollusca

Clase Gastropoda

Subclase Heterodonta

Orden Archiheterodonta

Familia Carditoidae

Género *Cardita*

Cardita affinis G. B. Sowerby I, 1833

Cardita spurca G. B. Sowerby I, 1833

Subclase Heterobranchia

Orden Cephalaspidea

Familia Cylichnidae

Género *Cylichnella*

Cylichnella defuncta Baker & Hanna, 1927

Familia Haminoedae

Género *Atys*

Atys cf. *castus* Carpenter, 1864

Familia Bullidea

Género *Bulla*

Roxania morgana (Dall, 1908)

Familia Rissoellidae

Género *Rissoella*

Rissoella grippi Gray, 1847

Orden Basommatophora

Familia Siphonariidae

Género *Williamia*

Williamia peltoides (Carpenter, 1864)

Orden Heterostrophia

Familia Architectonicidae

Género *Heliacus*

Heliacus infundibuliformis (Gmelin, 1791)

Familia Pyramidellidae

Género *Miralda*

Miralda sp.

Familia Omalogyridae

Género *Omalogyra*

Omalogyra cf. *simplex* (Costa O. G., 1861)

Orden Sacoglosa

Familia Plakobranchidae

Género *Elysia*

Elysia diomedea (Bergh, 1894)

Orden Anaspidea

Familia Aplysiidae

Género *Dolabella*

Dolabella auricularia (Lightfoot, 1786)

Género *Stylocheilus*

Stylocheilus striatus (Quoy & Gaimard, 1832)

Orden Aeolidida

Familia Aeolidiidae

Género *Bergia*

Bergia sp.

Subclase Caenogastropoda

Orden Archotaenioglossa

Familia Cyclophoridae

Orden Littorinimorpha

Familia Barleeiidae

Género *Barleeia*

Barleeia alderi (Carpenter, 1857)

Barleeia carpenteri Bartsch, 1920

Barleeia orcutti Bartsch, 1920

Familia Rissoidea

Género *Alvania*

Alvania compacta (Carpenter, 1864)

Familia Cerithiopsidae

Género *Cerithiopsis*

Cerithiopsis sp.

Familia Rissoinidae

Género *Rissonia*

Schwartziella effusa (Mörch, 1860)

Familia Litiopidae

Género *Alaba*

Diffalaba opinosa Iredale, 1936

Familia Cingulopsidea

Género *Eatonina*

Especie 1

Familia Eulimidae

Género *Melanella*

Melanella cumingii (A. Adams, 1851)

Orden Neogastropoda

Familia Cystiscidae

Género *Granula*

Gibberula subtrigona (Carpenter, 1864)

Género *Cystiscus*

Cystiscus politus (Carpenter, 1857)

Familia Buccinidae

Género *Phos*

Metaphos articulatus (Hinds, 1844)

	Género <i>Pisiana</i>	
	<i>Pisiana</i> sp.	
	Familia Cerithiidae	
	Género <i>Bittium</i>	
	<i>Bittium cerralvoense</i> Bartsch, 1911	
	Familia Olividae	
	Género <i>Oliva</i>	
	Subgénero <i>Olivella</i>	
	<i>Olivella</i> sp.	
	Familia Muricidae	
	Especie 1	
Clase Bivalvia		
	Especie 1	
Clase Polyplacopora		
	Especie 1	
Phylum Cnidaria		
Clase Anthozoa		
Subclase Hexacorallia		
Orden Actinaria		
	Especie 1	
Clase Hydrozoa		
	Especie 1	
Phylum Bryozoa		
	Especie 1	
Phylum Porifera		
	Especie 1	
Phylum Nematoda		
	Especie 1	