



Instituto Politécnico Nacional
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Biociencias

**Estructura de la comunidad de macroalgas en dos localidades del litoral de
Campeche, México**

TESIS

Que para obtener el grado de:

Maestría en Biociencias

P R E S E N T A

L. en B. Cynthia Mariana Hernández Casas

Directoras

Dra. Luz Elena Mateo Cid

Dra. Ángela Catalina Mendoza González



Ciudad de México, octubre 2019



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

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 11 horas del día 13 del mes de septiembre del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas para examinar la tesis titulada:

Estructura de la comunidad de macroalgas en dos localidades del litoral de Campeche, México

Presentada por el alumno:

Hernández
Apellido paterno

Casas
Apellido materno

Cynthia Mariana
Nombre(s)

Con registro:

B	1	7	0	1	7	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: **Maestría en Biociencias**

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

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dra. Luz Elena Mateo Cid

Dra. Ángela Catalina Mendoza
González

Dra. Marina Sánchez Ramírez

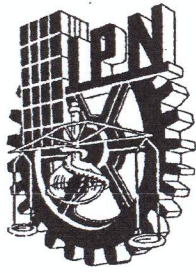
M. en C. Eduardo Soto Galera

Dra. Alejandrina Graciela Avila Ortiz

PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Gerardo Aparicio Ozores





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSTGRADO E
INVESTIGACION

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 11 del mes octubre del año 2019, la que suscribe **Cynthia Mariana Hernández Casas** alumna del Programa de **Maestría en Biociencias** con número de registro **B170173**, adscrito a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **Dra. Luz Elena Mateo Cid** y **Dra. Ángela Catalina Mendoza González** y cede los derechos del trabajo intitulado "**Estructura de la comunidad de macroalgas en dos localidades del litoral de Campeche, 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. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: **mariana18biol@gmail.com**, **luzmcyd@ipn.mx** y **am7124@gmail.com**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Cynthia Mariana Hernández Casas

Dra. Luz Elena Mateo Cid
Directora de tesis

Dra. Ángela Catalina Mendoza González
Directora de tesis

Resumen

En México los estudios donde se relacione la biomasa y diversidad de las comunidades de macroalgas con factores ambientales son escasos, no obstante, se ha sugerido que el sustrato y la profundidad son factores que influyen en la distribución espacial y temporal de las algas. El objetivo del trabajo es determinar la variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad de macroalgas marinas bentónicas en Xpicob y Villamar, Campeche, durante tres temporadas climáticas, relacionando los factores ambientales con su biomasa y diversidad. La riqueza total fue de 74 taxones, divididos en tres Clases, Phaeophyceae (3), Florideophyceae (36) y Ulvophyceae (35). Las algas filamentosas tuvieron la mayor riqueza específica en la zona intermareal, mientras que las algas carnosas y calcáreas predominaron en número y biomasa en la zona submareal a profundidades mayores (60-240 cm). En Xpicob, las zonas más profundas fueron las que presentaron mayor diversidad, mientras que en Villamar fueron las zonas centrales las de mayor diversidad. El análisis de similitud de Clúster generado a partir de los datos de biomasa formó tres grupos, el primero constituido por Xpicob nortes-secas, el segundo por Villamar nortes-secas-lluvias y finalmente un grupo formado solo por Xpicob lluvias. Por otro lado, en Xpicob, la diversidad alfa y equitatividad fueron mayores durante nortes, mientras que, las menores fueron en secas. El recambio de especies en cada temporada en Xpicob fue mayor a 50%, no obstante, el mayor recambio se presentó de lluvias a secas (0.65), en contraste, en Villamar el recambio fue menor a 50%, teniendo el mayor recambio de secas a nortes (0.48). Los factores ambientales que mostraron tener mayor influencia sobre la biomasa de las macroalgas en la zona de estudio fueron la temperatura, salinidad, sustrato (rocoso) y profundidad. Cada uno de los factores mencionados tiene importancia en algún atributo de la comunidad, la mayoría de ellos actúan en conjunto y no de manera aislada. Con los resultados obtenidos se puede concluir que la comunidad de macroalgas de la zona de estudio es influenciada por los factores ambientales, produciendo una variación a lo largo del año, tanto de composición, como en biomasa y a su vez en diversidad.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Abstract

In Mexico, biomass and diversity studies of macroalgae communities relating to environmental factors remain insufficient, despite this; it's well known that substratum and depth are factors that have influence in the spatial and temporal distribution of algae. The aim of this work is recognize the spatio-temporal variation of the community structure of benthic macroalgae in Xpicob and Villamar, Campeche, during three seasons, in relation to environmental variables with the biomass and diversity. The results indicate the presence of 74 taxa of marine algae with Florideophyceae having the greatest diversity with 36 taxa, followed by Ulvophyceae with 35 taxa, and finally Phaeophyceae with 3. Filamentous algae have the higher specific richness in the intertidal zone, meanwhile corticated and calcareous macrophytes are greater in number and biomass in the subtidal zone and greater depths (60-240 cm). In Xpicob, the highest diversity was found at greater depths, while in Villamar the central areas were the most diverse. Cluster analysis from biomass' data formed three groups, the first consisting of Xpicob northern winds -dry, the second by Villamar northern winds-dry-rains and finally a group formed only by Xpicob' rains. Otherwise, Xpicob's alpha diversity and fairness were greatest during northern winds season, while lowest were dry season. Species exchange in each season in Xpicob was greater than 50%, however, the largest replacement occurred from dry rains (0.65), in contrast, in Villamar the replacement was less than 50%, having the largest exchange of dry to northern winds. The environmental factors that showed the greatest influence on the macroalgae biomass in the study area were temperature, salinity, rocky substrate and depth. The study revealed that each factor modulated some attribute in the community; however most of the factors affect the community as a whole and not in an isolated way. With the results obtained, it can be concluded that the macroalgae community of the study area is influenced by the environmental factors, producing a variation throughout the year, both in composition and biomass as well as the diversity.

El presente estudio se desarrolló en el Laboratorio de Ficología, Departamento de Botánica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, bajo la dirección de la Dra. Luz Elena Mateo Cid y la Dra. Ángela Catalina Mendoza González. Formó parte del Programa de Formación de Investigadores en los proyectos:

SIP 20170696, 20180489, 20195092, 20170767, 20180491 y 20195127

Parte de los resultados fueron presentados en el Foro PIFI 2018, realizado en la Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial (UPDCE), Zacatenco, Ciudad de México.

Dedicatoria

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicar la presente tesis a mi madre la Sra. Hilda Casas Romero por su cariño y a Gerardo Garduño Acosta por su amor incondicional y apoyo brindando desde que nos conocemos.

*“Después de escalar una gran colina,
uno encuentra que hay muchas otras
colinas que escalar... todo parece imposible,
hasta que se hace”*

-Nelson Mandela-

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Agradecimientos

A la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional por los apoyos brindados a través de los proyectos SIP antes mencionados, además del agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada, así como al Programa Institucional de Formación de Investigadores del IPN por la Beca de Estimulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) otorgada.

A mis directoras de tesis, Dra. Luz Elena Mateo Cid y Dra. Á. Catalina Mendoza González por su apoyo y ayuda brindada durante toda la realización del proyecto, también agradecerles el amor que me han inculcado por la investigación, el mar y sobre todo por las “niñas” aliguitas sin dejar de lado todo el cariño que me han brindado durante mi estancia en el laboratorio.

Agradezco también a mi comité revisor: Dra. Marina Sánchez Ramírez, Dra. Alejandrina Graciela Avila Ortiz y M. en C. Eduardo Soto Galera, quienes desde la tesis de licenciatura han contribuido al mejoramiento en la realización de este proyecto, así como en crecimiento académico y formación científica.

Además, agradecer al Dr. Carlos Fabián Vargas Mendoza por su apoyo y sugerencias.

A la Sra. Leticia Acosta, Sr. Adrián Garduño y Miroslava Garduño por abrirme las puertas de su casa y brindarme su cariño y apoyo incondicional todo el tiempo.

A mi mamá Hilda Casas, mis hermanos Cesar Hernández y Edgar Hernández y a mi cuñada Gabriela García por su amor, apoyo y porque sé que siempre podré contar con ustedes.

También agradezco al destino por traer a mi vida a personas tan gratas a quienes estimó mucho y que más que amigos, son mi familia ficológica: Maestrita Dei, Profe Carlitos, Fab, Alfredito, Julio, Itza, Vere, Clau, Ale Moncada, Sra. Rosa María Ortiz, Dani Cano, Mike, Rocio. Tengo mucho que agradecerle a cada uno de ustedes y mucho porque recordarlos, aunque algunos no estén cerca en estos momentos, siempre van a estar en mi corazón.

Finalmente, a mi compañero de vida, Gerardo, por siempre cuidar mis pasos, por tu amor, cariño, comprensión, cuidados... por estar conmigo y caminar juntos.

¡A TODOS GRACIAS!

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Índice temático

Resumen	I
Abstract.....	II
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos	V
1.- Introducción	1
2.- Antecedentes.....	3
3.- Justificación	5
4.- Hipótesis	5
5.- Objetivos.....	6
5.1.- Objetivo General.....	6
5.2.- Objetivos particulares	6
6.- Metodología.....	7
6.1.- Área de estudio.....	7
6.2.- Trabajo de campo	10
6.3.- Trabajo de laboratorio.....	12
6.4.- Trabajo de gabinete	13
6.4.1. Caracterización ambiental de las localidades de muestreo.....	13
6.4.2. Composición específica.....	13
6.4.3. Afinidad Biogeográfica.....	14
6.4.4.- Perfil de distribución	14
6.4.5.- Variación temporal y espacial de la biomasa	14
6.4.6.- Atributos de la comunidad de macroalgas	16
6.4.7.- Relación de las variables ambientales y la biomasa de las especies	18
7.- Resultados.....	19

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

7.1.- Caracterización ambiental de las localidades de muestreo	19
7.2 Composición específica	25
7.3 Afinidad Biogeográfica	30
7.4.- Variación espacial y temporal de la riqueza específica.....	31
7.4.1. Perfil de distribución vertical de los taxones	33
7.5.- Variación temporal y espacial de la biomasa.....	36
7.6.- Valor de Importancia de las macroalgas de Xpicob.....	37
7.7.- Valor de Importancia de las macroalgas de Villamar	38
7.8. Atributos de la comunidad de macroalgas.....	38
7.8.1.- Diversidad β (beta).....	40
7.9.- Relación entre factores ambientales y la biomasa de los taxones.....	41
8.- Discusión	45
8.1 Composición específica	45
8.2.- Afinidad biogeográfica	46
8.3. Variación espacial y temporal de la riqueza específica	47
8.4. Perfil de distribución vertical de las macroalgas.....	48
8.5.- Variación temporal y espacial de la biomasa.....	50
8.6.- Atributos de la comunidad de macroalgas	54
Diversidad α	54
Diversidad β	56
8.7.- Relación entre factores ambientales y la biomasa de los taxones.....	56
9.- Conclusiones.....	58
9.- Literatura citada	60
Anexo 1 Distribución espacial de las macroalgas a lo largo de la playa	72
Anexo 2.- Variación de la biomasa en ambas localidades.....	78

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Índice de Figuras

Figura 1.- Ubicación del área de estudio y localidades de muestreo, Campeche (Elaboración propia)	9
Figura 2.- Climograma histórico (1983-2016) de la estación meteorológica "China" cercana a la localidad de Xpicob, Campeche	20
Figura 3.- Climograma anual (2016-2017) de la estación meteorológica "China" cercana a la localidad de Xpicob, Campeche.....	20
Figura 4.- Climograma histórico (1983-2016) de la estación meteorológica "Champotón" cercana a la localidad de Villamar, Campeche.....	21
Figura 5 Climograma anual (2016-2017) de la estación meteorológica "Champotón" cercana a la localidad de Villamar, Campeche.....	22
Figura 6.- Variables ambientales medidas en Xpicob y Villamar, Campeche, durante los meses de octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).	24
Figura 7.- Riqueza específica anual de las macroalgas de Xpicob y Villamar, Campeche.....	30
Figura 8.- Riqueza total de especies de macroalgas en Xpicob y Villamar, Campeche durante los muestreos realizados en octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).....	31
Figura 9.- Riqueza específica estacional de cada Clase de macroalgas en Villamar y Xpicob, Campeche durante los muestreos realizados en octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).	32
Figura 10.- Variación espacial y temporal de las macroalgas de Xpicob y Villamar, Campeche durante los muestreos realizados en octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).	32
Figura 11.- Variación de la diversidad de Shannon-Wiener para Xpicob, en las tres temporadas y las distintas profundidades muestreadas (cuadros). Eje X: transecto y cuadrante muestreado (profundidades), Eje Y: Diversidad de Shannon-Wiener (H'). Las líneas discontinuas se deben a la ausencia de datos en esos sitios de muestreo.....	35
Figura 12.- Variación de la diversidad de Shannon-Wiener para Villamar, en las tres temporadas climáticas y las distintas profundidades muestreadas (cuadros). Las líneas discontinuas se deben a la ausencia de datos en esos sitios de muestreo.	35
Figura 13.- Biomasa promedio (g/m^2) y error estándar, de X:Xpicob y V: Villamar, Campeche en cada temporada climática (N:Nortes, L:Lluvias y S:Secas.....	36
Figura 14.- Análisis de agrupamiento UPGMA mediante similitud de Bray-Curtis. XS: Xpicob-secas, XN: Xpicob-nortes, XL: Xpicob-lluvias, VN: Villamar-nortes, VS: Villamar-secas, VL: Villamar-lluvias.....	37
Figura 15.- Estimación de la Diversidad alfa (Shannon-Wiener) en Xpicob para las tres temporadas climáticas	39
Figura 16.- Estimación de la Diversidad alfa (Shannon-Wiener) en Villamar para las tres temporadas climáticas	40
Figura 17.- Análisis de correspondencias canónicas (ACC) para las variables ambientales y la biomasa de las especies de macroalgas por cuadrante y temporada en Xpicob y Villamar, Campeche recolectadas en 2016 y 2017. Sitios (cuadrantes) de Xpicob Sitios (cuadrantes) de Villamar Especies de macroalgas ubicadas en zona somera Especies de macroalgas ubicadas en zonas profundas.	44

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Índice de Tablas

Tabla 1.- Análisis de PERMANOVA de dos vías.....	22
Tabla 2.- Listado de taxones ubicados en las dos localidades durante las tres temporadas .	26
Tabla 3.- Tabla comparativa de Índice de afinidad biogeográfica de Cheney para el litoral de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán.....	30
Tabla 4.- Diversidad beta (recambio de especies) de las especies de macroalgas entre temporadas climáticas para la localidad de Xpicob.	41
Tabla 5.- Diversidad beta (recambio de especies) de las especies de macroalgas entre temporadas climáticas para la localidad de Villamar.....	41
Tabla 6.- Coeficiente de correlación de las variables ambientales registradas en Xpicob y Villamar Campeche (2016-2017) con la biomasa en gramos de las macroalgas obtenidas en ambas localidades.....	42
Tabla 7.- Porcentaje de varianza explicada en cada eje del Análisis de Correspondencias Canónicas.....	42
Tabla 8.- Resultado de los transectos realizados en Xpicob para la temporada de nortes. ...	72
Tabla 9.- Resultado de los transectos realizados en Villamar para la temporada de nortes ..	73
Tabla 10.- Resultado de los transectos realizados en Xpicob para la temporada de lluvias. .	74
Tabla 11.- Resultado de los transectos realizados en Villamar para la temporada de lluvias.	75
Tabla 12.- Resultado de los transectos realizados en Xpicob para la temporada de secas...	76
Tabla 13.- Resultado de los transectos realizados en Villamar para la temporada de secas.	77
Tabla 14.- Biomasa de las macroalgas en las tres temporadas en Xpicob.	78
Tabla 15.- Biomasa de las macroalgas en las temporadas en Villamar.....	79

1.- Introducción

Las macroalgas marinas son organismos que han desarrollado una amplia variedad de morfologías (formas filamentosas, laminares, globosas, tubulares, saculiformes, entre otras) y complejidad celular, carecen de un sistema de conducción verdadero (xilema y floema), raíces, tallos, hojas, flores o frutos y debido a esto se les conoce como talofitas (Littler, 1980). Son componentes fundamentales dentro de los ecosistemas marinos, ya que son productores primarios y constituyen el principal alimento de peces, moluscos, crustáceos y otros organismos marinos (Littler *et al.*, 1987; Voerman *et al.* 2013). Además, acumulan, forman y detienen la erosión del sustrato mediante sus rizoides, así mismo su morfología les permite servir como refugio y alimento para numerosas especies de animales (León-Álvarez *et al.*, 2007; Piriz, 2009).

Son organismos que se desarrollan en ambientes dulceacuícolas, salobres y marinos. En los ambientes marinos los encontramos distribuidos en la zona supramareal, intermareal y submareal. Su establecimiento, distribución y composición son fuertemente influenciados por la naturaleza física del sustrato (Dawes, 1986; Valdivia y De la Guardia, 2004; Garduño-Solórzano *et al.*, 2005). El sustrato en el ambiente marino, presentan principalmente seis tipos: rocas, arena, raíces de mangle o madera, animales e incluso otras algas, a los cuales las algas se adhieren mediante rizoides o discos de fijación (León-Álvarez *et al.*, 2007, Garduño-Solórzano *et al.*, 2005). Una forma de vida importante de las algas son las epífitas, que son aquellas algas que utilizan como sustrato para vivir a otro organismo vegetal (algas o pastos marinos) (Borowitzka y Lethbridge, 1989; León-Álvarez *et al.*, 2007).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Las macroalgas son consideradas como aquellos grupos de algas macroscópicas con representantes bentónicos y se ubican dentro de las Clases Florideophyceae, Ulvophyceae y Phaeophyceae pertenecientes a los Phyla Rhodophyta, Chlorophyta y Ochrophyta, respectivamente y que se diferencian entre sí por presentar diferentes pigmentos fotosintéticos, accesorios (clorofila *a*, *b* y *c*, biliproteínas, fucoxantina, entre otros) productos de reserva (almidón floridano, almidón verdadero, laminarina y manitol) diferentes formas de reproducción sexual y asexual, organización del talo (filamentosa, pseudoparenquimatosa o parenquimatosa) y organización celular (composición de la pared celular, orgánulos), tipo de cloroplasto y ciclo de vida (Graham y Wilcox, 2000; Mansilla y Alveal, 2004; Lee, 2008).

Entre los factores biológicos que influyen de manera importante en el establecimiento de las macroalgas están, las características fisiológicas, morfología, ciclo de vida, desarrollo y permanencia de las algas en su hábitat. En conjunto, el estudio de estos eventos fenológicos y demográficos permiten conocer parte de la ecología de las especies (Silva, 1992; Lobban y Harrison, 1997; Santelices y Hommersand, 1997, Espinoza-Avalos, 2005). Para caracterizar a las comunidades, se utiliza, además la afinidad biogeográfica y el epifitismo, que permiten entender una parte importante de la dinámica de sucesión de especies (Mathieson, 1979, Littler, 1980, Jackelman *et al.*, 1991; Serviere-Zaragoza, 1993).

Las comunidades de macroalgas marinas bentónicas están expuestas a la influencia de diversos factores físicos tanto a escala global como a escala local, entre éstos se encuentran el tipo de sustrato y su disponibilidad, temperatura y luz, exposición al oleaje, profundidad; químicos como salinidad, nutrientes pH, acidez (Dawes, 1986;

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Darley, 1987; Santelices y Hommersand, 1997, Espinoza-Avalos, 2005; Larkum, *et al.*, 2006; Martínez-Daranas *et al.*, 2016).

La temperatura del agua es el factor principal que impacta en la distribución geográfica de las algas, así mismo la salinidad, el oleaje, el tipo de sustrato son factores que influyen en la distribución local de las mismas (Bula-Meyer, 1977); por ello se considera que estos factores abióticos en conjunto con los bióticos, son los responsables de la variación estacional de las algas en una región e inciden en la composición de las especies y por lo tanto en la estructura de las comunidades algales (Dethier, 1982). Esto ha sido observado en diversas poblaciones de algas obteniendo diferentes respuestas tanto en su presencia/ausencia como en su morfología (Mathieson y Norrall, 1975; Arnold y Murray, 1980).

De acuerdo a la longevidad de las algas, las variaciones de su actividad vegetativa y reproductiva a lo largo del año y que condicionan su existencia en el ambiente marino, es posible distinguir dos tipos biológicos (Feldmann, 1937):

Anuales: Cuyo ciclo de vida tiene una duración no mayor a un año, solo se reproduce una vez y desaparece después de producir esporas o gametos.

Perennes: Presentan ciclos de vida que persisten varios años produciendo estructuras reproductoras periódicamente.

2.- Antecedentes

Los estudios de macroalgas en México han sido principalmente florísticos, en el estado de Campeche, Ortega (1995) obtuvo 94 especies para la Laguna de Términos; Ortega *et al.* (2001) presentaron un catálogo de algas bentónicas de las costas mexicanas del

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Golfo de México y mar Caribe. Posteriormente, Callejas-Jiménez *et al.* (2005) mencionaron 51 especies para Santa Rosalía y Playa Preciosa, Campeche, incluyendo 19 nuevos registros, Mateo-Cid *et al.* (2013) enlistaron 211 taxones de algas bentónicas para el litoral de Campeche, mientras que Mendoza-González *et al.* (2013) determinaron 85 especies (de las cuales 74 fueron macroalgas) asociadas a pecios y otras estructuras submareales de la costa de Campeche. Con base en los trabajos antes mencionados, el total de especies del litoral de Campeche es de 271, siendo la región noreste la menos explorada.

Respecto a los estudios de la estructura de la comunidad, la mayoría se han realizado en Baja California. En estos trabajos se menciona que el tipo de sustrato y la profundidad, son factores que influyen en la riqueza, distribución, composición, abundancia y diversidad; por ejemplo, Rodríguez-Morales (1997) en Punta Galeras, B.C.S. registró un total de 95 especies y concluye que no hay cambios significativos, sino más bien cambios a mediana escala de tiempo aunados a procesos locales anuales como surgencias y corrientes.

Águila-Ramírez (1998) obtuvo para la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. la mayor riqueza específica en verano (57 especies) y la mínima en primavera (45), dominando el Phylum Rhodophyta, estos resultados se atribuyen a la morfología y estrategias de vida de estas especies que les permiten una mayor dispersión y resistencia a los cambios climáticos.

Saad-Navarro y Riosmena-Rodríguez (2005), sugieren que la variación en la composición de especies de macroalgas en Bahía Muertos, B.C.S. está relacionada

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

con la época del año y la afinidad que tiene cada grupo taxonómico por el tipo de sustrato.

En el litoral de Campeche Ortiz-Rosales (1988) obtuvo un total de 47 especies para las localidades de Champotón, Isla Arena y Seybaplaya de igual forma observó que los factores que tienen mayor influencia en la distribución, composición y riqueza de algas bentónicas, son el sustrato (principalmente rocoso) y la profundidad.

3.- Justificación

Los estudios ecológicos permiten conocer la dinámica de la estructura de una comunidad en un periodo de tiempo. Es así, que este estudio aportará información actualizada acerca de los atributos de las comunidades de macroalgas de Campeche y su asociación con los factores abióticos así como su comportamiento a lo largo de las diferentes temporadas. Lo anterior permitirá fortalecer las propuestas de conservación, así como el aprovechamiento potencial de este recurso en la zona de estudio.

4.- Hipótesis

Si la distribución local de las macroalgas está influenciada por el tipo de sustrato, profundidad y transparencia se espera que las formas filamentosas se localicen en la zona somera, mientras que las carnosas y calcificadas se ubiquen a mayor profundidad en sustrato rocoso; así mismo la riqueza, composición y biomasa serán mayores en la temporada de secas y menores en nortes.

5.- Objetivos

5.1.- Objetivo General

Determinar la variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad de macroalgas marinas bentónicas en Xpicob y Villamar, Campeche, durante tres temporadas climáticas, relacionando los factores ambientales con su biomasa y diversidad.

5.2.- Objetivos particulares

- ❖ Determinar la composición taxonómica de macroalgas marinas bentónicas y su variación temporal en Xpicob y Villamar.
- ❖ Establecer la afinidad biogeográfica de la flora marina bentónica ubicada en el área de estudio.
- ❖ Evaluar la distribución vertical y diversidad de las especies en ambas localidades mediante perfiles de distribución.
- ❖ Analizar la variación espacio-temporal de la biomasa de las macroalgas en las dos localidades.
- ❖ Determinar los atributos de las comunidades de macroalgas entre temporadas climáticas y localidades de muestreo.
- ❖ Establecer la relación de la variación espacio-temporal de la biomasa total macroalgal con los parámetros ambientales medidos.

6.- Metodología

6.1.- Área de estudio

El estado de Campeche forma parte de la plataforma de la Península de Yucatán, que, a su vez es parte de la Placa Norteamericana, este estado cuenta con cuatro regiones hidrológicas, siete cuencas hidrológicas y 2200 km² de lagunas costeras y forma parte de la región Hidrológica XII, Península de Yucatán, denominada así por la CONAGUA (2006). El 98% del estado se divide en dos subregiones: Ponientes y Candelaria, siendo esta última la zona con la mayor precipitación del estado e incluso alcanza los valores más altos en el país (1700 y 1800 mm) (CONAGUA, 2006).

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (2004) el litoral de Campeche posee una variedad de climas desde el semiseco muy cálido y cálido ($BS_1(h')w(i')$ y $BS_0(h')w''(x')$) hasta el cálido subhúmedo ($Aw_0(i')gw''$) y cálido húmedo (Am), específicamente en las localidades de estudio se presenta el cálido subhúmedo (Orellana *et al.*, 2003; García, 2004).

En el Golfo de México, el flujo de la corriente del Lazo determina la temperatura, debido a que esta corriente presenta forma de herradura y fluye en el sentido de las manecillas del reloj transportando masas de agua cálidas subtropicales del Mar Caribe a través del Estrecho de Yucatán hacia el Golfo de México (Zavala-Hidalgo, 2003).

Las dos corrientes que influyen de manera importante en la estacionalidad de la precipitación pluvial son la Corriente Tropical y la Corriente del Noreste. La primera corriente está formada por masas cálidas, provenientes del Atlántico norte y Caribe que provocan las lluvias estivales afectando el sur del Golfo de México, mientras que

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

las masas continentales de Estados Unidos y Canadá (Corriente del Noreste) son cálidas y secas en estío y frías en invierno, produciendo así los llamados “Nortes” los cuales forman corrientes inerciales en la Bahía de Campeche y se presentan en los meses de octubre a enero (Contreras, 1958; Expósito-Díaz *et al.*, 2009).

Los nortes se definen como la acumulación de aire frío en latitudes medias e intensos gradientes meridionales de presión en la troposfera, generando interrupciones de aire frío hacia los trópicos caracterizados por descenso de temperatura con cambios en la dirección del viento (Norte-Noreste) (Hastenrath, 1991; Magaña *et al.*, 1999). Al encontrarse con masas de aire caliente y húmedo pueden provocar precipitación, sin embargo, dependiendo de la intensidad del sistema es la cantidad de lluvia que acarrea. La presencia de estos sistemas genera la mayor parte de las precipitaciones en esta época del año (Hastenrath, 1991).

El presente trabajo se realizó en dos localidades del litoral de Campeche; Xpicob se ubica en las coordenadas 19° 43'13" N y 90°40'09" O a 150 km al noreste de la Laguna de Términos, mientras que Villamar se localiza a 83 km al noreste de la Laguna de Términos en las coordenadas 19° 16'13" N y 90° 47'54" O; la distancia entre ambas localidades es aproximadamente 47 km (Figura 1).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

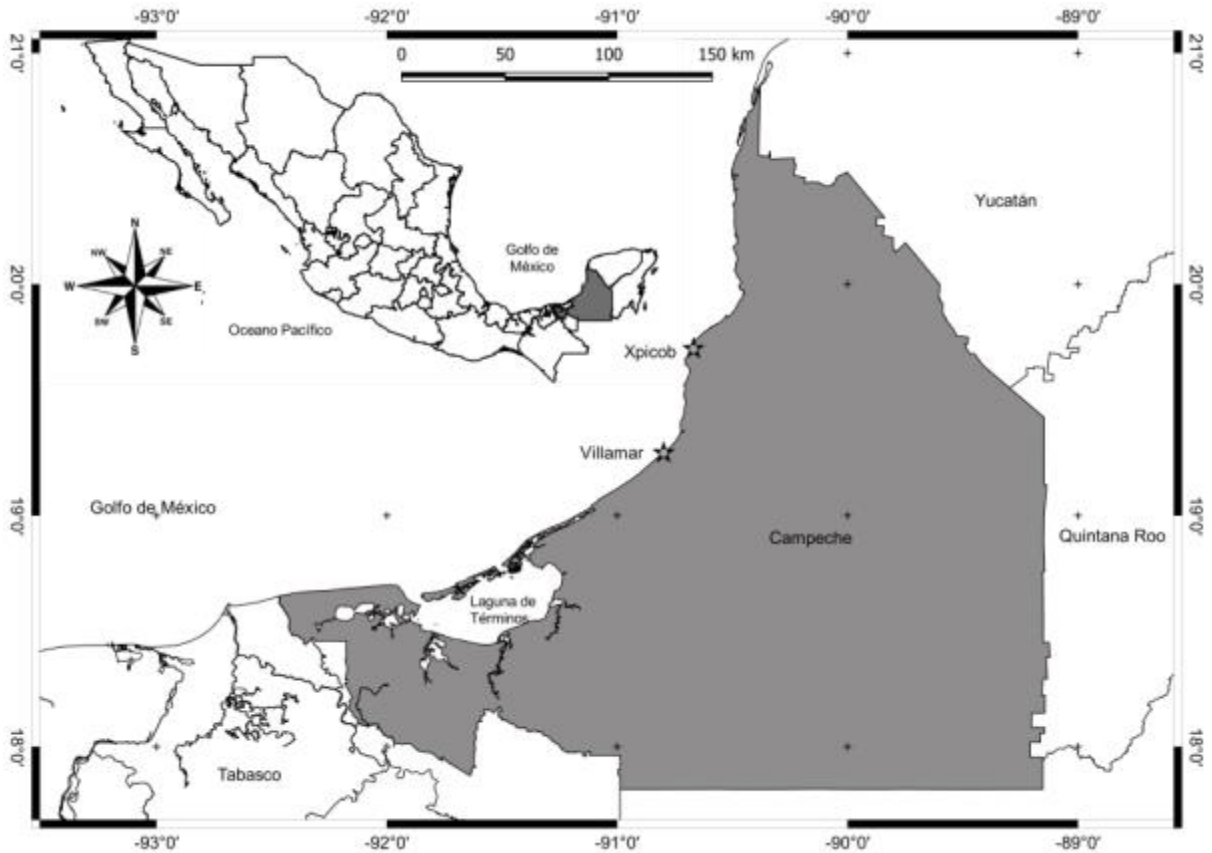


Figura 1.- Ubicación del área de estudio y localidades de muestreo, Campeche (Elaboración propia)

La localidad de Xpicob, perteneciente a la comunidad de Ensenada, cuenta con una franja de mar de 500 metros en su parte más ancha y a diferencia de Villamar, la actividad turística no es de gran impacto, los pobladores se enfocan principalmente al ecoturismo y a la protección de especies que se encuentran en peligro de extinción como las tortugas marinas, además no hay grandes complejos turísticos, sin embargo, si hay actividad pesquera y de maricultura (Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013)

Xpicob alberga una biodiversidad importante, incluyendo especies en peligro de extinción. Hasta el año 2012, se registraron 15 especies locales y cinco especies migratorias en algún estado de protección de acuerdo a NOM-059-SEMARNAT-2010;

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

entre ellas tres especies de tortuga marina (*Eretmochelys imbricata*, *Chelonia mydas* y *Caretta caretta*) en la categoría de peligro de extinción; dos de caballito de mar (*Hippocampus erectus* e *Hippocampus zosterae*) en protección especial; una de cacerolita de mar (*Limullus poliphemus*) en peligro de extinción; dos variedades de aves marinas locales (*Calidris canutus roselaari* y *Pelecanus occidentalis*) en peligro de extinción y amenazada respectivamente; dos especies de manglares (*Avicennia germinans* y *Conacarpus erectus*) en peligro de extinción, entre otras. Por la gran importancia que representa la zona, cumple con los requisitos para ser considerada un hábitat crítico, el cual, según la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAT, 2018), se define como un área específica terrestre o acuática, en la que ocurren procesos biológicos y físicos esenciales, ya sea para la supervivencia de una especie en categoría de riesgo o para una de sus poblaciones y que requiere manejo y protección.

Por lo que respecta a Villamar esta se encuentra a 10 km del complejo hotelero “Aak-bal”, el cual cuenta con 308 hectáreas de extensión, campo de golf; esta región es actualmente santuario de la tortuga blanca o tortuga verde (*Chelonia mydas*) y tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) que están protegidas por las leyes ambientales en la categoría de peligro de extinción. Por lo anterior se considera como un complejo de gran impacto en varios sectores como el económico y el ambiental (Benavides-Rosales y Fraga-Berdugo, 2015).

6.2.- Trabajo de campo

Se realizó una campaña de muestreo en cada temporada para cada localidad, en octubre 2016 (“nortes”), abril (secas) y julio 2017 (lluvias de verano).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

En cada sitio de muestreo se colocaron y geoposicionaron tres transectos de 25 metros de longitud perpendiculares a la línea de costa, separados entre sí por 25 m. Cada cinco metros se colocó un cuadro de 25 x 25 cm (0.0625 m²) como unidad de muestreo, el cual es recomendado para la evaluación de poblaciones submareales por su eficacia debido a que ofrece el área necesaria para estimaciones de cobertura del macrofitobentos y disminuye la varianza (Vázquez y González, 1995; Zayas *et al.*, 2006; Cano, 2008). Con este diseño de muestreo se obtuvieron 15 muestras en cada localidad por temporada.

En cada cuadro se registró por observación directa el tipo sustrato, asignando un porcentaje de 0-100% de acuerdo con la dominancia de cada tipo de sustrato en el cuadrante (arenoso/rocoso) sobre el cual estaban creciendo las macroalgas. Además, se registró la temperatura del agua con un termómetro de mercurio (100°C), la visibilidad (disco de Secchi), profundidad (cinta métrica), salinidad (Kit Hanna (HI3835) y oxígeno disuelto (Kit Hanna (HI3810).

Todas las macroalgas ubicadas en cada cuadro se desprendieron del sustrato con ayuda de una espátula, se colocaron en bolsas de plástico transparentes, previamente rotuladas (localidad, número de cuadrante, transecto y fecha). Posteriormente se fijaron con formol-agua de mar al 5% y se depositaron en bolsas de plástico negras y fueron trasladadas al laboratorio de Ficología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.

6.3.- Trabajo de laboratorio

Una vez en el laboratorio se procedió al análisis y determinación taxonómica de las algas, para lo cual se realizaron cortes transversales y longitudinales de los talos con una navaja doble filo, para localizar e identificar las estructuras vegetativas y reproductivas útiles para la determinación de las especies. Los cortes se tiñeron con fucsina, azul de cresil y verde yodo para su posterior observación en un microscopio estereoscópico ZEIGEN (2040 STEREO) y un microscopio fotónico OLYMPUS CX31RBSF. Las algas calcáreas se descalcificaron con HNO₃ al 0.6 N previo a su revisión de acuerdo con Woelkerling (1978).

La determinación del material ficológico se llevó a cabo utilizando las claves y descripciones referidas en los trabajos de Taylor (1960), Schneider y Searles (1991), Littler y Littler (2000), Dawes y Mathieson (2008) y Cho *et al.* (2008).

El cálculo de la biomasa seca de cada especie se estimó secando cada ejemplar durante 15 días en una prensa botánica. Posteriormente se pesaron con una balanza analítica Ohaus Scout® modelo H-7294 con 0.001 g de precisión. Cada valor de biomasa seca fue extrapolado a m².

Las macroalgas ubicadas como epifitas de otras macroalgas fueron desprendidas por completo de éstas, aplicándose el mismo procedimiento para la determinación y registros de datos de biomasa.

Finalmente, los ejemplares fueron herborizados para incorporarse a la Colección Ficológica del Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.

6.4.- Trabajo de gabinete

6.4.1. Caracterización ambiental de las localidades de muestreo

Con el fin de corroborar el régimen climático previamente establecido para la zona de estudio, fueron solicitados datos de precipitación y temperatura para un periodo de 33 años (1983-2016) de las estaciones meteorológicas más cercanas a las localidades de recolecta (“Champotón” y “China”) al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2016; SMN, 2017). Con los datos obtenidos se elaboraron dos climogramas por cada localidad (uno histórico y otro del año de muestreo).

Posteriormente para determinar si hay diferencias en términos de variables ambientales, entre las temporadas o entre las localidades de muestreo se aplicó análisis PERMANOVA de dos vías con Bray-Curtis como índice de similitud.

También se realizó un ANOVA de dos vías a cada una de las variables ambientales puntuales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y profundidad) obtenidas en campo, para observar que variable (s) es (son) la (s) que está (n) dando la (s) diferencia (s) en la caracterización de las localidades.

6.4.2. Composición específica

Se elaboró un listado florístico de las especies de macroalgas marinas ubicadas en ambas localidades en las tres temporadas. Las familias, géneros y especies están ordenadas bajo el criterio sistemático propuesto por Wynne (2017), mientras que la actualización nomenclatural sigue el esquema de Guiry y Guiry (2019).

6.4.3. Afinidad Biogeográfica

La afinidad biogeográfica fue calculada mediante el índice de Cheney (1997), quien incluye a los tres grupos de macroalgas: propone la fórmula: $R+C/P$, donde R= número de especies de Rhodophyta, C= número especies de Chlorophyta y P= número especies de Phaeophyceae, así al obtener valores >6 se trata de flora con afinidad tropical, en tanto que las de regiones templadas-frías tienen valores <3 , y los valores intermedios indicarían flora de tipo mixta (tropical-templada-fría).

6.4.4.- Perfil de distribución

Con los datos del número de especies por localidad y temporada, se elaboraron perfiles de distribución de las macroalgas, a lo largo de la playa y la variación de acuerdo a la profundidad en los 25 metros (transecto).

6.4.5.- Variación temporal y espacial de la biomasa

Para ambas localidades se calcularon los valores de biomasa estacional específica, biomasa estacional total, abundancia relativa estacional, biomasa específica total, biomasa total anual, abundancia relativa anual utilizando las fórmulas de Águila-Ramírez (1998) que se muestran a continuación.

Biomasa estacional específica (BEE):

$$\sum_{i=1}^{15} \text{Biomasa de la especie } n \text{ en cada cuadrante de cada transecto para la temporada } k$$

Biomasa estacional total (BET):

$$\sum_{j=1}^S \text{Biomasa estacional específica (BEE) de cada temporada, de todas las especies}$$

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Abundancia relativa estacional (ARE): $ARE = \frac{BEE}{BET} \times 100$

Biomasa específica total (BST): $BST = \sum_{K=1}^3 BEE$

Biomasa total anual (BTA): $BTA = \sum_{j=1}^S BET$ de las tres temporadas del año

Abundancia Relativa Anual: $ARA = \frac{BST}{BTA} \times 100$

Se calculó un PERMANOVA de dos vías con Bray Curtis como índice de similitud para observar si hay diferencias entre localidades o entre temporadas en términos de biomasa y composición de especies. Este análisis es utilizado para estudios ecológicos en los que se utilizan abundancias, las cuales pueden presentar distribuciones asimétricas y matrices de datos con muchos ceros (Vicente-González, 2018).

Para observar si existen diferencias en cuanto a la biomasa, entre temporadas o entre localidades se aplicó un ANOVA de dos vías a la biomasa de cada transecto obtenida en cada temporada y para cada localidad.

Con los datos de biomasa total de cada especie en cada temporada por localidad se llevó a cabo un análisis de agrupamiento (Cluster) mediante UPGMA (ligamiento promedio) con una matriz de Bray-Curtis con el fin de poder observar que tan similares son las temporadas y/o localidades en términos de biomasa.

Posteriormente, las especies de macroalgas importantes se determinaron de acuerdo con el Índice de Valor de Importancia el cual relaciona la biomasa y frecuencia de ocurrencia de las especies (Curtis y McIntosh, 1951, modificado por Zabi, 1984) indicando la importancia ecológica relativa de las especies en una comunidad.

$$IVI = RBi + RFi$$

$$\text{Dónde: } RB = \frac{Bi}{\sum Bi} \qquad RF = \frac{Fi}{\sum Fi}$$

Bi: biomasa de cada especie de macroalga; **Fi:** proporción de cada especie de macroalga que se encuentra en todos los cuadrantes.

6.4.6.- Atributos de la comunidad de macroalgas

6.4.6.1.- Diversidad α (alfa)

La variación espacial y temporal de los atributos de la comunidad (diversidad, dominancia y equitatividad) fue analizada con los datos de biomasa obtenidos anteriormente.

Se aplicó el índice de Shannon-Wiener para calcular la diversidad, el cual considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población infinita y se asume que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1988).

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

Dónde: **H'**: Índice de Shannon-Wiener; p_i : ni/N ; **log₂**: logaritmo base 2; **ni**: biomasa en g/m² de cada especie; **N**: Biomasa total de macroalgas, **S**: número de especies.

Primero se calculó la diversidad para cada una de las profundidades medidas, utilizando datos de biomasa de cada especie en cada cuadrante, esto se hizo para cada localidad y cada temporada. Estos resultados serán presentados en la sección de distribución vertical asociados a los perfiles de distribución.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Posteriormente se calculó la diversidad α para cada temporada en cada localidad mediante el mismo índice de S-W.

6.4.6.2 Diversidad β (beta)

Se calculó la diversidad β espacial (Xpicob y Villamar) en términos de reemplazo de especies de macroalgas utilizando el índice de Whittaker (1972).

$$B_w = \frac{s}{\alpha - 1}$$

De igual forma se analizó la diversidad β en escala temporal (nortes, lluvias de verano y secas), con el objetivo de analizar la tasa de cambio de las comunidades algales a lo largo del tiempo, todos los índices mencionados se llevaron a cabo en el programa PAST 3.1 (Hammer *et al.* 2001).

6.4.6.3.- Índice de Equitatividad

Mediante el índice de Pielou (J') o índice de uniformidad se determinó la distribución de la biomasa de los individuos entre las especies (Brower *et al.*, 1997) considera que todas las especies de la comunidad se han contabilizado en la muestra (Magurran, 1988).

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

Donde J' : índice de uniformidad de Pielou; H' : índice de diversidad de Shannon-Wiener; H'_{\max} : valor máximo alcanzado por H' ($H'_{\max} = \log_2 S$); S : número total de especies registradas.

6.4.6.4.- Índice de dominancia

Los índices que están basados en la dominancia resultan ser inversos a la uniformidad o equitatividad de la comunidad, además solo toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. El índice de Simpson está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Peet, 1974; Magurran, 1988), en el presente trabajo se utilizó este índice para determinar la dominancia de las especies con la siguiente formula:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, la biomasa de la especie i dividido entre la biomasa total de las especies de la muestra.

6.4.7.- Relación de las variables ambientales y la biomasa de las especies

Para probar si existe relación entre la biomasa (abundancia) de las especies y las variables ambientales se usó un Análisis de Correspondencia Canónicas (CCA), utilizando siete variables ambientales (salinidad, temperatura, profundidad, transparencia, oxígeno disuelto y sustrato (arenoso/rocoso) asignando 1 al sustrato que dominó en el cuadrante y 0 al que no dominó. Debido a que las variables ambientales tienen diferentes unidades, antes del ACC se estandarizaron con $(\ln X + 1)$.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

El Análisis de Correspondencias Canónicas se llevó a cabo en el programa XLSTAT V2019.3.2, el resto de los índices mencionados se llevaron a cabo en el paquete estadístico PAST V3.0 (Hammer *et al.*, 2018).

7.- Resultados

7.1.- Caracterización ambiental de las localidades de muestreo

En el área se presentan tres temporadas climáticas. La temporada de nortes que se presenta de octubre a febrero, cuya característica principal es una disminución en la precipitación (23.11-133.6 mm), así como en la temperatura ambiental (21.46-25.44 °C). Siendo enero el mes con el valor mínimo de temperatura ambiental (21.46°C) y febrero en donde se registró la menor precipitación mensual promedio (23.11 mm); la temporada de lluvias se presenta en los meses de junio a septiembre, esta temporada está caracterizada por un aumento considerable de la precipitación (197.1-239.1 mm) y de la temperatura del ambiente (26.74-27.99 mm); teniendo su pico más alto de precipitación en el mes de agosto (239.1 mm) así como la mayor temperatura ambiental (27.77°C) y finalmente la temporada de secas en la cual los valores de precipitación son muy bajos (19.76-70.96 mm) mientras que la temperatura ambiental es alta (25.48-27.88°C), ocurre de marzo a mayo siendo abril el mes más seco (16.35 mm) y con la temperatura del ambiente más alta (27.55 °C) (Figura 2).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

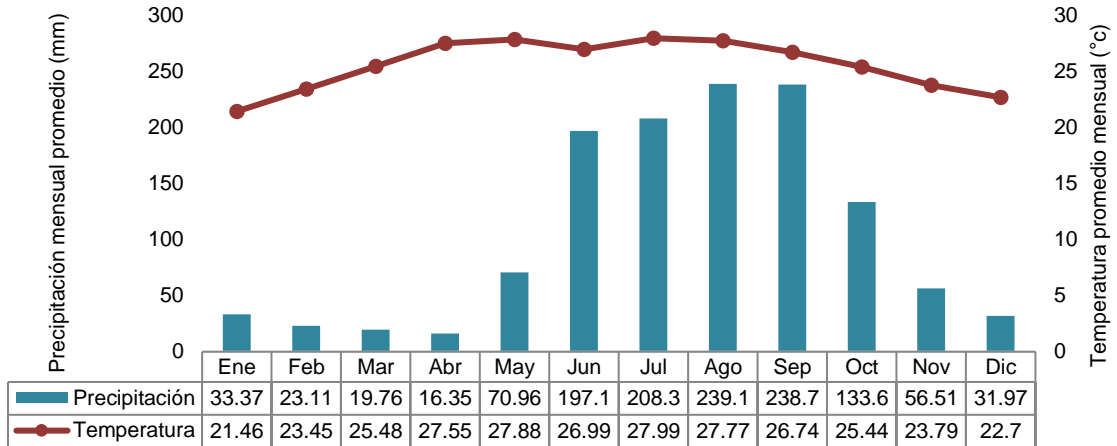


Figura 2.- Climograma histórico (1983-2016) de la estación meteorológica "China" cercana a la localidad de Xpicob, Campeche

En Xpicob durante los años de recolecta (2016-2017) (Figura 3), la temporada de lluvias fue de junio a septiembre, nortes de octubre a febrero y secas de marzo a mayo. Durante el periodo de muestreo, el mes más cálido fue mayo (32.42°C) y el más lluvioso septiembre (249.2 mm), mientras que el mes más frío fue febrero (23.05°C) y el mes más seco abril (6.1 mm).

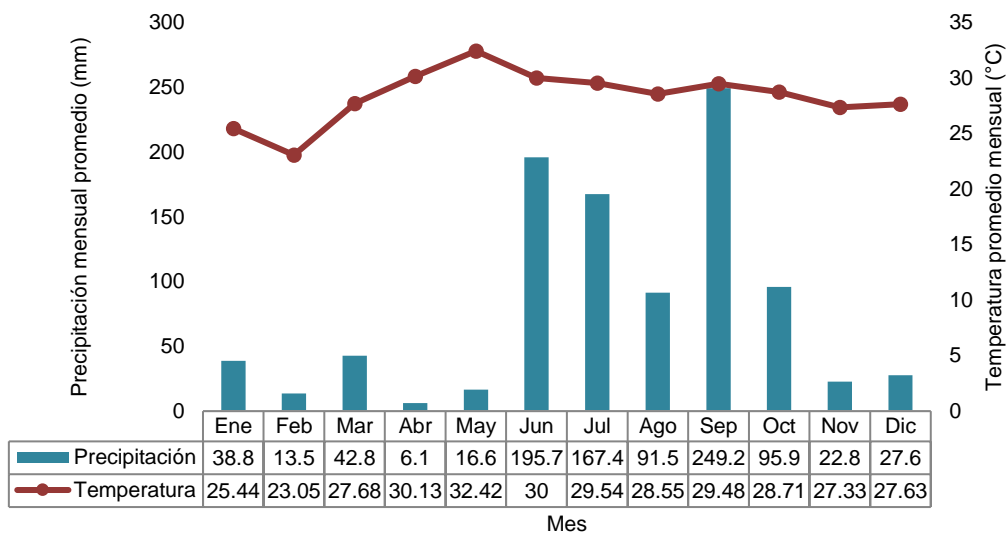


Figura 3.- Climograma anual (2016-2017) de la estación meteorológica "China" cercana a la localidad de Xpicob, Campeche.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

En la localidad de Villamar el régimen climático (Figura 4) está bien delimitado en tres temporadas, nortes de octubre a febrero en donde se registra baja temperatura ambiental (21.91-27.07°C) y altos valores de precipitación (24.57-151.7 mm); secas (marzo a mayo) con valores altos de temperatura ambiental (24.43-27.74°C) y poca precipitación (14.72-65.57 mm); lluvias (junio-septiembre) que se caracteriza por altos valores de temperatura ambiental (27.36-28.93°C) y precipitación (193.3-242.8 mm). Durante el periodo de 30 años, el mes más cálido es julio (28.93°C), el más frío es enero (21.91°C), mientras que el más lluvioso es septiembre (242.8 mm) y el más seco es abril (14.72 mm).

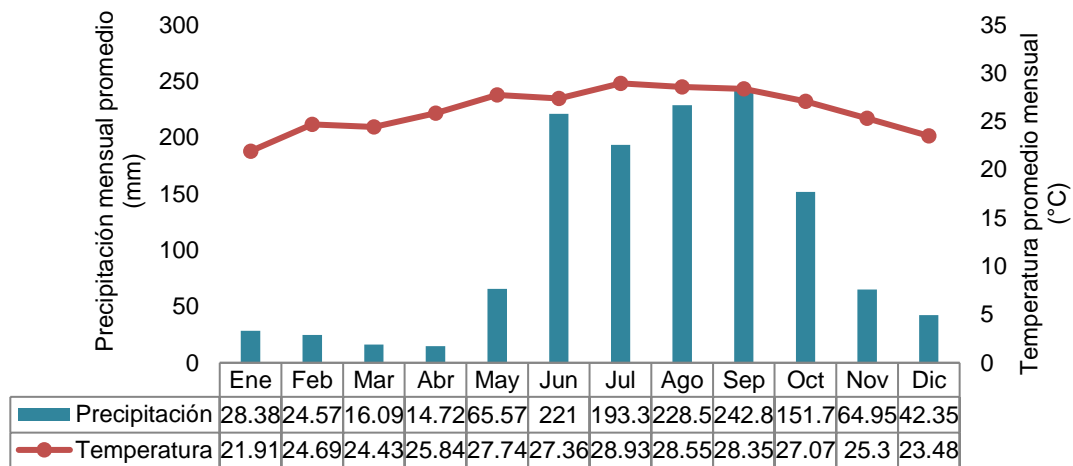


Figura 4.- Climograma histórico (1983-2016) de la estación meteorológica "Champotón" cercana a la localidad de Villamar, Campeche

En los años de muestreo (2016 y 2017) para Villamar (Figura 5) se confirmó el régimen climático, secas, lluvias y nortes, el mes más cálido fue mayo (32.42°C), el más frío fue febrero (23.05°C), el mes con la mayor precipitación fue septiembre (249.2 mm) mientras que el más seco fue abril (6.1 mm).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

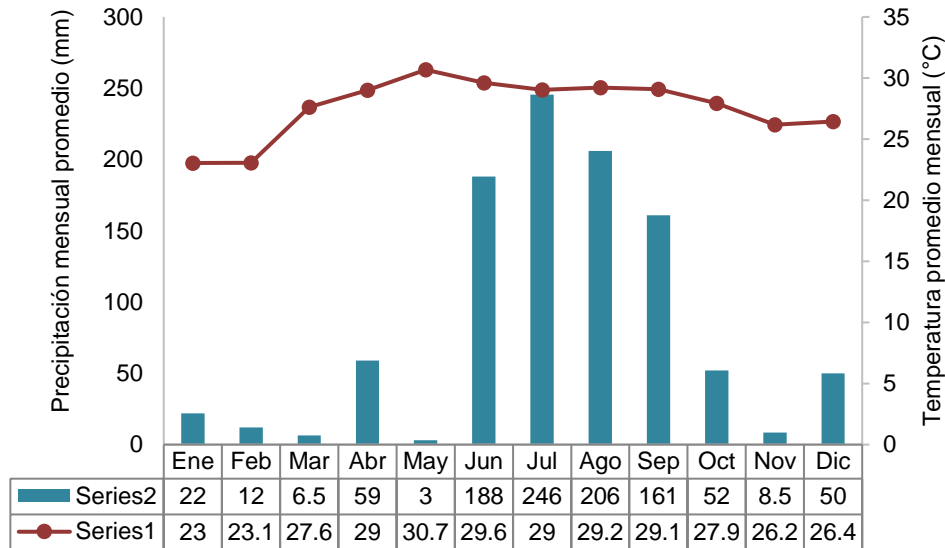


Figura 5 Climograma anual (2016-2017) de la estación meteorológica "Champlotón" cercana a la localidad de Villamar, Campeche

El PERMANOVA mostró que tanto las localidades como las temporadas son significativamente diferentes en términos de variables ambientales (Tabla 1).

Tabla 1.- Análisis de PERMANOVA de dos vías

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Localidad	0.8296	1	0.8296	19.416	0.0001
Temporada	1.0302	2	0.51509	12.055	0.0001
Interacción	0.050039	2	0.025019	0.58555	0.0653
Residual	2.6919	63	0.042728		
Total	4.6017	68			

Lo anterior se corroboró con los Análisis de Varianza que se realizó a cada variable, obteniendo como resultado que los factores ambientales que dan diferencias significativas entre **localidades** son: **salinidad** ($F= 8.32^{30}$ $p=0.000$) siendo mayor en Xpicob (35.5-39 ppm), **profundidad** ($F=27.15$ $p=2.21^{-06}$) que resultó ser mayor en Villamar (240 cm), **transparencia** ($F=55.08$ $p=4.36^{-10}$), así como el tipo de sustrato, prevaleciendo el **sustrato rocoso** en Villamar ($F=31.22$ $p= 5.69^{-7}$) y el **arenoso** en

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Xpicob ($F=31.22$ $p=5.69^{-7}$) y oxígeno disuelto ($F=6.80^{31}$ $p=0.000$) del cual el mayor valor se obtuvo en Villamar (8-13 mg/l) (Figura 6).

De igual forma, los factores que marcan la diferencia entre temporadas en **Xpicob** son: **Salinidad** ($F=1.53^{30}$ $p=0.000$), en lluvias se obtuvo la menor salinidad (36 ppm), mientras que en Nortes y secas los valores fueron muy similares (39.9 y 40), **temperatura** ($F=51.96$ $p=4.67^{-14}$) siendo la mayor en lluvias (36°C) y menor en secas (28°C), **profundidad** ($F=15.22$ $p=4.04^{-06}$) obteniendo la menor en lluvias y la mayor en secas, **transparencia** ($F=17.04$ $p=1.33^{-06}$) menor en lluvias y la mayor en secas **oxígeno disuelto** ($F=2.18^{33}$ $p=0.000$) siendo menor en lluvias (5.3 mg/l) y el mayor en nortes (13 mg/l) (Figura 6).

Los factores ambientales que diferencian significativamente a cada temporada en Villamar son: **Salinidad** ($F=1.53^{30}$ $p=0.000$), durante nortes se obtuvo la menor salinidad (34.4), mientras que la mayor se presentó en secas (36), **temperatura** ($F=51.96$ $p=4.67^{-14}$), ya que en lluvias se registró el mayor valor (36°C) y nortes la de menor temperatura (29°C), **profundidad** ($F=15.22$ $p=4.04^{-06}$) debido a que lluvias fue la temporada en la que se registró la menor profundidad y en nortes el mayor valor, **transparencia** ($F=17.04$ $p=1.33^{-06}$) siendo menor en lluvias y mayor en nortes, **oxígeno disuelto** ($F=2.18^{33}$ $p=0.000$) ya que en lluvias se presentó la menor cantidad de oxígeno (8 mg/l) mientras que en nortes se registró la mayor concentración (13 mg/l) (Figura 6).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

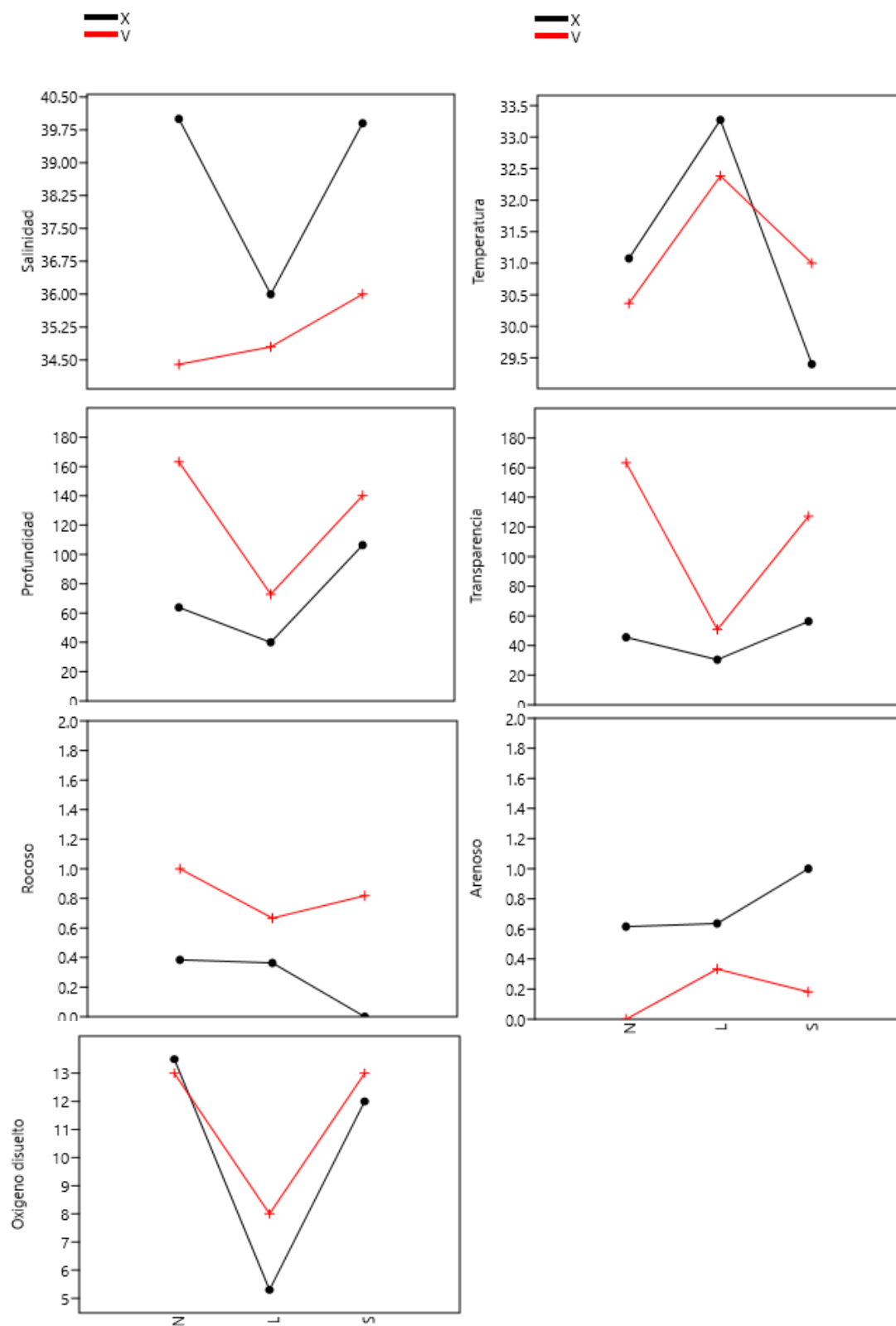


Figura 6.- Variables ambientales medidas en Xpicob y Villamar, Campeche, durante los meses de octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).

7.2 Composición específica

Entre las dos localidades se obtuvo un total de 74 taxones (Tabla 2) de ellos, la Clase Florideophyceae (36) presentó la mayor riqueza seguida de Ulvophyceae (35) y Phaeophyceae (3) (Figura 7). Así mismo se puede observar (Tabla 2) la presencia/ausencia que tuvieron las especies a lo largo de las tres temporadas en cada una de las localidades.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 2.- Listado de taxones ubicados en las dos localidades durante las tres temporadas

		Villamar			Xpicob		
Especie		Nortes	Lluvias	Secas	Nortes	Lluvias	Secas
Clase Phaeophyceae							
Orden Dictyotales							
Familia Dictyotaceae							
1	<i>Dictyota caribaea</i> Hörnig & Schnetter	+	+	+	-	-	+
2	<i>Padina gymnospora</i> (Kützinger) Sonder	-	-	+	-	-	-
3	<i>Padina sanctae-crucis</i> Børgesen	-	-	+	-	-	-
Clase Florideophyceae							
Orden Corallinales							
Familia Corallinaceae							
4	<i>Jania adhaerens</i> J. V. Lamouroux	-	-	+	+	-	-
5	<i>Jania capillacea</i> Harvey	+	-	+	+	-	+
Familia Lithophyllaceae							
6	<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux	+	-	+	+	-	-
Orden Ceramiales							
Familia Ceramiaceae							
7	<i>Ceramium corniculatum</i> Montagne	-	+	+	+	-	+
Familia Rhodomelaceae							
8	<i>Acanthophora spicifera</i> (M. Vahl) Børgesen	+	+	+	+	+	+
9	<i>Alsidium seaforthii</i> (Turner) J. Agardh	+	+	+	+	+	-
10	<i>Alsidium triquetrum</i> (S. G. Gmelin) Trevisan	-	+	+	-	+	-
11	<i>Chondria curvilineata</i> Collins & Hervey	-	-	-	-	-	+
12	<i>Chondria floridana</i> (Collins) M. Howe	-	+	+	-	-	-
13	<i>Chondria leptacremom</i> (Melvill ex G. Murray) De Toni	-	-	+	-	-	-
14	<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C. Agardh	+	+	+	+	+	+

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

15	<i>Laurencia caraibica</i> P. C. Silva	-	-	-	-	-	+
16	<i>Laurencia intricata</i> J. V. Lamouroux	+	+	+	+	+	-
17	<i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) J. V. Lamouroux	-	-	-	+	-	+
18	<i>Laurencia filiformis</i> (C. Agardh) Montagne	-	-	+	-	-	-
19	<i>Laurencia viridis</i> Gil-Rodríguez & Haroun	-	-	+	-	-	-
20	<i>Lophosiphonia obscura</i> (C. Agardh) Falkenberg	-	-	+	-	-	-
21	<i>Palisada corallopsis</i> (Montagne) Senties, Fujii & Díaz-Larrea	+	+	+	+	-	+
22	<i>Palisada perforata</i> (Bory) K. W. Nam	+	-	+	+	-	+
23	<i>Polysiphonia subtilissima</i> Montagne	-	+	-	-	-	+
24	<i>Yuzurua poiteaui</i> (J. V. Lamouroux) Martin-Lescanne	+	-	+	+	-	-
25	<i>Yuzurua poiteaui</i> var. <i>gemmifera</i> (Harvey) M. J. Wynne	-	-	-	+	-	-
Orden Gelidiales							
Familia Gelidiaceae							
26	<i>Gelidium</i> sp	-	+	-	-	-	-
Familia Pterocladaceae							
27	<i>Pterocladia sanctarum</i> (Feldmann & Hamel) Santelices	+	+	+	+	+	-
Orden Gigartinales							
Familia Cystocloniaceae							
28	<i>Hypnea cervicornis</i> J. Agardh	+	+	+	-	-	+
29	<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing	+	-	-	-	-	-
Familia Solieriaceae							
30	<i>Euclimatopsis isiformis</i> (C. Agardh) Núñez-Reséndiz, Dreckmann & Senties	-	-	+	-	-	-
31	<i>Meristotheca gelidium</i> (J. Agardh) E. J. Faye & M. Masuda	+	-	-	-	-	-
32	<i>Wurdemannia miniata</i> (Sprengel) Feldmann & Hamel	-	-	+	-	-	-
Orden Gracilariales							
Familia Gracilariaceae							
33	<i>Crassiphycus caudatus</i> (J. Agardh) Gurgel, J. N. Norris & Fredericq	-	+	-	-	-	-
34	<i>Gracilaria cervicornis</i> (Turner) J. Agardh	+	+	-	+	-	-
35	<i>Gracilaria damaecornis</i> J. Agardh	-	-	+	-	-	-

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

36	<i>Gracilaria debilis</i> (Forsskål) Børgesen	+	+	+	+	+	-
37	<i>Gracilaria flabelliformis</i> (P. Crouan & H. Crouan) Fredericq & Gurgel	+	+	+	+	-	+
38	<i>Gracilaria flabelliformis</i> subsp. <i>simplex</i> Gurgel, Fredericq & J. N. Norris	-	-	-	-	+	-
	Orden Rhodymeniales						
	Familia Champiaceae						
39	<i>Champia parvula</i> var. <i>prostrata</i> L. G. Williams	-	-	+	-	-	-
	Clase Ulvophyceae						
	Orden Bryopsidales						
	Familia Caulerpaceae						
40	<i>Caulerpa ashmeadii</i> Harvey	+	-	-	-	-	-
41	<i>Caulerpa fastigiata</i> Montagne	-	+	-	-	+	+
42	<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J. V. Lamouroux	+	-	-	-	-	-
	Familia Halimedaceae						
43	<i>Halimeda discoidea</i> Decaisne	-	-	+	-	-	-
44	<i>Halimeda gracilis</i> Harvey ex J. Agardh	-	-	-	-	+	-
45	<i>Halimeda incrassata</i> (J. Ellis) J. V. Lamouroux	+	+	+	+	+	-
46	<i>Halimeda monile</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux	-	-	-	-	-	+
47	<i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux	-	+	-	+	-	+
48	<i>Halimeda scabra</i> M. Howe	+	+	+	-	-	-
49	<i>Halimeda tuna</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux	-	+	+	-	-	-
	Orden Bryopsidales						
	Familia Udoteaceae						
50	<i>Penicillus capitatus</i> Lamarck	-	+	+	-	-	-
51	<i>Udotea caribaea</i> D. S. Littler & Littler	-	-	+	-	-	-
52	<i>Udotea conglutinata</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux	-	-	+	-	-	-
53	<i>Udotea cyathiformis</i> Decaisne	-	-	+	-	-	-
54	<i>Udotea cyathiformis</i> var. <i>flabellifolia</i> D. S. Littler & Littler	-	-	+	-	-	-
55	<i>Udotea dixonii</i> D. S. Littler & Littler	+	+	-	+	-	-
56	<i>Udotea dotyi</i> D. S. Littler & Littler	-	-	+	-	-	-

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

57	<i>Udotea flabellum</i> (J. Ellis & Solander) M. Howe	-	+	-	-	-	-
58	<i>Udotea looensis</i> D. S. Littler & Littler	+	+	+	-	-	+
59	<i>Udotea luna</i> D. S. Littler & Littler	-	-	+	-	-	-
60	<i>Udotea spinulosa</i> M. Howe	-	-	-	-	-	+
61	<i>Udotea unistratea</i> D. S. Littler & Littler	-	+	-	-	-	-
Orden Cladophorales							
Familia Boodleaceae							
62	<i>Cladophoropsis macromeres</i> W. R. Taylor	-	-	-	-	-	+
63	<i>Cladophoropsis membranacea</i> (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen	-	-	-	-	-	+
Familia Cladophoraceae							
64	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützing	-	-	-	+	-	-
65	<i>Cladophora coelothrix</i> Kützing	-	-	-	-	+	-
66	<i>Cladophora crispula</i> Vickers	-	-	-	+	+	+
67	<i>Cladophora flexuosa</i> (O. F. Müller) Kützing	-	-	+	-	+	+
68	<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützing	-	+	+	+	+	-
69	<i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützing	-	+	-	+	+	+
70	<i>Willeella brachyclados</i> (Montagne) M. J. Wynne	-	-	+	+	+	-
Orden Dasycladales							
Familia Polyphysaceae							
71	<i>Acetabularia crenulata</i> J. V. Lamouroux	+	+	+	-	-	-
72	<i>Acetabularia farlowii</i> Solms-Laubach	-	-	+	-	-	-
Orden Ulvales							
Familia Ulvaceae							
73	<i>Ulva compressa</i> Linnaeus	-	-	+	-	-	-
74	<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen	-	+	-	-	-	-
Total		24	31	46	25	17	23

Nota: +: presencia; -: ausencia

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

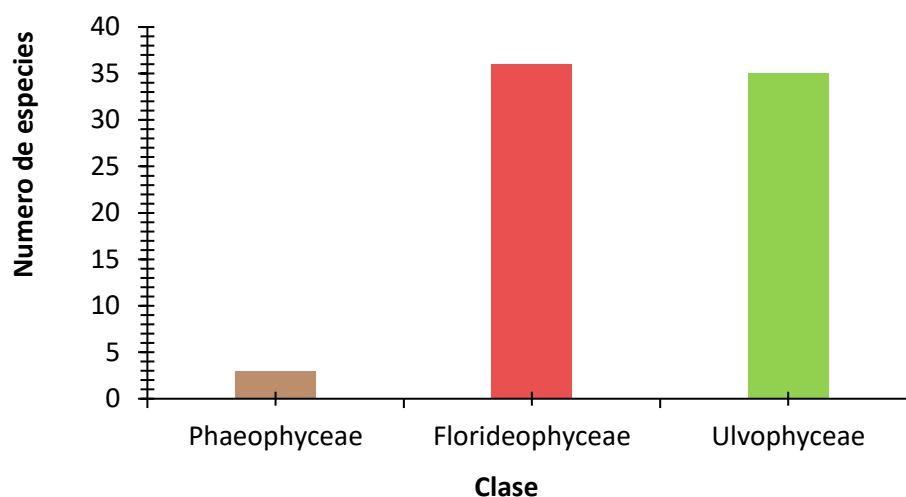


Figura 7.- Riqueza específica anual de las macroalgas de Xpicob y Villamar, Campeche.

7.3 Afinidad Biogeográfica

De acuerdo con índice de Cheney en este estudio se obtuvo un valor de 23.6, lo cual indica que la flora de Campeche es de tipo tropical (Cheney >6) (Tabla 3).

Tabla 3.- Tabla comparativa de Índice de afinidad biogeográfica de Cheney para el litoral de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán.

Estado	Índice de Cheney (R+C/P)
¹ Litoral de Tamaulipas (2001)	5.32
¹ Litoral de Veracruz (2001)	7.65
¹ Litoral de Tabasco (2001)	7.65
² Litoral de Yucatán	9
³ Litoral de Campeche (2005)	10.9
⁴ Litoral de Campeche (2013)	9.3
Litoral de Campeche (presente estudio)	23.6

¹Ortega *et al.*, 2001; ²Sánchez-Molina *et al.*, 2007; ³Callejas-Jiménez *et al.*, 2005; ⁴Mateo-Cid *et al.*, 2013.

7.4.- Variación espacial y temporal de la riqueza específica

En Villamar se registró la mayor riqueza específica con 61 taxones, mientras que en Xpicob fue menor con 41, así mismo se observó que en ambas localidades la clase con la mayor riqueza fue Florideophyceae y la menor fue Phaeophyceae (Figura 8).

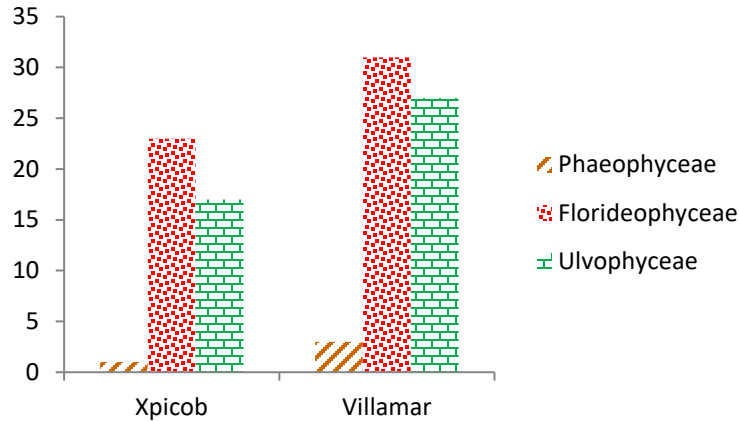


Figura 8.- Riqueza total de especies de macroalgas en Xpicob y Villamar, Campeche durante los muestreos realizados en octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).

La mayor riqueza se presentó en la temporada de secas (58) seguida de lluvias de verano (34) y nortes (34). Durante nortes y secas Florideophyceae fue la clase que mostró la mayor riqueza (20 y 29 respectivamente), mientras que en lluvias fue Ulvophyceae (19). Tanto Florideophyceae como Ulvophyceae tuvieron su mayor riqueza durante secas (29 y 26 especies respectivamente) y su mínima en lluvias y nortes (17 y 13 respectivamente) (Figura 9).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

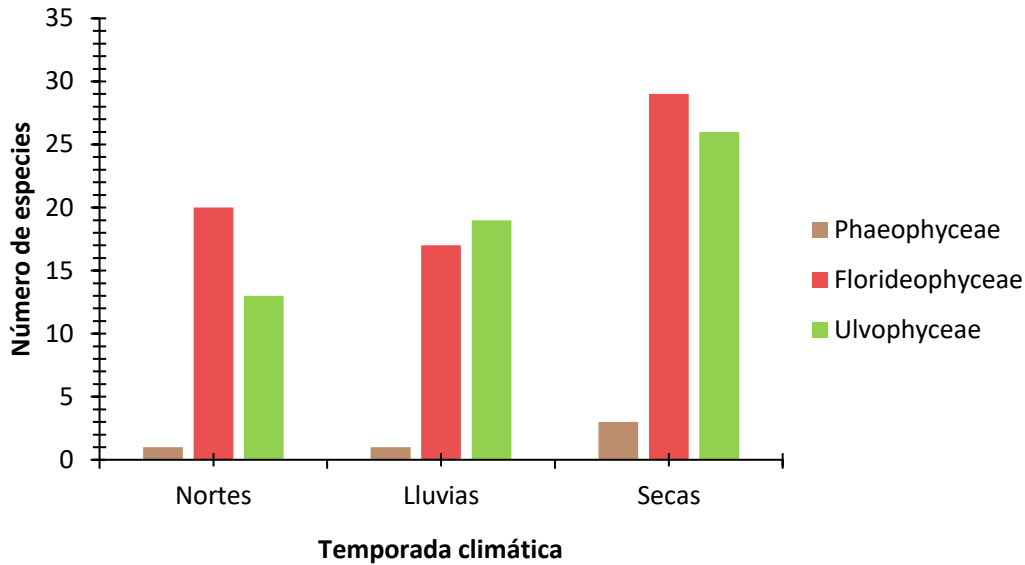


Figura 9.- Riqueza específica estacional de cada Clase de macroalgas en Villamar y Xpicob, Campeche durante los muestreos realizados en octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).

La mayor riqueza en nortes se obtuvo en Xpicob (25) en la que se registró un taxon más que en Villamar (24), sin embargo, para secas (31) y lluvias (46) Villamar registró la mayor riqueza (Figura 10).

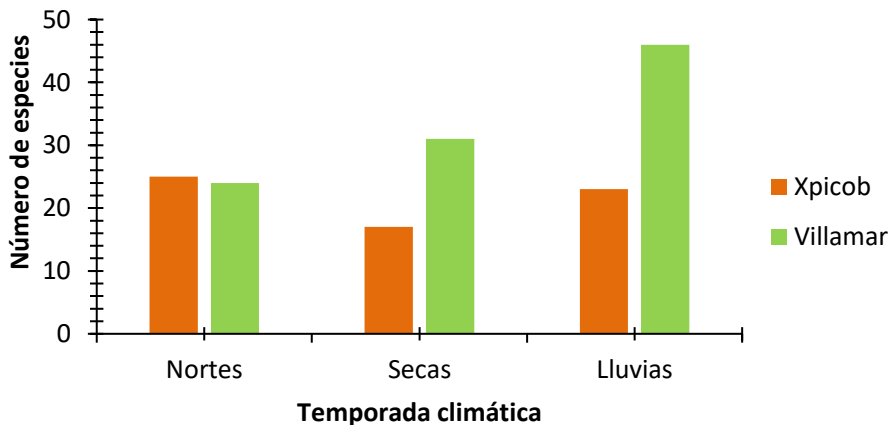


Figura 10.- Variación espacial y temporal de las macroalgas de Xpicob y Villamar, Campeche durante los muestreos realizados en octubre (2016), abril (2017) y agosto (2017).

Xpicob en la temporada de nortes presentó dos taxones exclusivos, *Cladophora albida* y *Yuzurua poiteaui* var. *gemmafer*. En la misma localidad, durante lluvias, los taxones exclusivos fueron tres, *Gracilaria flabelliformis* subsp. *simplex*, *Halimeda gracilis*,

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Cladophora coelothrix. En secas *Chondria curvilineata*, *Laurencia caraibica*, *Halimeda monile*, *Udotea spinulosa*, *Cladophoropsis macromeres* y *C. membranacea* fueron las exclusivas (Tabla 2).

En Villamar se presentaron cuatro taxones exclusivos en nortes, *Hypnea spinella*, *Meristotheca gelidium*, *Caulerpa ashmeadii*, *Caulerpa prolifera*, en lluvias fueron *Crassiphycus caudatus*, *Udotea flabellum*, *Udotea unistratea*, *Ulva compressa* y finalmente para secas 19, entre los que se encuentran, *Padina gymnospora*, *P. sanctae-crucis*, *Wurdemannia miniata*, *Champia parvula* var. *postrata*, *Eucheumatopsis isiformis* (Tabla 2).

En Xpicob, los taxones que se presentaron durante todo el periodo son: *Acanthophora spicifera*, *Digenea simplex*, *Cladophora crispula* y *C. sericea*. Mientras que en Villamar fueron *Dictyota caribaea*, *Acanthophora spicifera*, *Alsidium seaforthii*, *D. simplex*, *Laurencia intricata*, *Palisada corallopsis*, *Pterocladia sanctarum*, *Hypnea cervicornis*, *Gracilaria debilis*, *G. flabelliformis*, *Halimeda scabra* y *Acetabularia crenulata* (Tabla 2).

7.4.1. Perfil de distribución vertical de los taxones

El mayor número de taxones en ambas localidades se ubicó en los cuadrantes 3, 4 y 5 que corresponden a las mayores profundidades (50 cm -240 cm). En nortes, para Xpicob, las especies se encontraron distribuidas en 13 de los 15 cuadros muestreados (Tabla 8, anexo 1), mientras que en Villamar en la misma temporada se localizaron en 11 de los 15 cuadros (Tabla 9 anexo 1).

En la temporada de lluvias para Xpicob (Tabla 10 anexo 1), se obtuvieron muestras en 11 de 15 cuadros muestreados, en contraste con Villamar en la cual se registraron algas

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

en 13 de los 15 cuadros (Tabla 11 anexo 1). Cabe destacar que en esta temporada, en Villamar, algunos de los primeros cuadrantes se encontraron totalmente descubiertos debido a la baja marea que se presentó al momento de la recolecta.

Para secas, existe un cambio en la distribución de las especies, en Xpicob se encontraron algas en 10 de las 15 unidades muestreadas (Tabla 12 anexo 1), mientras que en Villamar para la misma temporada se encontraron algas en 11 de los 15 cuadrantes (Tabla 13, anexo 1).

En ambas localidades se observó que las algas filamentosas dominan tanto en riqueza como en biomasa en la zona intermareal. En Xpicob se encuentran desde los cero hasta aproximadamente 60 cm de profundidad, mientras que, en Villamar desde los cero hasta los 100 cm, la mayor riqueza y biomasa de este tipo de algas, se presenta en la zona menos profunda. En las tres temporadas y para ambas localidades, las algas carnosas, calcificadas y de talos de estructura más compleja, se ubicaron a mayores profundidades. Específicamente en Xpicob, las algas filamentosas dejan de presentarse cerca de los 50 cm dando paso al tipo de algas carnosas y calcificadas, mientras que en Villamar sucede esta transición alrededor de los 60-70 cm de profundidad.

En Xpicob, la mayor diversidad se obtuvo en las zonas más profundas registradas (cuadrantes cuatro y cinco), este patrón se mantuvo en las tres temporadas climáticas, con excepción de secas en el cuadrante dos del transecto uno, donde también se obtuvo una alta diversidad (Figura 11).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

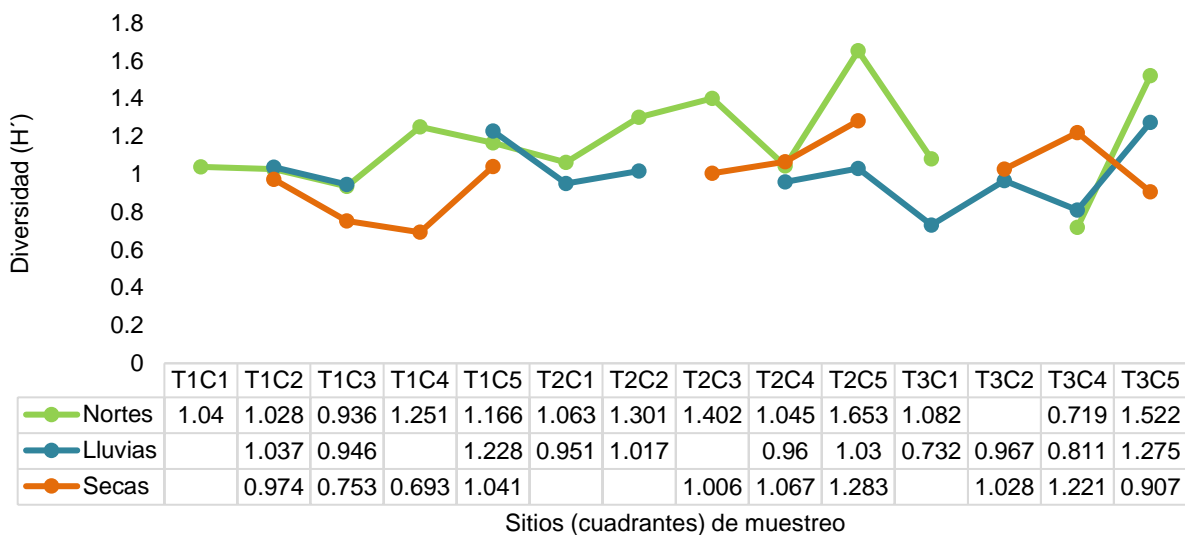


Figura 11.- Variación de la diversidad de Shannon-Wiener para Xpicob, en las tres temporadas y las distintas profundidades muestreadas (cuadros). Eje X: transecto y cuadrante muestreado (profundidades), Eje Y: Diversidad de Shannon-Wiener (H'). Las líneas discontinuas se deben a la ausencia de datos en esos sitios de muestreo.

Contrario a lo obtenido en Xpicob, en Villamar la mayor diversidad se obtuvo en los cuadrantes centrales (dos, tres y cuatro), este patrón se observa a lo largo de las tres temporadas a excepción de lluvias, en la cual se obtuvo la mayor diversidad en el cuadrante cinco del transecto uno (Figura 12).

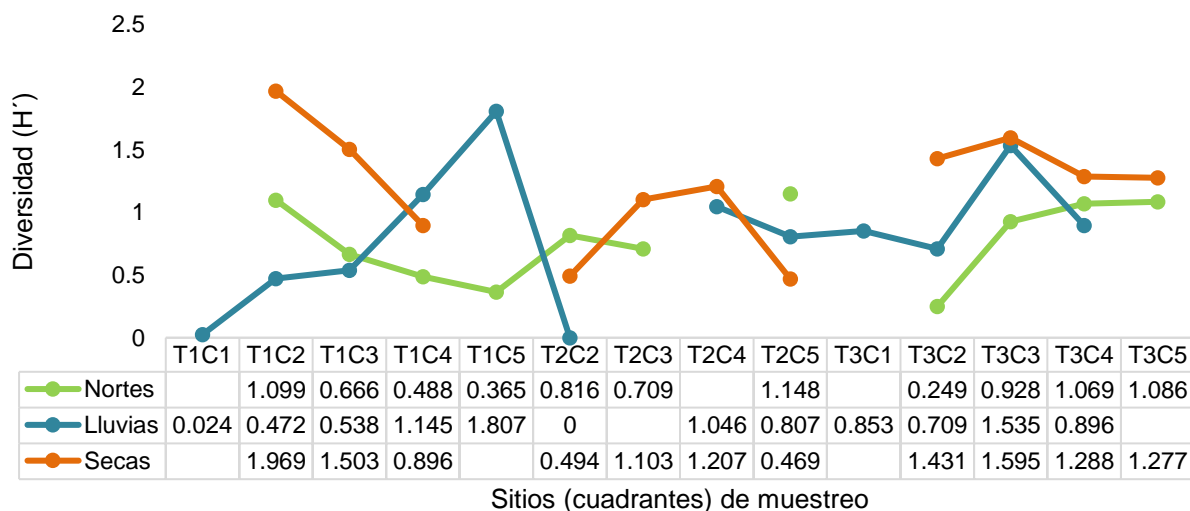


Figura 12.- Variación de la diversidad de Shannon-Wiener para Villamar, en las tres temporadas climáticas y las distintas profundidades muestreadas (cuadros). Las líneas discontinuas se deben a la ausencia de datos en esos sitios de muestreo.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

En Villamar además de encontrar la mayor riqueza específica, también se obtuvieron registros de algas carnosas que no se hallaron en Xpicob, las cuales destacan por ser de importancia económica como es el caso de *Meristotheca* y *Eucheumatopsis* y aunque en ambas localidades se encontraron especies de *Gracilaria*, en Xpicob hubo menos especies de este género que en Villamar.

7.5.- Variación temporal y espacial de la biomasa

Se observó que en Xpicob la mayor biomasa estacional total se presentó en la temporada de nortes y la mínima en la temporada de lluvias (Figura 13, Tabla 15, anexo 2). En Villamar la mayor biomasa estacional total (BET) se presentó en lluvias, mientras que la menor, en secas (Tabla 16 anexo 2).

En nortes se presentó un mayor valor de biomasa en Xpicob en comparación con Villamar, sin embargo, para lluvias y secas, el mayor valor de biomasa se obtuvo en Villamar. Lo anterior se corroboró con el ANOVA de dos vías, el cual mostró que la biomasa varió significativamente entre temporadas ($F= 0.02429$ $p= 0.8805$) (Figura 13).

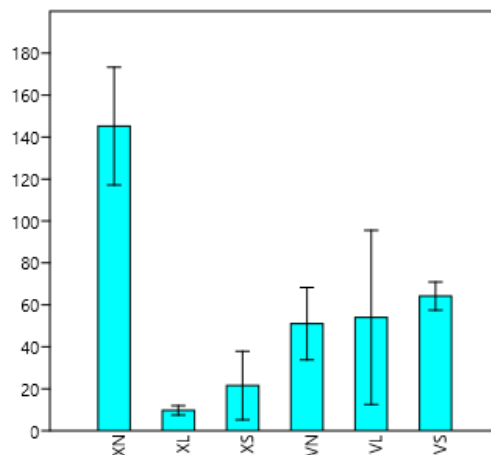


Figura 13.- Biomasa promedio (g/m²) y error estándar, de X:Xpicob y V: Villamar, Campeche en cada temporada climática (N:Nortes, L:Lluvias y S:Secas).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

En el análisis de agrupamiento (Cluster) se observa la formación de tres grupos, el grupo I y más disímil constituido solo por lluvias de Xpicob (9% de similitud), el grupo II está formado por lluvias de Villamar (38% de similitud) y nortes y secas de Villamar (41% de similitud) y finalmente el grupo III formado por secas y nortes de Xpicob (38% de similitud) (Figura 14). Esto indica que las comunidades de ambas localidades son diferentes, ya que el análisis forma un grupo de macroalgas de Villamar y otros dos grupos separados para la localidad de Xpicob.

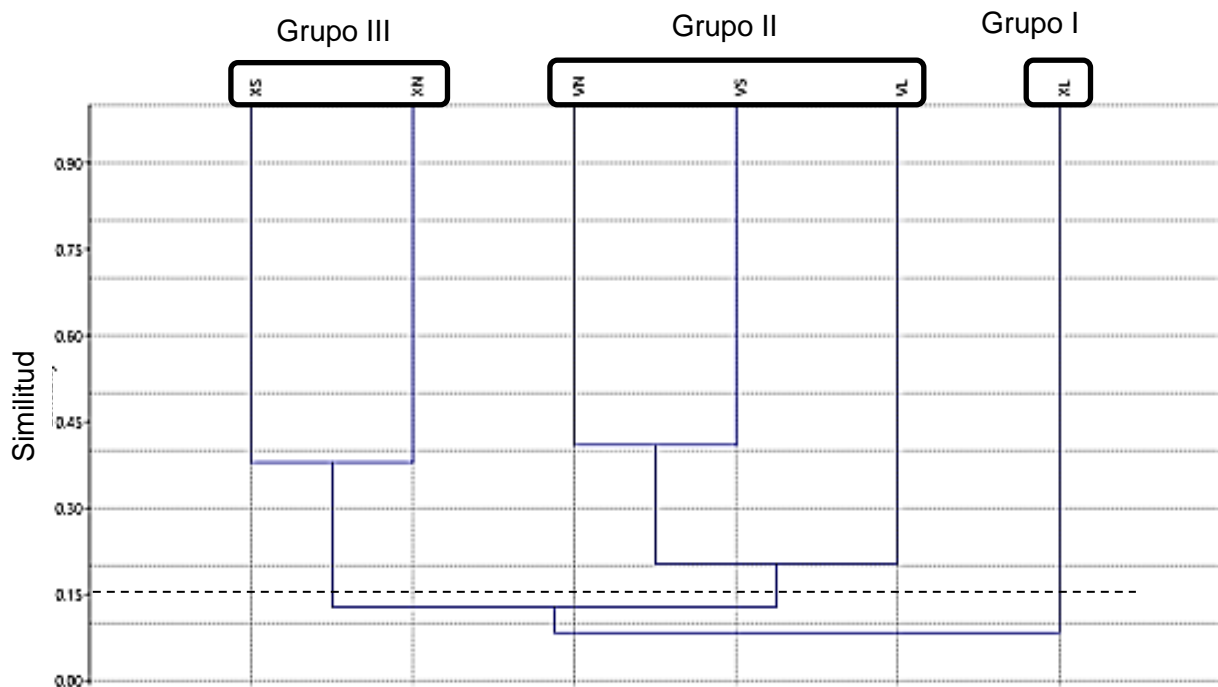


Figura 14.- Análisis de agrupamiento UPGMA mediante similitud de Bray-Curtis. XS: Xpicob-secas, XN: Xpicob-nortes, XL: Xpicob-lluvias, VN: Villamar-nortes, VS: Villamar-secas, VL: Villamar-lluvias.

7.6.- Valor de Importancia de las macroalgas de Xpicob

En la localidad de Xpicob, las especies que tuvieron el mayor valor de importancia en nortes fueron *Jania capillacea* (IVI=0.4036) seguida de *Digenea simplex* (IVI=0.2328), *Halimeda opuntia* (IVI=0.2099), *Jania adhaerens* (IVI=0.1664), *Laurencia intricata* (IVI=0.1070) y *Alsidium seaforthii* (IVI=0.1051). En lluvias los taxones que dominaron en

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

la playa fueron *Cladophora flexuosa* (IVI=0.3435), *Digenea simplex* (IVI=0.2280), *Alsidium seaforthii* (IVI=0.1730), *Gracilaria debilis* (IVI=.1372), *Cladophora crispula* (IVI=0.1184) y *Laurencia intricata* (IVI=0.1004). Finalmente en secas las especies más importantes en términos de biomasa y frecuencia fueron *Halimeda opuntia* (IVI=0.4935), *Jania capillacea* (IVI=0.2454), *Cladophora crispula* (IVI=0.09294).

7.7.- Valor de Importancia de las macroalgas de Villamar

Para Villamar las especies que resultaron ser más importantes en términos de biomasa y frecuencias son *Gracilaria debilis* con un IVI de 0.4947, seguida de *Halimeda incrassata* (IVI= 0.2773), *Udotea dixonii* (IVI= 0.1726), *Palisada perforata* (IVI=0.1548), *Yuzurua poiteau* (IVI= 0.1047) y *Gracilaria cervicornis* (IVI= 0.0939). Para lluvias los mayores valores de importancia son los de: *Cladophora sericea* (IVI=0.2860), *Ceramium corniculatum* (IVI= 0.2361), *Halimeda scabra* (IVI=0.1638), *Cladophora laetevirens* (IVI=0.1601), *Digenea simplex* (IVI= 0.1568) y finalmente *Udotea dixonii* (IVI= 0.1325). En secas las especies con los mayores valores de importancia variaron en comparación con las otras dos temporadas, teniendo a *Halimeda incrassata* (IVI=0.2094) como la de mayor valor de importancia, posteriormente *Eucheumatopsis isiformis* (IVI= 0.1874), *Jania capillacea* (0.1476), *Gracilaria debilis* (0.1474), *Digenea simplex* (0.0940).

7.8. Atributos de la comunidad de macroalgas

Xpicob

En Xpicob la variación de la diversidad α fue de la siguiente manera: la mayor diversidad se obtuvo en nortes ($H' = 2.191$), disminuyendo hacia lluvias ($H' = 2.084$) y finalmente, la menor diversidad se presentó en secas ($H' = 1.492$), así mismo, la equitatividad al estar directamente relacionada con la diversidad se comportó casi de la misma forma siendo

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

la menor equitatividad en secas ($J'=0.51$), sin embargo la mayor se obtuvo en lluvias ($J'=0.73$). Por el contrario, la dominancia se relaciona de manera indirecta con los atributos anteriores, por lo tanto, la mayor dominancia se obtuvo en secas, mientras que en las otras dos temporadas en las que la diversidad fue mayor, la dominancia presentó valores menores a los obtenidos en secas (Figura 15).

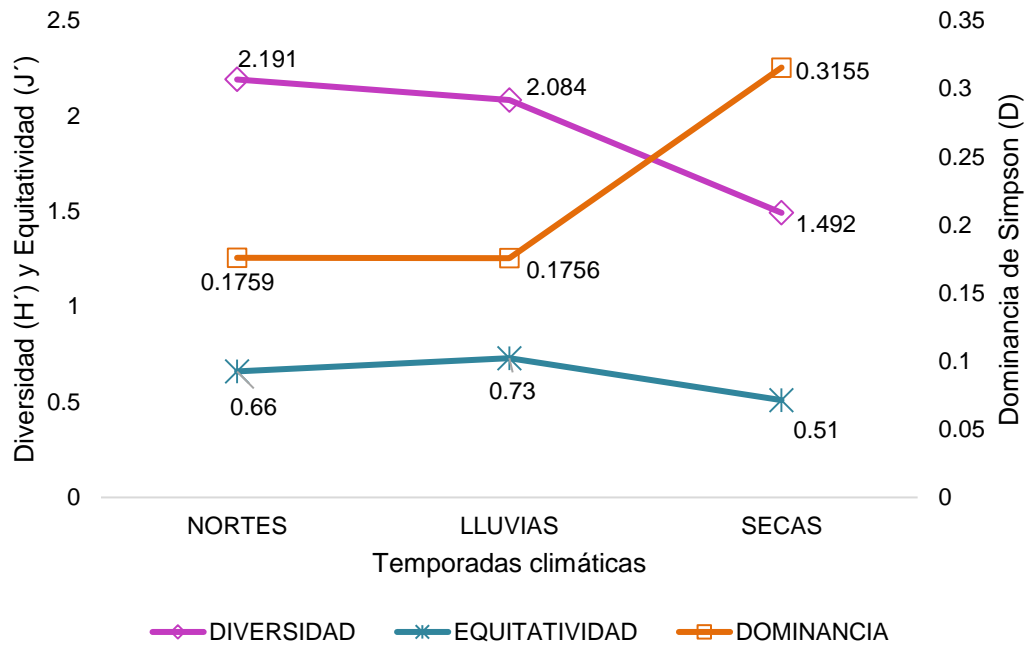


Figura 15.- Estimación de la Diversidad alfa (Shannon-Wiener) en Xpicob para las tres temporadas climáticas

Villamar

La máxima diversidad alfa en Villamar se obtuvo en secas ($H'=2.823$) y la menor en nortes ($H'=1.866$), es decir, a lo largo del periodo de estudio, la diversidad alfa fue en aumento, al igual que la equitatividad, la cual está relacionada directamente con la diversidad. La menor equitatividad se presentó en nortes ($J'=0.587$) y la mayor en secas ($J'=0.737$). Finalmente, la dominancia al estar indirectamente relacionada con la diversidad y la equitatividad su comportamiento fue inverso, la menor dominancia se

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

obtuvo en secas ($D=0.0903$), mientras que la mayor se obtuvo en nortes ($D=0.24$) (Figura 16).

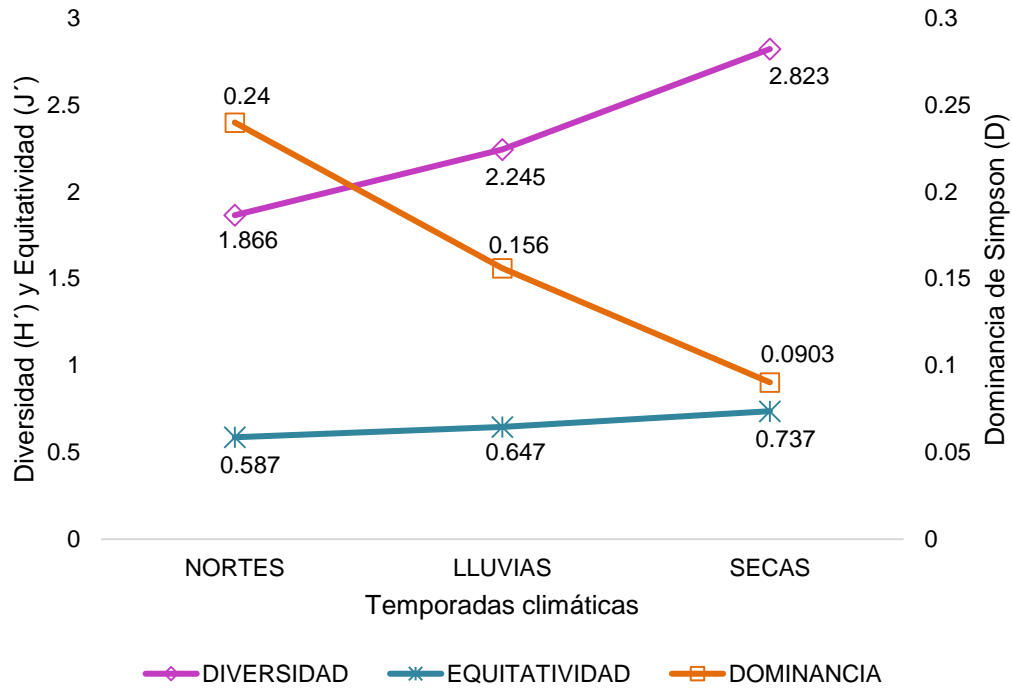


Figura 16.- Estimación de la Diversidad alfa (Shannon-Wiener) en Villamar para las tres temporadas climáticas

7.8.1.- Diversidad β (beta)

Diversidad β (Beta) Xpicob

El recambio de especies entre las tres temporadas resultó ser mayor al 50%, no obstante, este fue muy semejante entre nortes-lluvias y secas-nortes (0.5), sin embargo, el mayor recambio de especies se presentó de lluvias a secas (0.65) (Tabla 4).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 4.- Diversidad beta (recambio de especies) de las especies de macroalgas entre temporadas climáticas para la localidad de Xpicob.

Localidad	Temporada	Diversidad β
Xpicob	Nortes-lluvias	0.5
	Lluvias-secas	0.6571
	Secas-Nortes	0.5111

Diversidad β (Beta) Villamar

En esta localidad se obtuvo un recambio de especies menor al 50%, contrario a lo observado en Xpicob, el recambio de especies de una temporada a otra fue muy similar (0.42, 0.46 y 0.48), no obstante, el mayor recambio se obtuvo de la temporada de secas a nortes (Tabla 5).

Tabla 5.- Diversidad beta (recambio de especies) de las especies de macroalgas entre temporadas climáticas para la localidad de Villamar

Localidad	Temporada	Diversidad β
Villamar	Nortes-lluvias	0.4285
	Lluvias-secas	0.4615
	Secas-Nortes	0.4857

7.9.- Relación entre factores ambientales y la biomasa de los taxones

En el análisis de Correspondencias Canónicas realizado los tres primeros componentes explican el 69.314% de la varianza total. El primer componente se influencia de manera directa por la profundidad e indirectamente por la temperatura. A su vez, el segundo componente está directamente influenciado por el tipo de sustrato arenoso e indirectamente por la salinidad (Tabla 6 y 7).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 6.- Coeficiente de correlación de las variables ambientales registradas en Xpicob y Villamar Campeche (2016-2017) con la biomasa en gramos de las macroalgas obtenidas en ambas localidades.

Variable ambiental	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6
Salinidad	0.006	-0.982	0.116	0.030	-0.061	0.135
Temperatura	-0.222	-0.385	-0.145	-0.203	-0.507	-0.695
Profundidad	0.958	0.080	0.187	0.093	0.108	0.146
Transparencia	0.914	-0.050	0.181	0.096	0.335	0.089
Oxígeno disuelto	0.375	0.419	0.269	-0.571	0.466	0.263
Arenoso	0.185	0.618	-0.728	0.076	-0.216	-0.029
Rocoso	-0.185	-0.618	0.728	-0.076	0.216	0.029

Tabla 7.- Porcentaje de varianza explicada en cada eje del Análisis de Correspondencias Canónicas

	Eigenvalor	Varianza (%)	Varianza acumulada %
Eje 1	0.780	35.449	35.449
Eje 2	0.421	19.146	54.594
Eje 3	0.324	14.720	69.314
Eje 4	0.252	11.440	80.754
Eje 5	0.214	9.724	90.479
Eje 6	0.210	9.521	100.000

En ambas localidades hay una diferenciación de la composición y biomasa de los taxones en términos de profundidad, encontrando a *Meristotheca gelidium*, taxones de *Gracilaria*, *Halimeda*, *Udotea* y *Caulerpa*, coralinas articuladas como *Jania capillacea* y *Amphiroa fragilissima* o talos carnosos del género *Laurencia* a mayor profundidad y menor temperatura. En contraste, taxones de tipo filamentosos como *Ceramium corniculatum*, especies de *Cladophora*, *Lophosiphonia*, *Polysiphonia* y laminares como *Ulva* se encuentran en zonas más someras y con altos valores de temperatura.

El eje dos, permite observar que la salinidad y el tipo de sustrato (arenoso) son los factores que están determinando la presencia y biomasa de los taxones en cada localidad (espacial). Por ejemplo, en Xpicob donde la salinidad es mayor y además domina el

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

sustrato arenoso, se presentaron especies principalmente filamentosas como *Cladophora*, coralinas articuladas entre ellas *Jania* y *Amphiroa* y carnosas tubulares de *Laurencia*. Mientras que en Villamar donde predomina el sustrato rocoso y menor salinidad se ubicaron especies de algas rojas carnosas como *Gracilaria debilis*, *Meristotheca gelidium*, algas verdes calcificadas: *Halimeda*, *Udotea*, *Penicillus* y pocas filamentosas del género *Ulva* y *Cladophora*.

Además, se observa de nuevo el patrón de separación de la temporada de lluvias de Xpicob (XL) de las otras dos temporadas de la misma localidad, así mismo se evidencia que se ordena con las temporadas de Villamar (Figura 17).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

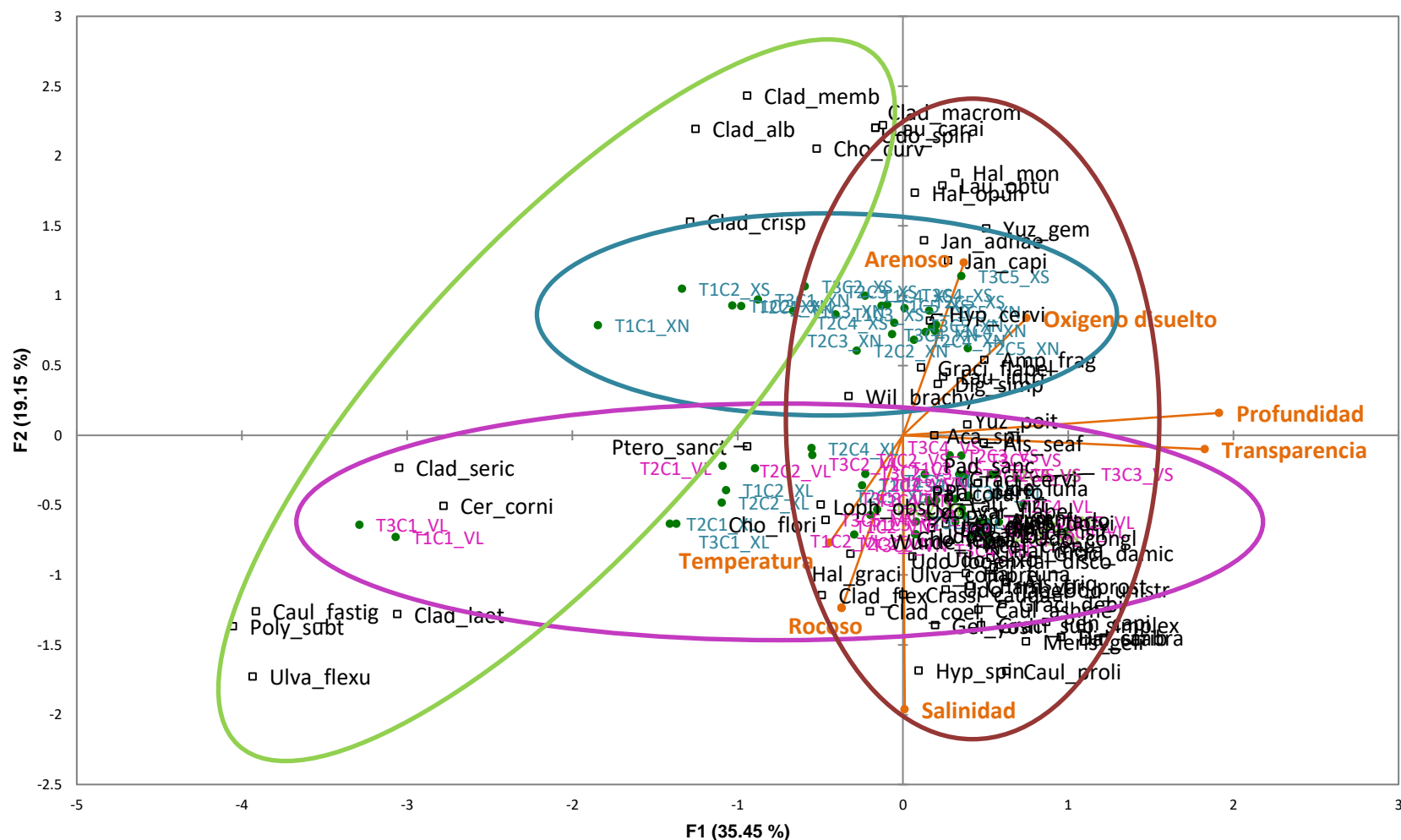


Figura 17.- Análisis de correspondencias canónicas (ACC) para las variables ambientales y la biomasa de las especies de macroalgas por cuadrante y temporada en Xpicob y Villamar, Campeche recolectadas en 2016 y 2017. Sitios (cuadrantes) de Xpicob Sitios (cuadrantes) de Villamar Especies de macroalgas ubicadas en zona somera Especies de macroalgas ubicadas en zonas profundas.

8.- Discusión

8.1 Composición específica

En este estudio se realizó un análisis ecológico de la ficoflora de dos localidades ubicándose un mayor número de taxones (74). No obstante, Ortiz-Rosales (1988) citó 42 especies para tres localidades de Campeche. Tomando en cuenta que los estudios ecológicos integran varios factores, entre ellos, el empleo de transectos y cuadrantes para tomar muestras representativas de la comunidad y caracterizarlas (Zayas *et al.*, 2006), en comparación con trabajos florísticos en los cuales se realiza una exploración total de la (s) localidad (es) de estudio para la recolecta de las muestras. La diferencia entre lo obtenido en el presente trabajo y el de Ortiz-Rosales, puede atribuirse al esfuerzo de muestreo, literatura actualizada y trabajo de laboratorio minucioso para la determinación de los taxones.

Para el litoral de Campeche se conoce un total de 271 taxones (Ortega 1995; Callejas-Jiménez *et al.*, 2005; Mateo-Cid *et al.*, 2013), de las cuales en este estudio se ubicó solo el 27% del total, lo que indica que los estudios florísticos aportan principalmente datos de la riqueza específica del lugar, mientras que los estudios ecológicos ayudan a entender patrones de distribución de las especies en respuesta a condiciones ambientales (Ortiz-Rosales, 1988).

La mayor riqueza específica fue determinada en la Clase Florideophyceae (Rhodophyta) lo que concuerda con lo registrado en otros trabajos para la zona (Ortega 1995; Callejas-Jiménez *et al.*, 2005; Mateo-Cid *et al.*, 2013; Mendoza-González *et al.*, 2013) donde todos

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

los autores indican que el Phylum Rhodophyta y la clase Florideophyceae son los mejor representados en cuanto a número de taxones. El éxito de este grupo de algas se atribuye al ciclo de vida y estrategias de reproducción (formación y dispersión de esporas) que les permite persistir en las diferentes épocas del año (Mateo-Cid *et al.*, 1993; Águila-Ramírez, 1998).

8.2.- Afinidad biogeográfica

Lüning (1990) sugiere que Campeche se ubica cerca del límite norte de la región tropical del Atlántico, lo que explicaría el alto valor del índice de Cheney obtenido en este estudio (23.6), sugiriendo que la flora de Campeche es típicamente tropical. Entre la flora del sitio de estudio se ubicó a *Acanthophora spicifera*, *Udotea caribaea*, *Udotea cyathiformis*, *Halimeda incrassata*, *Gracilaria debilis*, *Hypnea cervicornis*, *Chondria floridana*, *Amphiroa fragilissima*, *Laurencia intricata*, especies típicamente de distribución tropical.

Los estuarios y la flora litoral del estado presentan índices entre 6.5 y 13 (flora tropical) (Callejas-Jiménez, 2005; Mateo-Cid *et al.*, 2013), los datos obtenidos en nuestro estudio se atribuyen a la baja riqueza de especies de algas pardas, lo que hace que el índice se eleve. La razón de este fenómeno se debe al poco o nulo intercambio que pueda tener la zona con ambientes de flora templada, además de tener un mayor contacto con ambientes de flora tropical-caribeña como puede ser Isla Mujeres, Quintana Roo, lo que puede ser atribuido a la influencia de la Corriente de Yucatán, especialmente el ramal que se desprende de la misma y baja hacia Campeche, explicando en parte, el bajo número de especies del Phylum Ochrophyta (Clase Phaeophyceae) (Robledo *et al.*,

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

2003). La distribución geográfica de las especies tiene que ver con la temperatura, es así, que las pardas son más afines a temperaturas templadas (Lüning, 1990).

Además, deben considerarse factores ambientales como transparencia (materia orgánica suspendida), temperatura, profundidad, que pueden influir en la presencia de algas pardas. Como es sabido las algas pardas tienen su mayor diversidad en ambientes de aguas frías como la zona litoral del Pacífico de Baja California, la cual está influenciado por la Corriente de California (agua fría) y en donde se presentan surgencias que aportan agua fría rica en nutrientes (Mateo-Cid y Mendoza-González, 1994; Águila-Ramírez, 1998).

8.3. Variación espacial y temporal de la riqueza específica

En este trabajo la mayor riqueza se obtuvo en la temporada de secas y la menor en nortes, esta misma variación fue observada por Mateo-Cid *et al.*, (2013) para ocho localidades en la costa de Campeche. Por otro lado, Alfonso y Martínez-Daranas (2009) registraron el mismo patrón para el noreste de Cuba, lo anterior puede atribuirse al aumento de la transparencia (iluminación) propio de los meses de secas.

Las Clases Florideophyceae y Ulvophyceae varían en riqueza específica en cada época del año, siendo Florideophyceae la más diversa en nortes y secas, mientras que Ulvophyceae tiene la riqueza más alta en lluvias, este hecho puede atribuirse tanto a las características intrínsecas de los representantes de cada Phylum como a la estación del año, es decir, las algas pardas y verdes son consideradas más de tipo anual, en contraste las algas rojas son tanto anuales como perennes (Saad-Navarro y Riosmena-Rodríguez, 2005).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Los taxones que se presentaron durante los tres muestreos fueron principalmente algas perennes como *Digenea simplex*, *Acanthophora spicifera*, *Gracilaria* las cuales se caracterizan por un ciclo de vida con una duración mayor a un año. Algas anuales como *Cladophora* o *Ceramium*, en las cuales su ciclo de vida dura menos de un año sucediéndose varias generaciones se registraron en los tres muestreos (Feldmann, 1937; Mateo-Cid *et al.*, 2013).

8.4. Perfil de distribución vertical de las macroalgas

Las algas se encuentran distribuidas heterogéneamente en ambas localidades, debido a que en algunos cuadrantes hubo ausencia de todo tipo de cobertura algal y la profundidad y sustrato también variaron. En ambos lugares se observa que a bajas profundidades (50-70 cm), en la zona más expuesta se encuentran algas filamentosas principalmente Chlorophyta, formando agregados y que son consideradas oportunistas (Wiencke y Bischof, 2012). En el mismo sentido, Lubchenco y Menge (1978) indican que las algas filamentosas y laminares aumentan en presencia y biomasa en áreas de mayor exposición al oleaje, limitando el establecimiento de otros tipos de algas carnosas o calcáreas. Lo anterior coincide con lo ubicado en las localidades de muestreo donde en los primeros cuadros de los transectos se hallaron principalmente algas filamentosas de Chlorophyta y Rhodophyta, que además de ser oportunistas tienen un rápido crecimiento, ejemplo de ellas son *Ceramium corniculatum*, *Polysiphonia subtilissima*, *Cladophora albida* y *C. coelothrix*, entre otras.

Diversos autores (García-Castrillo *et al.* 2003; Choi *et al.* 2006) han estudiado el proceso de colonización y sucesión de algas marinas, mencionando que está integrado en primer

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

lugar por organismos pioneros con ciclos de vida cortos y tasa de reproducción elevadas, las cuales modifican las características del sustrato.

Delgado *et al.* (2008), mencionan que en la zona de rompiente se presenta una distribución horizontal de las algas y que la comunidad es homogénea y menor número de especies, coincidiendo con lo obtenido en el presente estudio, donde las zonas de baja profundidad y expuestas al oleaje presentan una menor diversidad de algas. Además, las algas filamentosas tienen la capacidad de crecer rápidamente, presentan altas tasas fotosintéticas por unidad de biomasa y rápidas tasas de producción de O₂, debido a la irradiación que se presenta en esta zona.

Se sabe que la profundidad en relación con la absorción de luz determina la distribución vertical de las algas (Santelices, 2002). Esto es, la energía lumínica va disminuyendo conforme la profundidad va aumentando y la primera longitud de onda que se pierde es la del color rojo, mientras que la que prevalece en mayores profundidades es el color azul, por lo que tanto las macroalgas rojas y pardas suelen hallarse en aguas más profundas que las algas verdes debido a que poseen pigmentos accesorios como la ficoeritrina y la fucoxantina, respectivamente, además de la clorofila presente en todas las especies de macroalgas (Lee 2008), el mayor registro de profundidad de un alga roja es de 250 m (Bula-Meyer, 1977; León- Álvarez *et al.*, 2007).

Mathieson (1989) encontró mayor estabilidad en comunidades de mayor profundidad compuestas principalmente por algas perennes, no obstante, la riqueza fue menor en comparación con comunidades de menor profundidad. Coleman y Mathieson (1975) formulan la hipótesis de que, en aguas poco profundas con amplias fluctuaciones de

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

temperatura, existe mayor número de algas anuales que perennes. Lo anterior puede explicar la dominancia de algas filamentosas anuales en aguas someras que predominaron en Xpicob y Villamar.

En el presente estudio se encontró que en la zona expuesta de baja profundidad se localiza una transición o sucesión de especies hacia la zona profunda, donde fue evidente la dominancia de las algas carnosas y calcáreas, la mayoría de ellas perennes coincidiendo con lo observado por Mendoza-González *et al.* (2013). En este sentido, Molloy y Bolton (1995) encontraron en el sistema lagunar de Lüderitz, Namibia (Sudáfrica) que en aguas poco profundas *Gracilaria* se desarrolla y alcanza su talla máxima más rápido que las de aguas profundas, debido a que su tasa de crecimiento es más alta porque el agua es más cálida y hay mayor disponibilidad de luz. Asimismo, mencionan que los talos de la orilla costera son más susceptibles al disturbio causado por el movimiento del agua a través de las mareas y vientos.

La distribución vertical de las algas carnosas y calcáreas puede atribuirse a la disponibilidad de sustrato que les permitieron establecerse y desarrollarse sobre rocas, guijarros, arena, y otras algas, sustratos característicos de las localidades de muestreo, asimismo, la luz y la transparencia parecen ser dos factores importantes en la distribución vertical de las macroalgas, esto ha sido documentado por Santelices (1977) y Mateo-Cid *et al.* (2013).

8.5.- Variación temporal y espacial de la biomasa

En nuestro estudio la variación en la biomasa total anual es muy marcada, debido a que el valor que se registró en nortes para Xpicob, es 10 veces mayor (322.24 g) que la que

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

se obtuvo en lluvias (23.43 g), esto puede atribuirse a la transparencia, factor ambiental que varió a lo largo de las temporadas en Xpicob, ya que en nortes fue donde se presentó la mayor incidencia de luz, lo que provoca que especies de afinidad tropical alcancen su máxima biomasa en estas condiciones (Águila-Ramírez, 1998), estos resultados coinciden con lo registrado por Li-Alfaro y Zafra-Téllez (2012) para la comunidad de macroalgas de Puerto Malabrigo, Perú.

En contraste, en Villamar la biomasa no presentó variación a lo largo del ciclo de muestreo, teniendo valores de entre 200 g/m² y 250 g/m². Estos valores de biomasa son mayores a los obtenidos en un estudio similar para Campeche (Ortiz-Rosales, 1988) donde el mayor valor de biomasa seca fue de 225 g/m².

Las algas rojas carnosas son las que presentaron el mayor valor de biomasa, hecho documentado por Ortiz-Rosales (1988) y Quirós-Rodríguez *et al.* (2010) quienes mencionan que las algas rojas, principalmente las coriáceas y carnosas, son de mayor importancia en términos de biomasa, esto en ambientes principalmente rocosos interrumpidos. En el presente estudio, los talos de las algas arborescentes son mayores a los 10 cm con un máximo de 20 cm.

Quirós-Rodríguez *et al.* (2010) mencionan que las algas filamentosas presentan valores de biomasa menores a 1%, lo cual coincide con lo obtenido en este trabajo, donde los mayores valores de biomasa están dados por especies coriáceas y carnosas.

Así mismo, Ortiz-Rosales (1998) señala que *Eucheumatopsis isiformis* y *Acanthophora spicifera* fueron las especies más importantes en cuanto a biomasa (20-40%) (Champotón, Isla Arena y Sabancuy), esto se debe principalmente a que estos taxones

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

se ubican en zonas profundas (150-250 cm), lugares con alta transparencia permitiendo que la tasa fotosintética sea mayor, lo que se ve reflejado en el aumento de su biomasa. Este mismo autor señala que las zonas cercanas a la línea de costa muestran los mayores valores de biomasa en ambas localidades y durante todo el ciclo anual.

En este estudio los taxones que aportaron la mayor biomasa en Villamar y Xpicob también son aquellos que estuvieron presentes en la mayoría de las temporadas o que destacaron debido a que cuando se presentaron, tuvieron valores altos de biomasa (150 g) y se desarrollaban a mayor profundidad.

Cabe resaltar que, en la mayoría de los trabajos de macroalgas marinas, la biomasa se obtiene a partir de la cobertura (visualmente con fotografía). Pocos utilizan la biomasa como indicador de la abundancia, entre ellos Martínez-Daranas *et al.* (2016) y Zúñiga-Ríos *et al.* (2012). La estimación de la biomasa de las macroalgas es de interés para muchas disciplinas y útil de distintas maneras, por ejemplo, es una medida de recurso disponible para organismos de otros niveles tróficos; para los interesados en su importancia económica la biomasa de ciertos géneros provee información sobre la rentabilidad de la explotación de ese recurso (Li-Alfaro y Zafra-Téllez, 2012); además la cantidad de biomasa de las macroalgas está relacionada con factores como la luz, temperatura, nutrientes y tipo de sustrato (Dawes, 1986).

El análisis de agrupamiento muestra la formación de tres grupos, siendo Xpicob lluvias el de menor similitud, por lo que se infiere que en esta temporada los taxones compartidos con las otras temporadas fueron solo cuatro, mientras que entre secas y nortes las especies compartidas fueron siete. Además, en esta temporada en Xpicob, las especies

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

tuvieron valor de biomasa menores a 3 g/m², en comparación con secas y nortes para la misma localidad, en donde para los taxones que se presentaron en estas temporadas se obtuvieron valores de biomasa desde 0.01 g/m² hasta 100 g/m².

Adicionalmente, las variables ambientales medidas en Xpicob durante lluvias fueron significativamente diferentes a las de secas y nortes (las cuales fueron similares en ambas temporadas), por lo que es posible inferir que en esta temporada se genera un ambiente con condiciones ambientales diferentes y como consecuencia la escases de diversas especies como algunas algas filamentosas o la ausencia de coralinas articuladas como *Jania* o *Amphiroa* (Alfonso y Martínez-Daranas, 2009)

El otro grupo está conformado por Villamar secas, Villamar nortes y con una menor similitud Villamar lluvias, sin embargo, no se segrega de las otras dos temporadas. Aunque hay especies que no se presentan en esta temporada, pero si en las otras dos, las tres temporadas comparten 12 especies y los taxones que no se presentan en esta temporada, pero si en las otras dos son *Jania capillacea* y *Amphiroa fragilissima*.

Las especies que ocuparon los primeros cinco lugares en cada una de las temporadas para ambas localidades fue variable, es decir, las que fueron importantes en nortes, para lluvias se encontraban ocupando otro puesto diferente a los cinco primeros.

Estas especies que obtuvieron el mayor valor de importancia son aquellas que también presentaron una amplia distribución a lo largo de la playa (espacial) y una alta biomasa, indicando que estas especies toleran cambios en las condiciones ambientales (Núñez-López, 1996; Águila-Ramírez, 1998).

8.6.- Atributos de la comunidad de macroalgas

Diversidad α

La localidad que presentó la mayor diversidad fue Villamar, la que en comparación con Xpicob es más profunda lo que aunado a la predominancia del sustrato rocoso, representado en zonas tanto expuestas como protegidas, permite el establecimiento, desarrollo y crecimiento de las macroalgas. Así mismo, se ha señalado que entre mayor variación topográfica exista, mayor será la diversidad florística (Seapy y Littler 1979).

Las costas rocosas se hallan generalmente cubiertas de vegetación formada casi exclusivamente por macroalgas (Dawes, 1998). Las costas de fondos blandos y de arena, por el contrario, presentan menor abundancia de macroalgas, principalmente porque la mayoría de las especies no logran fijarse al sustrato debido a su inestabilidad a causa del movimiento del agua (Seapy y Littler 1979; Dawes 1998).

La mayor diversidad α en Xpicob se encontró en la temporada de nortes, mientras que la menor se presentó en la temporada de secas, lo cual, se contrapone con lo previamente citado en otros trabajos (Ortiz-Rosales, 1988; Águila-Ramírez, 1998) quienes mencionan que la mayor diversidad se presentó en la temporada de secas, cuando la temperatura alcanza los mayores valores favoreciendo el aumento en la riqueza específica, en este mismo sentido Núñez-López (1996) menciona que la menor riqueza y biomasa de las macroalgas se presenta en la temporada de invierno, cuando la temperatura del agua alcanza su valor más bajo.

Aunque la diferencia en la riqueza específica entre las tres temporadas en esta localidad es de 2-8 especies, la diferencia significativa es la biomasa que presentaron las especies

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

en nortes, ya que en esta temporada la biomasa fue mayor a los 300 g, mientras que en las dos temporadas restantes la biomasa fue menor a los 150 g.

Contrario a Xpicob, Villamar presenta un patrón contrario, la mayor diversidad se presentó en la temporada de seca, mientras que la menor se ubicó en nortes, coincidiendo con Ortiz-Rosales (1988), debido principalmente a que en esta temporada las condiciones ambientales como la temperatura y la salinidad son propicias para el aumento en la riqueza y la biomasa de las macroalgas, (Álvarez-Borrego y Granados-Guzmán, 1992).

El índice de equitatividad de Pielou presento un valor cercano a uno en la temporada de lluvias para Xpicob y en secas para Villamar, lo que indica que no hay especies con abundancias dominantes, sugiriendo que la comunidad de macroalgas se encuentra distribuida de forma homogénea en estas temporadas. No obstante, en la temporada de secas para Xpicob y nortes para Villamar, este valor se encontró por debajo de los 0.6 que a su vez se relaciona con la diversidad alfa, ya que en estas misma temporadas la diversidad de ambas playas fue menor, lo que indica que la comunidad en estas temporadas tal vez se encuentra distribuida heterogéneamente, dominando en abundancia alguna o varias especies. Estos resultados coinciden con el comportamiento espacial de la diversidad de macroalgas en bahía Ascensión, por Fernández-Prieto (1988).

Diversidad β

En Xpicob el recambio de especies entre temporadas fue mayor a 0.5, lo que indica que por lo menos el 50% de las especies está siendo reemplazado en cada temporada. En Villamar la tasa de recambio de especies fue menor al 50% entre las tres temporadas.

Esta tasa de recambio esta a su vez relacionada con el tipo biológico de cada especie (Feldmann 1937) ya que las especies anuales al estar presentes durante un periodo corto (ciclo de vida corto) estas son reemplazadas por otras especies en la siguiente temporada, mientras que las perennes presentan ciclos de vida que duran más de un año permitiéndoles estar presentes en todas las temporadas disminuyendo entonces, la tasa de recambio. En este sentido, en Villamar dominaron las especies perennes, mientras que en Xpicob dominaron las anuales, lo cual podría explicar que la tasa de recambio en cada localidad es mayor o menor a 50%.

8.7.- Relación entre factores ambientales y la biomasa de los taxones

Los factores ambientales influyen y determinan el establecimiento, crecimiento, reproducción, distribución y abundancia de las algas en una localidad, así mismo las fluctuaciones temporales de dichos factores están relacionadas con las variaciones estacionales de las algas (Bula-Meyer, 1977).

De acuerdo con los resultados obtenidos por el ACC, los factores que explican la mayor variación en la biomasa estacional o temporal de los taxones son la profundidad, temperatura, salinidad y sustrato (arenoso).

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Asimismo, se ha observado que la temperatura puede influir y favorecer la reproducción de las algas. En algas pardas, las temperaturas bajas provocan la producción de gametos, mientras que, en temperaturas altas, estas algas forman esporas (Espinoza-Avalos, 2005).

La salinidad, al igual que los factores anteriores actúa sobre la distribución de las algas, pero también puede influir en la reproducción de estas, provocando la liberación de esporas, polispermia y viabilidad de gametos (Santelices, 2002).

Es importante recalcar que la mayoría de los factores actúan en conjunto y no de manera aislada, por ejemplo, en algas verdes holocárpicas (todo el talo se transforma en gametos) de zonas tropicales, los cambios en la intensidad lumínica y/o la temperatura inducen la liberación sincrónica de gametos (Clifton, 1997; Clifton y Clifton, 1999).

El ACC muestra que el sustrato (arenoso) tiene gran influencia en la biomasa y composición de las comunidades de macroalgas de ambas localidades de estudio. En este sentido, Saad-Navarro y Riosmena-Rodríguez (2005) para Baja California Sur, Alfonso y Martínez-Daranas (2009) en Cuba y Quirós-Rodríguez *et al.*, (2010) en Colombia, concluyen que las temporadas climáticas no determinan la variación temporal de la abundancia y composición, son las condiciones y características especiales de cada sitio los que influyen en la composición y abundancia de las macroalgas debido principalmente al tipo de sustrato. Autores como McCook *et al.* (2001) han demostrado que el sustrato arenoso afecta negativamente la cobertura de las asociaciones de algas, incluso en fondos arenosos donde hay presencia de guijarros y cascajo, aun así, la

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

riqueza algal es mayor que en fondos completamente arenosos o fangosos (Hoek *et al.*, 1972).

Ortiz-Rosales (1988) para Campeche y Delgado *et al.*, (2008) en Colombia, mencionan que el sustrato, la profundidad, la temperatura, la transparencia y la salinidad son los factores que ejercen la mayor influencia en la presencia, composición y abundancia de las macroalgas. se ha demostrado ampliamente en diversos trabajos (Ortiz-Rosales 1988; Garduño-Solórzano *et al.*, 2005; Alfonso y Martínez-Daranas, 2009; Quirós-Rodríguez *et al.*, 2010) que este factor influye en gran medida en la composición algal de cada sitio, debido a que la mayoría de las macroalgas sobre todo rodofitas, se adhieren principalmente en sustrato rocoso, el cual les da mayor estabilidad que el arenoso. No obstante, existen diversas macroalgas (*Halimeda*, *Penicillus*, *Udotea*, entre otras), que presentan un sistema de fijación mediante rizoides los cuales les permiten establecerse y desarrollarse en sustratos arenosos, y por lo cual se les considera organismos formadores de sustrato (Santelices, 1977; Garduño-Solórzano *et al.*, 2005; Saad-Navarro y Riosmena-Rodríguez, 2005).

9.- Conclusiones

- ❖ La salinidad, el oxígeno disuelto y la profundidad son las variables ambientales que determinan las diferencias entre localidades (espacialmente). Mientras que, todas las variables ambientales medidas resultaron ser diferentes en cada temporada climática (temporalmente).
- ❖ Se ubicaron un total de 74 taxones para ambas localidades en las tres temporadas, siendo Florideophyceae (Rhodophyta) la Clase mejor representada.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

- ❖ El índice de Cheney indica que la ficoflora de Xpicob y Villamar es de tipo tropical.
- ❖ Las algas filamentosas dominan en la zona somera, a partir de los 100 cm, dominan las algas carnosas y calcáreas.
- ❖ En ambas localidades, las algas rojas fueron las que contribuyeron con la mayor biomasa, en comparación con los otros dos grupos.
- ❖ Las comunidades analizadas presentan baja similitud tanto en composición como en abundancia, lo que sugiere que se trata de comunidades diferentes, además el comportamiento de sus atributos es diferente en cada localidad.
- ❖ El recambio de especies en ambas localidades fue alto, considerando que en cada temporada el recambio fue de más del 50%, lo que indica que ambas localidades poseen condiciones ambientales diferentes en cada temporada haciendo que la comunidad varié de acuerdo con estas.
- ❖ La temperatura, profundidad, salinidad y el tipo de sustrato fueron los factores que influyen en la variación de biomasa de las macroalgas en la zona de estudio.

9.- Literatura citada

Águila-Ramírez, R. N. 1998. Variación estacional de la distribución de las macroalgas en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. (Tesis de maestría). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Baja California Sur, México.

Alfonso, Y., y B. Martínez-Daranas. 2009. Variaciones espacio-temporales en la cobertura del macrofitobentos en área costera al norte de Ciudad de La Habana, Cuba. *Revista Investigaciones Marinas* 30:187-201.

Álvarez-Borrego y A. Granados-Guzmán. 1992. Variación espacio-temporal de temperatura en un hábitat de invierno de la ballena gris: Laguna Ojo de Liebre. *Ciencias Marinas*. 18:151-165.

Arnold, K. E. y S. N. Murray. 1980. Relationships between irradiance and photosynthesis for marine benthic green algae (Chlorophyta) of differing morphologies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 43:183-192.

Benavides-Rosales, A. y J. Fraga-Berdugo. 2015. Estrategias para la protección del patrimonio cultural y natural de la península de Yucatán ante el avance de los desarrollos turísticos premium. (Informe posdoctoral). Universidad Nacional Autónoma de México.

Borowitzka M. A. y R. C. Lethbridge. 1989. Seagrass Epiphytes. En: Larkum, A. W. D., McComb, A. J. y Shepherd, S. A., Eds., *Biology of Seagrasses*, Elsevier, Amsterdam, 458-499.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

- Brower, J., J. Zar y C. Von Ende. 1997.** *Field and laboratory methods for general ecology*. 4ª edición. Mc Graw Hill. E.U.A. 273 pp.
- Bula-Meyer, G., 1977.** Algas marinas bénticas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa Caribe de Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, 9: 45-71.
- Callejas-Jiménez, M. E., A. Sentíes y K. M. Dreckmann. 2005.** Macroalgas de Puerto Real, Faro Santa Rosalía y Playa Preciosa, Campeche, México, con algunas consideraciones florísticas y ecológicas para el estado. *Hidrobiológica* 15:89-96.
- Cano, M. de la C. 2008.** Bases Biológicas de *Ulva fasciata* Delile, (Chlorophyta) para su posible explotación, al oeste de La Habana, Cuba (Tesis doctoral). Facultad de Biología, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.
- Cheney, P. 1977.** R+C/P A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Journal of Phycology* (suppl), 13:12.
- Choi, C. G., M. Ohno y C. H. Sohn. 2006.** Algal succession on different substrata covering the artificial iron reef at Ikata in Shikoku, Japan. *Algae* 21(3): 305-310.
- Clifton, K. E. 1997.** Mass spawning by green algae on coral reefs. *Science* 275: 1116-1118.
- Clifton, K. E. y L. M. Clifton. 1999.** The phenology of sexual reproduction by green algae (Bryopsidales) on Caribbean coral reefs. *Journal of Phycology* 35: 24-34.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

- Coleman D.C. y Mathieson A.C. 1975.** Investigations of New England Marine Algae. VII. Seasonal occurrence and reproduction of Marine algae near Cape Cod, Massachusetts. *Rhodora* 77: 76-104.
- Collado-Vides, L. y M. Braga. 1996.** Crecimiento y forma de las algas marinas. *Revista Ciencias UNAM*, 42:20-25.
- Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2013.** Estudio técnico justificativo y plan de manejo de conservación para la declaratoria de hábitat crítico de Xpicob en el estado de Campeche. LXII Legislatura del Senado de la República.
- CONAGUA. 2006.** Estadísticas del Agua en México- SEMARNAT-CNA. 233 p.
- CONAGUA-Servicio Meteorológico Nacional.** Sugerencia de pronóstico a mediano y largo plazo. 2018.
- Contreras A. 1958.** Bosquejo climatológico. p. 93-158. En: E. Beltrán (ed.) *Los Recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento. II Parte Estudios particulares Tomo 2.* Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, D.F.
- Curtis, J. T., McIntosh, R. P. 1951.** An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Darley, W. 1987.** *Biología de las algas. Enfoque fisiológico.* Ed. Limusa. México. 236 pp.
- Dawes, C. 1986.** *Botánica Marina.* Ed. Limusa. México. D.F. 673 pp.
- Dawes C.J. 1998.** *Marine Botany.* John Wiley y Sons, New York. 496 pp.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

- Dawes, C. J. y A. C. Mathieson. 2008.** *The seaweeds of Florida*. University Press of Florida. Gainesville, USA. 591 pp.
- Delgado, M. J. C., J.A. Palacios y N. J. Aguirre. 2008.** Variación vertical y estacional de la comunidad de macroalgas en los costados noroccidental y nororiental del Golfo de Urabá, Caribe Colombiano. *Revista Gestion Ambiental*. 11: 27-42.
- Dethier, M. N. 1982.** Pattern and process in tide pool algae: factors influencing seasonality and distribution. *Revista Botánica Marina* 25:41-54.
- Espinoza-Avalos J. 2005.** Fenología de macroalgas marinas. *Hidrobiológica* 15:109-122.
- Expósito-Díaz, G., D. A., Salas, M. A., Monreal, D. Salas, y F. Vázquez. 2009.** Inertial currents in the southern Gulf of Mexico. *Ciencias Marinas*, 35: 287-296.
- Feldmann, J. 1937.** Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La Côte des Albères. *Révue Algol*. 10: 1-339
- Fernández-Prieto. J. 1988.** Sistemática y variaciones espacio-temporales de las algas marinas bentónicas de Bahía de la Ascensión, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, BC, México. 72 pp.
- García E. 2004.** *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Quinta Edición. México, D. F. 92 p.
- García-Castrillo R. G., P. Lanuza Alfonso y P. López García. 2003.** El entorno marino de los restos arqueológicos. *Monte Buciero* 9: 95-108.

- Garduño-Solórzano, G. Godínez-Ortega, J. L. y Ortega M. M. 2005.** Distribución geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76:61-78
- Graham, L. E. y L. W. Wilcox.** 2000. *Algae*. Prentice Hall, Inc. USA. 640 p.
- Guiry, M. D. y G. M. Guiry. 2019.** Algaebase. World-wide electronic Publication. National University of Ireland. Galway, Ireland. <http://www.algaebase.org>.
- Hammer, O. D. Harper y P Ryan. 2018.** Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia* 4: 1-9.
- Hastenrath, S. 1991:** *Climate Dynamics of the Tropics*, Atmospheric Sciences Library, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Hoek, C. van den, F. Colijin, A. M. Cortel-Breeman y J. B. Wanders. 1972.** Algal vegetation-type along the shores of inner bays, and lagoons of Curacao, and of the Lagoon Lac (Bonaire), Netherlands Antilles. *Tweede Reeks, Deel* 61:1-70.
- Jackelman, J. J., H. Stegenga y J. J. Bolton. 1991.** The marine benthic flora of the Cape Hangklip area and its phytogeographical affinities *South African Journal of Botany* 57: 295-304.
- Larkum, A. W. D., Drew, E. A. y Ralph, P. J. 2006.** Photosynthesis and metabolism in seagrasses at the cellular level. In Larkum, A. W. D., Orth, R. J. & Duarte, C. M. (eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 323-345). Dordrecht, The Netherlands; Springer.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Lee, R. E. 2008. Phycology. Colorado State University, USA. 547 pp

León-Álvarez, D., C. Candelaria-Silva, P. Hernández Almaraz y H. León Tejera. 2007.

Géneros de algas marinas tropicales de México. I. Algas Verdes. Universidad Nacional Autónoma de México. 51pp.

Li-Alfaro, G. y A. Zafra-Trelles. 2012. Composición, abundancia y diversidad de macroalgas en el litoral de puerto Malabrigo, La Libertad-Perú, 2009. *Sciéndo* 15:33-44.

Littler, M. M. 1980. Morphological form and photosynthetic performances of marine Macroalgae: Tests of a functional/form hypothesis. *Botanica Marina* 22: 161-165.

Littler, M. M., P.R. Taylor, D.S. Littler, R.H. Sims y J.N. Norris. 1987. Dominant macrophyte standing stocks, productivity and community structure on a Belizean barrier reef. *Atoll Research Bulletin* 302: 1-18.

Littler, D. S. y M. M. Littler. 2000. *Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico.* Offshore Graphics. Washington, USA. 542 pp.

Lobban, C. S. y P. J. Harrison. 1997. *Seaweed Ecology and Physiology.* Ed. Univ. Cambridge. USA. 366 pp.

Lubchenco, J. y B. A. Menge. 1978. Community development and persistence in a low rocky intertidal zone. *Ecological monographs* 48:67-97.

Lüning, K. 1990. *Seaweeds: Their environment, biogeography and ecophysiology.* John Wiley & Sons, Inc., New York, 527 pp.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

- Magaña, V.; J. L. Pérez, J. L. Vázquez; E. Carrizosa; y J. Pérez. 1999.** Los Impactos del Niño en México. (Ed) V. Magaña. Secretaría de Educación Pública, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D. F. 229 pp.
- Magurran, A. 1988.** *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 pp.
- Mansilla, A. y Alveal, K. 2004.** Generalidades sobre las macroalgas. En: Werlinger, C. ed., *Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*. 1ª Ed. Universidad de Concepción, Chile. pp 349-359.
- Martínez-Daranas B., M. Esquivel, P. M. Alcolado y C. Jiménez. 2016.** Composición específica y abundancia de macroalgas y angiospermas marinas en tres arrecifes coralinos de la plataforma Sudoccidental de Cuba (1987). *Hidrobiológica* 26: 323-337.
- Mateo-Cid, L. E., I. Sánchez Rodríguez, E. Rodríguez Montesinos y M. Casas Valdez. 1993.** Estudio florístico de las algas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas*, 19:41-60.
- Mateo-Cid, L. E. y A. C. Mendoza-González. 1994.** Algas marinas bentónicas de Bahía Asunción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 20: 41-64
- Mateo-Cid, L. E., A. C. Mendoza-González, A. G. Avila-Ortiz y S. Díaz Martínez. 2013.** Algas marinas bentónicas del litoral de Campeche, México. *Acta Botanica Mexicana*, 104:53-92.
- Mathieson, A. C. y T. L. Norral. 1975.** Physiological studies of subtidal red algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 20:237-247.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

- Mathieson, A. C. 1979.** Vertical distribution and longevity of subtidal seaweeds in Northern New England. *Botanica Marina* 30: 511-520.
- Mathieson, A.C., 1989.** Phenological patterns of northern New England seaweeds. *Botanica Marina* 32: 419–438
- McCook, L. J., J. Jompa y G. Diaz-Pulido. 2001.** Competition between corals and algae on coral reefs: A review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs* 19: 400-417.
- Mendoza-González, A. C., L E Mateo-Cid y P. H. López Garrido. 2013.** Algas marinas bentónicas asociadas a pecios y otras estructuras submareales de Campeche, México. *Acta Botánica Venezuelica*, 36: 119-140.
- Molloy, F.J. y I. J. Bolton. 1995.** Distribution, biomass and production of *Gracilaria* Luderitz Bay. Namibia. *Journal Applied of Phycology*. 7: 381- 392.
- Núñez-López, R.A. 1996.** Estructura de la comunidad de macroalgas de la Laguna de San Ignacio, B.C.S. México (1992-93). Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I.P.N. La Paz, B.C.S. 113 pp.
- Orellana R., G. A., Islebe y C. Espadas. 2003.** Presente, pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán. Pp. 37-52. En: Colunga-García, Marín P. & Larqué-Saavedra A. (Eds.). *Naturaleza y Sociedad en el Área Maya: Pasado, Presente y Futuro*. Academia Mexicana de Ciencias / Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida. 255 pp.
- Ortega, M. M. 1995.** Observaciones del fitobentos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales Instituto de Biología, UNAM*. Ser. Bot. 66: 1-36.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

- Ortega, M. M., J. L. Godínez y G. Garduño Solórzano. 2001.** Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y mar Caribe. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 594 pp.
- Ortiz-Rosales, J. 1988.** Ecología de las algas bentónicas de tres localidades del litoral del estado de Campeche, México (Tesis de Maestría) Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Piriz, L. 2009.** Clave ilustrada para la identificación de los géneros más frecuentes en el Golfo Nuevo y alrededores. Centro Nacional de la Patagonia (CENAPAT).
- Quirós-Rodríguez, J. A., J. E. Arias-Ríos y R. Ruiz Vega. 2010.** Estructura de comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de Córdoba, Colombia. *Caldasia* 32:339-354.
- Robledo, D., Y. Freile-Pelegrín & I. Sánchez-Rodríguez. 2003.** Marine benthic algae from the Campeche Banks, México. Proceedings of the XVIIth International Seaweed Symposium, Cape Town, South Africa, Jan.-Feb. 2001. Oxford University Press. Oxford. Pp. 257-259.
- Rodríguez Morales, E.O. 1997.** Variación interanual de las macroalgas en Punta Galeras, B.C.S. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma De Baja California Sur.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Saad-Navarro, G. y R. Riosmena-Rodríguez. 2005. Variación espacial y temporal de la riqueza florística de macroalgas en la zona rocosa de Bahía Muertos, B. C. S. México. *Ciencias Marinas*, 9:19-32.

Sánchez-Molina, I., J. González-Ceballos, C. Zetina-Morguel y R. Casanova-Cetz. 2007. Análisis de la biodiversidad de algas marinas situadas entre Uaymitún y Chuburná, Yucatán. *Ingeniería* 11: 43-51.

Santelices, B. y M. M. Hommersand. 1997. *Pterocliadiella*, a new genus in the Gelidiaceae (Gelidiales, Rhodophyta). *Phycology* 36: 114-119.

Santelices, B. 1977. Ecología de las algas marinas bentónicas. Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile. 384 p.

Santelices, B. 2002. Recent advances in fertilization ecology of macroalgae. *Journal of Phycology* 38:4-10.

Schneider, C. W. y R. B. Searles. 1991. *Seaweeds of the southeastern United States*. Cape Hatteras to Cape Cañaveral. Duke University Press. Durham, USA. 563 pp.

Seapy, K. y M. M. Littler. 1979. The distribution, abundance, community structure and primary productivity of macroorganisms from two central California rocky intertidal habitats. *Pacific of Science* 32:293-314.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

SEMARNAT. 2018. Ley General de Vida Silvestre. Gaceta Ecológica 55:61-89.

Serviere-Zaragoza, E. 1993. Descripción y análisis de la ficoflora del litoral rocoso de Bahía de Banderas, Jalisco, Nayarit, México. Tesis Doctoral. UNAM 71 p.

Silva, P. C. 1992. *Geographic patterns of diversity in benthic marine algae, Pac. Sci.* 46:429-437.

Taylor, R. 1960. *Marine Algae of the Eastern Tropical and subtropical coasts of the America.* Ann Arbor. The University of Michigan Press. 870 pp.

Valdivia, A. y E. de la Guardia. 2004. Variación espacial y temporal de la comunidad de algas en el arrecife costero de Boca de Canasí, La Habana, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 25: 123-131.

Vázquez, J. y J. González. 1995. Método de evaluación de macroalgas submareales. In: *Manual de Métodos Ficológicos.* Eds: Alveal K., M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar.643-666.

Vicente-González, L. 2018. Técnicas Multivariantes de Clasificación y comparación de Grupos para Matrices con más Variables que Individuos. (Tesis) Universidad de Salamanca. España.

Voerman, S. E., E. Llera y J. M. Rico. 2013. Climate driven changes in subtidal kelp forest communities in NW Spain. *Marine Environmental Research* 90: 119-127

Wiencke, C. y K. Bischof. 2012. *Seaweed biology. Novel Insights into Ecophysiology, Ecology and Utilization.* Springer. Alemania. 508 pp.

- Whittaker R. H. 1972.** Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213-251.
- Woelkerling, J.W. 1978.** *Mastophoropsis canaliculata* (Harvey in Hooker) gen. et comb. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta) in Southern Australia. *British Phycological Bulletin* 13: 209-225.
- Wynne, M. J. 2017.** A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. *Nova Hedwigia*. 140: 7-66.
- Zavala-Hidalgo, J., S. L. Morey y J. J. O'Brien. 2003.** Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal Geophysic Reserch* 108:1-19
- Zayas, C. R., A. M. Suárez y F. A. Ocaña. 2006.** Abundancia y diversidad de especies de fitobentos de playa Guardalavaca, Cuba. *Revista Investigaciones Marinas*, 27: 87-93.
- Zhuang, S. H. & M. Zhang. 2001.** Biodiversity Investigation: II. The Biodiversity in Intertidal Zones of Yantai Littoral Regions. Shandong Map Press, Jinan, 155 pp.
- Zhuang, S. H., L. X. Chen & K. M. Wang. 2001.** The spatial distribution pattern of benthic Rhodophyta in Yantai lithofacies intertidal zones of Yellow Sea. *Chinese Journal of Yantai University* 14: 255–263.
- Zúñiga Ríos, D., B. Martínez-Daranas y P. M. Alcolado. 2012.** Ficoflora de los arrecifes coralinos del archipiélago Sabana-Camagüey. *Serie Oceanológica* 11: 57-76.

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Anexo 1 Distribución espacial de las macroalgas a lo largo de la playa

Tabla 8.- Resultado de los transectos realizados en Xpicob para la temporada de nortes.

Profundidad	Xpicob		
	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
10-43cm	<i>Ceramium corniculatum</i> , <i>Pterocliadiella sanctarum</i>	<i>Cladophora crispula</i> , <i>Cladophora sericea</i> , <i>Jania capillacea</i> , <i>Pterocliadiella sanctarum</i> , <i>Willeella brachyclados</i>	<i>Cladophora albida</i> , <i>Cladophora crispula</i> , <i>Halimeda incrassata</i> , <i>Pterocliadiella sanctarum</i>
34-84 cm	<i>Cladophora flexuosa</i> , <i>Cladophoropsis membranacea</i> , <i>Willeella brachyclados</i>	<i>Halimeda opuntia</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Jania capillacea</i> , <i>Palisada perforata</i>	<i>sin algas</i>
55-82 cm	<i>Cladophora laetevirens</i> , <i>Digenea simplex</i>	<i>Halimeda opuntia</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Gracilaria flabelliformis</i> , <i>Jania capillacea</i> , <i>Laurencia intricata</i> , <i>Yuzurua poiteaui</i>	<i>sin algas</i>
75-92 cm	<i>Digenea simplex</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Amphiroa fragilissima</i> , <i>Laurencia intricata</i> , <i>Laurencia obtusa</i>	<i>Halimeda incrassata</i> , <i>Udotea dixonii</i> , <i>Alsidium seaforthii</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Gracilaria flabelliformis</i> , <i>Jania adhaerens</i> , <i>Laurencia intricata</i> , <i>Yuzurua poiteaui</i>	<i>Alsidium seaforthii</i> , <i>Halimeda opuntia</i> , <i>Laurencia intricata</i>
91-106 cm	<i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Alsidium seaforthii</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Gracilaria flabelliformis</i> , <i>Laurencia intricata</i> , <i>Halimeda incrassata</i> , <i>Halimeda opuntia</i> , <i>Jania capillacea</i> , <i>Palisada corallopsis</i>	<i>Amphiroa fragilissima</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Halimeda opuntia</i> , <i>Udotea dixonii</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Laurencia intricata</i> , <i>Palisada perforata</i> , <i>Halimeda monile</i> , <i>Yuzurua poiteaui</i> var. <i>gemmifera</i>	<i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Amphiroa fragilissima</i> , <i>Alsidium seaforthii</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Gracilaria debilis</i> , <i>Gracilaria cervicornis</i> , <i>Laurencia intricata</i> , <i>Yuzurua poiteaui</i>

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 9.- Resultado de los transectos realizados en Villamar para la temporada de nortes

Profundidad	Villamar		
	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
46-54 cm	<i>Sin algas</i>	<i>Sin algas</i>	<i>Sin algas</i>
87-120 cm	<i>Acetabularia crenulata,</i> <i>Dictyota caribaea</i> <i>Pterocladia sanctarum</i>	<i>Acanthophora spicifera,</i> <i>Amphiroa fragilissima,</i> <i>Hypnea spinella, Gracilaria</i> <i>cervicornis, Gracilaria debilis,</i> <i>Gracilaria flabelliformis, Jania</i> <i>capillacea, Laurencia</i> <i>intricata, Palisada perforata,</i>	<i>Digenea simplex, Palisada</i> <i>corallopsis</i>
139-165 cm	<i>Halimeda incrassata, Udotea</i> <i>dixonii, Udotea loensis,</i>	<i>Acanthophora spicifera,</i> <i>Digenea simplex, Palisada</i> <i>perforata</i>	<i>Acanthophora spicifera,</i> <i>Yuzurua poiteaui, Halimeda</i> <i>incrassata, Halimeda scabra,</i> <i>Udotea dixonii</i>
152-172 cm	<i>Meristotheca gelidium,</i> <i>Digenea simplex, Gracilaria</i> <i>debilis, Hypnea cervicornis,</i> <i>Laurencia intricata, Yuzurua</i> <i>poiteaui, Dictyota caribaea,</i> <i>Udotea loensis</i>	<i>Sin algas</i>	<i>Gracilaria cervicornis,</i> <i>Gracilaria debilis, Hypnea</i> <i>cervicornis, Jania capillacea,</i> <i>Yuzurua poiteaui, Caulerpa</i> <i>prolifera, Halimeda opuntia</i>
214-240 cm	<i>Dictyota caribaea, Digenea</i> <i>simplex, Gracilaria debilis</i> <i>Hypnea cervicornis,</i> <i>Laurencia intricata,</i> <i>Meristotheca gelidium,</i> <i>Yuzurua poiteaui</i>	<i>Alsidium seaforthii, Gracilaria</i> <i>cervicornis, Gracilaria debilis,</i> <i>Gracilaria flabelliformis,</i> <i>Halimeda scabra, Udotea</i> <i>dixonii</i>	<i>Caulerpa ashmeadii, Halimeda</i> <i>incrassata, Udotea dixonii</i>

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 10.- Resultado de los transectos realizados en Xpicob para la temporada de lluvias.

Profundidad	Xpicob		
	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
4.5-11.3 cm	<i>Sin algas</i>	<i>Cladophora crispula</i> , <i>Cladophora sericea</i>	<i>Cladophora crispula</i> , <i>Willeella brachyclados</i>
12.3-34.5 cm	<i>Cladophora crispula</i> , <i>Cladophora sericea</i> , <i>Pterocladia sanctarum</i> ,	<i>Caulerpa fastigiata</i> , <i>Cladophora flexuosa</i> , <i>Cladophora laetevirens</i> , <i>Pterocladia sanctarum</i> ,	<i>Pterocladia sanctarum</i> , <i>Willeella brachyclados</i> , <i>Cladophora laetevirens</i> , <i>Cladophora coelothrix</i>
43-55.8 cm	<i>Halimeda incrassata</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Halimeda gracilis</i>	<i>Sin algas</i>	<i>Sin algas</i>
58-77 cm	<i>Sin algas</i>	<i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Digenea simplex</i>	<i>Alsidium seaforthii</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Laurencia intricata</i>
54.7-69 cm	<i>Alsidium seaforthii</i> , <i>Alsidium triquetrum</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Gracilaria debilis</i>	<i>Digenea simplex</i> , <i>Alsidium seaforthii</i>	<i>Gracilaria debilis</i> , <i>Alsidium seaforthii</i> , <i>Digenea simplex</i> , <i>Gracilaria flabelliformis</i>

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 11.- Resultado de los transectos realizados en Villamar para la temporada de lluvias.

Villamar			
Profundidad	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
0-8 cm	<i>Cladophora laetevirens, Ulva flexuosa</i>	<i>Pterocliadiella sanctarum</i>	<i>Caulerpa fastigiata, Ceramium corniculatum, Cladophora sericea, Polysiphonia subtilissima, Acanthophora spicifera, Digenea simplex, Crassiphycus caudatus</i>
29-49 cm	<i>Digenea simplex, Laurencia intricata</i>	<i>Chondria floridana</i>	<i>Halimeda tuna, Gracilaria cervicornis, Gracilaria flabelliformis, Acanthophora spicifera, Udotea dixonii, Udotea flabellum, Halimeda opuntia</i>
82-99 cm	<i>Digenea simplex, Halimeda scabra</i>	<i>Sin algas</i>	<i>Digenea simplex, Gracilaria debilis, Halimeda scabra</i>
113-130 cm	<i>Acanthophora spicifera, Alsidium seaforthii, Halimeda scabra, Udotea dixonii, Gracilaria debilis, Udotea looensis, Hypnea cervicornis, Palisada corallopsis</i>	<i>Halimeda incrassata, Halimeda scabra, Alsidium triquetrum, Udotea dixonii, Udotea unistratea</i>	<i>Digenea simplex, Gracilaria debilis, Halimeda scabra</i>
131-146 cm	<i>Gelidium sp, Gracilaria debilis, Halimeda scabra, Digenea simplex, Alsidium seaforthii, Palisada corallopsis, Acanthophora spicifera, Udotea dixonii, Crassiphycus caudatus</i>	<i>Halimeda incrassata, Udotea dixonii, Penicillus capitatus, Udotea caribaea</i>	<i>Sin algas</i>

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 12.- Resultado de los transectos realizados en Xpicob para la temporada de secas.

Xpicob			
Profundidad	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
0-27cm	<i>Sin algas</i>	<i>Sin algas</i>	<i>Sin algas</i>
34-69 cm	<i>Caulerpa fastigiata,</i> <i>Ceramium</i> <i>corniculatum,</i> <i>Cladophora crispula,</i> <i>Cladophora sericea,</i> <i>Cladophoropsis</i> <i>membranacea</i>	<i>Sin algas</i>	<i>Caulerpa fastigiata,</i> <i>Ceramium</i> <i>corniculatum,</i> <i>Cladophora Flexuosa</i> <i>Cladophoropsis</i> <i>membranacea</i>
80-105 cm	<i>Chondria curvilineata,</i> <i>Cladophora crispula,</i> <i>Polysiphonia</i> <i>subtilissima</i>	<i>Caulerpa fastigiata,</i> <i>Cladophoropsis</i> <i>macromeres, Hypnea</i> <i>cervicornis,</i> <i>Digenea simplex,</i> <i>Jania capillacea,</i> <i>Palisada perforata</i>	<i>Sin algas</i>
95-109 cm	<i>Laurencia obtusa</i>	<i>Digenea simplex,</i> <i>Gracilaria</i> <i>flabelliformis,</i> <i>Halimeda opuntia,</i> <i>Jania capillacea,</i> <i>Laurencia caraibica,</i> <i>Palisada perforata,</i> <i>Udotea spinulosa</i>	<i>Halimeda opuntia,</i> <i>Palisada corallopsis,</i> <i>Udotea loensis</i>
120-195 cm	<i>Digenea simplex,</i> <i>Gracilaria</i> <i>flabelliformis,</i> <i>Halimeda opuntia,</i> <i>Jania capillacea,</i> <i>Laurencia caraibica,</i> <i>Palisada perforata,</i> <i>Udotea spinulosa</i>	<i>Acanthophora</i> <i>spicifera, Dictyota</i> <i>caribaea, Halimeda</i> <i>monile, Palisada</i> <i>perforata</i>	<i>Digenea simplex,</i> <i>Jania capillacea,</i>

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Tabla 13.- Resultado de los transectos realizados en Villamar para la temporada de secas.

Villamar			
Profundidad	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
40-79cm	<i>Sin algas</i>	<i>Sin algas</i>	<i>Sin algas</i>
67-109 cm	<p><i>Acanthophora spicifera</i>, <i>Amphiroa fragilissima</i>, <i>Ceramium corniculatum</i>, <i>Chondria leptacremom</i>, <i>Digenea simplex</i>, <i>Jania capillacea</i>, <i>Eucheumatopsis isiformis</i>, <i>Halimeda scabra</i>, <i>Laurencia intricata</i>, <i>Laurencia viridis</i>, <i>Padina gymnospora</i>, <i>Willeella brachyclados</i>, <i>Wurdemannia miniata</i></p>	<p><i>Champia parvula</i> var. <i>postrata</i>, <i>Cladophora flexuosa</i>, <i>Cladophora laetevirens</i>, <i>Pterocladiaella sanctarum</i>, <i>Ulva compressa</i></p>	<p><i>Lophosiphonia obscura</i>, <i>Padina gymnospora</i>, <i>Penicillus capitatus</i>, <i>Pterocladiaella sanctarum</i>, <i>Ulva compressa</i>, <i>Willeella brachyclados</i></p>
128-144 cm	<p><i>Acanthophora spicifera</i>, <i>Amphiroa fragilissima</i>, <i>Chondria floridana</i>, <i>Digenea simplex</i>, <i>Halimeda discoidea</i>, <i>Jania capillacea</i>, <i>Padina gymnospora</i>, <i>Palisada corallopsis</i></p>	<p><i>Acanthophora spicifera</i>, <i>Digenea simplex</i>, <i>Jania capillacea</i>, <i>Padina gymnospora</i>, <i>Padina sanctae-crucis</i></p>	<p><i>Amphiroa fragilissima</i>, <i>Alsidium seaforthii</i>, <i>A. triquetrum</i>, <i>Dictyota caribaea</i>, <i>Eucheumatopsis isiformis</i>, <i>Gracilaria damaecornis</i>, <i>G. flabelliformis</i>, <i>Halimeda scabra</i>, <i>Jania capillacea</i>,</p>
152-187 cm	<p><i>Acetabularia crenulata</i>, <i>Halimeda incrassata</i>, <i>Udotea conglutinata</i>, <i>Udotea cyathiformis</i> var. <i>flabellifolia</i>, <i>Udotea dotyi</i>, <i>Udotea loensis</i>,</p>	<p><i>Dictyota caribaea</i>, <i>Halimeda incrassata</i>, <i>Udotea caribaea</i>, <i>Udotea cyathiformis</i>, <i>Udotea cyathiformis</i> var. <i>flabellifolia</i></p>	<p><i>Digenea simplex</i>, <i>Halimeda incrassata</i>, <i>Jania adhaerens</i>, <i>Udotea luna</i></p>
188-210 cm	<i>Sin algas</i>	<p><i>Acanthophora spicifera</i>, <i>Acetabularia farlowii</i>, <i>Alsidium seaforthii</i>, <i>Amphiroa fragilissima</i>, <i>Dictyota caribaea</i>, <i>Gracilaria debilis</i>, <i>Halimeda tuna</i>, <i>Hypnea cervicornis</i>, <i>Jania capillacea</i>, <i>Laurencia intricata</i></p>	<p><i>Alsidium seaforthii</i>, <i>Amphiroa fragilissima</i>, <i>Digenea simplex</i>, <i>Eucheumatopsis isiformis</i>, <i>Gracilaria damaecornis</i>, <i>Halimeda tuna</i>, <i>Laurencia intricata</i>, <i>Laurencia filiformis</i>, <i>Jania capillacea</i>, <i>Udotea loensis</i>, <i>Yuzurua poiteaui</i></p>

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

Anexo 2.- Variación de la biomasa en ambas localidades

Tabla 14.- Biomasa de las macroalgas en las tres temporadas en Xpicob.

Especies	(BEE) NORTES	(ARE) %	(BEE) LLUVIAS	(ARE) %	(BEE) SECAS	(ARE) %	(BST) ANUAL	(ARA) %
<i>Dictyota caribaea</i>					0.01	0.006	0.01	0.002
<i>Jania adhaerens</i>	49.03	15.21					49.03	10.02
<i>Jania capillacea</i>	107.07	33.22			31.2	21.75	138.27	28.27
<i>Amphiroa fragilissima</i>	3.99	1.23					3.99	0.81
<i>Ceramium corniculatum</i>	0.46	0.14			1.56	1.08	2.02	0.41
<i>Acanthophora spicifera</i>	8.97	2.78	0.26	1.10	0.97	0.67	10.2	2.08
<i>Alsidium seaforthii</i>	10.86	3.37	2.38	10.15			13.24	2.70
<i>Alsidium triquetrum</i>			0.62	2.64			0.62	0.12
<i>Chondria curvilineata</i>					0.01	0.006	0.01	0.002
<i>Digenea simplex</i>	42.8	13.28	3	12.80	4.1	2.85	49.9	10.20
<i>Laurencia caraibica</i>					0.16	0.11	0.16	0.03
<i>Laurencia intricata</i>	2.28	0.70	0.01	0.04			2.29	0.46
<i>Laurencia obtusa</i>	2.36	0.73			0.02	0.01	2.38	0.48
<i>Palisada corallopsis</i>	2.34	0.72			0.1	0.06	2.44	0.49
<i>Palisada perforata</i>	0.86	0.26			4.22	2.94	5.08	1.03
<i>Polysiphonia subtilissima</i>					0.08	0.05	0.08	0.01
<i>Yuzurua poiteaui</i>	14.1	4.37					14.1	2.88
<i>Yuzurua poiteaui var. gemmifera</i>	0.84	0.26					0.84	0.17
<i>Pterocladia sanctarum</i>	0.8	0.24	0.52	2.21			1.32	0.26
<i>Hypnea cervicornis</i>					0.84	0.58	0.84	0.17
<i>Gracilaria cervicornis</i>	6.7	2.07					6.7	1.36
<i>Gracilaria debilis</i>	0.86	0.26	2.88	12.29			3.74	0.76
<i>Gracilaria flabelliformis</i>	0.83	0.25			0.06	0.04	0.89	0.18
<i>Gracilaria flabelliformis subsp. simplex</i>			0.32	1.36			0.32	0.06
<i>Caulerpa fastigiata</i>			0.03	0.12	0.045	0.03	0.075	0.01
<i>Halimeda gracilis</i>			0.82	3.49			0.82	0.16
<i>Halimeda incrassata</i>	6.85	2.12	0.14	0.59			6.99	1.42
<i>Halimeda monile</i>	1.71	0.53			4.17	2.90	5.88	1.20
<i>Halimeda opuntia</i>	44.64	13.85			68.79	47.96	113.43	23.19
<i>Udotea dixonii</i>	3.95	1.22					3.95	0.80
<i>Udotea loeensis</i>					0.16	0.11	0.16	0.03
<i>Udotea spinulosa</i>					0.25	0.17	0.25	0.05
<i>Cladophoropsis macromeres</i>					2.02	1.40	2.02	0.41
<i>Cladophoropsis membranacea</i>	2.04	0.63			10.61	7.39	12.65	2.58
<i>Cladophora albida</i>	1.14	0.35					1.14	0.23

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

<i>Cladophora coelothrix</i>			0.01	0.04			0.01	0.002
<i>Cladophora crispula</i>	0.94	0.29	1.77	7.55	11.33	7.89	14.04	2.87
<i>Cladophora flexuosa</i>			8.05	34.35	1.81	1.26	9.86	2.01
<i>Cladophora laetevirens</i>	0.54	0.16	1.85	7.89			2.39	0.48
<i>Cladophora sericea</i>	4.61	1.43	0.75	3.20	0.91	0.63	6.27	1.28
<i>Willeella brachyclados</i>	0.67	0.20	0.02	0.08			0.69	0.14
BIOMASA ESTACIONAL TOTAL (BET)	322.24		23.43		143.425			
BIOMASA TOTAL ANUAL (BTA)							489.095	

BEE: Biomasa estacional específica; **ARE:** Abundancia relativa estacional; **BST:** Biomasa específica total; **ARA:** Abundancia relativa anual

Tabla 15.- Biomasa de las macroalgas en las temporadas en Villamar

Especies	(BEE) NORTES	(ARE) %	(BEE) LLUVIAS	(ARE) %	(BEE) SECAS	(ARE) %	(BST) ANUAL	(ARA) %
<i>Dictyota caribaea</i>	0.78	0.38	1.55	0.61	0.07	0.03	2.4	0.37
<i>Padina gymnospora</i>					0.56	0.29	0.56	0.08
<i>Padina sanctae-crucis</i>					0.01	0.005	0.01	0.001
<i>Jania adhaerens</i>					0.66	0.34	0.66	0.10
<i>Jania capillacea</i>	0.77	0.38			16.69	8.66	17.46	2.70
<i>Amphiroa fragilissima</i>	0.01	0.004			2.81	1.45	2.82	0.43
<i>Ceramium corniculatum</i>			54.25	21.69	2.5	1.29	56.75	8.80
<i>Acanthophora spicifera</i>	4.61	2.28	3.27	1.30	1.69	0.87	9.57	1.48
<i>Alsidium seaforthii</i>	2.22	1.09	1.74	0.69	7.98	4.14	11.94	1.85
<i>Alsidium triquetrum</i>			0.33	0.13	0.2	0.10	0.53	0.08
<i>Chondria floridana</i>			1.57	0.62	1.03	0.53	2.6	0.40
<i>Chondria leptacremon</i>					1.3	0.67	1.3	0.20
<i>Digenea simplex</i>	1.57	0.77	15.18	6.06	6.36	3.30	23.11	3.58
<i>Laurencia intricata</i>	0.17	0.08	0.82	0.32	0.9	0.46	1.89	0.29
<i>Laurencia filiformis</i>					3.21	1.66	3.21	0.49
<i>Laurencia viridis</i>					4.37	2.26	4.37	0.67
<i>Lophosiphonia obscura</i>			0.01	0.003	0.01	0.005	0.02	0.003
<i>Palisada coralloopsis</i>	4.51	2.23	0.79	0.31	1.18	0.61	6.48	1.004
<i>Palisada perforata</i>	23.06	11.40			8.24	4.27	31.3	4.85
<i>Polysiphonia subtilissima</i>			4.44	1.77			4.44	0.68
<i>Yuzurua poiteaui</i>	8.8	4.35			4.43	2.30	13.23	2.05
<i>Gelidium sp</i>			2.04	0.81			2.04	0.31
<i>Pterocladia sanctarum</i>	0.01	0.004	0.64	0.25	1.14	0.59	1.79	0.27
<i>Hypnea cervicornis</i>	0.33	0.16	0.04	0.01	0.01	0.005	0.38	0.05
<i>Hypnea spinella</i>	0.28	0.13					0.28	0.04
<i>Euchematopsis isiformis</i>					29.04	15.08	29.04	4.50

Estructura de la comunidad de macroalgas en el litoral de Campeche

<i>Meristotheca gelidium</i>	0.38	0.18					0.38	0.05
<i>Wurdemannia miniata</i>					0.68	0.35	0.68	0.10
<i>Crassiphycus caudatus</i>			1.15	0.45			1.15	0.17
<i>Gracilaria cervicornis</i>	6.62	3.27	0.26	0.10			6.88	1.06
<i>Gracilaria damaecornis</i>					1.58	0.82	1.58	0.24
<i>Gracilaria debilis</i>	83.51	41.30	5.35	2.13	26.05	13.52	114.91	17.82
<i>Gracilaria flabelliformis</i>	0.5	0.24	0.1	0.03	0.08	0.04	0.68	0.10
<i>Champia parvula</i> var. <i>prostrata</i>					0.02	0.01	0.02	0.003
<i>Caulerpa ashmeadii</i>	4.07	2.01					4.07	0.63
<i>Caulerpa fastigiata</i>			0.9	0.35			0.9	0.13
<i>Caulerpa prolifera</i>	0.09	0.04					0.09	0.01
<i>Halimeda discoidea</i>					0.32	0.16	0.32	0.04
<i>Halimeda incrassata</i>	43.69	21.61	20.72	8.28	33.29	17.28	97.7	15.15
<i>Halimeda opuntia</i>			0.68	0.27			0.68	0.10
<i>Halimeda scabra</i>	1.3	0.64	16.94	6.77	3.33	1.72	21.57	3.34
<i>Halimeda tuna</i>			2.4	0.95	0.51	0.26	2.91	0.45
<i>Penicillus capitatus</i>			0.15	0.05	0.03	0.01	0.18	0.02
<i>Udotea caribaea</i>					7.46	3.87	7.46	1.15
<i>Udotea conglutinata</i>					5.97	3.1038	5.97	0.92
<i>Udotea cyathiformis</i>					1.92	0.99	1.92	0.29
<i>Udotea cyathiformis</i> var. <i>flabellifolia</i>					6.65	3.45	6.65	1.03
<i>Udotea dixonii</i>	14.28	7.06	9.11	3.64			23.39	3.62
<i>Udotea dotyi</i>					1.96	1.01	1.96	0.30
<i>Udotea flabellum</i>			2.63	1.05			2.63	0.40
<i>Udotea looensis</i>	0.6	0.29	0.2	0.07	0.04	0.02	0.84	0.13
<i>Udotea luna</i>					0.3	0.15	0.3	0.04
<i>Udotea unistratea</i>			0.72	0.28			0.72	0.11
<i>Cladophora flexuosa</i>					5.75	2.98	5.75	0.89
<i>Cladophora laetevirens</i>			35.25	14.09	0.02	0.01	35.27	5.46
<i>Cladophora sericea</i>			66.73	26.68			66.73	10.34
<i>Willeella brachyclados</i>					2.11	1.09	2.11	0.32
<i>Acetabularia crenulata</i>	0.01	0.004	0.01	0.003	0.06	0.03	0.08	0.01
<i>Acetabularia farlowii</i>					0.01	0.005	0.01	0.001
<i>Ulva compressa</i>					0.02	0.01	0.02	0.003
<i>Ulva flexuosa</i>			0.13	0.05			0.13	0.02
BIOMASA ESTACIONAL TOTAL (BET)	202.17		250.1		192.55			
BIOMASA TOTAL ANUAL (BTA)							644.82	

BEE: Biomasa estacional específica; **ARE:** Abundancia relativa estacional; **BST:** Biomasa específica total; **ARA:** Abundancia relativa anual