



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Patrones de abundancia y distribución de macroalgas
del arrecife coralino de Isla Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

BEATRIZ ALEJANDRA SANDOVAL CORONADO

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. NORMA ANGÉLICA LÓPEZ GÓMEZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

2016

Ciudad Universitaria, CDMX



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno:

Sandoval
Coronado
Beatriz Alejandra
55 79 12 54
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
301083454

2. Datos de asesor:

Dra.
Norma Angélica
López
Gómez

3. Datos del sinodal 1:

Dra.
Dení Claudia
Rodríguez
Vargas

4. Datos del sinodal 2:

Dra.
Hilda Patricia
León
Tejera

5. Datos del sinodal 3:

Dra.
María Edith
Ponce
Márquez

6. Datos del sinodal 4:

Dr.
Pablo Claudio
Rojas
Lara

7. Datos de la tesis:

Patrones de abundancia y distribución de macroalgas del arrecife coralino de Isla Ixtapa,
Zihuatanejo, Guerrero.
México

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta tesis a mis padres
Mario Alberto Sandoval Rojas y
María del Carmen Coronado Ramírez

A mi papá que siempre esta conmigo.
Por sus buenos y cotidianos consejos.
Por todas sus frases celebres y no tanto.
Por enseñarme que es mejor viajar y conocer de todo. Gracias pa!

A mi mamá que siempre tiene algo para comer,
por sus recomendaciones, por su ayuda y cariño.

A mi hermana Mariana por sus largas
y calurosas conversaciones sobre la vida.
Y su gran cariño. Te quiero mucho.

A mi gran Amor Rubén Zuriel Castro Molina
por estar conmigo todo este tiempo,
por su apoyo, paciencia, confianza, cariño.
TE AMO

A toda la familia que siempre están conmigo.
En especial a mi Abue Tere, Tía Ivonne,
Tía Fabiola, Primo Vladimir, Hermana Susy, Tut, Milo,
Luis, Gromit y Bombur.

A los amigos con los que compartí todos esos momentos en la vida académica y en especial a mis amigos que nos hidratamos en las pulquerías Rocio Luna, Bianca Chávez, Rocio Sánchez, Jorge Salazar, Rene Diego.

LE AGRADEZCO A:

A la Dra. Norma A. López Gómez
por el gran apoyo académico
y personal. Por todos tus consejos,
confianza y paciencia mostrada
durante todo este proceso.
Por su ayuda durante la colecta
en el laboratorio, en el escrito... todo.

Al Mtro Carlos Candelaria Silva
por el apoyo técnico otorgado
durante el trabajo de campo, específicamente
en los muestreos subacuáticos de prospección y en el
laboratorio.

A la Dra. Dení C. Rodríguez
Vargas por su apoyo en la identificación,
por sus comentarios y correcciones.

A la Dra. Hilda Patricia León Tejera
por su apoyo en la revisión de esta tesis.

A la Dra. María Edith Ponce Marquez
por su apoyo en la revisión de este trabajo
y por sus palabras de aliento.

Al Dr. Pablo Claudio Rojas Lara
por su asesoría en la parte estadística
y en la revisión de este trabajo. Gracias Pablo!

A la Unidad Multidisciplinaria de
Docencia e Investigación- Zihuatanejo
(UMDI-Z) de la Facultad de Ciencias
de la UNAM, por el uso de las instalaciones.

A todos los capitanes y ayudantes de
las embarcaciones. Así como al dueño de
la Huahoo. Y en especial a Andrea por el apoyo
fotográfico submareal.

A quienes nos encontramos en el camino
e hicieron de mi estancia más agradable
Olmo, Corina, David, Nacho.

A CONACyT por el apoyo otorgado al Proyecto "Conservación
de la biodiversidad arrecifal de la región de Zihuatanejo,
Guerrero: Macroalgas, Peces y Corales hermatípicos"
del Programa Fondos Mixtos CONACYT-Guerrero
000000000107999.

A la Universidad Nacional Autónoma de México
por que en ella el aprendizaje es un
modo de vida.

ÍNDICE

	Página
1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
3. Antecedentes.....	6
4. Objetivos.....	11
5. Área de estudio.....	12
6. Materiales y Método.....	15
7. Resultados.....	20
8. Discusión y conclusiones.....	38
9. Conclusiones finales.....	47
10. Referencias bibliográficas	48
11. Anexos.....	62

Resumen

El desarrollo de las zonas costeras en todo el mundo ha crecido de manera acelerada y en algunos casos sin planeación, lo cual ha traído como consecuencia la contaminación de los cuerpos de agua y disturbios a las comunidades de organismos bentónicos. La región de Ixtapa-Zihuatanejo ha sido sometida al impacto antropogénico desde hace más de veinte años debido a que es uno de los principales destinos turísticos del país. El conocimiento de los patrones de abundancia, distribución y la variación temporal macroalgal, son básicas para conocer estructura y dinámica de la comunidad. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo general, determinar la estructura de los ensamblajes macroalgales y sus cambios espacio-temporales en el arrecife de Playa Coral en Isla Ixtapa, Zihuatanejo. Esta información puede ser útil en la definición de programas de conservación para la región. El estudio se llevó a cabo durante los años 2011 y 2012, utilizando el método de transectos y cuadrantes. Se encontró un total de 43 especies de macroalgas, 32 pertenecen a la división Rhodophyta, 10 a la división Chlorophyta y una especie a Ochrophyta. Veintiocho especies en ambos años de colecta, 10 especies presentes solo en el 2011 y 5 especies presentes solo en el 2012. Seis especies (14 %) son consideradas altamente frecuentes, 20 especies (46 %) tuvieron frecuencia intermedia y 17 especies (40 %) fueron poco frecuentes. Las especies más frecuentes fueron *Amphiroa beauvoisii*, *Gayliella flaccida* y *Bryopsis pennata*. La distribución puede ser amplia o estrecha y continua o discontinua. En general, las especies con una distribución espacial amplia y continua en su mayoría fueron *Amphiroa beauvoisii*, *A. misakiensis*, *Bryopsis pennata*, *Gayliella flaccida* y *Neosiphonia sertularioides*. El resultado del índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el año 2011 fue de $H' = 3.24$ y del año 2012 $H' = 3.21$ lo cual indica que la comunidad algal tiene una diversidad alta. Las algas costrosas presentaron el mayor porcentaje de cobertura en el 2011 y en el 2012, el grupo de los céspedes. El sustrato con mayor cobertura fue el coral vivo (CV) con un patrón de distribución discontinuo. No se encontró asociación entre el porcentaje de cobertura macroalgal con la profundidad, grupos algales, sustrato o año; ni entre el porcentaje del sustrato con el año, grupo algal, proporción de cobertura macroalgal y sustrato. Se

encontraron diferencias estadísticas significativas entre la profundidad y el porcentaje de cobertura del sustrato ($F= 4.25^* p<0.05$). Este trabajo representa el primero en su tipo que se realiza en Playa Coral, Isla Ixtapa y formó parte del proyecto "Conservación de la Biodiversidad Arrecifal de la Región de Zihuatanejo, Guerrero: Macroalgas, Peces y Corales Hermatípicos", dentro del programa Biodiversidad Marina de la Región de Zihuatanejo.

Introducción

Las macroalgas marinas son organismos multicelulares fotosintéticos, que habitan desde zonas intermareales hasta zonas submareales del océano, generalmente no mayor a los 50 metros (Burrows *et al.*, 2005). Se encuentran sujetas a sustratos duros (coral vivo, coral muerto y roca) por lo que ocupan gran variedad de ambientes, al mismo tiempo crean hábitats para vertebrados e invertebrados y proveen a gran variedad de herbívoros su principal fuente de energía (Díaz-Pulido y McCook, 2008).

Las macroalgas juegan un papel fundamental en la construcción de la estructura arrecifal a través de las coralinas costrosas que funcionan como cementadoras (Laborel, 1987; Ballesteros, 2006) de partículas orgánicas e inorgánicas como pedacería de conchas, esqueletos de invertebrados y arena proveniente de la erosión, modifican los fondos marinos al fijar los sustratos por medio de sus rizoides y enriquecen las aguas con oxígeno y aportan nutrientes (González-Gándara *et al.*, 2007). Contribuyen a los ciclos del carbono y al flujo de energía (Round, 1981) como consecuencia de las interacciones mutualistas entre el alga (zooxantela) y el coral (Castro *et al.*, 2010).

Los arrecifes coralinos son ecosistemas cuya función es primordial, son sumideros de carbono y nitrógeno, son el hábitat, refugio y sitios de crianza de muchas especies, algunas de interés comercial y turístico (Lara-Lara *et al.*, 2008), proveen un sustrato duro para el establecimiento y crecimiento de organismos sésiles. En los arrecifes coralinos, las macroalgas, zooxantelas y cianofitas contribuyen de manera significativa a la producción primaria y entran en el reciclaje de nutrientes entre productores y consumidores (Bruckner y Burrows, 2005).

Una de las interacciones más importantes en los arrecifes es la que llevan a cabo corales, peces y algas. La vitalidad de un arrecife depende de las relaciones complejas entre corales,

peces y algas. Al producirse un cambio en la dinámica de la comunidad de uno de estos componentes, toda la relación puede ser interrumpida. Para evaluar la condición de un arrecife es fundamental considerar varios indicadores de las relaciones entre algas, peces y corales (AGRRA, 2006). Existen otras interacciones importantes en los arrecifes coralinos, por ejemplo la herbivoría entre erizos y algas, estos últimos tienen una preferencia por los céspedes algales y se pueden considerar después de los peces, como el principal control sobre las poblaciones algales.

La estructura de los ensamblajes macroalgales puede ser afectada por disturbios naturales, por ejemplo: tormentas, huracanes (McManus y Polsernberg, 2004) y el fenómeno del niño (ENSO) (Nava y Ramírez-Herrera, 2011), o por disturbios producidos por el hombre como: la eutroficación (McManus y Polsernberg, 2004), el cambio de uso de suelo (Nava y Ramírez-Herrera, 2011), descargas domésticas e industriales, la deforestación para la construcción de complejos residenciales, carreteras, acuacultura, entre otros (Airoldi, 2003).

El litoral de la región de Ixtapa-Zihuatanejo se caracteriza por la presencia de arrecifes coralinos distribuidos en una extensión de aproximadamente 20 km desde los Morros Potosí hasta Isla Ixtapa (FOMIX-CONACYT-2010). Las comunidades coralinas más conspicuas están localizadas en Caleta de Chon, Playa las Gatas, el Zacatoso e Isla Ixtapa. Estas comunidades coralinas son importantes desde los puntos de vista ecológico, pesquero, económico y turístico. Sin embargo, son sistemas vulnerables que están siendo afectados por diversas actividades antropogénicas como la sobreexplotación pesquera y extractiva de sus recursos, actividades turísticas masivas y sin regulación, contaminación por aguas residuales e hidrocarburos provocando sedimentación y eutroficación, daño físico ocasionado por actividades acuáticas e introducción de especies exóticas. El conocimiento del estado de conservación de estos arrecifes ha sido recientemente estudiado a través de los impactos antropogénicos sobre las comunidades de corales en Caleta de Chon, las Gatas y el Zacatoso (Nava y Ramírez-Herrera, 2011).

La presente tesis desarrollada en Playa Coral, ubicada en Isla Ixtapa tiene como objetivo general "determinar la estructura de los ensamblajes macroalgales y sus cambios espacio-temporales en el arrecife de Playa Coral, Isla Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero". Es parte del proyecto "Conservación de la Biodiversidad Arrecifal de la Región de Zihuatanejo, Guerrero: Macroalgas, Peces y Corales Hermatípicos" cuyos objetivos son elaborar los lineamientos para una estrategia de conservación de las comunidades arrecifales de la Región de Zihuatanejo, Guerrero, generando una caracterización ecológica, un diagnóstico del estado de conservación de la biodiversidad arrecifal, un programa de monitoreo y un programa de educación ambiental, con énfasis en Macroalgas, Peces y Corales Hermatípicos. Este proyecto se llevó a cabo en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Zihuatanejo (UMDI-Z) y en el Laboratorio Ficología (Biodiversidad Marina) de la Facultad de Ciencias, UNAM y fue financiado por FOMIX-CONACyT (Proyecto número 000000000107999).

Antecedentes

Los primeros reportes de macroalgas en Isla Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero fueron realizados por Dawson en los años 1959, 1960a y b, 1961 y 1962 como parte de sus expediciones a lo largo del Pacífico Americano. Dawson elaboró listados y descripciones con algunas notas sobre los lugares de colecta e información morfológica de las especies. Con estas expediciones se pudo conocer la riqueza de las localidades del Pacífico Tropical Mexicano. Posteriormente, contribuyeron con trabajos del mismo tipo Chavéz (1972), Salcedo *et al.*, (1988), Ortega *et al.*, (1986) y más recientemente Mateo-Cid y Mendoza-González (2012) quienes realizaron un estudio en 7 localidades de la costa noroccidental de Guerrero, incluyendo las zonas intermareal y submareal, incluida Isla Ixtapa. El registro inventarial fue de 163 especies de algas marinas, 93 Rhodophyta, 28 Chlorophyta y 25 Cyanophyta, concluyendo que la flora del estado es más diversa en época de secas.

Posteriormente en la misma región de Ixtapa-Zihuatanejo, se empiezan a realizar trabajos de tipo ecológico con el proyecto "Conservación de la Biodiversidad Arrecifal de la Región de Zihuatanejo, Guerrero: Macroalgas, Peces y Corales Hermatípicos". En el arrecife El Zacatoso se realizaron dos trabajos que midieron la riqueza, composición, sustrato en el que se encuentran las macroalgas y factores que podrían estar determinando la estructura de las comunidades. González-Pizá (2013) reportó 61 especies de macroalgas, encontrando diferencias significativas en la riqueza entre temporadas de lluvias y secas. Estableció la distribución de las macroalgas con relación a los tipos de sustrato, coral vivo, arena, ripio y roca. No se encontraron algas en la arena, el ripio estuvo generalmente cubierto por *Lithophyllum* sp. y sobre la rocas crecieron céspedes algales compuestos por grandes cantidades de coralinas articuladas, filamentosas, carnosas o solo *Lithophyllum* sp. En el otro estudio, Vázquez-Texocotitla (2013) registró 56 especies de macroalgas y la riqueza específica fue más alta en el sustrato rocoso y menor en el coral muerto y coral vivo. Concluyó que los diferentes sustratos determinan la estructura y distribución de los

ensambles y que las algas filamentosas fueron exclusivas del coral vivo; las coralinas articuladas y las costrosas fueron más abundantes en el coral muerto y la roca.

El estudio de la estructura de comunidades algales en arrecifes coralinos en regiones tropicales se ha enfocado en la evaluación de la dinámica espacio-temporal de su composición, riqueza, diversidad y distribución espacial (Fong y Paul, 2011; Speight y Henderson, 2010; Tsai *et al.*, 2004; Reyes-Bonilla *et al.*, 2010; Barnes y Haghes, 1982). Se ha establecido que factores abióticos como temperatura del agua (Tsai *et al.*, 2004; Villaca *et al.*, 2010), salinidad (Lüning, 1990), intensidad luminosa (Castro *et al.*, 2010), mareas, oleaje, nutrientes (Piazzi *et al.*, 2002) y sedimentación (Florez-Leiva *et al.*, 2009; Piazzi *et al.*, 2002; Airoidi, 2000), así como factores bióticos como la competencia (Díaz-Pulido y McCook, 2004; River y Edmuds, 2000; Lobban *et al.*, 1994; Barnes y Haghes, 1982), herbivoría (McManus *et al.*, 2000) y la bioerosión (Carballo, *et al.*, 2008), son factores que influyen en la estructura de estas comunidades de macroalgas. Algunos ejemplos alrededor del mundo son en Atol das Rocas, Brasil donde se analizó la distribución espacial de las macroalgas con relación a la geomorfología del arrecife. Se propuso que los factores causantes de esta distribución están relacionados con el gradiente de luz, movimiento del agua y temperatura (Villaca *et al.*, 2010). En otro estudio al sur de Taiwan, Tsai *et al.* (2004), determinaron que las variaciones espacio-temporales en la estructura, en los arrecifes de coral en la bahía Nanwan, son marcadamente diferentes entre profundidades y temporadas.

En la mayoría de los trabajos de ecología de macroalgas en arrecifes coralinos, es común una forma de crecimiento colectivo conocida como céspedes, definidos como algas erectas, de poca altura, conformados por diferentes especies (Coleman, 2002) retienen sedimento y presentan talos estrechamente entrelazados (Piazzi *et al.*, 2002). Por estas razones hay dificultad en la identificación a nivel de especie en campo (Díaz-Pulido y Mc Cook, 2008) y por ello se han propuesto algunas clasificaciones tratando de hacer más fácil su identificación. Littler y Littler (1980; 1984) propusieron 6 grupos funcionales algales,

basándose en la fotosíntesis, susceptibilidad a la herbivoría, resistencia al oleaje, morfología del talo, captación de nutrientes, entre otras características. Los grupos resultantes son laminas, filamentosas, ramificadas, gruesas y correosas, calcáreas articuladas y costrosas. Otro estudio es el de Steneck y Dethier (1994), quienes dividen a las algas en 7 grupos funcionales: microalgas, filamentosas, foliosas, macrofitas corticadas, carnosas, calcáreas-articuladas y coralinas-costrosas, definidos por la susceptibilidad a la herbivoría basándose en la morfología y anatomía de las algas. Y por ultimo, el trabajo de Díaz-Pulido *et al.* (2007) quienes consideran 3 categorías algales: césped algal, macroalgas erectas (carnosas y calcificadas) y algas costrosas calcáreas, definidas principalmente por su facilidad de ser reconocidas en el campo, sus atributos fisiológicos y de su papel ecológico, por ejemplo una categoría algal como el césped puede contener dos grupos funcionales: microalgas, y algas filamentosas.

Varios autores han concluido que las distribuciones de los grupos algales en cada localidad dependen de las capacidades de respuesta de cada especie. Por ejemplo, si se trata de especies anuales o perennes (Garduño *et al.*, 2003; Sears y Wilce, 1975); sus historias de vida; el tipo de reproducción que llevan a cabo, sexual o asexual (Cole y Sheath, 2011) y la tolerancia a los cambios de los factores ambientales (Ellingsen *et al.*, 2007). Existen condiciones favorables que inducen o inhiben la reproducción sexual o asexual de las algas, como son el óptimo de luz (intensidad, calidad y fotoperiodo), temperatura, temporalidad, niveles de nutrientes (orgánicos e inorgánicos), pH, intensidad del oleaje, contaminación y radiación (Agrawal, 2012). Por ejemplo, el fotoperiodo es el factor gatillo en la producción de gametos en diferentes épocas del año (Round, 1981; Lobban *et al.*, 1994).

La relación entre alga-sustrato en arrecifes coralinos esta mediada por las interacciones competitivas (River y Edmunds, 2000). En arrecifes sin perturbación, los corales son competitivamente superiores a las algas por espacio, pero en arrecifes con perturbación antropogénica las algas se vuelven competitivamente superiores, por lo tanto su cobertura

aumenta con respecto a la del coral, a este cambio se le conoce como cambio de fase coral-alga (Jompa y McCook, 2003; Bruno *et al.*, 2009). Diaz-Pulido y McCook (2004) realizaron un experimento para determinar la habilidad de establecimiento y crecimiento de las macroalgas (*Sargassum* spp y *Lobophora variegata*) sobre el tejido de coral sano y si las características del sustrato facilitan dicho establecimiento. Los resultados indican que los corales sanos impiden el establecimiento de los reclutas de estas macroalgas, lo cual fue un hallazgo significativo porque sugiere que el reemplazamiento de corales por algas se lleva a cabo posterior al estrés o muerte del tejido del coral.

Por otro lado, la interacción coral-alga fue investigada en el centro de la Gran Barrera Arrecifal para comparar los efectos del alga filamentosa *Anotrichium tenue* con el de los céspedes filamentosos que crecen sobre *Porites* spp, se realizaron tres tratamientos: a) *A. tenue* presente naturalmente sobre corales, b) *A. tenue* removida del coral y c) coral con céspedes algales presentes naturalmente pero sin *A. tenue*. Se encontró que *A. tenue* mata al tejido del coral por un sobrecrecimiento activo, cuando el alga fue removida el tejido del coral no sufrió cambio y el césped algal no causó mortandad al tejido del coral; esta investigación mostró el efecto letal de una sola especie algal sobre el coral y enfatizó las características específicas de la interacción competitiva alga-coral (Jompa y McCook, 2003).

Bahartan *et al.* (2010) evaluaron el estado de degradación de los arrecifes del Golfo de Aqaba, en Eilat, Israel y Aqaba, Jordania, en base a la presencia y proliferación de los céspedes algales. Los sitios comparados fueron 3 no degradados y 3 sitios con impacto antropogénico. En Eilat la estructura de la comunidad estuvo dominada por césped algal que tuvo una cobertura del 72 %, mientras que la cobertura del coral vivo fue del 30 % a 5 m de profundidad; en contraste, Aqaba mostró una cobertura del 6 % del césped con una distribución esparcida. Concluyeron que Eilat es un arrecife en proceso de degradación. Contrario a esta postura, Vroom *et al.*, (2006) proponen que en algunos arrecifes coralinos, el porcentaje de cobertura algal es mayor al del coral, resultado de un proceso natural.

Realizaron un estudio en ocho arrecifes del Océano Pacífico que pertenecen a la División del Ecosistema de los Arrecifes de Coral (CRED) sin presión antropogénica directa, resultó que un arrecife en diferentes periodos de tiempo puede estar dominado por corales, luego por macroalgas para después pasar a ser dominado por céspedes algales.

Otro parámetro estructural poco cuantificado de las comunidades macroalgales, es el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Por ejemplo Tsai *et al.*, (2004) en la Bahía de Nanwan, China, encontraron que los valores de este índice varían estacionalmente en las diferentes zonas del arrecife. Otro estudio en la Bahía de Porto Seguro, Brasil el índice de diversidad presentó fluctuaciones mas pronunciadas estacionalmente que espacialmente particularmente en la época de lluvias y en la pared arrecifal presentó un índice más alto que en la plataforma arrecifal (Costa *et al.*, 2001)

Con los antecedentes anteriores es notable que el conocimiento generado sobre la estructura de las comunidades arrecifales de macroalgas es amplio a nivel mundial, en la región de Ixtapa-Zihuatanejo aún es incipiente y particularmente en Isla Ixtapa es el primer estudio de tipo ecológico .

Objetivo general

Determinar la estructura de los ensamblajes macroalgales y sus cambios espacio-temporales en el arrecife de Playa Coral de Isla Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.

Objetivos particulares

- Contribuir a la realización del inventario de la biodiversidad arrecifal de macroalgas en la región de Ixtapa-Zihuatanejo.
- Describir los patrones de abundancia y distribución de las macroalgas en la temporada de lluvias en diferentes años.
- Establecer la relación de la abundancia y distribución de las macroalgas con la profundidad y el sustrato.

Área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en Playa Coral ubicada en Isla Ixtapa ($17^{\circ} 40' 30.7''$ N $101^{\circ} 39' 24.3''$ O) en Zihuatanejo (Figura 1). Forma parte del Pacífico Tropical Mexicano (PTM) que comprende desde el sur de Sinaloa hasta el sur de Chiapas (González-González, *et al.*, 1996).



Figura 1. Ubicación de colecta (estrella roja) de Playa Coral en Isla Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero (Google Earth, 2012).

En el Pacífico Mexicano la temperatura superficial de las aguas costeras se incrementa a lo largo del gradiente latitudinal, siguiendo una tendencia general en dirección NW-SE. La variación estacional promedio mínima en áreas tropicales fluctúa tan solo 1 ° C (28 °C a 29 °C), no es extrema, no obstante, puede haber modificaciones locales por la influencia de surgencias en donde se superponen temperaturas más bajas al patrón general, o por el aislamiento de las masas de agua, provocando un aumento en el nivel (González-González, *et al.*, 1996).

Presenta un clima tropical subhúmedo del tipo Aw, con lluvias en verano y periodo de sequía, la precipitación pluvial anual es de 1 103 mm (García, 1980). La estación de lluvias se presenta de mayo a octubre y la temporada de secas de noviembre a abril. Uno de los principales recursos hidrológicos que abastecen al municipio, lo constituye el Río Balsas, situado a 14 km de Isla Ixtapa (Baqueiro, 1979) con una cuenca de 260 km² que desemboca en la barra de Ixtapa.

La Isla de Ixtapa pertenece al municipio de Zihuatanejo de Azueta, se encuentra al oeste del puerto de Zihuatanejo, a 360 m de la costa, tiene una superficie de 34 km² (Google Earth Versión 7). Cuenta con cuatro playas principales: Cuachalalate, Varadero, Coral y Carey. Al suroeste de la isla se encuentra Playa Coral, donde se ubica la zona de estudio, con una extensión máxima de 214 m, compuesta de arena de grano grande, de color blanco. En cierta época del año parte de la mancha del coral queda expuesta y en la playa se observan fragmentos de coral muerto.

El arrecife coralino de Playa Coral es de tipo costero, presenta un gradiente de profundidad de 3 a 5 m, la pendiente es de aproximadamente 20 °, presenta varios tipos de sustrato desde coral vivo, coral muerto, roca y arena (observación personal).

La fauna del arrecife está representada por cnidarios, equinodermos, crustáceos, moluscos, gusanos, nudibranchios y peces (observación personal).

Predominan corales de los géneros *Porites* y *Pocillopora*. Grandes extensiones de *Porites* se pueden observar en la zona somera y *Pocillopora* se encuentra a mayor profundidad formando parches de 1, 2 y hasta de 10 m de ancho, entremezclados con roca y arena. El relieve es irregular, el color del coral es variado, desde el café oscuro, verde-cafesoso hasta verde oscuro, con manchas blanquecinas. A mayor profundidad los parches de coral reducen su abundancia y se encuentran esparcidos en una planicie de arena y rocas aisladas (observación personal).

Las macroalgas se distribuyen en toda la extensión del arrecife. Se puede apreciar parches de diversos tonos que van desde verde claro hasta verde oscuro pasando por café, rosa y rojo. Las formas de crecimiento de las macroalgas son arbustivas, filamentosas, costrosas y cespitosas. Se encuentran epizóicas sobre coral y tubos de poliquetos, epifitas, epilíticas y psamófitas. Algunas macroalgas son más conspicuas, por ejemplo, *Halimeda discoidea* con forma arbustiva, que generalmente se observa en zonas de arena y sobre rocas e *Hypnea* spp sobre el coral (observación personal).

Materiales y Método

La metodología se divide en tres partes: trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de gabinete.

Trabajo de campo

Se realizaron cuatro salidas al campo, una en julio y una en agosto del 2011 y dos en julio del 2012. Todo el muestreo se llevó a cabo utilizando buceo autónomo. Previo a cada muestreo, se realizaron inmersiones de prospección con el objetivo de reubicar los crecimientos coralinos trabajados en la fecha anterior (marzo 2010). El método de muestreo consistió en desplegar tres transectos de 50 m de longitud sobre los cuales se colocaron cada 5m, cuadros de 50 cm² divididos en subcuadros de 10 cm². Debido a que las condiciones climáticas no permitieron trabajar en días contiguos, los transectos se colocaron en fechas diferentes. En julio 2011 se colocó el transecto 1, en agosto del mismo año se colocó el transecto 2. En julio del 2012 se colocó el transecto 3 y la mitad de los cuadros fueron muestreados el 5 de julio y los datos restantes el 17 de julio del mismo año debido a las fuertes corrientes y al oleaje intenso. El total de cuadros muestreos fue de 36. Dentro de cada cuadro se cuantificó la cobertura de las algas con base a la propuesta de funcional (Littler y Littler, 1983) y de categorías algales (Díaz-Pulido *et. al.*, 2007) .

Los cuadros fueron fotografiados con una cámara SEA & SEA® así mismo se registró la profundidad con una computadora de buceo marca SUUNTO® modelo ZOOP. Además se llevaron a cabo colectas de los grupos algales más conspicuos (Figura 2 a). La colecta se hizo manualmente con cincel, martillo y espátula (Figura 2b), las muestras obtenidas fueron colocadas en bolsas de plástico, previamente etiquetadas. La información registrada para cada muestra fue la siguiente: localidad, fecha, número de muestra, hora de muestreo, colector, cobertura y tipo de sustrato: coral vivo, CV; coral muerto, CM; roca, RO y cascajo, CAS (Figura 2c); porcentaje de cobertura macroalgal cuantificado en términos de grupos funcionales (costrosas, COS; filamentosas, FIL; carnosas, CAR; articuladas, ART)

(Littler y Littler, 1980) y de una categoría algal, la de césped, CES (Díaz-Pulido *et. al.*, 2007) (Figura 2d). Los grupos funcionales y la categoría algal serán referidos de aquí en adelante como **grupos algales**.

Los céspedes pueden estar conformados por varios grupos funcionales de diferentes especies que miden menos de 2 cm de altura, crecen estrechamente entrelazados y atrapan sedimento (López *et al.*, 2004; Piazzini *et al.*, 2002). Debido a su tamaño diminuto, las especies que forman a los céspedes son difíciles de identificar en el campo, por esta razón frecuentemente resulta más fácil identificar y cuantificar los grupos algales (Díaz-Pulido *et al.*, 2007).

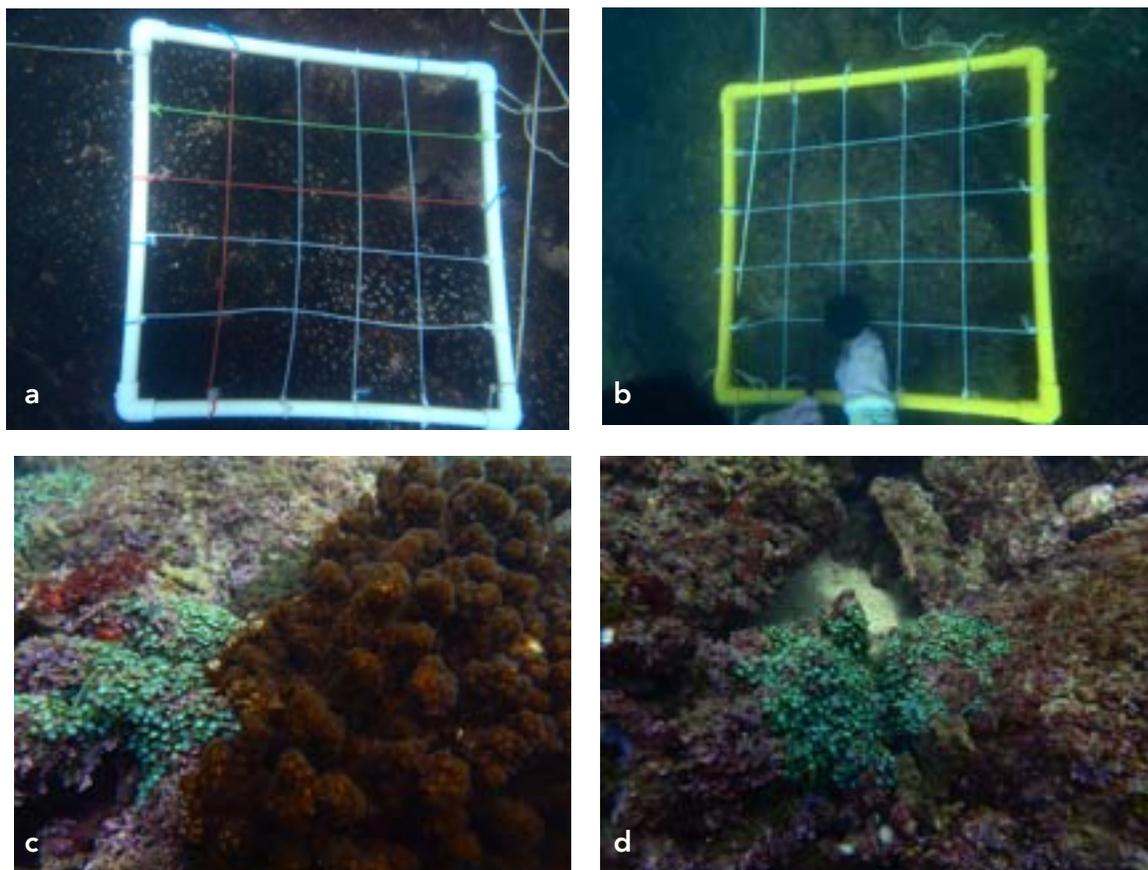


Figura 2. (a) Fotografía de la unidad de muestreo dividida en subcuadros de 10 cm². (b) Colecta de macroalgas utilizando las herramientas mencionadas. (c) Grupos algales: articuladas, costrosas, ramificadas-carnosas. (d) Césped algal.

Trabajo de laboratorio

Las muestras colectadas fueron preservadas en formol glicerinado al 4 % con agua marina y colocadas en recipientes de plástico etiquetados con los siguientes datos: localidad, número de muestra, número PTM, fecha de colecta y colectores. Posteriormente, se incorporaron a la colección de algas del Pacífico Tropical Mexicano (PTM) en la Sección de Algas del Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM, con sus respectivos números de referencia (PTM 9152 a PTM 9165 y del PTM 9475 a PTM 9535).

La identificación taxonómica de las macroalgas se realizó con un microscopio estereoscópico OLYMPUS® Modelo SZ2-ILST y un microscopio óptico OLYMPUS® Modelo BX51, utilizando las siguientes claves de identificación, descripciones, tesis, catálogos y libros: Abbott y Hollenberg (1976), Candelaria (1985), Dawson (1945, 1953, 1954, 1961, 1962), Dreckmann (1987), Fragoso-Tejas (1991), Hillis (1959), López-Gómez (1993), Mateo-Cid y Mendoza-González (1991), Norris y Johansen (1981), Pedroche *et al.*, (2002), Pedroche *et al.*, (2005), Rodríguez y López (2008), Senties (1993,1995), Senties y Dreckmann (2002), Setchell y Gardner (1920) y Taylor (1945).

Se elaboraron preparaciones semipermanentes con gelatina glicerinada al 70 % de los talos completos, de cortes histológicos y de estructuras reproductoras. El procedimiento se hace manualmente cortando transversalmente y longitudinalmente los talos de las algas con una navaja para afeitar, una vez hechos los cortes, se les aplican unas gotas de gelatina. Para hacer preparaciones semipermanentes, cada preparación fue etiquetada e incorporada a la colección correspondiente de la Sección de Algas del Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Trabajo de gabinete

Los textos, listados y tablas fueron elaborados con el procesador Word (Microsoft Office 2004). En una hoja de cálculo Excel (Microsoft Office 2004), se elaboraron matrices de datos con la información de especies, número de muestra, fecha, sustrato, grupos de algas profundidad y frecuencia para hacer los análisis estadísticos correspondientes. Se realizaron pruebas de distribución de los grupos algales en los transectos, utilizando el estadístico de prueba χ^2 ($p < 0.05$), las distribuciones analizadas fueron: aleatoria, agrupada (parches) y distribución uniforme. Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) con el Programa Statgraphics Plus versión 5.0, con la finalidad de saber si: a) la proporción del sustrato está influenciada por el año, grupo algal, proporción de cobertura macroalgal o profundidad y b) el porcentaje de cobertura macroalgal está influenciado por el tipo de sustrato, la profundidad, el grupo algal y el año del muestreo. Además se analizó si las distribuciones de los grupos algales dependieron de la profundidad utilizando también el estadístico de prueba χ^2 ($p < 0.05$).

La estructura de la comunidad se definió en términos de los parámetros comúnmente utilizados como son la composición, frecuencia relativa, cobertura, distribución espacial y temporal y el índice de diversidad de Shannon-Wiener. La frecuencia relativa fue calculada con la siguiente fórmula:

$$Fr = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie } x}{\text{Sumatoria frecuencias absoluta de todas las especies}} \quad (100)$$

$$FAbs = \frac{\text{número de cuadros donde aparece la especie } x}{\text{No. total de cuadros muestreados}}$$

La abundancia fue cuantificada a través de la cobertura de los grupos algales presentes en cada cuadro.

Para elaborar los patrones de distribución se consideró a las especies, grupos algales y sustrato; en cuanto a las especies se representó aquellas que tienen las frecuencias más altas. Los patrones encontrados fueron de dos categorías amplio o estrecho y continuo o discontinuo. El patrón amplio se considera cuando se encuentran casi por completo a lo largo de todo el transecto (presencia en los primeros metros, en medio y al final del transecto), el patrón estrecho aquel que se presenta en una parte del transecto. El patrón continuo se refiere a la presencia a lo largo del transecto en más de dos cuadros continuos y el patrón discontinuo se refiere a la presencia en cuadros no continuos. Se utilizó el programa (Adobe Flash Professional CC ® versión 13.1.0.226) para realizar las gráficas de las distribuciones de los grupos algales y sustrato.

El Índice de diversidad de Shannon-Wiener considera el número y la abundancia relativa de las especies (Smith y Smith, 2000), asume que una muestra aleatoria es tomada de una población indefinidamente grande y que todas las especies de la población en la comunidad están representadas en la muestra. En este trabajo no se cuantificó el número de individuos por la dificultad de definir donde empieza y donde termina un individuo, considerando que las especies algales son modulares. Por esta razón se consideró para este índice la frecuencia de las especies por año.

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

Donde:

H' = el valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener.

p_i = proporción de las especies

\log_2 = logaritmo en base 2 de p_i

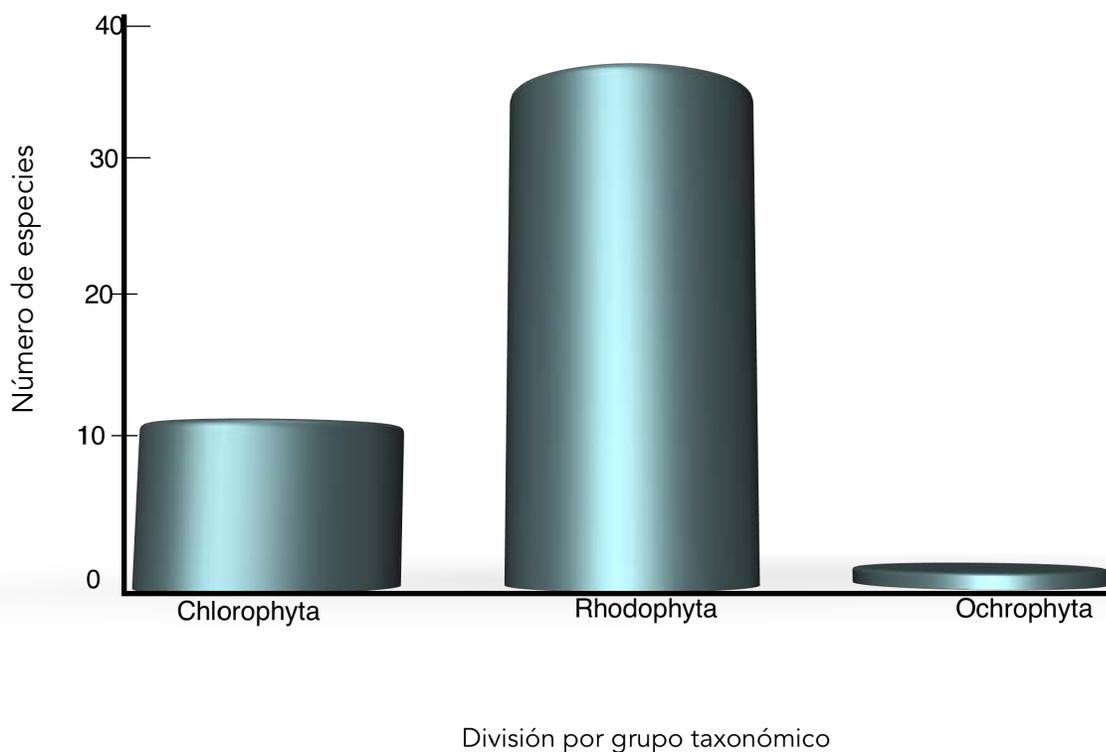
s = número total de especies en la comunidad.

El valor mínimo de H' es 0 y corresponde con una comunidad con una sola especie, este valor se incrementará conforme aumenta la riqueza de especies si los individuos se reparten homogéneamente entre ellas (Molles, 2002). El índice de diversidad fue calculado con la presencia de las especies en los transectos por año.

Resultados

-Riqueza específica

Se registraron 43 especies de macroalgas, 32 especies pertenecen a la división Rhodophyta, 10 a la división Chlorophyta y una especie a Ochrophyta-Phaeophyceae (Gráfica 1). El número de especies en el año 2011 fue 38 y para el 2012 se encontraron 33.



Gráfica 1. Número de especies de algas por división taxonómica.

-Composición

El 65 % de las especies se registraron en los dos años de estudio, algunos de los ejemplos por divisiones son Chlorophyta como *Bryopsis pennata*, *Cladophora* aff. *microcladioides*, *Derbesia* aff. *marina* y *Halimeda discoidea*; en cuanto a Rhodophyta algunas de ellas fueron *Champia parvula*, *Gayliella flaccida*, *Hypnea pannosa*, *Jania tenella*, *Peyssonnelia rubra*, *Pleonosporium* sp, *Neosiphonia sertularioides* y *Porphyra* sp (Tabla 1). Algunas de las especies encontradas sólo en un año fueron *Parviphycus antipai*, *Pteroclatiella caloglossoides*, *Hypnea johnstoni*, *Ralfsia* sp, entre otras (Tabla 2).

Tabla 1. Distribución temporal de especies macroalgales registradas en Isla Ixtapa en julio-agosto 2011 y julio del 2012. GF, Grupo funcional según Littler y Littler (1980); FIL, filamentosa; LAM, laminar; ART, articulada; COS, costrosa; RAM, ramificada; +presencia.

GF	Especie	2011	2012
Rhodophyta			
ART	<i>Amphiroa beauvoisii</i> Lamouroux	+	+
ART	<i>Amphiroa misakiensis</i> Yendo	+	+
ART	<i>Amphiroa rigida</i> J.V. Lamouroux	+	
ART	<i>Amphiroa valonioides</i> Yendo	+	
FIL	<i>Ceramium affine</i> Setchell & N.L.Gardner	+	+
FIL	<i>Ceramium macilentum</i> J. Agardh	+	+
FIL	<i>Ceramium zaca</i> Setchell & N.L.Gardner	+	+
RAM	<i>Champia parvula</i> (C.Ag.) Harvey	+	+
RAM	<i>Chondria</i> aff. <i>repens</i> Borgesen	+	+
RAM	<i>Cryptonemia</i> aff. <i>obovata</i> J. Agardh	+	+
FIL	<i>Dasya sinicola</i> (Setchell & N.L. Gardner) E.Y. Dawson	+	
FIL	<i>Gayliella flaccida</i> (Harvey ex Kützinger) T.O. Cho & L.J. McIvor	+	+
RAM	<i>Gelidium mcnabbianum</i> (E.Y. Dawson) B. Santelices		+
RAM	<i>Gelidium</i> aff. <i>pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis	+	+
RAM	<i>Gracilaria</i> aff. <i>veleroae</i> E.Y. Dawson	+	+
RAM	<i>Grateloupia versicolor</i> J. Agardh	+	+
FIL	<i>Herposiphonia</i> aff. <i>hollenbergii</i> E.Y. Dawson	+	

FIL	<i>Herposiphonia littoralis</i> Hollenberg	+	+
FIL	<i>Herposiphonia plumula</i> (J.Agardh) Falkenberg	+	+
RAM	<i>Hypnea johnstonii</i> Setchell & Gardner	+	
RAM	<i>Hypnea pannosa</i> J.Agardh	+	+
RAM	<i>Hypnea spinella</i> (C.Agardh) Kützing	+	+
ART	<i>Jania tenella</i> (Kützing) Grunow	+	+
COS	<i>Lithophyllum</i> sp Philippi	+	+
FIL	<i>Neosiphonia sertularioides</i> (Grateloup) K.W. Nam y P.J. Kang	+	+
FIL	<i>Parviphycus antipae</i> (Celan) B. Santelices	+	
COS	<i>Peyssonnelia</i> aff. <i>rubra</i> (Greville) J. Agardh	+	+
COS	<i>Peyssonnelia rubra</i> (Greville) J. Agardh	+	+
FIL	<i>Pleonosporium</i> sp Nágeli	+	+
LAM	<i>Porphyra</i> sp C.Agardh	+	+
RAM	<i>Pterocладиella caloglossoides</i> (M. Howe) Santelices	+	
FIL	<i>Veleroa subulata</i> E.Y. Dawson		+

Chlorophyta

FIL	<i>Bryopsis pennata</i> Lamouroux	+	+
FIL	<i>Caulerpa chemnitzia</i> J.V. Lamouroux		+
FIL	<i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G. Gmelin) M.A. Howe	+	
FIL	<i>Chlorodesmis hildebrandtii</i> A. Gepp & E. S. Gepp	+	
FIL	<i>Cladophora</i> aff. <i>microcladioides</i> F.S. Collins	+	+
FIL	<i>Cladophora</i> aff. <i>sericea</i> (Hudson) Kützing		+
FIL	<i>Derbesia</i> aff <i>marina</i> (Lyngbye) Solier	+	+
ART	<i>Halimeda discoidea</i> Decaisne	+	+
LAM	<i>Ulva</i> aff. <i>intestinalis</i> Linnaeus	+	
LAM	<i>Ulva</i> sp Linnaeus	+	

Ochrophyta

COS	<i>Ralfsia</i> sp Berkeley		+
-----	----------------------------	--	---

Fue notable que la mayoría de los ensambles algales estuvieron compuestos por especies de menos de 2 cm de altura, con talos muy ramificados y entrelazados, a esta forma de crecimiento se le conoce como césped. Los céspedes algales estuvieron conformados por especies filamentosas como: *Bryopsis pennata*, *Ceramium affine* y *Cladophora* aff. *sericea*; ramificadas-carnosa como *Grateloupia versicolor*, *Hypnea pannosa* y *Pterocladia caloglossoides*; articuladas como *Amphiroa beauvoisii*, *A. rigida* y *Jania tenella*; costrosas como *Lithophyllum* sp y *Peyssonnelia* aff. *rubra* y por último algas laminadas como *Porphyra* sp y *Ulva* sp.

En cuanto a los tres transectos se encontró que el 46.5 % de las especies, fueron filamentosas como *Gayliella flaccida*, *Bryopsis pennata*, *Neosiphonia sertularioides*; ramificadas-carnosas (26 %), e.g. *Hypnea pannosa*, *Grateloupia versicolor*, *Cryptonemia* aff. *obovata*; articuladas (11.6 %) como, *A. beauvoisii* y *A. misakiensis*; costrosas (9.3 %) e.g., *Peyssonnelia* aff. *rubra* y láminas (6.6 %) e.g. *Porphyra* sp. Las especies encontradas en el transecto 2 (año 2011), en donde hubo más filamentosas (*Bryopsis pennata*, *Neosiphonia sertularioides*, *Chlorodesmis hildebrandtii*, *Gayliella flaccida*, *Caulerpa sertularioides*), articulada (*Amphiroa misakiensis*), ramificadas-carnosa (*Gracilaria* aff. *veleroae*, *Cryptonemia* aff. *obovata*, *Grateloupia versicolor*, *Parviphycus antipai*), costrosas (*Lithophyllum* sp. y *Peyssonnelia rubra*) y laminas (*Porphyra* sp y *Ulva* sp).

El 42 % de las especies fueron registradas en los 3 transectos, como son *Bryopsis pennata*, *Ceramium affine*, *Herposiphonia littoralis*, *Pleonosporium* sp, *Ceramium macilentum* (filamentosas); *Champia parvula*, *Chondria* aff. *repens*, *Cryptonemia* aff. *obovata*, *Grateloupia versicolor* (ramificadas-carnosa), *Lithophyllum* sp, *Peyssonnelia rubra* (costrosas) y *Halimeda discoidea*, *Amphiroa beauvoisii*, *Amphiroa misakiensis* (articuladas). El 35 % de las especies fueron registradas en un transecto por ejemplo *Amphiroa rigida* (articulada), *Chlorodesmis hildebrandtii* (filamentosa), *Ulva* sp (lámina) y *Ralfsia* sp (costrosa).

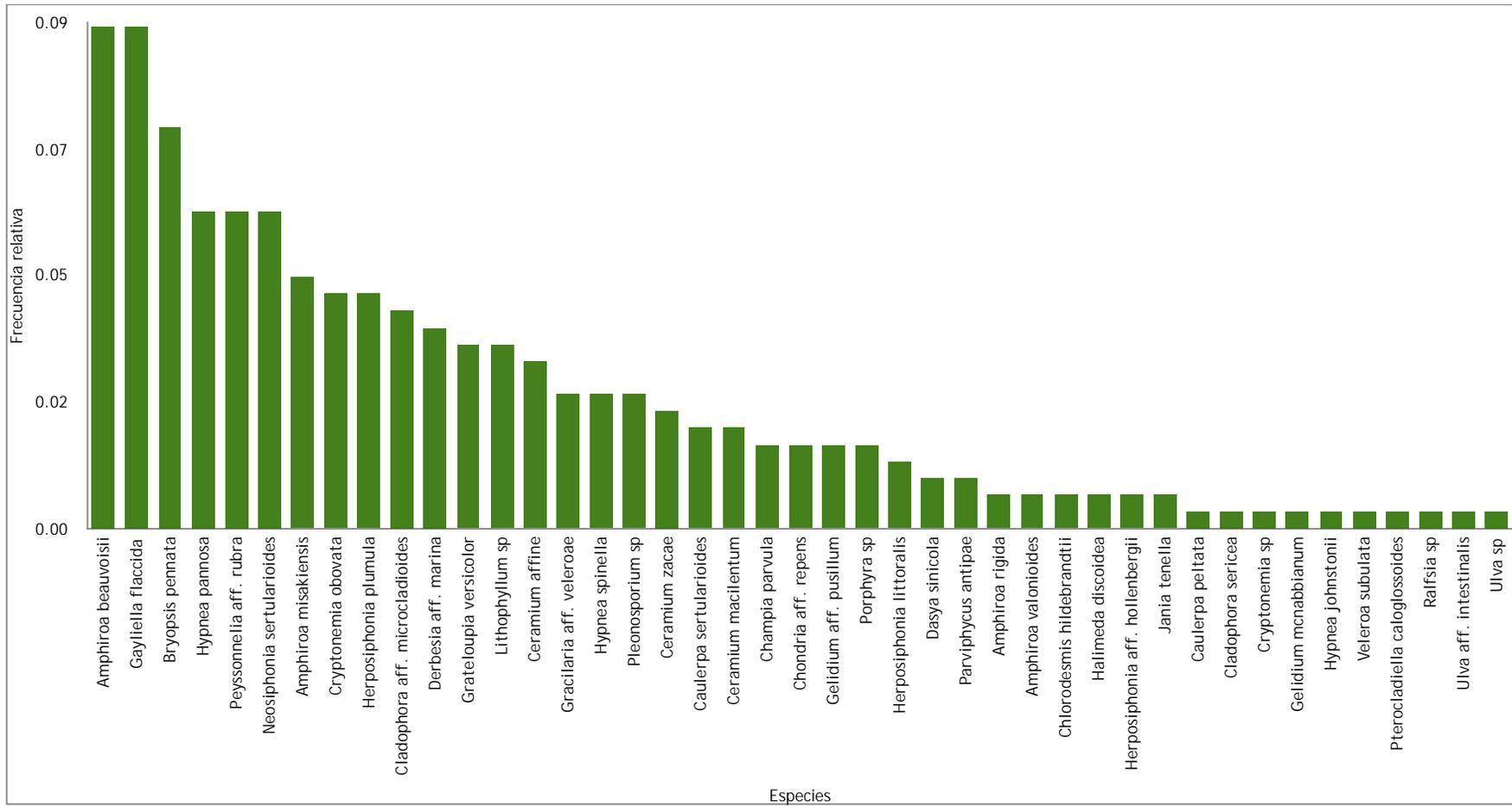
-Frecuencia relativa

Seis especies (14 %) tuvieron una frecuencia alta, de 0.057-0.09, 20 especies (46 %) presentaron frecuencia media de 0.012-0.045 y 17 especies (40 %) tuvieron frecuencia baja de 0.003-0.009 (Gráfica 2). Los ensamblajes algales de Playa Coral estuvieron dominados por especies con frecuencia media y baja. Las especies con frecuencia relativa alta, fueron escasas.

Las especies con valores de frecuencias más altas fueron *Amphiroa beauvoisii*, *Gayliella flaccida*, *Bryopsis pennata*, *Hypnea pannosa*, *Peyssonnelia* aff. *rubra* y *Neosiphonia sertularioides*. Entre las especies con frecuencia media fueron *Amphiroa misakiensis*, *Ceramium affine* y *Herposiphonia littoralis*. Las especies con la frecuencia baja fueron *Dasya sinicola*, *Jania tenella* y *Pterocliadiella caloglossoides*, entre otras. Las especies raras son 9, consideradas en este trabajo como las especies que aparecieron solo una vez en todo el estudio (Tabla 2).

Especies raras	
<i>Caulerpa peltata</i>	<i>Ralfsia</i> sp
<i>Cladophora</i> aff. <i>sericea</i>	<i>Ulva</i> aff. <i>intestinalis</i>
<i>Gelidium mcnabbianum</i>	<i>Ulva</i> sp
<i>Hypnea johnstoni</i>	<i>Veleroa subulata</i>
<i>Pterocliadiella caloglossoides</i>	

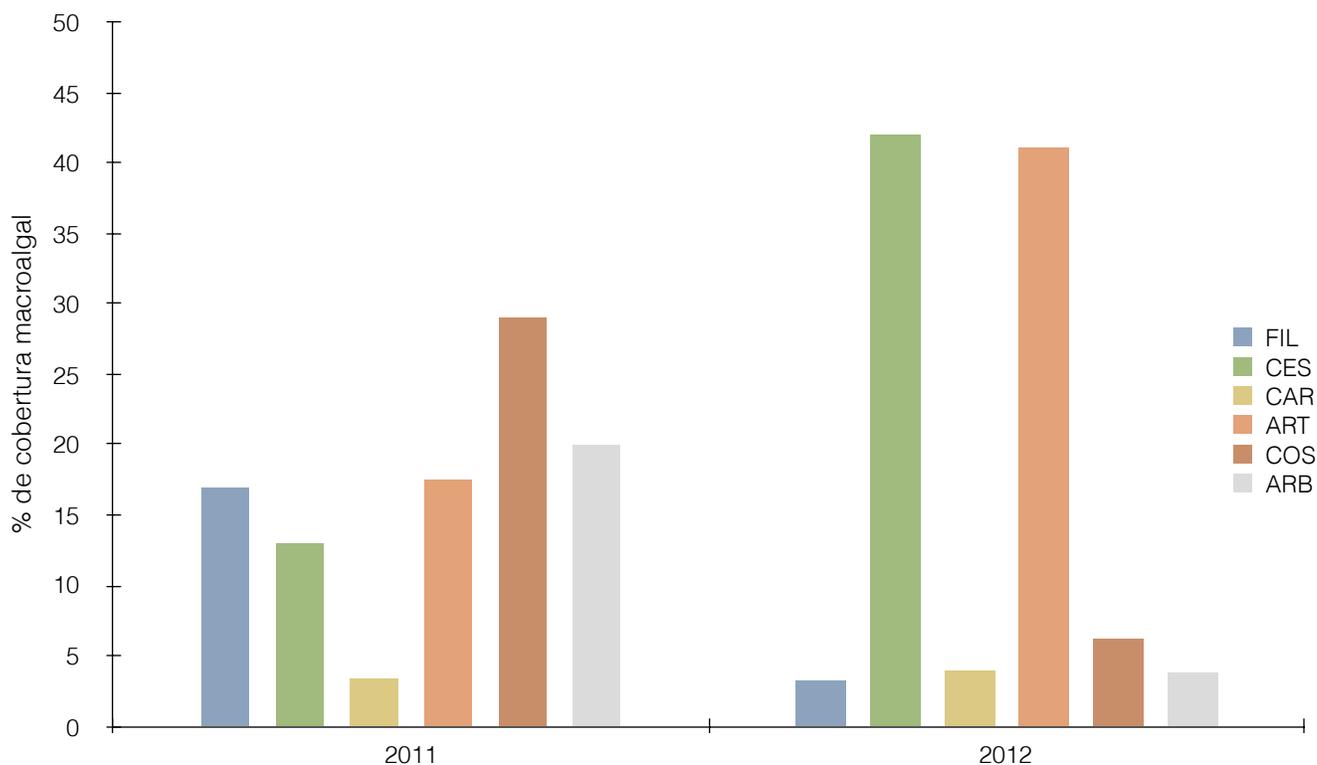
Tabla 2. Especies raras encontradas en Playa Coral, Isla Ixtapa.



Gráfica 2. Frecuencia relativa de las especies reportadas en Playa Coral, Isla Ixtapa en julio-agosto del 2011 y julio del 2012.

-Variación temporal de la cobertura algal

Se registraron seis grupos algales (filamentoso-FIL, céspedes-CES, carnosos-CAR, articuladas-ART, costrosas-COS y arbustivo-ARB). Los grupos algales que presentaron las mayores coberturas a lo largo de todo el estudio fueron las costrosas, céspedes y articuladas. Las coberturas de todos los grupos cambiaron considerablemente del 2011 al 2012. Las algas filamentosas, costrosas y arbustivas disminuyeron notablemente su cobertura, en contraste con las cespitosas y las articuladas quienes aumentaron, las carnosas mantuvieron una cobertura similar en ambos años. En el 2011, las costrosas tuvieron la mayor cobertura (41 %), las articuladas y carnosas tuvieron la menor cobertura. En el 2012, hubo dos grupos con mayor cobertura, los céspedes (43 %) y las articuladas (42 %); por otro lado las carnosas, arbustivas y las costrosas tuvieron la menor. El grupo de filamentosas disminuyó su cobertura en el 2012, del 24 % al 4 % (Gráfica 3).

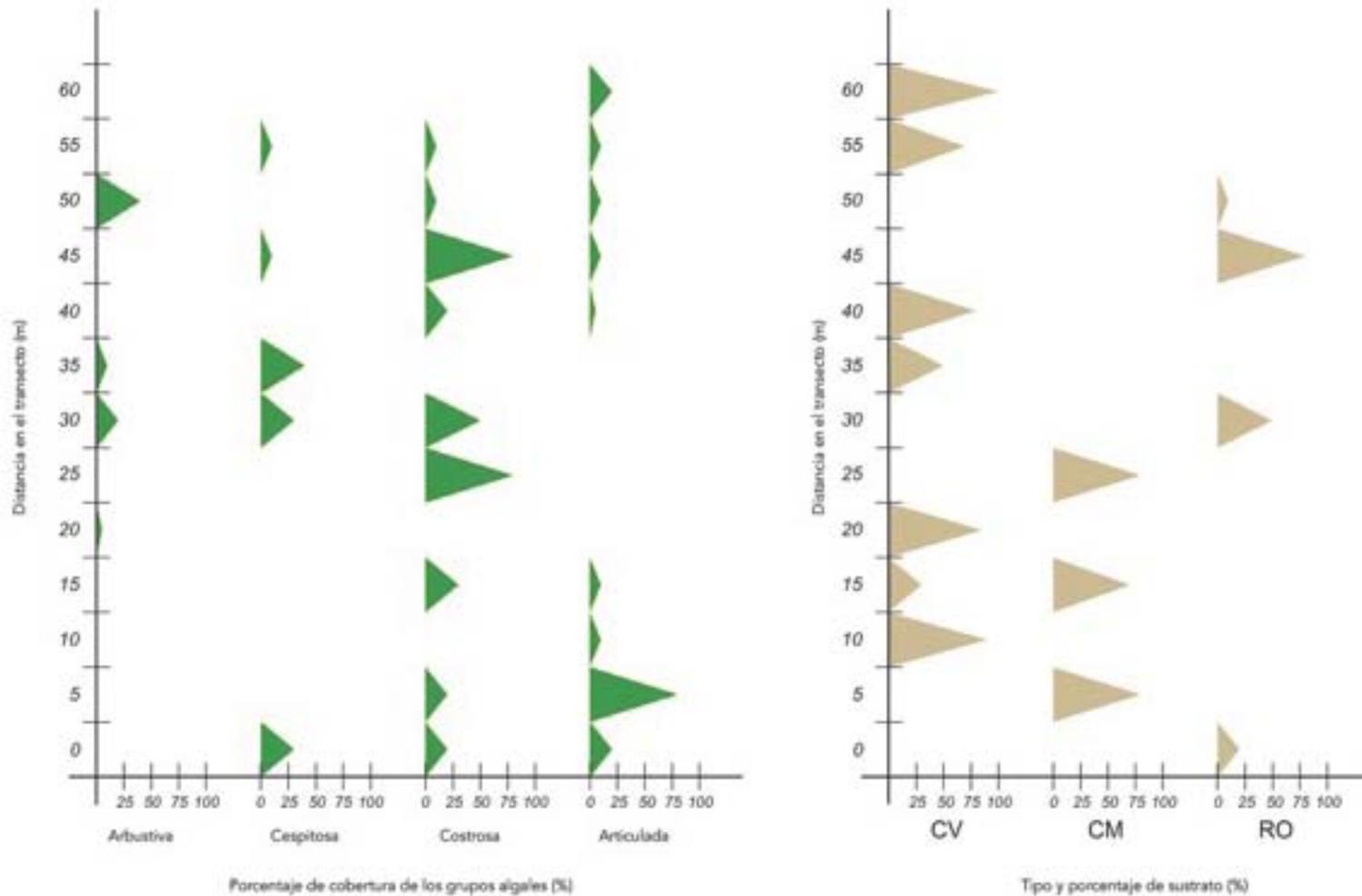


Gráfica 3. Variación del porcentaje de cobertura macroalgal durante el estudio en Playa Coral, Isla Ixtapa. FIL, filamentosas; CES, cespitosas; CAR, carnosas; ART, articuladas, COS, costrosas y ARB, arbustivas.

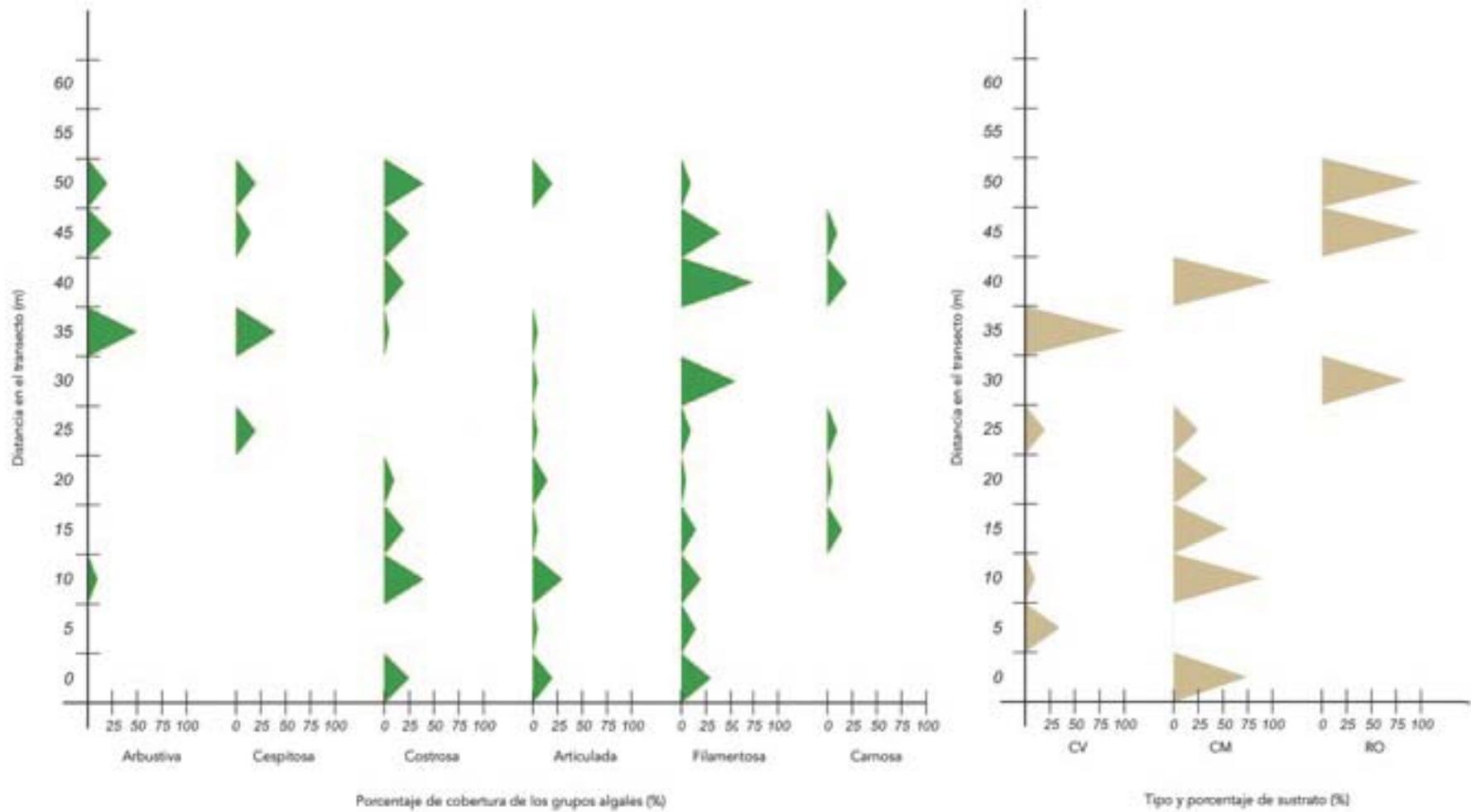
-Variación espacial de la cobertura algal

Las costrosas tuvieron la mayor cobertura en el transecto 1 y con una distribución prácticamente continua. En contraste, las cespitosas tuvieron una cobertura baja y una distribución discontinua. En el transecto 2, las filamentosas registraron las coberturas más altas y con una distribución continua. Cabe mencionar que en este transecto se encontraron los seis grupos algales, cuatro de ellos con las coberturas más altas. En el transecto 3, los grupos algales predominantes fueron articuladas y cespitosas, presentando una distribución continua (Gráficas 4-6).

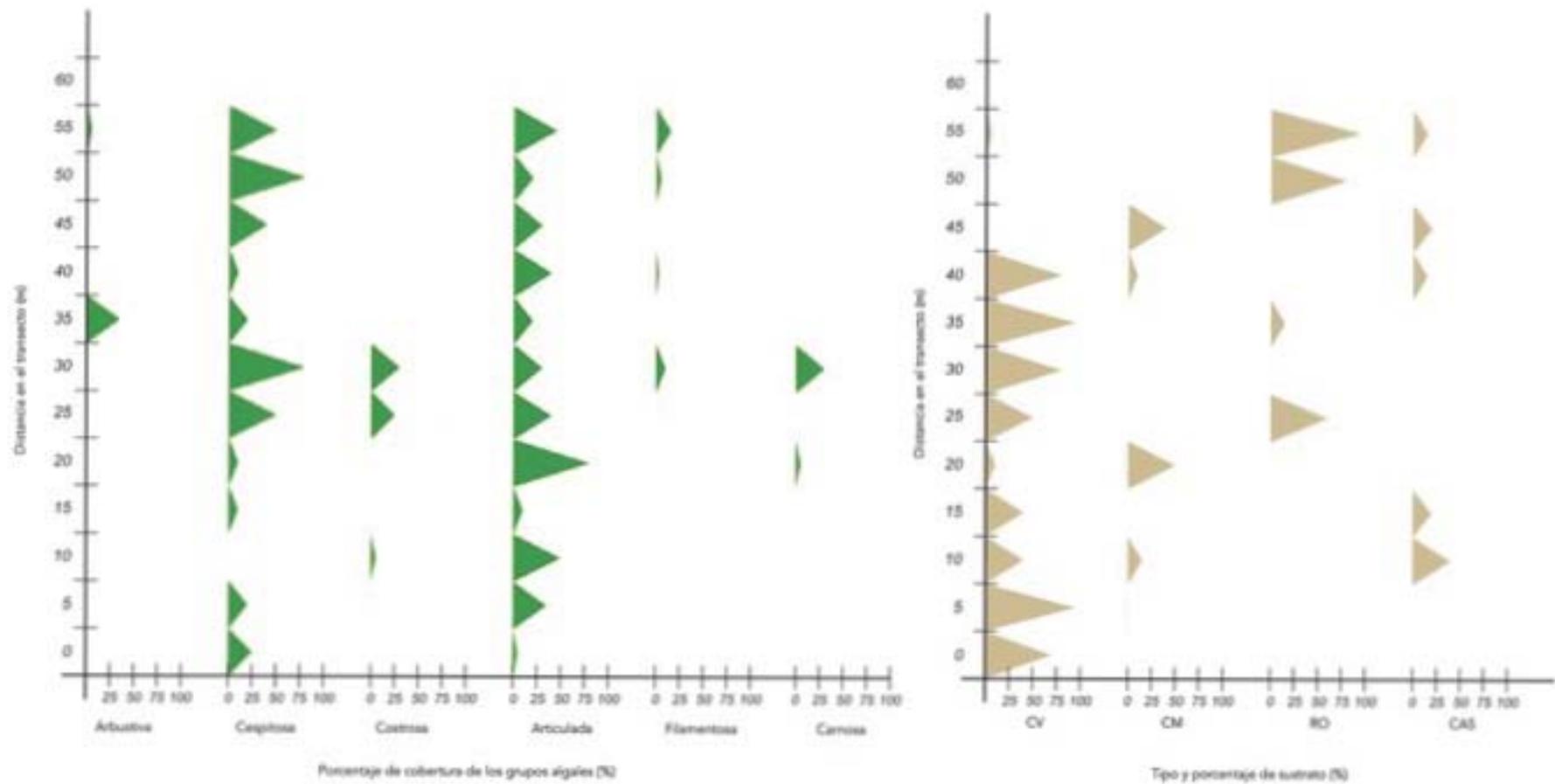
Asimismo en el transecto 1 no se presentaron los grupos algales filamentosos ni carnosos, mientras que en el transecto 3 la mayoría de los grupos algales presentaron las coberturas más bajas y una distribución estrecha. En contraste, en el transecto 2, se observó que 4 de los 6 grupos algales presentaron las mayores coberturas y una distribución amplia.



Gráfica 4. Variación espacial de los grupos algales en los cuadros muestreados del transecto 1, la altura de cada triángulo corresponde con el porcentaje de cobertura dentro del cuadro 50 cm². La gráfica a la derecha muestra el tipo de sustrato correspondiente al transecto 1, CV, coral vivo, CM, coral muerto y RO, roca.



Gráfica 5. Variación espacial de los grupos algales en los cuadros muestreados del transecto 2, la altura de cada triángulo corresponde con el porcentaje de cobertura dentro del cuadro 50 cm². La gráfica a la derecha muestra el tipo de sustrato correspondiente al transecto 2, CV, coral vivo, CM, coral muerto y RO, roca.



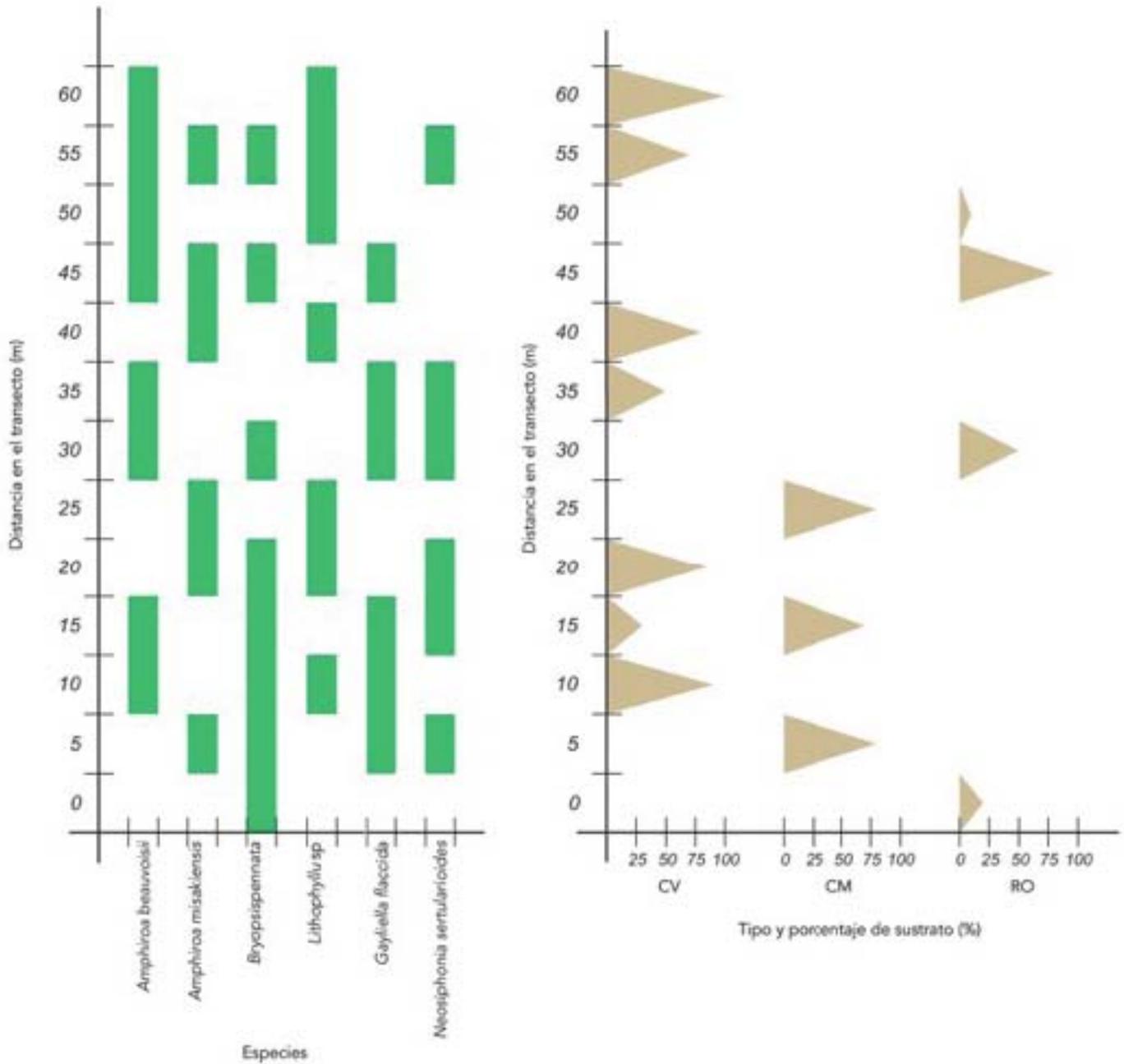
Gráfica 6. Variación espacial de los grupos algales en los cuadros muestreados del transecto 3, la altura de cada triángulo corresponde con el porcentaje de cobertura dentro del cuadro 50 cm². La gráfica a la derecha muestra el tipo de sustrato correspondiente al transecto 3, CV, coral vivo, CM, coral muerto y RO, roca.

-Distribución espacial de las especies de algas

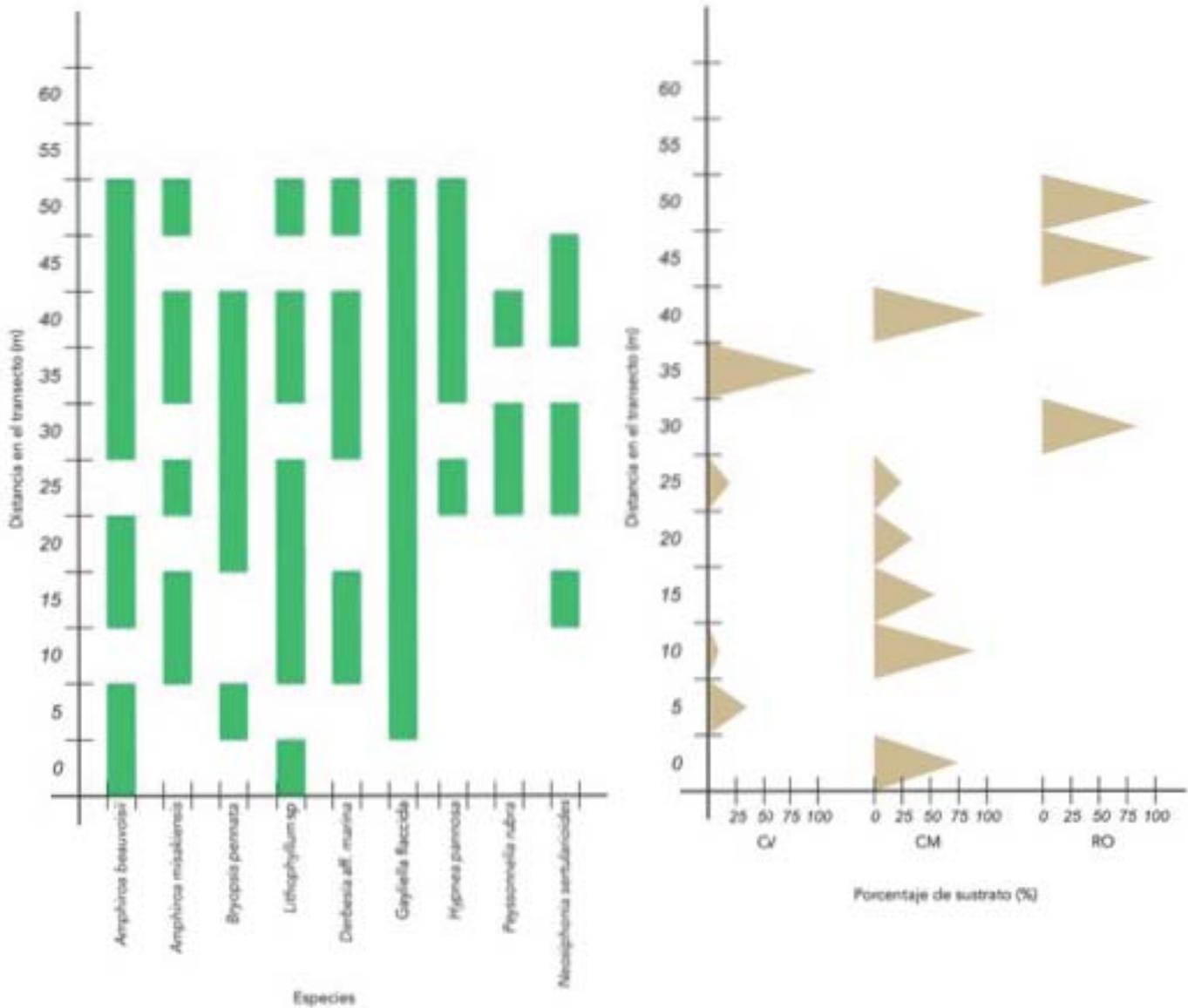
En el transecto 1, *Bryopsis pennata* tuvo una distribución amplia porque se encontró a lo largo de todo el transecto (del metro 0 al 55). Presentó dos patrones, continuo del metro 0 al 25 y discontinuo del metro 30 al 55 (Gráfica 7). *Gayliella flaccida* mostró un patrón amplio (Figura 7) y discontinuo en el transecto 1 y amplio y continuo en el transecto 2 (Gráfica 8). *Peyssonnelia rubra* tuvo un patrón estrecho y discontinuo en el transecto 2 (Gráfica 8). Las especies con distribución amplia y discontinua en los tres transectos fueron *Amphiroa beauvoisii* y *A. misakiensis* (Gráfica 7-9). La mayoría de las especies del transecto 3 tuvieron una distribución amplia y discontinua (Gráfica 9). En el transecto 1, *Neosiphonia sertularioides* se presentó en cuatro cuadros, en los extremos y en la parte media, por lo que mostró un patrón amplio y discontinuo (Gráfica 7).

Integrando los datos de la distribución de las especies con el sustrato, se encontró que los céspedes crecen principalmente sobre roca y coral vivo (Gráficas 7-9). Hubo grupos algales que se encontraron en diferentes sustratos en cada transecto, por ejemplo los arbustos crecieron sobre el coral muerto y roca en el transecto 1 y sobre coral vivo y roca en el transecto 2 (Gráficas 7-8). Las filamentosas se encontraron en los tres sustratos en los transectos 2 (Gráfica 8) y 3 (Gráfica 9).

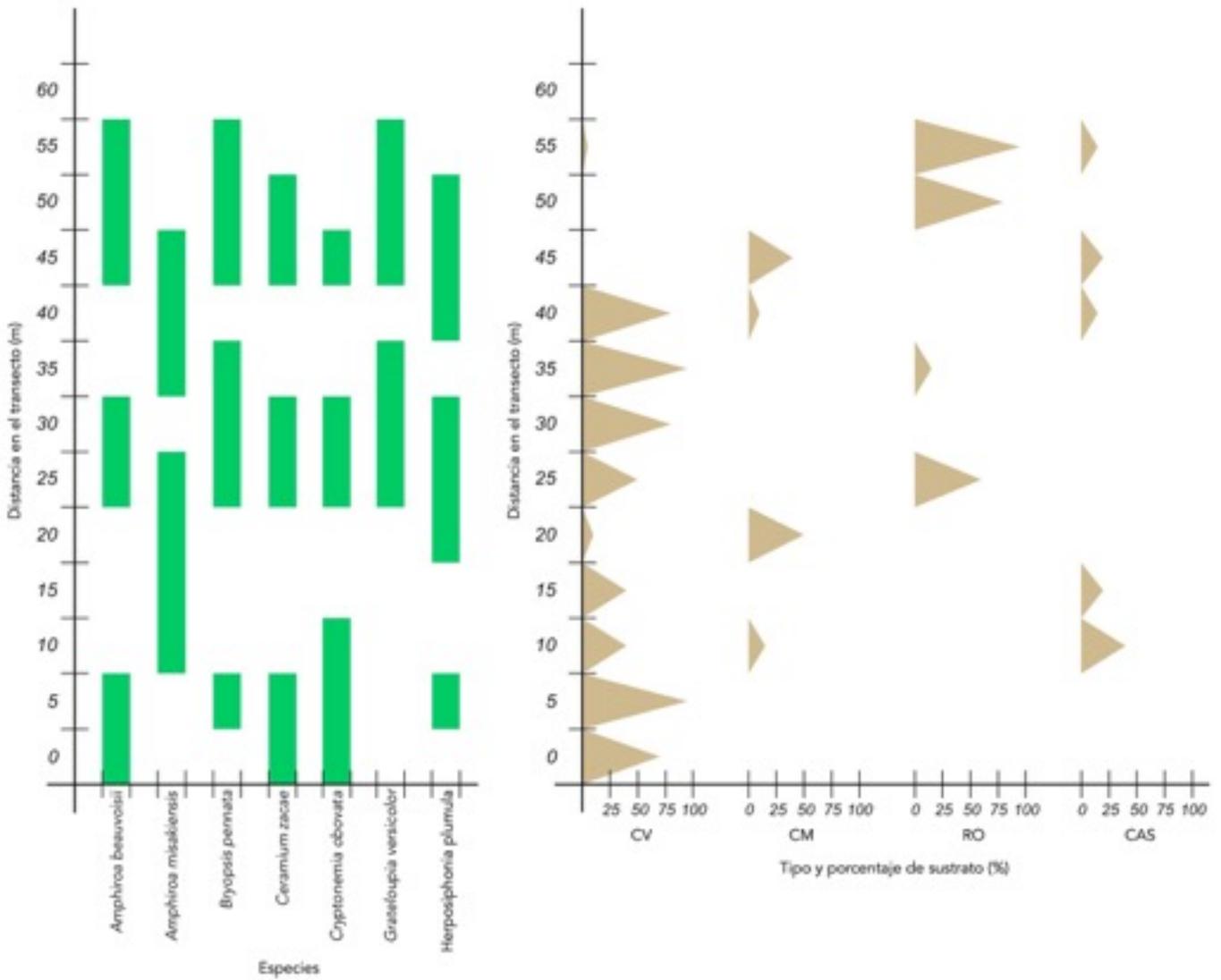
Amphiroa misakiensis, *A. beauvoisii* y *Bryopsis pennata*, se presentaron en los cuatro sustratos estudiados en los transectos 2 y 3. En el transecto 2 se encontró que todas las especies estuvieron en los tres sustratos (coral vivo, coral muerto y roca). También las especies con las frecuencias más altas en el transecto 3 se presentaron en los cuatro sustratos.



Gráfica 7. Distribución espacial de las especies de algas que presentaron las frecuencias más altas, a lo largo del transecto 1. La gráfica a la derecha muestra el tipo de sustrato correspondiente al transecto 1, CV, coral vivo, CM, coral muerto y RO, roca.



Gráfica 8. Distribución espacial de las especies de algas que presentaron las frecuencias más altas, a lo largo del transecto 2. La gráfica a la derecha muestra el tipo de sustrato correspondiente al transecto 2, CV, coral vivo, CM, coral muerto y RO, roca.



Gráfica 9. Distribución espacial de las especies de algas que presentaron las frecuencias más altas, a lo largo del transecto 3. La gráfica a la derecha muestra el tipo de sustrato correspondiente al transecto 3, CV, coral vivo, CM, coral muerto, RO, roca y CAS, cascajo.

-Cobertura y distribución del sustrato

El coral vivo fue el sustrato con la mayor cobertura 44 %, la roca y el coral muerto tuvieron una cobertura similar, 27 % y 26 % respectivamente, el sustrato con menor cobertura fue el cascajo con el 4 % (Gráfico 10).

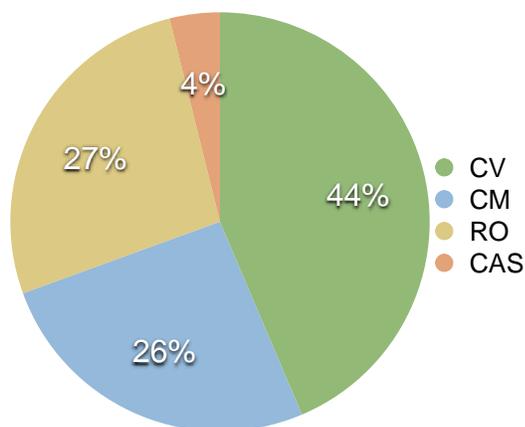


Gráfico 10. Porcentaje del tipo de sustrato a lo largo de todo el estudio. CV, coral vivo; CM, coral muerto; RO, roca y CAS, cascajo.

El coral vivo (CV) predominó a través del estudio con un patrón de distribución discontinuo. En los transectos 1 y transecto 3, el mayor porcentaje lo presentó el coral vivo con 56.4 % y 54.3 % respectivamente. El coral muerto del transecto 1 presento un patrón estrecho y discontinuo. En el transecto 2 predominó el coral muerto (52.4 %), con una distribución amplia del cuadro 10 al 25 y discontinuo en los cuadros 0 y 40. El coral vivo del transecto 3 tuvo un patrón de distribución amplio y continuo. Los sustratos roca (RO) y cascajo (CAS) se distribuyeron discontinuamente, el primero de ellos, se presentó en los 3 transectos, y el cascajo solo se encontró en el transecto 3.

-Análisis estadísticos.

Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si la profundidad, el sustrato y el año influyeron sobre el porcentaje de cobertura macroalgal (Tabla 4). No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre la cobertura algal, el tipo de sustrato, la profundidad y el año del muestreo (Tabla 4).

Fuente de variación	gl	CME	F	p-value
Sustrato	4	2324.86	1.67 NS	0.1709
Profundidad	13	5079.84	1.12 NS	0.3623
Grupos algales	9	3423.25	1.09 NS	0.3845
Año	1	1365	3.92 NS	0.0529

Tabla 4. ANDEVA de dos vías del porcentaje de la cobertura macroalgal en Isla Ixtapa. gl=grados de libertad; CME=suma de cuadrados; F= estadístico de prueba; $P < 0.05$. NS= no se encontraron diferencias estadísticas significativas

No se encontraron diferencia significativas ($p < 0.05$) entre el porcentaje de cobertura del sustrato con respecto al año del muestreo, los grupos algales y la cobertura de las macroalgas, sin embargo, sí hubieron diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a la profundidad (Tabla 5).

Fuente de variación	gl	CME	F	p-value
Año	1	1754.8	3.31 NS	0.0759
Grupos algales	9	4028.73	0.84 NS	0.5806
Proporción de cobertura macroalgal	12	9849.29	1.55 NS	0.1447
Profundidad	13	2251.83	4.25 *	0.0002
Sustrato	3	1384.97	0.87 NS	0.4639

Tabla 5. ANDEVA de dos vías del porcentaje de cobertura del sustrato en Isla Ixtapa. gl=grados de libertad; MS=suma de cuadrados; F= estadístico de prueba. * diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). NS= no se encontraron diferencias estadísticas significativas

Se encontró que la distribución de los grupos algales a lo largo de los transectos en ambas fechas no dependen de la profundidad ($\chi^2=12.47$ NS $p<0.05$). El patrón de distribución del grupo algal filamentoso en el 2011 fue agrupado o en parches ($\chi^2=1.0722$ NS $p=0.05$). Se obtuvo una distribución aleatoria para el grupo de las carnosas ($\chi^2=1.5912$ $p=0.05$) y las costrosas ($\chi^2=1.9432$ $p=0.05$). Para el grupo algal en forma de lamina la distribución fue explicada por el modelo Pólya-Aeppli que menciona que los grupos de especies con una distribución Poisson, tienen la probabilidad de ser encontradas al menos una vez en el año 2012 ($\chi^2=0.0180$ $K>1$). En el 2012 la distribución de las algas filamentosas tuvo una probabilidad de al menos encontrarlas una vez ($\chi^2=8.7016$ $p=0.05$). Para las algas ramificadas ($\chi^2=2.5596$ $\alpha=0.05$) y costrosas ($\chi^2=1.3591$ $p=0.05$) el patrón de distribución fue aleatorio.

El valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener fue alto en los dos años, en 2011 fue de $H'=3.24$ y en 2012 $H'=3.21$, lo cual indica que en Playa Coral alberga una comunidad macroalgal diversa.

Discusión

Riqueza y composición

La riqueza específica que se encontró en Playa Coral, de 43 especies, fue similar a la reportada en estudios previos realizados en la localidad. Mateo-Cid y Mendoza-González (2012) encontraron 44 especies durante la temporada de lluvias en las zonas intermareal y submareal, en Isla Ixtapa, registrando la mayor riqueza en esta temporada, mientras que en temporada de secas registraron 19 especies. Sin embargo, fue notablemente mayor a la reportada para playas Colorado, Cuachalalate y Carey por Salcedo (1984), que fue de 11 especies.

En otras localidades de la misma región, por ejemplo, en el Zacatoso González-Pizá (2013) y Vázquez Texocotitla (2013) encontraron 61 especies y 56 especies respectivamente, en ambos trabajos los muestreos fueron hechos en temporadas de lluvias y secas, concluyendo que la mayor riqueza se presenta en la temporada de secas. El presente trabajo fue realizado en época de lluvias, probablemente por esta razón el número de especies es más bajo, lo cual indica que es necesario realizar colectas en temporada de secas para determinar si efectivamente la riqueza es similar y si existe una flora particular para cada temporada.

La flora de Playa Coral es similar a la reportada por González-Pizá (2013) y Vázquez-Texocotitla (2013) para el arrecife El Zacatoso, que se ubica a 5 km al SE de la Isla Ixtapa. Las especies *A. misakiensis*, *Champia parvula*, *Gayliella flaccida*, *Gelidium* aff. *pusillum*, *Hypnea pannosa*, *Caulerpa sertularioides* y *Chlorodesmis hildebrandtii* fueron comunes a Playa Coral y El Zacatoso. Es notable que hubo 18 especies compartidas con González-Pizá (2013), es probable que esta similitud se deba a las condiciones ambientales que prevalecen en la región.

La presencia de especies raras se puede deber a que tienen respuestas oportunistas, es decir presentan tasas de multiplicación elevadas, aprovechando rápidamente un espacio

"vacío", adaptadas a condiciones cambiantes en el tiempo y espacio, suelen estar ligadas a una vida breve como *Cladophora vagabunda* frente a las Zygnematales (Margalef, 2005). Estas especies son de talla pequeña, presentan tasas de crecimiento rápidas, se establecen rápidamente en los nuevos habitats y producen esporas continuamente, como ha sido reportado para la clorofita *Cladophora vagabunda* y la rodofita *Gracilaria tikvahiae* (Raffaelli et al., 1998). En este trabajo, las especies raras fueron *Cladophora* aff. *sericea*, *Caulerpa chemnitzia*, *Ulva* aff. *intestinalis*, *Ulva* sp, *Gelidium mcNabbianum*, *Hypnea jonhstonii*, *Pterocladia caloglossoides*, *Veleroa subulata* y una feofíceica, *Ralfsia* sp. Es probable que estas especies presenten algunas de estas estrategias oportunistas que están asociadas con la especificidad del habitat y la habilidad de dispersión. Además, todas ellas forman parte del césped, cuya característica principal es que atrapan y retienen sedimento. Playa Coral es un sitio que probablemente está siendo impactado por el incremento en el aporte de sedimentos al mar debido a la deforestación, desafortunadamente no hay estudios sobre sedimentación en esta playa, lo cual permite abrir una línea de investigación para determinar los regímenes de sedimentación y evaluar su efecto sobre los ensamblajes de organismos bentónicos. Debido a que las especies raras exhiben un amplio rango de cualidades biológicas, pueden influir en la estabilidad y resiliencia del ecosistema a pesar de su baja tolerancia a los cambios del medioambiente y a la especificidad del hábitat (Ellingsten et al., 2007), esto indica que es necesario realizar más muestreos que abarquen un área mayor para confirmar la presencia de especies raras y su calidad de oportunistas en Playa Coral.

En Playa Coral se encontró que la profundidad no fue un factor determinante para la composición y distribución de las especies de algas, de igual manera González-Pizá (2013) reportó que no hubieron diferencias estadísticas entre la riqueza y la profundidad ($F=0.34103$, $p<0.05$) en el arrecife El Zacatoso. Esto indicaría que el gradiente de profundidad en Playa Coral no es tan pronunciado como para que los factores ambientales como la luz, temperatura, el relieve, las corrientes locales sean lo suficientemente variables para inducir una respuesta diferencial de la distribución y abundancia de las especies. Es

probable que estos factores a un nivel de impacto microambiental puedan explicar las diferencias en los patrones de distribución y abundancia de las especies. Coleman (2002) encontró que los procesos a pequeña escala (muestras de 20 x 20 cm) se puede registrar la composición, distribución y abundancia de las especies que a escalas mayores (35 x 35 cm y 50 x 50 cm).

La presencia y la forma en que se manifestaron las especies, están determinadas por sus capacidades de respuesta a las presiones de los factores abióticos y bióticos. De acuerdo con ello, se ha clasificado a las algas en tipos biológicos: anuales y perennes. Las algas anuales son aquellas que presentan una duración de semanas a un año, no se reproducen más de una vez y desaparecen después de liberar esporas y gametos (Garduño *et al.*, 2003). Se ha observado que en *Derbesia* y *Bryopsis* el factor gatillo para la producción de gametos es el fotoperiodo en diferentes épocas del año, de 4-5 y de 16-17 días, respectivamente (Round, 1981; Lobban *et al.*, 1994). Las algas perennes son las que persisten varios años y producen periódicamente órganos reproductores (Garduño *et al.*, 2003). Por ejemplo, *Amphiroa beauvoisii* es una especie dominante en términos de frecuencia relativa (0.09) y distribución amplia, los talos de esta especie se observaron con estructuras reproductoras en la mayoría de los ejemplares a lo largo del estudio, lo cual sugiere que es un alga perenne que está constantemente reproduciéndose y, que por lo tanto, es una especie aeuroíca, es decir que tiene una capacidad de respuesta amplia a las variaciones de los factores ambientales. *Bryopsis pennata* es otra especie dominante en cuanto a frecuencia relativa (0.07) y además tuvo una distribución amplia, sin embargo, nunca se encontró con estructuras reproductoras, lo cual podría indicar que constantemente se propaga por fragmentación (desprendimiento de un fragmento de un talo, con la capacidad de desarrollar otro talo o individuo). Sin embargo, es necesario continuar el estudio de la estructura de los ensamblajes de Playa Coral en la estación de secas y en más de un año o idealmente en las cuatro estaciones del año para determinar la categoría de las especies en términos de tiempo de permanencia del talo en el ensamblaje, es decir si se trata de especies

anuales o perennes (Sears y Wilce, 1975).

Con respecto a las Chlorophyta, algunas especies filamentosas como *Bryopsis pennata*, *Cladophora* aff. *microcladioides* y *Derbesia* aff. *marina*, cuentan con mecanismos de reproducción asexual como la formación continua de esporas y la propagación vegetativa a través de fragmentos (Tanner, 1995). Agrawal (2011) reportó que existen condiciones favorables que inducen o inhiben la reproducción sexual o asexual de las algas, como son el óptimo de luz (intensidad, calidad y fotoperiodo), temperatura, temporalidad, niveles de nutrientes (orgánicos e inorgánicos), pH, intensidad del oleaje, contaminación y radiación.

Las Rhodophyta tuvieron la mayor proporción de especies, seguida de Chlorophyta y la menor proporción fue de las Ochrophyta-Phaeophyceae, este patrón fue similar al reportado por Mateo-Cid y Mendoza-González (2012), González-Pizá (2013) y Vázquez Teoxocotitla (2013). Para la región de Zihuatanejo y en otros arrecifes del Pacífico Tropical Mexicano, por ejemplo en las costas de Oaxaca (González-Reséndiz, 2008; Calderón-Aguilar, 2008; López-Valerio, 2008; Sánchez-Zamora, 2009), de Michoacán (Stout y Dreckmann, 1993) y de Baja California Sur (Anaya y Riosmera-Rodríguez, 1996), así como en otras zonas tropicales del mundo, por ejemplo en el Caribe (Tsuda y Dawes, 1974; Díaz-Pulido y Bula-Meyer, 1997) y la Gran Barrera Australiana (Díaz Pulido y McCook, 2004) y en el Atlántico SW Brasil (Villaca et al., 2010).

La dominancia de Rhodophyta se puede explicar a través de sus estrategias reproductivas, muchas combinan modos reproductivos sexuales y asexuales en sus historias de vida para mantenerse bajo diferentes condiciones medioambientales, por ejemplo la propagación vegetativa, propágulos y diversos tipos de esporas (Cole y Sheath, 1990).

Grupos algales

El porcentaje del grupo de las costrosas se redujo drásticamente en el 2012, tal reducción probablemente se debe al sobrecrecimiento masivo de céspedes filamentosos reportado por Short *et al.*, (2014) lo cual concuerda con este estudio ya que el grupo césped presenta una de las mayores coberturas en este año. Asumiendo que en Playa Coral haya un cambio en la concentración de iones, las algas coralinas están entre los organismos calcificadores más sensibles a la acidificación como resultado de un incremento en el dióxido de carbono atmosférico (Díaz-Pulido, *et al.*, 2012). Se ha observado el efecto negativo del aumento en la concentración del CO₂ sobre la salud de las algas coralinas costrosas, debido a que se incrementan las tasas de mortalidad del 1 al 9 %, por ejemplo *Phorolithon onkodes* es sensible a la acidificación del océano bajo las condiciones del calentamiento (Díaz-Pulido, *et al.* 2012).

El bajo porcentaje del grupo carnoso fue consistente en ambos años, esto se puede explicar por una parte, a que es un grupo con una susceptibilidad media a la herbivoría (Littler y Littler, 1980) y por otra, a que previamente a la época en la que se realizaron los muestreos, ocurrieron los huracanes Calvin y Eugene en 2011 y Daniel y Emilia en 2012 (CONAGUA, 2011 y 2012). Estos fenómenos meteorológicos producen corrientes internas y marejadas locales que pudieron causar el desprendimiento de estas algas. En Playa Coral fueron observados durante las colectas, conjuntos de algas carnosas flotando en la columna de agua y una densidad alta de peces, entre los que se encuentran la Mariposa barbero (*Johnrandallia nigrirostris*), Cochinito barbero, (*Prionorus laticlavidus*), Pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*), Cirujano cariblanco (*Acanthurus nigricans*), Jaqueta cortés (*Stegastes rectifraenum*), que probablemente están ejerciendo una presión herbívora sobre este grupo algal.

Relación alga-sustrato

Las diferencias observadas entre los tipos de sustrato, cobertura y distribución a lo largo de los transectos pueden deberse a una perturbación climática que repercute a nivel local y que modifica el fondo marino, por ejemplo los huracanes y tormentas ocurridos durante las fechas de colecta, los cuales pudieron causar el desprendimiento de partes de las colonias del coral.

En el 2011 el grupo filamentoso, presentó una de las mayores coberturas, este grupo incluye especies como *Bryopsis pennata*, *Gayliella flaccida* y *Neosiphonia sertularioides*, presentando las frecuencias relativas más altas, en el transecto 2, así como la menor cobertura del coral vivo.

En los transectos 1 y 3 (T1 y T3), el sustrato predominante fue el coral vivo, 56.7 % y 51.3 % respectivamente. Las algas filamentosas no se presentaron en el T1, y fueron escasas en el T3. En el Transecto 2 (T2) predominó el coral muerto (46.7 %) y las algas filamentosas tuvieron una distribución amplia y cobertura alta. De acuerdo con González-Pizá (2013), en el arrecife El Zacatoso el coral vivo también predominó (57.75 %) y fue cubierto por algas filamentosas en baja proporción. En la misma localidad, Vázquez-Texocotitla (2013) encontró que el ensamble filamentoso sólo estuvo sobre el coral vivo. Se ha reportado por Jompa y McCook (2003), que en los arrecifes de coral de la Gran Barrera Australiana, una especie de alga filamentosa, *Anotrichium tenue* sobrecrece sobre el coral y termina matándolo, sugiriendo que la dominancia de céspedes algales filamentosos es un indicador de que el arrecife de coral esta en degradación (Bahartan et al., 2010).

Los céspedes están compuestos por especies que tienen un efecto diferente sobre los corales los cuales dependerán principalmente de las propiedades físicas, biológicas y

químicas del alga, también se ha reportado que los céspedes no causan mortalidad en el tejido del coral, a diferencia de algunas algas filamentosas (Jompa y McCook, 2003). Ellos observaron que *Hypnea pannosa* no causa impacto sobre el coral debido a su color translucido y su porosidad, en contraste *Chlorodesmis fastigiata* causó la retracción del polipo y *Corallophila huysmansii* creció sobre el coral y termina matándolo. En el arrecife de Playa Coral se observó un crecimiento de *Hypnea pannosa* y articuladas sobre el coral vivo, lo cual sugiere que esta alga no causa la muerte al tejido vivo del coral. En este trabajo el césped presentó una distribución diferente a lo largo de los tres transectos, en el T3 tuvo mayor cobertura y distribución en donde predomina el coral vivo, en el T2 solo se localizó a partir del metro 25 y en el T1 se ubicó en los extremos, lo cual sugiere que la cobertura de los céspedes se encontraron sobre CV y CM en Playa Coral, probablemente estén conformados por especies que producen efectos neutros sobre el tejido del coral. El efecto particular que una especie de macroalga puede producir en el tejido del coral, es un tema que no ha sido explorado en la localidad de estudio, lo cual abre una línea de investigación enfocada a las interacciones y cambio de fase coral-alga.

Desde hace aproximadamente tres décadas Isla Ixtapa se ha desarrollado como uno de los destinos turísticos más importantes de Zihuatanejo y el número de turistas que visitan asciende a más de dos millones en el 2011 y 2012 (Secretaría de Fomento Turístico, 2012). Uno de los principales atractivos de este destino son las actividades acuáticas, como los recorridos en motos, el buceo autónomo y con esnorquel. Todas estas actividades exponen al coral a un continuo contacto directo ya sea por las aletas de los buzos o las anclas de las embarcaciones y por lo tanto, a constantes lesiones. Además en la Isla se han establecido numerosos restaurantes cuyos residuos líquidos descargan hacia el mar (Magaña et al., 2011). Se ha documentado ampliamente que las altas concentraciones de nutrientes y las altas tasas de sedimentación son signos de degradación de las comunidades coralinas (Diaz-Pulido y McCook, 2004; Tsai et al., 2004 y Bahartan et al., 2010), por lo tanto, es necesario

desarrollar futuros proyectos dirigidos a cuantificar niveles de nutrientes y procesos de sedimentación en Isla Ixtapa.

Indice de diversidad

El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue alto, en el año 2011 fue de $H' = 3.24$ y del año 2012 $H' = 3.21$, estos valores coincidieron con la riqueza en ambos años 38 especies en el 2011 y 33 especies en el 2012.

La diversidad obtenida en este estudio, fue más alta que en otros en arrecifes coralinos (Costa *et al.*, 2002; Tsai, *et al.*, 2004); en la Bahía Porto Seguro, Brasil se registraron valores de diversidad de Shannon-Weaver de $H' = 1.8$ a 2.2 en la plataforma arrecifal y de $H' = 1.6$ a 2.2 en la pared arrecifal, en ambas zonas los índices fueron más altos en la época de lluvias (Costa *et al.*, 2002), en Playa Coral los valores de diversidad fueron mayores a 3 en épocas de lluvias. En la Bahía Nanwan, Tsai *et al.* (2004) midieron el índice de diversidad en tres zonas del arrecife (plataforma arrecifal superior e inferior y pendiente arrecifal) obteniendo valores de $H' = 0.2$ a 2, los valores más altos se presentaron en la plataforma arrecifal inferior y los más bajos en la plataforma arrecifal superior. A pesar de que en este trabajo se colectó en dos fechas de lluvias los índices fueron más altos, lo cual indica que el arrecife de Playa Coral alberga una alta biodiversidad. Por lo tanto, es pertinente continuar el estudio, ampliando la zona de trabajo e incluyendo temporadas de secas.

Consideraciones taxonómicas

En relación a la identificación taxonómica, hubo dificultades a nivel de especie debido a la amplia variación morfológica de los ejemplares y a la ausencia de estructuras reproductoras. Se decidió que 10 especies son afinidades (aff.) por las siguientes razones: los ejemplares presentaron características diagnósticas para la especie, pero no coincidieron generalmente en la longitud del talo, cabe destacar que los ejemplares midieron menos de 0.5 cm de altura, por ejemplo en *Cryptonemia* aff. *obovata* se utilizaron dos claves, en Abbott y Hollenberg (1976) se llegó a *C. obovata* solo no coincide con la altura y no presenta la hoja crispada; en Dawson (1954), solo no coinciden con la altura, no presentan vena media y no coinciden el número de células, pero no presenta estructuras reproductoras, por esta razón se quedó en afinidad. En *Derbesia* aff. *marina* ocurrió algo similar, coinciden en las características diagnósticas por ejemplo el diámetro celulares, cloroplastos y ápice, no coinciden en altura y nuevamente no se encontraron estructuras reproductoras.

En cinco ejemplares se determinó hasta el nivel de género, ya que no presentaron estructuras reproductoras y sólo el 40% de las características diagnósticas vegetativas coincidieron con una especie en particular. Por ejemplo *Porphyra* sp coincide en el diámetro del talo pero no presentó estructuras reproductoras y el promedio de las medidas celulares es menor, por estas razones se hizo una revisión de las especies del género reportadas para el Pacífico Mexicano y se encontró que los ejemplares no coincidían con ninguna de ellas. Por lo tanto, se sugiere una revisión taxonómica de estos ejemplares y realizar más colectas para determinar si se trata de nueva especie o si se amplía el rango de distribución de alguna de las especies de *Porphyra*.

Conclusiones finales

Se registraron 43 especies de macroalgas en Playa Coral, Isla Ixtapa, Guerrero. La proporción de especies de Rhodophyta, Cholophyta y Ochrophyta coincidió con otras zonas tropicales arrecifales. La cobertura de los grupos algales fue distinto en los dos años. Se clasificó en 6 grupos algales filamentosos, césped, carnosos, articulados, costrosos y arbustivos. El grupo carnosos tuvo la mayor cobertura en el 2011, teniendo la menor cobertura el grupo carnosos y para el 2012 el césped tuvo la mayor cobertura, siendo los filamentosos, carnosos y costrosos con la menor cobertura. El sustrato con mayor cobertura fue el coral vivo (CV) con un patrón de distribución discontinuo. La mayoría de las especies presentan una distribución discontinua, excepto *Gayliella flaccida* en el transecto 2. Las frecuencias relativas más altas fueron *Amphiroa beauvoisii*, *Gayliella flaccida* y *Bryopsis pennata*, entre otras, así mismo presentaron una distribución amplia a lo largo de los transectos, lo cual sugiere que tienen capacidades de respuesta amplias a los cambios a los factores ambientales (eurioicas). Las especies raras fueron 9 y son las que se encontraron en una ocasión, lo cual sugiere que tienen una capacidad de respuesta a los cambios ambientales estrechos (estenoicas). El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue alto, lo cual indica que la comunidad de macroalgas de Playa Coral es diversa. No se encontró asociación entre el porcentaje de cobertura algal con la profundidad, grupo algales y el sustrato, el año. Tampoco entre la proporción del sustrato con el año, grupo algal, porcentaje de cobertura macroalgal. Y por último se encontraron diferencias significativas entre la profundidad y el porcentaje de cobertura del sustrato ($F_{04.25} p < 0.05$). Esto significa que a mayor profundidad, menor sustrato y por lo tanto existe una disminución algal debido a que se reduce el sustrato duro y estable la colonización, establecimiento y reclutamiento de las algas.

Referencias bibliográficas

Abbott, A. y G. Hollenberg. 1976. Marine Algae of California. Stanford University Press. United States of America. USA. 827pp.

Adobe Flash Professional CC™. Copyright © 2014 Adobe Systems Incorporated. All rights reserved. Última actualización realizada el 18 de junio de 2014. http://www.adobe.com/go/privacy_es.

Agrawal, S.C. 2011. Factors controlling induction of reproduction in algae. Folia Microbiol. India. **57**:387-407.

Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA). 2006. USA. URL: <http://www.agrra.org>.

Airoidi, L. 2000. Effects of disturbance, life histories, and over-growth on coexistence of algal crusts and turfs. Ecol **81**: 798-814pp.

Airoidi, L. 2003. The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. Oceanogr. Mar. Biol. **41**: 161-236.

Anaya-Reyna, G. y Riosmena-Rodríguez. 1996. Macroalgas del arrecife coralino de Cabo Pulmo-Los Frailes, BCS, México. Rev. Biol. Trop. 44 (2): 903-906.

Bahartan, K., Zibdah, M., Ahmed, Y., Israel, A., Brickner, I. y Abelson, A. 2010. Mar. Poll. Bull. **60**: 759-764.

Ballesteros, E. 2006. Mediterranean coralligenous assemblages a synthesis of present knowledge. Oceanogr. Mar. Biol. **44**:123-195.

Baqueiro, E. 1979. Sobre la distribución de *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby), *M. squalida* (Sowerby) y *Dosinia ponderosa* (Gray) en relación a la granulometría del sedimento. (Bivalvia: Veneridae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México **6** (1): 25-32.

Barnes, R. S. K. y Hughes, R. N. 1982. An Introduction to Marine Ecology. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. U.S.A. 339 pp.

Barnes, R.S.K. y Haghés, R.N. 1999. An introduction to Marine Ecol. Blackwell Publishing. USA. 296 pp.

Bruckner, A. y Burrows, F.M. 2005. Restoration Monitoring of Coral Reefs. En: Thayer, G. W., McTigue, T.A., Salz, R.J., Merkey, D.H., Burrows, F.M. y Gayaldo, P.F. Science- Based restoration monitoring of coastal habitats. Science for Solutions. NOAA. Coastal Ocean Program. Decision Analysis Series. U.S.A. 116 pp

Bruno, F., Sweatman H., Precht, W. F., Selig, E. R. and Schutte, V. G.W. 2009. Evidence of Phase Shifts from Coral to Macroalgal Dominance on Coral Reefs. Ecol. **90**(6): 1478-1484.

Burrows, F., Bellmer, R. y Iken, K. 2005. Restoration monitoring of Kelp and the other macroalgae. En: Thayer, G. W., McTigue, T.A., Salz, R.J., Merkey, D.H., Burrows, F.M. y Gayaldo, P. F. Science- Based restoration monitoring of coastal habitats. Science for Solutions. NOAA. Coastal Ocean Program. Decision Analysis Series. U.S.A. 116 pp

Calderón-Aguilar Cecilia María. 2008. Riqueza y distribución de macroalgas asociadas a corales en Bahía El Maguey, Huatulco, Oaxaca. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 65 pp.

Candelaria, S. 1985. Caracterización de la ficoflora de la localidad de Puerto Escondido, Guerrero. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 172 pp.

Carballo, J.L., Cruz, J.A., Nava, H. y Bautista, E. 2008. Esponjas perforadoras de sustrato calcáreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y el Instituto de Ciencias del mar y Limnología y L. México. 121 pp

Castro, P., Huber, M. y Knight, M.S. 2010. Marine Biology. California State Polytechnic University. U.S.A. 444pp.

Chávez, M.L. 1972. Estudio de la flora marina de la Bahía de Zihuatanejo y lugares adyacentes. Mem. IV Congr. Nac. Ocean. México. 265-271pp.

Cole K.M. y R.G. Sheath. 1990. Biology of Red Algae. Cambridge University Press. U.S.A. 528 pp.

Coleman, M.A. 2002. Small-scale spatial variability in intertidal and subtidal turfing algal assemblages and the temporal generality the these patterns. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **267**: 53-74.

CONAGUA, 2010. Comisión Nacional del Agua y Servicio Metereologico Nacional, México© 2010. Responsable de la información del Centro Nacional de Previsión del tiempo y ciclones tropicales Alberto Hernandez Urizón. <http://smn.conagua.gob.mx>

Costa Jr. O. S., Attrill, M.J., Pedrini, A.G. y De-Paula, J.C. 2002. Benthic macroalgal distribution in coastal and offshore reefs al Porto Seguro Bay, Brazilian Discovery Coast. En: Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali. 499-508

Dawson, E. Y. 1959a. Marine Algae from the 1958. Cruise of the Stella Polaris in the Gulf of California. Los Angeles County Mus. Contr. Sci. 27:1-39

Dawson, E. Y. 1960a. New records of marine algae from Pacific Mexico and Central America. Pac. Nat. I (19/20): 31-52

Dawson, E. Y. 1960b. Marine red algae of Pacific Mexico. Part 3. Cryptonemiales, Corallinaceae subfam. Melobesioidea. Pac. Nat. **3**: 3-125

Dawson, E.Y. 1945. Marine Red Algae of Pacific Mexico. Part. 8 Ceramiales: Dasyaceae. Rhodomeceae. Nova Hedwigia. **6**: 401-403 pp

Dawson, E.Y. 1953. Marine Red Algae of Pacific México. Part 1. Bangiales to Corallinaceae, Subf. Corallinoidea. The University of Southern California Press, California.

Dawson, E.Y. 1961. A guide to the literature and distributions of Pacific benthic algae from Alaska to the Galapagos Islands. Pac. Sci. **15**: 370-461

Dawson, E.Y. 1962. Marine red algae of Pacific Mexico. Part 7. Ceramiales: Ceramiaceae Delesseriaceae. Allan Hancock Pac. Exped. **26**: 1-207

Dawson, Y. 1954. Marine red Algae of Pacific México. Parte 2. Cryptonemiales. Allan Hancock Pacific Expedition **17**: 1-397pp.

Díaz-Pulido, G., McCook, L.J., Larkum, A.W.D., Lotze, H.K., Raven, J.A., Schaffelke, B., Smith, J.E. & Steneck, R.S. 2007. Vulnerability of macroalgae of the Great Barrier Reef to climate change. En: Johnson, J. & Marshall, P. (Eds). Climate Change and the Great Barrier Reef. Johnson, J.E. & Marshall, P.A., Marine Park Authority & The Australian Greenhouse Office. 151-192 pp

Díaz-Pulido y Bula-Meyer, 1997. Marine algae from Oceanic Atolls in the Southwestern Caribbean (Albuquerque Cays, Courtown Cays, Serrana Bank and Roncador Bank). Atoll Research Bulletin No. 448: 1-19

Díaz-Pulido, G. y McCook, L. 2004. Effects of live coral, epilithic algal communities and substrate type on algal recruitment. Coral Reefs. **23**: 225-233pp.

Díaz-Pulido, G. y McCook, L. 2008. State of the Reef Report Environmental Status: Macroalgae (Seaweeds). Australian Government. Great Barrier Reef Marine Park Authority. Australia. 44 pp

Díaz-Pulido, G., Harii, S., McCook, L. J. y Hoegh-Guldberg. 2010. The impact of benthic algae on the settlement of a reef-building coral. Coral Reefs **29**: 203-208pp.

Díaz-Pulido, G., Anthony, K.R.N., Kline, D. I., Dave, S. y Hoegh-Guldberg, O. 2012. Interactions between ocean acidification and warming on mortality and dissolution of coralline algae. J. Phycol. **48**: 32-39.

Dreckmann, K.M. 1987. Algas Marinas Benticas de playa San Telmo, Michoacán, Tesis de Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 170 pp.

Ellingsen, K.E., Hewitt, J. E. y Thrush, S. F. 2007. Rare species, habitat diversity and functional redundancy in marine benthos. *Journal of Sea Research*. Países Bajos. 58: 291-301.

Florez-Leiva, L., Rangel, C.A., Díaz-Ruíz, M., Venera-Pontón, D. y Díaz-Pulido, G. 2009. Respuesta de las especies macroalgales a las adiciones de varios tipos de sedimentos: Un bioensayo en arrecifes del Parque Nacional Tayrona. Colombia. *INTROPICA*. **4**: 111-119.

Fong, P. y Paul, V. 2011. Coral Reef Algae. En: Dubinsky, Z. y Stambler, N. (eds). 2011. *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*. Springer. Amsterdam. 521 pp.

Fragoso-Tejas, D. 1991. Ficoflora de la localidad de Caleta de Campos, Michoacán, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 145 pp.

García, E. 1980. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (adaptación a las condiciones de la Republica Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 246pp.

Garduño, S. G., Oliva, M.Ma.G. y García, G. Ma. A. 2003. Ficología básica: Manual teórico-práctico. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad Iztacala. México. 83 pp

González Pizá, L.D. 2013. Diversidad de macroalgas asociadas a comunidades coralinas en Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 70pp.

González-Gándara, C. M., Cruz-Arellano, C., Domínguez-Barradas, A. Serrano-Solís y Basañez-Muñoz, A. 2007. Macroalgas asociadas a cuatro hábitats del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 7 (1): 252-257.

González-González, J., Gold-Morgan, M., León-Tejera, H., Candelaria-Silva, C., León-Álvarez, D., Serviere-Zaragoza, E. y Fragoso-Tejas, D. 1996. Catálogo onomástico (nomenclátor) y bibliografía indexada de las algas bentónicas marinas de las costas de México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 492 pp.

González-Reséndiz María Laura. 2008. Estructura comunitaria de macroalgas en dos sistemas arrecifales de Bahías de Huatulco. Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 59 pp.

Google Earth, 2012. <https://www.google.com.mx>

Gorgula, S.K. y Conell, S.D. 2004. Expansive covers of turf-forming algae on human-dominated coast: the relative effects of increasing nutrient and sediment loads. *Mar Biol.* 145:613-619.

Hillis, L. W. 1958. A revision of genus *Halimeda* (Order Siphonales). *Publications of Institute of Marine Science University of Texas. U.S.A.* 6: 321-403.

Hollenberg, G. J. y Dawson, E.Y. 1961. marine red algae of Pacific Mexico. Part 5. The genus *Polysiphonia*. *Pac. Nat.* 2: 345-347.

Jompa, J. y Mc.Cook, L. 2003. Contrasting effects of turf algae on corals: massive *Porites* spp. are unaffected by mixed-species turfs, but killed by the red algae *Anotrichium tenuis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 258: 79-86.

Laborel, J. 1987. Marine biogenic constructions in the Mediterranean. Sci. Rep. Port-Cros Nation Park.Fr: **13**: 97-127

Lara-Lara, J.R.,Arreola, L.J.A., Calderón, A. L. E., Camacho, I. V., de la Lanza, E. G., Escofet, G. A., Espejel, C. M. I., Guzmán, A. M., Ladah, L. B., López, H.M., Meling, L. E. A., Moreno, C. B. P., Reyes, B. H., Ríos, J.E. y Zertuche, G. J.A. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. Capital Natural de México: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 109-134 pp.

Leliaert, F., Anderson, R. J., Bolton, J. J. y Coppejans, E. 2000. Subtidal understorey algal community in kelp beds around the Cape Peninsula. En Piazzzi, L., Pardi, G., Balata, B., Cecchi, E. y Cinelli F. 2002. Seasonal Dynamics of a Subtidal North-Western Mediterranean macroalgal Community in Relation to Depth and Substrate Inclination. Botánica Marina. Berlín. Vol. **45**: 243-252.

Lirman, D. y Biber, P. 2000. Seasonal dynamics of macroalgal communities of the northern Florida Reef tract. En Piazzzi, L., Pardi, G., Balata, B., Cecchi, E. y Cinelli F. 2002. Seasonal Dynamics of a Subtidal North-Western Mediterranean macroalgal Community in Relation to Depth and Substrate Inclination. Botánica Marina. Berlín. **45**: 243-252.

Littler, M. M. y Arnold, K. E. 1980. Sources of variability in macroalgal primary productivity: sampling ans interpretative problems. Aquat. Bot. **8**: 141-56.

Littler, M.M. y Littler, D.S. 1983. Evolutionary Strategies in a Tropical Barrier Reef system: Functional-Form groups of macroalgae. Journal Phycol. **19**: 229-237.

López-Gómez, N. A. 1993. Caracterización de la ficoflora sublitoral de Acapulco y Zihuatanejo, Guerrero. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 89 pp.

López, N., Rodríguez, D. y Candelaria-Silva, C. 2004. Variación morfológica intraespecífica en especies de algas cespitosas. Universidad y Ciencia. No. especial I: 7-15.

López-Valerio Edgardo Manuel. 2009. Valoración estacional de la riqueza y composición de macroalgas en la Comunidad Coralina La India, Huatulco, Oaxaca. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 76 pp.

Lüning, K. 1990. Seaweeds, their environment, biogeography and ecophysiology. A Wiley Interscience Publications, Nueva York. U.S.A. 527 pp

Magaña, M.P., Rojas, V.N., Briones, M.R. y Treviño, A.L. 2011. Opinión Técnica que en materia de: Ecología Ambiental, Residuos Sólidos, Tratamiento de Aguas Residuales, Desalación de agua de mar que emite el Instituto de Ingeniería para la Problemática encontrada en Playa las Gatas e Isla Ixtapa en el Municipio de Zihuatanejo de Azueta, Estado de Guerrero.

Margalef, R. 2005. Ecología. Ediciones Omega. España. 951 pp.

Mateo-Cid, L.E. y Mendoza-González, A.C. 1991. Algas marinas bénticas de la costa de Colima, México. Acta Botánica Mexicana **13**: 9-30.

Mateo-Cid, L.E. y Mendoza-González, A.C. 2012. Algas marinas bentónicas de la costa noroccidental de Guerrero, México. Rev. Mex. Biod. **83**: 905-928.

McManus, J. W., Meñez, L. A. B., Kesner-Reyes, K. N., Vergara, S. G. y Ablan, M. C. 2000. Coral reefs fishing and coral-algal phase shifts: implications for global reef status. *J. Mar. Sci.* **57**: 572-578.

McManus, J. y Polsernberg, J. 2004. Coral-algal phase shifts on coral reefs: ecological and environmental aspects. *Progr. Ocean. USA.* **60**: 263-279.

Molles, M. C. 2002. *Ecology: Concepts and Applications*. The McGraw-Hill Companies. U.S.A. 586pp.

Nava, H. y Ramírez-Herrera, M.T. 2011. Land use changes and impact on coral communities along the central Pacific coast of México. *Environ. Earth Sci.* **65**: 1095-1104

Norris, J. y Johansen, W. 1981. Articulated Coralline Algae of the Gulf of California, México I: *Amphiroa* Lamouroux. Smithsonian Institution Press. U.S.A. Ser. 9: 29

Ortega, M.M: Ruiz, C.J. y Oliva, M.M.G. 1986. La vegetación sumergida en la laguna Agiabampo, Sonora, Sinaloa. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. de Méx. Ser Bot.* **57**: 59-108.

Pedroche, F. F., Silva, P.C., Aguilar Rosas, L.E., Dreckmann, K.M. y Aguilar Rosas, R. 2005. Catálogo de las Algas Marinas Bentónicas del Pacífico de México I. Chlorophycota. Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y Universidad de California Berkeley. México. 146pp.

Pedroche, F., F. Silva, P.C. y Chacana, M. 2002. El género *Codium* (Codiaceae, Chlorophyta) en el Pacífico de México. 11-74 pp. En Senties, G. y Dreckmann, K. M. Monografías Ficológicas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México y Red Latinoamericana de Botánica. 192pp.

Piazzì, L., Pardi, G., Balata, B., Cecchi, E. y Cinelli F. 2002. Seasonal Dynamics of a Subtidal North-Western Mediterranean macroalgal Community in Relation to Depth and Substrate Inclination. *Bot. Mar.* **45**: 243-252.

Raffaelli, D., Raven, J. y Poole, L. 1998. Factors limiting macroalgal blooms. En: Ansel, A.D., Gibson, R.N. y Barnes, M. *Oceanography and Marine Biology*. UCL Press. Escocia. 468 pp.

Reyes-Bonilla, H., Calderon-Aguilera, L., Cruz-Piñon, G., López-Pérez, R. y Medina-Rosas, P. 2010. Evaluación de la diversidad gama de corales arrecifales (*Scleractinia*) en el Pacífico de México. *Rev. Mex. Biodv.* 81: 113-121pp.

River, G. y Edmuds, P. 2000. Mechanisms of interaction between macroalgae and scleractinians on a coral reef in Jamaica. *J. of Exp. Mar. Biol. Ecol.* **261**:159-172.

Rodríguez, D. y López, N. 2008. Gelidiales (Rhodophyta) en las costas del Pacífico mexicano con énfasis en las especies tropicales. En: Senties A.G. y Dreckmann, K.M. Monografías Ficológicas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 159pp.

Rodriguez, D., 2010. Conservación de la biodiversidad arrecifal de la region de Zihuatanejo: Macroalgas, peces y corales hermatipicos. Proyecto 000000000107999.

Round, F.E. 1981. *The ecology of algae*. Cambridge University Press. USA. 199-201pp

Salcedo, M.S.M. 1984. Estudio de las comunidades benticas asociadas a la facies rocosa en la región de Zihuatanejo, Gro. Tesis de Maestría.. Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 242 pp.

Salcedo, S. Green, G. Gamboa, A y Gómez, P. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. México. **15** (1):73-96.

Sánchez-Zamora L. 2009. Variación estacional de la composición y riqueza de macroalgas de la comunidad coralina de Bahía Violín; Oaxaca, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 60 pp.

Sears, J.R. y R.T. Wilce. 1975. Sublittoral, Benthic Marine Algae of Southern Cape Cod and Adjacent Island: Seasonal Periodicity, Associations, Diversity, and Floristic Composition. Ecol. Monogr. 45:337-365.

Secretaría de Fomento Turístico del Gobierno del Estado de Guerrero. Segundo Informe de Gobierno. Subsecretaría de Planeación. 2012. <https://es.scribd.com/document/138426873/ANEXO-ESTADISTICO-Segundo-Informe-Guerrero-Gobierno-del-Estado>. 234 pp

Sentíes, A. 1993. Evaluación taxonómica del género *Polysiphonia* Greville (Ceramiales, Rhodophyta) en el Pacífico Tropical Mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 79pp.

Sentíes, A.G. y Dreckmann, K.M. Editores. 2002. Monografías Ficológicas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 192pp.

Sentías, A.G. y Dreckmann, K.M. Editores. 2005. Monografías Ficológicas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Vol. 2. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 171pp.

Sentías, G. A. 1995. El género *Polysiphonia* (Ceramiales:Rhodomelaceae) en el Pacífico tropical mexicano. Rev.Biol.Trop. **43** (1-3): 39-54.

Setchell, W. A. y Gardner, L.N. 1920. The marine algae of the Pacific coast of North America. Part II, Chlorophyceae. Univ. Calif. Publ. Bot. **8** (2): 139-374.

Short, J., Kendrick, G. A., Falter, J. y McColloch, M.T. 2014. Interactions between filamentous turf algae and coralline algae are modified under ocean acidification. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **456**:70-77

Smith, R.L. y Smith, T. M., 2000. Ecología. Pearson Educación. España. 642pp.

Speight, M. y Henderson, P. 2010. Marine Ecology: Concepts and Applications. Wiley-BlackWell. U.S.A. 256 pp.

Steneck, R.S. y Dethier, M.N. 1994. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. Oikos. Dinamarca. **69**: 476-498.

Stout I. y K. Dreckmann, 1993. Macroalgas bentónicas de Faro de Bucerías, Michoacán, México. Anales del Inst. Biol. Universidad Nacional Autónoma de México. **64**(1): 1-23.

Lobban, C.S., Harrison, P.J. y Duncan. 1994. The Physiological Ecology of Seaweeds. Cambridge University Press. USA. 366 pp

Tanner, J.E. 1995. Competition between scleractian corals and macroalgae: an experimental investigation of coral growth, survival and reproduction. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Australia*. **190**: 151-168.

Taylor, W. R. 1945. Pacific Marine Algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Island. Allan Hancock Pacific Expedition. **12**: 1-528.

Tsai, C-C, Wong, S-L., Chang, J-S., Hwang, R-L., Dai, C-F., Yu, Y-C., Shyu, Y-T., Sheu, F. y Lee, T-M. 2004. Macroalgal assemblage structure on a coral reef in Nanwan Bay in southern Taiwan. *Bot. Mar. Berlín*. **47**: 439-453

Tsuda R.T. y C.J. Dawes. 1974. Preliminary checklist of the marine benthic plants from Glover's reef, British Honduras. *Atoll Res. Bull.* 173:1-13.

Vázquez, T. P. 2013. Variación espacio-temporal de la estructura de los ensambles algales asociados a diferentes sustratos en el arrecife coralino coralino El Zacatoso, Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 119 pp

Villaca, R, Carvalhal, F., Köppe, J. y Knoppers, B. 2010. Species composition and distribution of macroalgae on Atol das Rocas, Brazil, SW Atlantic. *Bot. Mar.* **53**: 113-122

Vroom, S.P., Page, K.N., Kenyon, J.C. y Brainard, R. E. Algae -Dominated Reefs. *American Scientis.* **94** (5): 430-437

Anexo 1

Listado taxonómico de macroalgas de Playa Coral, Isla Ixtapa, Guerrero:

RHODOPHYTA

Orden: Corallinales

Familia: Corallinaceae

Género: *Amphiroa* Lamouroux, 1812

Especie: *Amphiroa beauvoissii* Lamouroux, 1816

Orden: Corallinales

Familia: Corallinaceae

Género: *Amphiroa* Lamouroux, 1812

Especie: *Amphiroa misakiensis* Yendo, 1902

Orden: Corallinales

Familia: Corallinaceae

Género: *Amphiroa* Lamouroux, 1812

Especie: *Amphiroa rigida* J.V. Lamouroux, 1816

Orden: Corallinales

Familia: Corallinaceae

Género: *Amphiroa* Lamouroux, 1812

Especie: *Amphiroa valonioides* Yendo, 1902

Orden: Ceramiales

Familia: Ceramiaceae

Género: *Ceramium* Roth, 1797

Especie: *Ceramium affine* Setchell y N.L. Gardner, 1930

Orden: Ceramiales

Familia: Ceramiaceae

Género: *Ceramium* Roth, 1797

Especie: *Ceramium macilentum* Agardh, 1894

Orden: Ceramiales

Familia: Ceramiaceae

Género: *Ceramium* Roth, 1797

Especie: *Ceramium zaca*e Setchell y N. L. Gardner, 1937

Orden: Rhodymeniales

Familia: Champiaceae

Género: *Champia* Desvaux, 1809

Especie: *Champia parvula* (C. Agardh) Harvey, 1853

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Chondria* C. Agardh, 1817

Especie: *Chondria aff. repens* Borgesen 1924

Orden: Halymeniales

Familia: Halymeniaceae

Género: *Cryptonema* J.Agardh,1842

Especie: *Cryptonema* sp J.Agardh,1842

Orden: Ceramiales

Familia: Dasyaceae

Género: *Dasya* C. Agardh 1824

Especie: *Dasya sinicola* (Setchell & N.L.Gardner) E.Y.Dawson 1959

Orden: Ceramiales

Familia: Ceramiaceae

Género: *Gayliella* (Harvey ex Kützing) T.O. Cho y Mclvor, 2008

Especie: *Gayliella flaccida* (Harvey ex Kützing) T.O. Cho y Mclvor, 2008

Orden: Gelidiales

Familia: Gelidaceae

Género: *Gelidium* Lamouroux,1813

Especie: *Gelidium mcNabbianum* (E.Y. Dawson) B. Santelices, 1998

Orden: Gelidiales

Familia: Gelidaceae

Género: *Gelidium* Lamouroux,1813

Especie: *Gelidium aff. pusillum* (Stackhouse) Le Jolis, 1863

Orden: Gracilariales

Familia: Gracilariaceae

Género: *Gracilaria* Greville, 1830

Especie: *Gracilaria aff. veleroae* Dawson, 1944

Orden: Halymeniales

Familia: Halymeniaceae

Género: *Grateloupia*, C.Agardh, 1822

Especie: *Grateloupia versicolor* J. Agardh, 1847

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Herposiphonia*, Nâgeli, 1846

Especie: *Herposiphonia aff. hollenbergii* E.Y. Dawson 1963

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Herposiphonia*, Nâgeli, 1846

Especie: *Herposiphonia littoralis* Hollenberg, 1970

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Herposiphonia* Nâgeli, 1846

Especie: *Herposiphonia plumula*, (J. Agardh) Falkenberg, 1901

Orden: Gigartinales

Familia: Cystocloniaceae

Género: *Hypnea* Kützing, Lamouroux, 1813

Especie: *Hypnea johnstonii*, Setchell y Gardner, 1924

Orden: Gigartinales

Familia: Cystocloniaceae

Género: *Hypnea* Kützing, Lamouroux, 1813

Especie: *Hypnea pannosa* J.Agardh, 1847

Orden: Gigartinales

Familia: Cystocloniaceae

Género: *Hypnea* Kützing, Lamouroux, 1813

Especie: *Hypnea spinella* (J. Agardh) Kützing, 1847

Orden: Corallinales

Familia: Corallinaceae

Género: *Jania* Lamouroux, 1812

Especie: *Jania tenella* (Kützing) Grunow, 1874

Orden: Corallinales

Familia: Corallinaceae

Género: *Lithophyllum* Philippi 1837

Especie: *Lithophyllum* sp

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Neosiphonia* M-S. Kim y I. K. Lee, 1999

Especie: *Neosiphonia sertularioides* (Grateloup) K.W. Nam y P.J. Kang, 2012

Orden: Gelidiales

Familia: Gelidiellaceae

Género: *Parviphycus* Santelices, 2004

Especie: *Parviphycus antipae* (Celan) B. Santelices, 2004

Orden: Peyssonneliales

Familia: Peyssonneliaceae

Género: *Peyssonnelia* Decaisne, 1841

Especie: *Peyssonnelia rubra* (Greville) J. Agardh, 1851

Orden: Ceramiales

Familia: Ceramiaceae Wrangeliaceae

Género: *Pleonosporium* Nägeli, 1862

Especie: *Pleonosporium sp* (Nägeli) Hauck, 1885

Orden: Bangiales

Familia: Bangiaceae

Género: *Porphyra* C. Agardh, 1824

Especie: *Porphyra sp* C Agardh, 1824

Orden: Gelidiales

Familia: Pterocladiaceae

Género: Pterocliadiella B. Santelices y Hommensand, 1997

Especie: Pterocliadiella caloglossoides (M. A. Howe) Santelices 1998

Orden: Ulvales

Familia: Ulvaceae

Género: *Ulva* Linnaeus, 1753

Especie: *Ulva* aff. *intestinalis* (Linnaeus) 1753

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Veleroa* E.Y. Dawson, 1944

Especie: *Veleroa subulata* E.Y. Dawson, 1944

CHLOROPHYTA

Orden: Bryopsidales

Familia: Bryopsidaceae

Género: *Bryopsis* Lamouroux, 1809

Especie: *Bryopsis pennata* Lamouroux, 1809

Orden: Bryopsidales

Familia: Caulerpaceae

Género: *Caulerpa* J.V. Lamouroux, 1809

Especie: *Caulerpa chemnitzia* J.V. Lamouroux, 1809

Orden: Bryopsidales

Familia: Caulerpaceae

Género: Caulerpa J.V. Lamouroux, 1809

Especie: Caulerpa sertularioides (S.G. Gmelin) M.A. Howe, 1905

Orden: Bryopsidales

Familia: Udoteaceae

Género: *Chlorodesmis* W. H. Harvey y J. W. Bailey, 1841

Especie: *Chlorodesmis hildebrandtii* A.Geep y E. S. Gepp, 1911

Orden: Cladophorales

Familia: Cladophoraceae

Género: *Cladophora* Kützing, 1843

Especie: *Cladophora aff. microcladioides* Collins, 1909

Orden: Cladophorales

Familia: Cladophoraceae

Género: *Cladophora* Kützing, 1843

Especie: *Cladophora sericea* (Hudson) Kützing, 1843

Orden: Bryopsidales

Familia: Derbesiaceae

Género: *Derbesia* Solier, 1846

Especie: *Derbesia aff. marina* (Lyngye) Solier, 1846

Orden: Bryopsidales

Familia: Halimedaceae

Género: *Halimeda* V. F. Lamouroux, 1812

Especie: *Halimeda discoidea* JB. V. F. Lamouroux, 1812

Orden: Ulvales

Familia: Ulvaceae

Género: *Ulva* Linnaeus, 1753

Especie: *Ulva sp* Linnaeus, 1753

Orden: Ulotrichales

Familia: Ulvaceae

Género: *Ulva* Linnaeus, 1753

Especie: *Ulva aff. intestinalis* Linnaeus, 1753

OCHROPHYTA

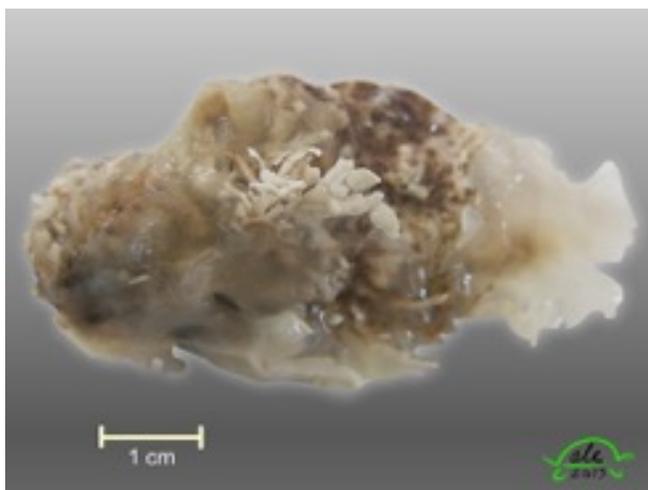
Orden: Ralfsiales

Familia: Ralfsiaceae

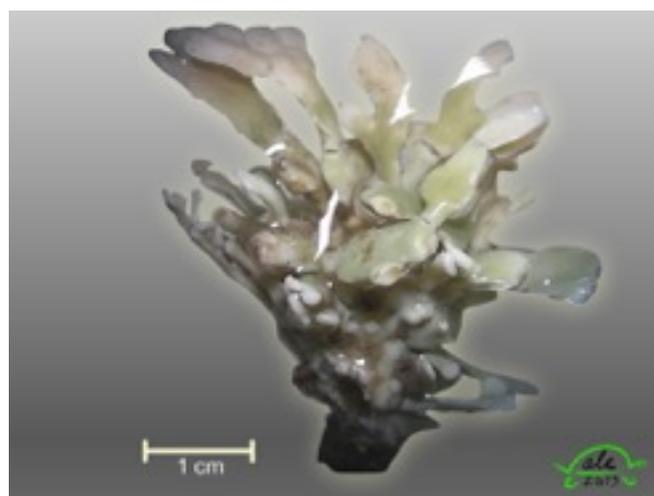
Género: *Ralfsia* Berkeley, 1843

Especie: *Ralfsia sp* Berkeley, 1843

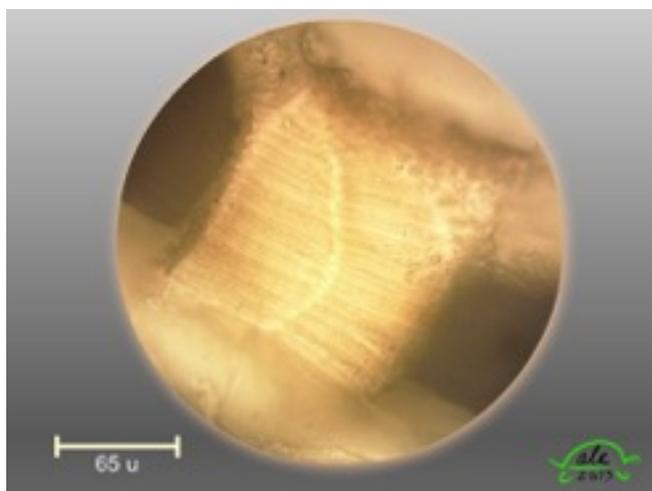
Registro fotográfico



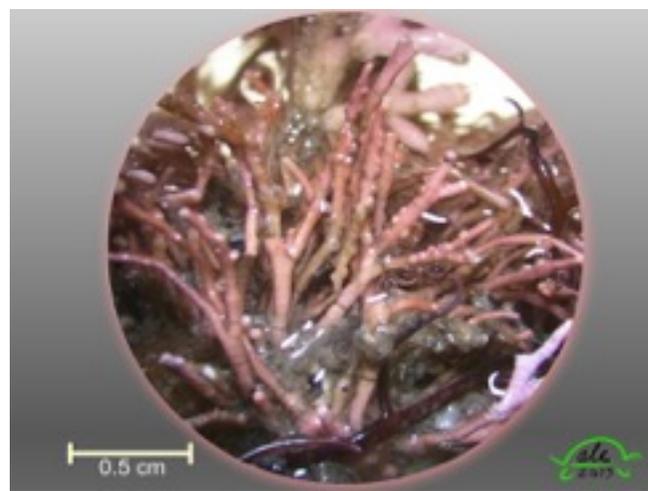
Fragmento de coral. *Amphiroa beauvoisii*, entre otras



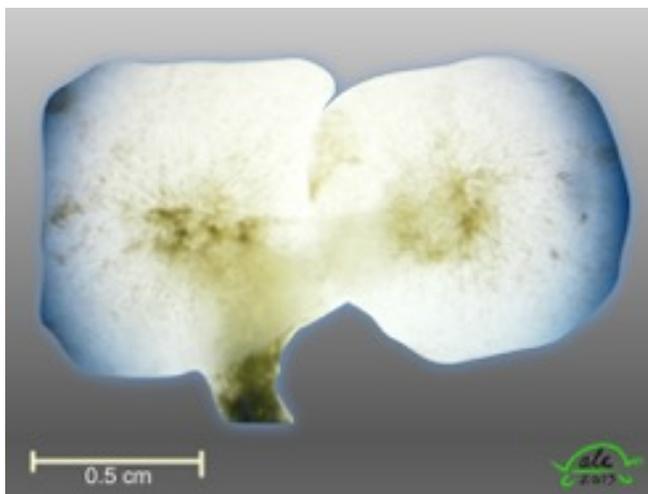
Amphiroa misakiensis



Hileras geniculares de *Amphiroa rigida*.



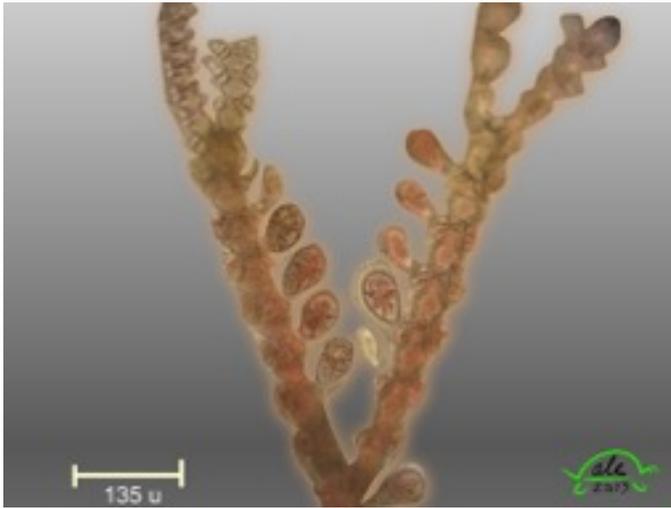
Amphiroa valonioides



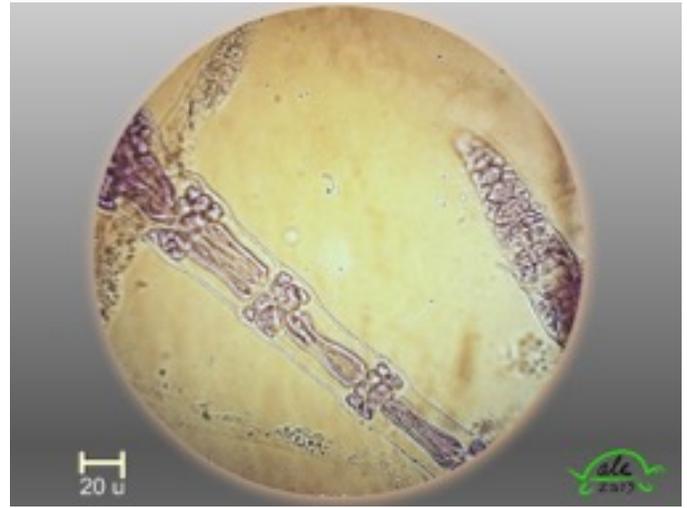
Caulerpa chemnitzia



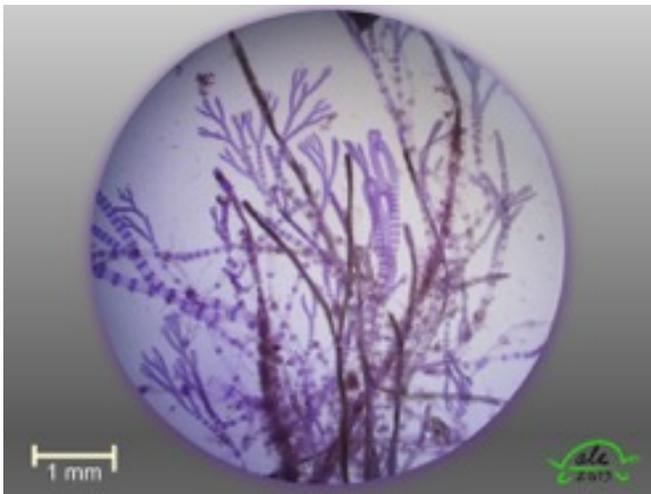
Caulerpa sertularioides



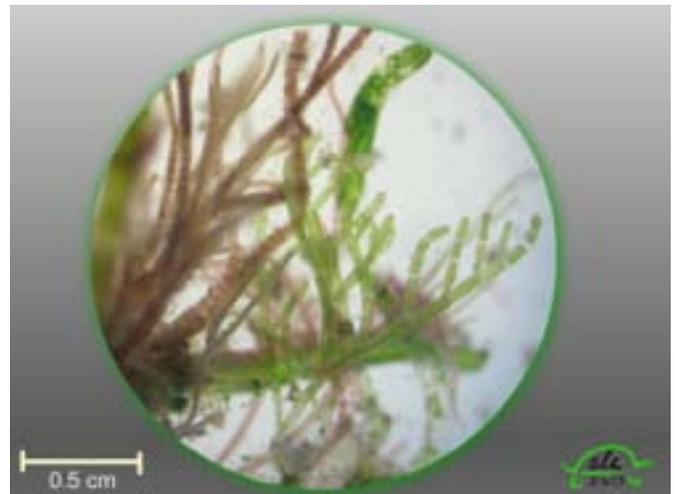
Ceramium affine.



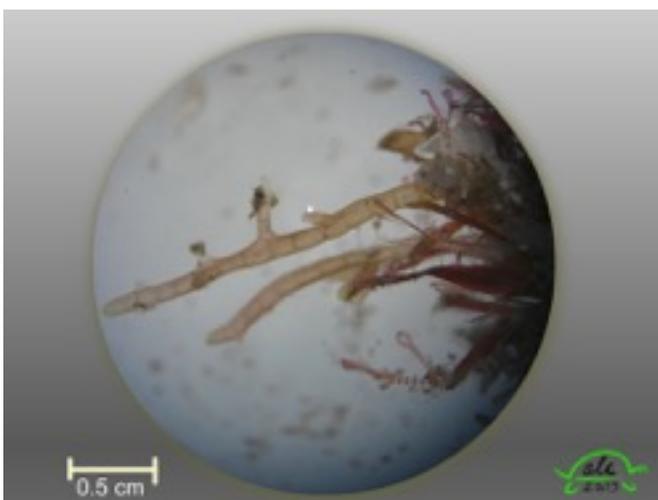
Arreglo celular de *Ceramium affine.*



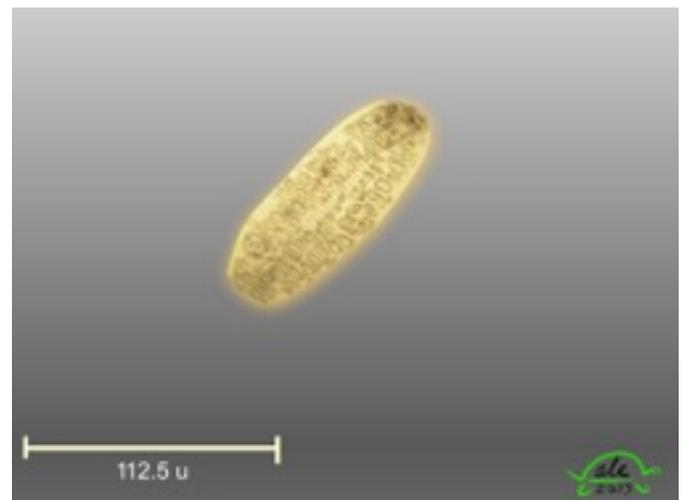
Ceramium macilentum.



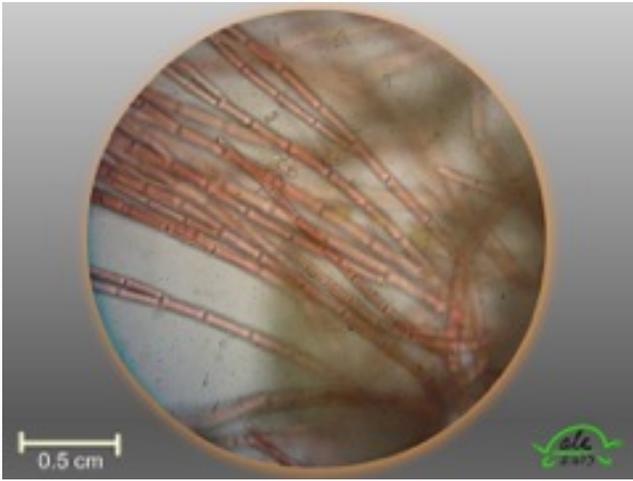
Cladophora.



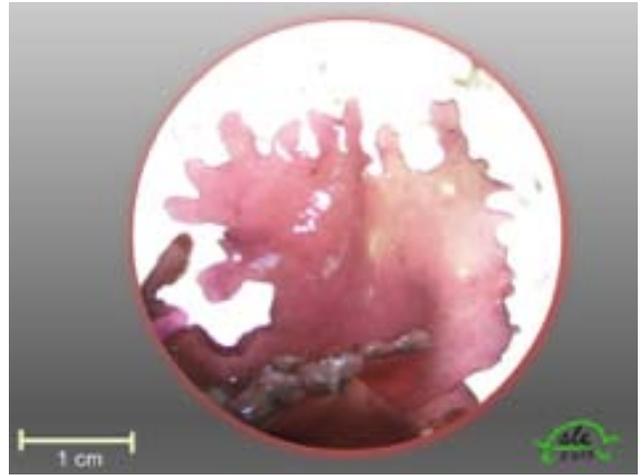
Champia parvula.



Corte de *Champia parvula.*



Cladophora sericea



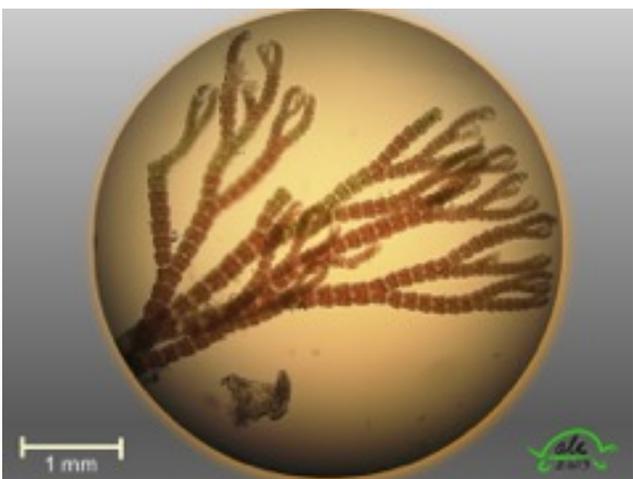
Cryptonemia aff. *obovata*



Dasya sinicola



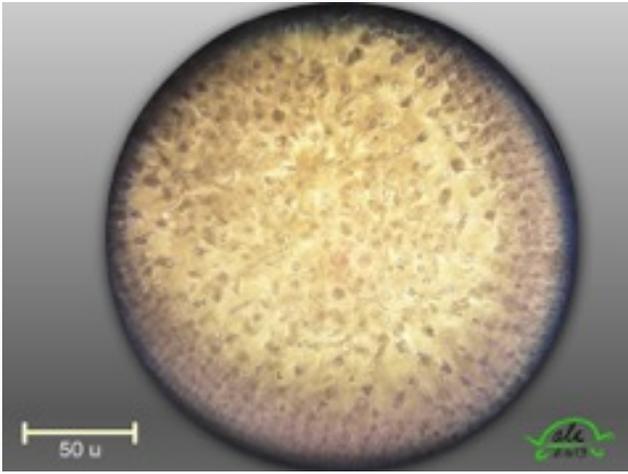
Estructura reproductora de *Dictyota* aff. *dichotoma*



Gayliella flaccida



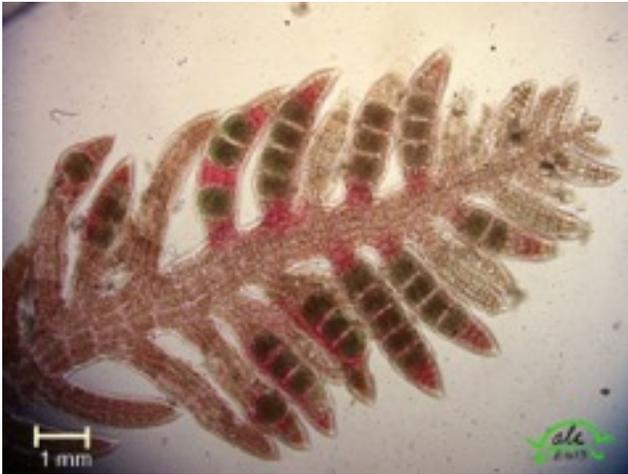
Gracilaria aff. *veleroae*



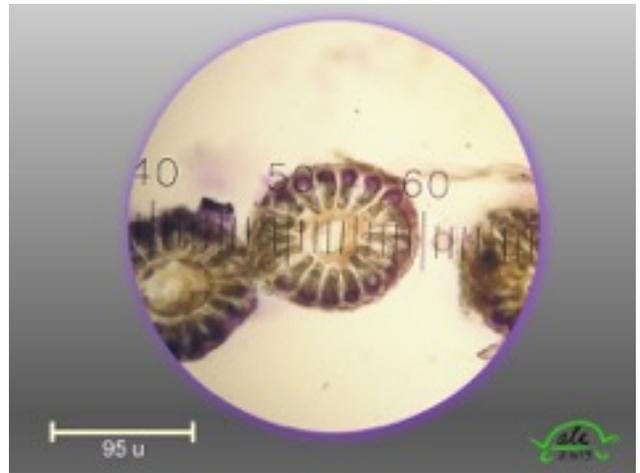
Grateloupia versicolor



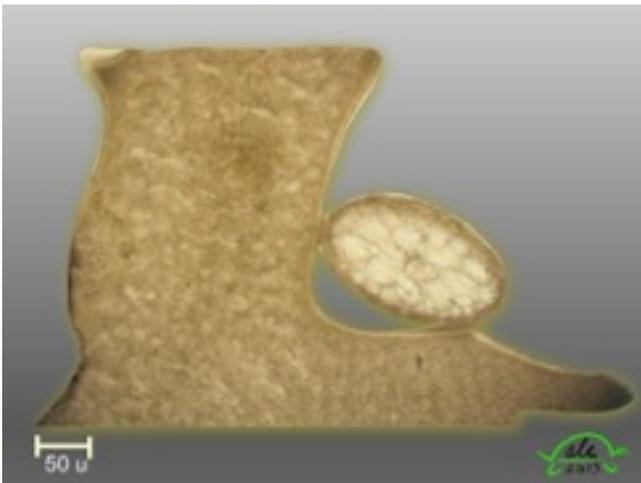
Halimeda discoidea



Herposiphonia plumula



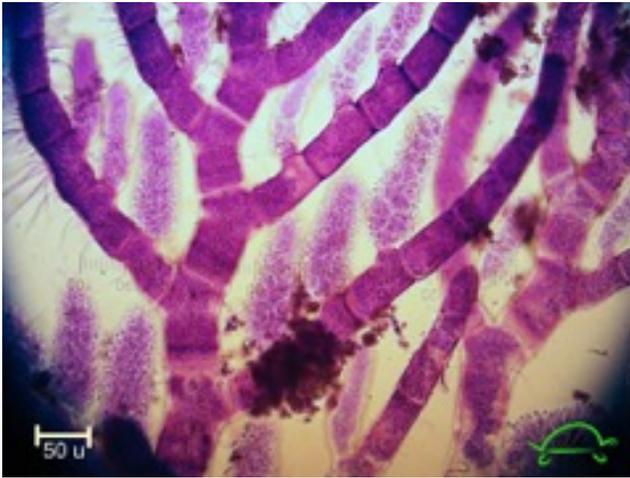
Herposiphonia littoralis



Corte de *Hypnea pannosa*



Hypnea pannosa



Pleonosporium sp



Corte de *Peyssonnelia rubra*.



Neosiphonia sertularioides



Porphyra sp



Muestra No. 42 de Isla Ixtapa

