



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**“FICOFLORA DE LOCALIDADES LITORALES E
INSULARES DE QUINTANA ROO, MÉXICO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
OLIVIA SIERRA RODRÍGUEZ



Directora: Dra. ALEJANDRINA G. AVILA ORTIZ

Noviembre, 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



*El misterio es la cosa más bonita que podemos experimentar.
Es la fuente de todo arte y ciencia verdaderos.*

Albert Einstein

DEDICATORIA

A ti madre. Fanny Rodríguez García, sabiendo que no existiría otra forma de agradecer una vida de sacrificio y esfuerzo, quiero que sientas que este objetivo logrado también es tuyo y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue tu apoyo. Gracias por enseñarme a ser una mujer fuerte y valiente, a que ninguna piedra debe frenar mi camino, por tu apoyo y consejo he culminado una de mis metas, la cual es la herencia más valiosa que pudiera recibir para continuar con el camino, eres mi mejor ejemplo. Te amo.

A mi padre. Gabriel Sierra Sánchez. Gracias por tu apoyo y confianza en las decisiones que he tomado. El mejor legado de un padre a sus hijos es un poco de su tiempo cada día. Gracias por ser mi Padre.

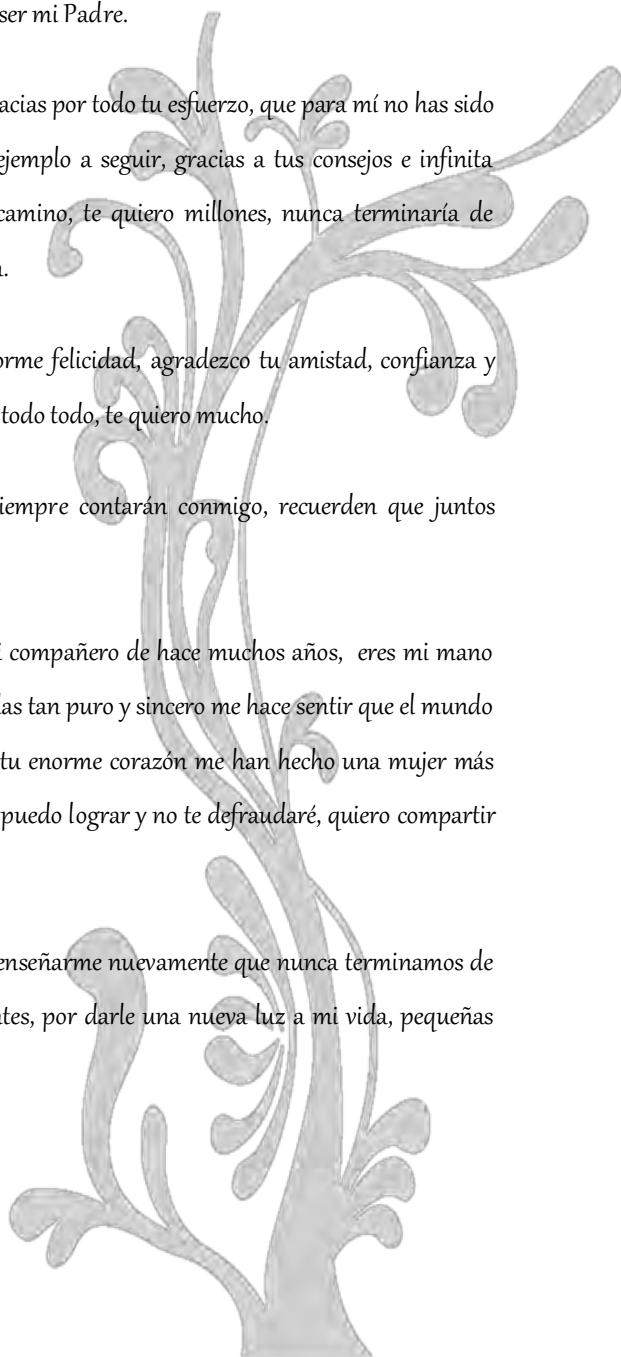
A mis hermanos. Norma Sierra, que te puedo decir más que mil gracias por todo tu esfuerzo, que para mí no has sido únicamente una hermana, sino mi mejor amiga, siempre serás un ejemplo a seguir, gracias a tus consejos e infinita paciencia el día de hoy cierro un ciclo de muchos que vienen en camino, te quiero millones, nunca terminaría de agradecerte todo lo que has hecho por mí, gracias por ser mi hermana.

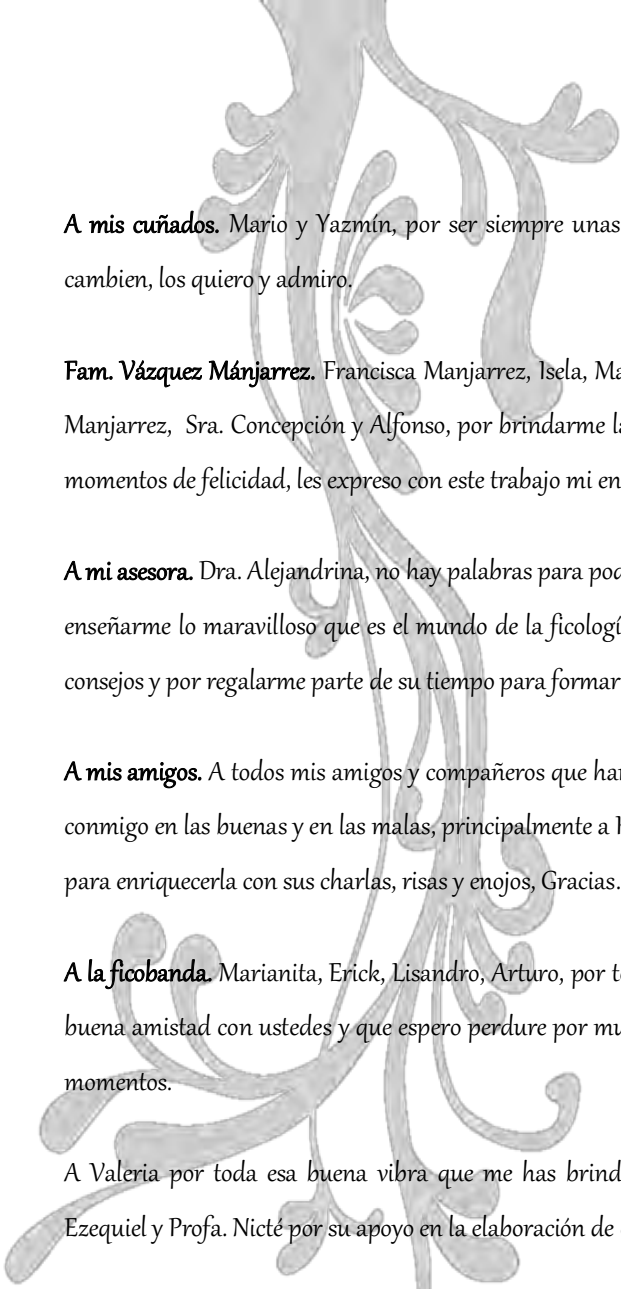
Roberto Sierra, comparto contigo cada momento de mi vida con enorme felicidad, agradezco tu amistad, confianza y fidelidad. hermano el cariño que tengo hacia ti es infinito, gracias por todo todo, te quiero mucho.

A ambos les expreso mi enorme gratitud, admiración y respeto, siempre contarán conmigo, recuerden que juntos siempre hasta en los peores momentos, los amo.

A Mariano. El agradecimiento que te debo es infinito, no solo eres mi compañero de hace muchos años, eres mi mano derecha y el motor que me hace seguir adelante, el amor que me brindas tan puro y sincero me hace sentir que el mundo y los obstáculos son más fáciles. Tu fuerza, inteligencia y sobre todo tu enorme corazón me han hecho una mujer más humilde y valiente, me has enseñado que todo lo que me proponga lo puedo lograr y no te defraudaré, quiero compartir contigo los logros que vengan en camino, te amo.

A mis sobrinas. Astrid, Nahia y el bebé que viene en camino, por enseñarme nuevamente que nunca terminamos de sorprendernos por las cosas que en ocasiones vemos tan insignificantes, por darle una nueva luz a mi vida, pequeñas traviesas las quiero mucho.





A mis cuñados. Mario y Yazmín, por ser siempre unas personas auténticas y ser ahora también mis amigos, nunca cambien, los quiero y admiro.

Fam. Vázquez Márjarrez. Francisca Manjarrez, Isela, Marco, Alejandra, Alberto, Mariana, Monse, Mildred Sr. Antonio Manjarrez, Sra. Concepción y Alfonso, por brindarme la confianza de su hogar y siempre compartir conmigo muchos momentos de felicidad, les expreso con este trabajo mi enorme gratitud y amor, gracias por todo

A mi asesora. Dra. Alejandrina, no hay palabras para poder agradecerle todo lo que me ha brindado, principalmente por enseñarme lo maravilloso que es el mundo de la psicología, ahora sé que no escogí el camino incorrecto, gracias por sus consejos y por regalarme parte de su tiempo para formarme y aconsejarme, no la defraudaré.

A mis amigos. A todos mis amigos y compañeros que han enriquecidos mis experiencias en este largo camino, por estar conmigo en las buenas y en las malas, principalmente a Kaleb, Ricardo y Lenin y a todos aquellos que llegaron a mi vida para enriquecerla con sus charlas, risas y enojos, Gracias.

A la ficobanda. Marianita, Erick, Lisandro, Arturo, por todos esos gratos momentos en el laboratorio, se ha forjado una buena amistad con ustedes y que espero perdure por mucho tiempo, gracias por compartir sus conocimientos y buenos momentos.

A Valeria por toda esa buena vibra que me has brindado y esa nueva amistad que he formado contigo. Gracias a Ezequiel y Profa. Nicté por su apoyo en la elaboración de éste trabajo.

A mis profesores. Por haber compartido su conocimiento para formarme en esta carrera, gracias a ustedes el día de hoy subo otro escalón. Gracias.

Al profesor Marco A. Hernández Muñoz infinitas gracias por haber hecho mi estancia en el laboratorio más amena, gracias por compartir sus conocimientos conmigo y su inigualable amistad. Profesora Isaura Escalante Vargas, por siempre estar ahí en todo momento, resolviendo mis dudas y por sus charlas que siempre alegraron el laboratorio.

A la UNAM. Por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente en sus instalaciones, no defraudaré a mi máxima casa de estudios.

I. Resumen

Las costas de Quintana Roo, presentan una gran diversidad de algas marinas, debido a su ubicación dentro del Caribe mexicano. Por lo que la trascendencia de este estudio, es de suma importancia para el conocimiento y protección de sus especies. El objetivo del presente trabajo fue analizar y comparar la ficoflora de 12 localidades litorales y cinco insulares de Quintana Roo, México. Para ello, se realizó una exploración ficológica en junio de 2010 a localidades de la costa de Quintana Roo y Cozumel, con los datos obtenidos se analizó el grado de similitud por medio del Índice de Jaccard con el programa NTSyS 2.1. Para comprobar la eficiencia del muestreo se utilizaron curvas de acumulación de especies utilizando el programa Primer6 Demo. parámetros Chao1, Chao2, Jack1, Jack2 y Bootstrap. El resultado fue un listado de 170 especies, de las cuales nueve pertenecieron a la división Cyanophyta, 67 a Chlorophyta, 69 Rhodophyta y 25 de la Clase Phaeophyceae. Las familias más representativas de cada división fueron Rivulariaceae, Udoteacea, Rhodomelaceae y Dictyotaceae respectivamente. Cabe destacar 11 nuevos registros para la zona de estudio y 82 para la colección ficológica del herbario FEZA. De acuerdo al índice de Jaccard, las localidades con mayor similitud fueron: 2 km al SE de Boca Paila y 12 km al NE de Punta Allen. La afinidad florística con el Índice de Cheney fue de 5.44 lo que confirma que la ficoflora de la zona de estudio es tropical. El valor de las curvas de acumulación de especies fue del 29.61% de la ficoflora total de la zona de estudio, por lo que se recomienda incrementar el número de muestreos.

Palabras clave: ficoflora, Quintana Roo, México, litorales, insulares, índices de similitud.

II. Índice

I. Resumen	
II. Índice	
III. Índice de tablas	
IV. Índice de figuras	
1 Introducción	1
2 Marco teórico	2
2.1 Algas marinas	2
2.2 Generalidades de las Divisiones Cyanophyta, Chlorophyta Rhodophyta y Clase Phaeophyceae	3
2.2.1 División Cyanophyta	3
2.2.2 División Chlorophyta	4
2.2.3 División Rhodophyta	5
2.2.4 División Heterokontophyta, Clase Phaeophyceae	5
2.3 Distribución vertical	6
2.4 Sustratos	6
2.5 Epifitismo	7
2.6 Índice de Jaccard	7
2.7 Índice de Cheney	8
2.8 Curvas de acumulación de especies	8
3 Antecedentes	9
4 Planteamiento del problema	10
5 Área de estudio	10
5.1 Litoral de Quintana Roo	13
5.1.1 Descripción de localidades litorales	13
5.2 Isla Cozumel	15
5.2.1 Descripción de localidades insulares	15
6 Justificación	17
7 Hipótesis del trabajo	17

8	Objetivos	18
8.1	Objetivo General	18
8.2	Objetivos Particulares	18
9	Material y método	19
9.1	Fase de campo	20
9.2	Fase de laboratorio	20
9.3	Fase de gabinete	22
9.4	Análisis estadístico	22
10	Resultados y Análisis de Resultados	23
10.1	Ficoflorística	23
10.2	Comparación entre localidades litorales e insulares	26
10.3	Sustratos	27
10.4	Epifitismo	28
10.5	Índice de Cheney	31
10.6	Similitud ficoflorística	32
10.7	Análisis de datos con NTSyS	34
10.8	Curvas de acumulación de especies	37
11.	Conclusiones	39
12	Literatura citada	40
IV	Anexos	
1	Pigmentos accesorios de algas	48
2	Localidades muestreadas litorales e insulares	49
3	Listado de 170 especies de Quintana Roo, México	50
4	Descripción y fotografía de algunos registros nuevos para la zona de Estudio.	61
5	Datos no paramétricos obtenidos con el programa Primer6 Demo	63

III. Índice de figuras

1. Mapa de la zona de estudio	12
2 . Número de especies y porcentaje total por cada división	23
3 . Número de especies por familia de la división Cyanophyta	24
4 . Número de especies por familia de la división Chlorophyta	24
5 . Fase <i>dyctierpa</i> del género <i>Padina</i>	25
6 . Número de especies por familia de la Clase Phaeophyceae	25
7 . Número de especies por familia de la división Rhodophyta	26
8 . <i>Dasycladus vermicularis</i> adherido a concha de bivalvo	27
9 . Afinidad por tipos de sustrato	28
10. Especies epífitas y su forófito	29
11. Ubicación de localidades más similares según Coeficiente de similitud Jaccard	33
12. Dendograma de las 17 localidades estudiadas litorales e insulares	34
13. Dendograma de localidades insulares	35
14. Dendograma de localidades litorales	36
15. Curva de acumulación de especies	37

VI. Índice de tablas

1. Microambientes encontrados en la zona de estudio.	16
2. Asociación entre algas epífitas y su forófito.	29
3. Comparación de trabajos realizados con el índice de Cheney en el área de estudio	31
4. Matriz de datos con respecto al Coeficiente de Similitud de Jaccard	32

1. Introducción

Las algas marinas desempeñan un papel de suma importancia en el planeta no solamente biológica, sino también ecológica, social y económica, debido a que forman parte de los arrecifes coralinos, además son un componente vital para el desarrollo de comunidades de invertebrados al servirles de refugio. Por otra parte, son utilizadas como alimento o suplementos. Los ficocoloides de las algas rojas y pardas, tienen múltiples aplicaciones en la industria textil, farmacéutica, química y de alimentos (Krueger y Meyer, 2012).

México destaca en el mundo por la extensión de sus costas tanto Insulares (5,127km²) como litorales (11,122km²), distribuidas a lo largo del Océano Pacífico, Golfo de México y Caribe mexicano (INEGI, 2012). Éste último considerado con la mayor diversidad biológica; debido a su ubicación geográfica e historia geológica, que reúnen las condiciones para un alto número en especies de flora y fauna marina.

En las últimas décadas en México, se ha dado una mayor importancia al estudio de las macroalgas marinas. Tal es el caso del estado de Quintana Roo, en donde se han llevado a cabo trabajos con la finalidad de conocer cada vez más su ficoflora actual, sirviendo como base para estudios ecológicos, morfológicos, moleculares, entre otros (Mateo-Cid y Mendoza-González, 1991; Mendoza-González y Mateo-Cid, 1992; Wynne, 1986, 2005 y 2011)

El presente trabajo contribuye al estudio de la ficoflora marina de 17 localidades de Quintana Roo. Comparando la ficoflora litoral e insular con el fin de obtener un listado ficoflorístico, así como reconocer cuáles especies son propias de cada zona o si están presentes en ambas y de esta manera generar conocimiento para su conservación y buen uso de la flora y fauna del Caribe mexicano.



2. Marco teórico

2.1 Algas marinas

Las algas son un grupo artificial o polifilético, es decir, que sus miembros están dispersos entre distintos grupos de parentesco (grupos o clados monofiléticos), divididos en dos grandes grupos, procariotas y eucariotas, los cuales presentan características morfológicas y fisiológicas específicas. Llevan a cabo procesos fotosintéticos, debido a la presencia de clorofilas a, b, c y d, dependiendo del caso, haciendo uso de las reacciones luminosas y el ciclo de Calvin para convertir la energía lumínica en energía química, además de presentar pigmentos accesorios (Anexo 1). Se les aplica el término de talofitas, debido a su organización que van desde unicelulares a pluricelulares, pero sin llegar a formar órganos como raíz, tallo y hojas. Constituyen aproximadamente el 1% de la biomasa fotosintetizadora de la Tierra, sin embargo son responsables de más del 45% del total de la producción primaria neta. En los ecosistemas litorales contribuyen también como alimento y refugio de peces, mamíferos y aves (Gerald y Vega 2001, South y Whittick 1987, Lee, 1999;).

Las algas difieren de las plantas ya que los gametangios en su mayoría son unicelulares, y sólo en especies avanzadas éstos están rodeados por células estériles y por ende no desarrollan embrión,. Llevan a cabo su reproducción por dos formas: asexual y sexual, en ésta pueden presentarse diferentes ciclos de vida: cigótico, gamético, esporico y somático. Sus paredes celulares, en algunos casos están constituidas de quitina, celulosa como es el género *Cladophora*, y carbonato de calcio (CaCO_3) en *Amphiroa*, *Jania* y otros géneros. Los materiales de reserva son muy diversos y varían en cada grupo, por ejemplo el almidón en las Chlorohyta (Murray, 2006).

Los pigmentos fotosintéticos, materiales de reserva, citología y morfología han sido considerados para la delimitación de los diferentes grupos de algas, las llamadas macroalgas taxonómicamente se ubican en: División Cyanophyta (algas verde-azules), Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas rojas) y Clase



Phaeophyceae (algas pardas), entre otras. Su clasificación actualmente se basa en análisis moleculares y morfológicos, variando el esquema tradicional en algunas jerarquías taxonómicas (C. van den Hoek *et al.*, 1995; Guiry & Guiry, 2013).

En general todas las algas marinas bénticas se desarrollan en la zona supramareal, intermareal y submareal del litoral, adhiriéndose a algas (epífitas) animales (epizoicas), madera (cortícolas), arena (psamófilas), rocas (litofilicas o epilíticas) o sobre otro tipo de sustratos de consistencia dura estable. (León-Álvarez *et al.* 2007).

Cabe mencionar que existen factores bióticos y abióticos, los cuales tienen influencia en el crecimiento, presencia, reproducción y distribución de la comunidad algal; factores como la luz (intensidad, calidad y periodicidad), sustrato (textura, porosidad, posición, composición química y solidez), lluvia (duración y variación), temperatura, salinidad, contaminación, pH y disponibilidad de elementos como O₂, N, P y CO₂ (Mauseth, 2008).

2.2 Generalidades de las Divisiones Cyanophyta, Chlorophyta, Rhodophyta y Clase Phaeophyceae (Lee, 1999; Graham y Wilcox, 2000).

2.2.1 División Cyanophyta

También conocidas como algas verde azules, fueron las formas dominantes de la tierra por más de 1.5 mil millones de años, son los más antiguos productores de oxígeno, el primero en producir clorofila *a* y diferentes pigmentos accesorios, tales como α , β carotenos, mixoxantina y ficobilinas, presentan una pared conspicua y una vaina gelatinosa, su material de reserva se conoce como almidón cianofíceo (Graham y Wilcox, 2000; Ortega *et al.* 1995, Palenik y Haselkorn, 1992).



Su estructura celular es procarionte, por lo que se asemejan más a las bacterias Gram negativas que a las plantas, sin embargo no presentan flagelos. Existe una gran controversia si deben ser consideradas taxonómicamente como bacterias o algas procariontes, molecularmente se tiende a utilizar el primero, sin embargo, ecológicamente se clasifican con base a sus atributos estructurales como la morfología, en donde es posible encontrar: unicelulares, coloniales y filamentosas. (Graham y Wilcox, 2000).

2.2.2 División Chlorophyta

Caracterizadas principalmente por su color verde, debido a la presencia de clorofila a y b, contienen pigmentos accesorios como carotenos α y β ; xantofilas entre ellas luteína y zeaxantina. Los cloroplastos de número, forma y disposición variable, presentan una doble membrana conteniendo grupos de tres a siete tilacoides pirenoides con gránulos de almidón como material de reserva (Murray, 2006).

Como en el resto de las algas la pared celular está formada por una capa más interna de celulosa y otra externa de pectina y en algunos casos depositan carbonato de calcio, por lo que presentan una consistencia dura. Las clorofitas tienen una gran variedad de formas y niveles de organización, desde unicelulares móviles (biflageladas) o inmóviles, formas filamentosas (simples o ramificadas) hasta laminadas con pseudotejidos (C. van den Hoek et al., 1995). La reproducción puede ser: asexual por fragmentación y la sexual por isoogamia, anisogamia y oogamia. Los ciclos biológicos son generalmente haploides, La fase dominante es la fase haploide, en donde el ciclo consiste en dos gametos haploides que al unirse dan un cigoto diploide, que por meiosis pasa a ser haploide y no se presentan individuos diploides. En algunas ocasiones se presenta el ciclo haplodiplonte que consiste en dos gametos haploides que dan un cigoto diploide, el cual desarrollará un individuo diploide, éste por meiosis genera otras células vegetativas haploides que germinarán y darán por mitosis gametos haploides que se fusionan para dar un individuo diploide (Lee, 1999).



2.2.3 División Rhodophyta

Comúnmente conocidas como algas rojas, presentan clorofila d exclusiva de este grupo, contienen pigmentos accesorios como α y β carotenos, zeaxantina, ficobiliproteínas (ficocianina y predominantemente ficoeritrina). Morfológicamente presentan casi todas las formas conocidas, consta de un talo más elaborado que las Chlorophyta y Phaeohyceae. La sustancia de reserva es el almidón. Sus paredes celulares están compuestas por celulosa y en los espacios intercelulares presentan ficocoloides de los que derivan el agar y carragenanos, éstos dos son los más importantes polisacáridos del grupo por su uso comercial (Chiovitti, *et al.* 1995).

Las formas de reproducción son: sexual en donde el gametangio masculino es denominado espermatangio, que contiene espermacios inmóviles y el femenino (carpogonio). La asexual reviste diferentes modalidades por esporas dependiendo de la especie. Sus ciclos biológicos generalmente por alternancia de generaciones haplodiplonte diplobionte (gametofito y esporofito) o triplobionte en el que interviene un gametofito, carposporófito y tetrasporófito (Graham y Wilcox, 2000).

2.2.4 División Heterokontophyta **Clase Phaeophyceae**

También llamadas algas pardas, condición debida a la presencia de clorofila a y c, presenta pigmentos accesorios como carotenos y xantofilas, los cuales les proveen un color de pardo a café rojizo. En cuanto a su nivel de organización, es posible encontrarlas desde filamentos, hasta grandes formas con varios metros de longitud, es el grupo de algas que presenta mayor complejidad en el talo. La resistencia y flexibilidad que presentan, es debido a la celulosa, ácido algínico y mucílago que contienen en su pared celular, además puede estar calcificada. La reproducción sexual es mediante su ciclo de vida que presenta dos generaciones (gametofítica y esporofítica) en donde el gametofito es dioico o monoico y la asexual por zoosporas (Graham y Wilcox, 2000)





2.3 Distribución vertical

La distribución actual de las especies marinas bentónicas es el resultado de la migración y el desplazamiento de las costas en los períodos geológicos, siendo las plataformas continentales, las zonas en donde son más abundantes. Este fenómeno es universal y se conoce con el nombre de zonación, debido a los requerimientos de luz de las especies (Lüning, 1990).

Es posible encontrar tres zonas: intermareal, submareal y cuenca oceánica, siendo las dos primeras de gran importancia en el asentamiento de la flora acuática. La zona intermareal, se encuentra situada entre los niveles conocidos de las máximas y mínimas mareas, está cubierta al menos en parte, durante las mareas altas y al descubierto durante las mareas bajas. La duración de exposición (la retirada del mar) de las diferentes partes de la playa depende de su ubicación y del número de mareas por días. La zona submareal está constituida por aquellos terrenos que se encuentran permanentemente sumergidos (Fernández y Niell, 1982).

2.4 Sustratos

A diferencia de los vegetales terrestres, las algas marinas no extraen del sustrato ningún tipo de elemento nutritivo, por lo que no tiene influencia sobre ellas ya que, únicamente le sirve como fijación. En cambio, la naturaleza física del sustrato, dureza y consistencia, juegan un papel importante, ya que las algas muestran preferencia por determinados sustratos (Garduño *et al*, 2005).

Las costas de Quintana Roo son caracterizadas por presentar en su mayoría playas con sustratos arenosos, sin embargo es posible encontrar los talos adheridos en rocas, así como en conchas de animales muertos y sustratos artificiales como: botellas de plástico, vidrio o en trozos de madera.



2.5 Epifitismo

El epifitismo puede ser considerado como una importante estrategia ecológica, con el fin de obtener un sustrato en condiciones óptimas de luz y protección adecuada para el establecimiento y desarrollo de las especies. Pueden ocupar el espacio de manera permanente o únicamente para una etapa de su desarrollo. (Széchy y Faria, 2008).

Las algas epífitas aunque generalmente son caracterizadas por ser inconspicuas, contribuyen a la productividad primaria del medio marino (Quang-Young, 2003). En la interacción entre el alga epífita y la que la sostiene (forofito) existen efectos tanto positivos como negativos, entre ellos el más sobresaliente es la reducción lumínica, lo cual reduce la actividad fotosintética del forofito (Celis-Rincón *et al.* 1999); entre los aspectos positivos se encuentra la protección hacia el forofito, ya que el epífita funge como alimento para herbívoros (Aguilar-Rosas y Machado-Galindo 1990).

2.6 Índice de Jaccard

Los índices de similitud, son los más frecuentemente utilizados en este tipo de estudios, ya que lo que se busca es expresar el grado en el que dos muestras son semejantes con respecto a las especies presentes en ellas. El índice de similitud de Jaccard, cumple con las especificaciones necesarias para su utilización en este caso, midiendo la proporción de especies coincidentes con respecto a la lista total del total de las localidades (Magurran, 1988).

$$J = a/(b+c+d)$$

En donde:

a = especies comunes

b = especies exclusivas de la localidad 1

c = especies exclusivas de la localidad 2

d = especies presentes en ambas localidades.



2.7 Índice de Cheney

Para el estudio de la ficogeografía descriptiva, Feldmann (1937) propuso el índice R/P (número de especies de Rhodophyta entre número de especies de Phaeophyceae) para clasificar la flora de una región determinada en función de un gradiente latitudinal. Así, un valor de la relación $R/P > 6$ se suele encontrar en regiones tropicales, y un valor de $R/P < 3$ corresponde con la ficoflora de regiones templado-frías. Posteriormente Cheney (1977) incluyó las Chlorophyta (C) en un índice análogo $(R+C) / P$, y comprobó que valores de la relación $(R+C) / P > 5$ se obtienen en floras tropicales, en tanto que las floras de mares templados-fríos tienen valores < 2 .

2.8 Curvas de acumulación de especies

En los inventarios biológicos resulta a menudo imposible registrar completamente la totalidad de las especies presentes en el área de estudio, ya sea por las técnicas utilizadas en los muestreos o por otras condiciones que dificulta la mayor captura de los organismos, por lo que con la aplicación de curvas de acumulación de especies se busca la valoración de los inventarios.

De la misma forma permiten una mejor planificación en los muestreos y una estimación del total de especies que deberían encontrarse en la zona de estudio (Gotelli y Colwell, 2001). Existen estimadores paramétricos y no paramétricos y la elección de uno de ellos dependerá del tipo de datos del que se disponga, así también como los objetivos del estudio.

En este caso los estimadores más convenientes para el presente trabajo son de tipo no paramétrico llamados también de libre distribución porque los datos no asumen un tipo de distribución particular, ni una serie de supuestos *a priori* que los ajusten a un modelo determinado y requieren solamente datos presencia-ausencia (Soberón y Llorente, 1993).



Chao 1 ,2 – Estima el número de especies esperadas, considerando la relación entre el número de especies únicas y el número de especies duplicadas (Chao, 1984, 1987).

Jackknife 1,2 - Considera a las especies que aparecen sólo en una muestra (uniques) y en dos muestras (doubles), ambos basados en el número total de especies (Burnham y Overton, 1978, 1979; Smith y van Belle, 1984; Palmer, 1991).

Bootstrap – Tiene en cuenta la probabilidad de que una especie sea muestreada a medida que aumenta el número de muestras (Smith y van Belle, 1984).

3. Antecedentes

Los trabajos presentados para la flora marina de las costas del Caribe mexicano son relativamente recientes y para el estado de Quintana Roo se han citado específicamente para algunas áreas y localidades definidas.

Los primeros estudios fueron por Huerta-Muzquiz (1958), resultado de expediciones realizadas en Isla Mujeres, Campeche e Isla Cozumel en 1955. Posteriormente hasta la década de los 80's, las contribuciones fueron de Garza-Barrientos *et al.*(1975), Huerta-Muzquiz *et al.* (1980;1987) y Taylor (1972) quien cita a algunas especies colectadas en la expedición Smithsonian-Bredian en las costas de Yucatán. Olarte de los Santos (2010) hace un reconocimiento de algas verdes marinas bénticas para las costas de México incluyendo el Mar Caribe, Mondragón (2007) contribuye con una clave genérica de algas rojas.

Para Isla Cozumel e Isla Mujeres se tienen listados ficoflorísticos acompañados de la distribución de las especies, estado reproductivo y nivel de marea así como especies epífitas (Mateo-Cid y Mendoza-González 1991; Mendoza-González y Mateo-Cid 1992)



Castillo-Arenas y Dreackmann (1995) estudiaron la composición taxonómica de los arribazones algales para Cancún y Puerto Morelos. Posteriormente fue actualizado por Dreackmann *et al.* (1996). Este mismo autor en 1998 publicó en la Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO) un catálogo de macroalgas marinas bentónicas del Atlántico Mexicano.

Otras contribuciones fueron las de Aguilar-Rosas *et al.* (1992), y Bastian (1997) quienes determinaron la distribución de algas marinas bentónicas para la reserva de Sian Ka'an en Quintana Roo. Por otro lado, Keeney (1999) identificó 100 taxa al Norte de esta misma reserva.

Algunos estudios de ciertos grupos: Díaz-Martín y Espinoza-Ávalos(2000) recolectaron algas pardas en 72 sitios distribuidos en la Península de Yucatán y Quintana Roo; Mendoza-González , *et al.* (2000), registraron datos reproductivos (talos tetraspóricos, cistocarpicos y espermatangiales) de especies de algas rojas *Murallela pericladus*, *Dipterosiphonia dendrítica* y *D. rigens* en Isla Cozumel.

Recientemente se han dado a conocer nuevos registros para el Caribe Mexicano por Aguilar-Rosas (1998), Aguilar-Rosas (1992), Mateo-Cid y Mendoza-González (2002) y Quang-Young *et al.* (2003), Mendoza-González, *et al.* (2000), Mendoza-González y Mateo-Cid (2007) y Cetz *et al.* (2008). Wynne (1986, 2005 y 2011), elaboró catálogos de la nomenclatura actualizada para las costas tropicales y subtropicales de America, incluyendo el mar Caribe.

Mateo-Cid y Mendoza-González (2007) resaltan la importancia económica y conservación de la flora ficológica de Isla Cozumel. Acosta-Calderón (2011) tesis que habla de la variación espacio-temporal de las algas marinas bénticas en la Reserva de la biosfera de Sian ka'an, Bahía de la Ascención y Espíritu Santo.

El establecimiento de Reservas y Parques marinos, son una acción decidida para ayudar a conservar la flora y fauna, por lo que el presente trabajo, así como los realizados por Aguilar-Rosas (1992), Bastian (1997), Mateo-Cid y Mendoza-González (2007), son de suma importancia para la investigación en áreas de impacto turístico.



4. Planteamiento del problema

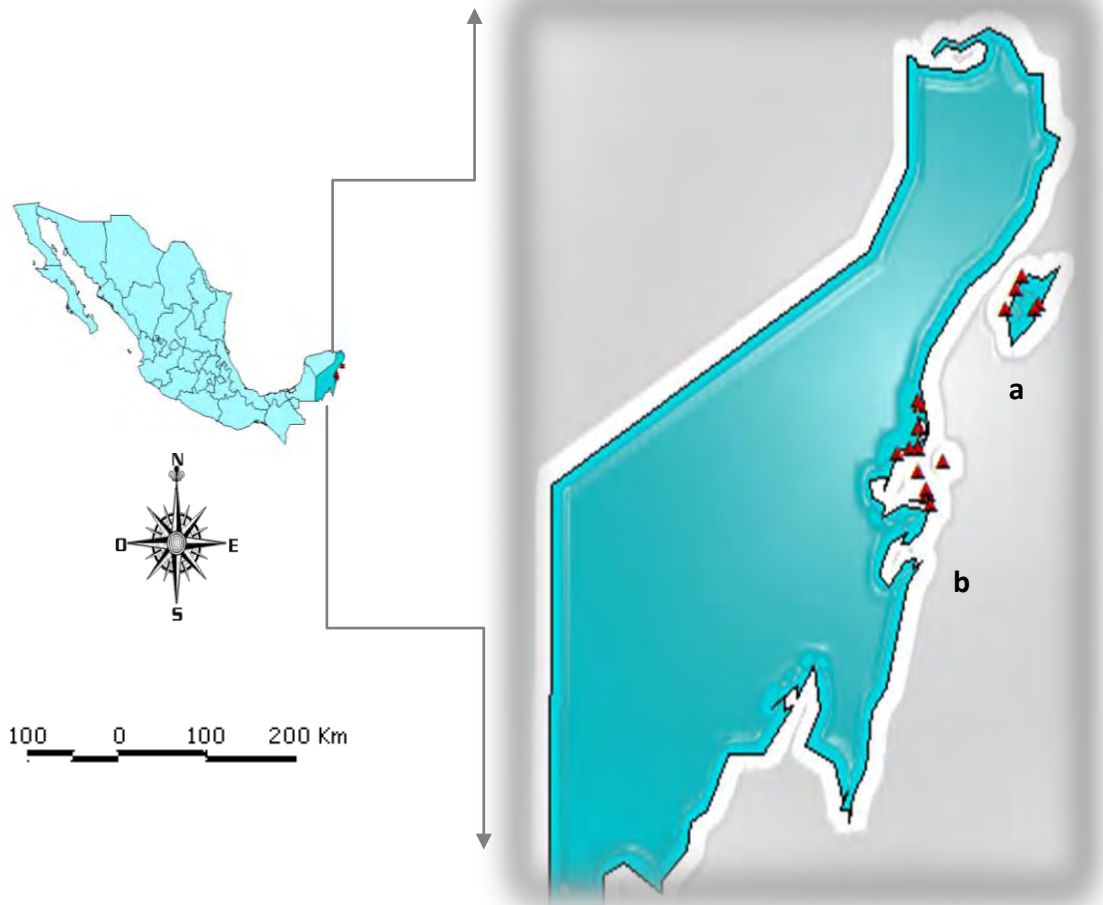
La influencia de actividades antropogénicas a lo largo de las costas de Quintana Roo. Así como los cambios presentes en el clima, han modificado su flora y fauna marina. Por ende, resulta indispensable contribuir a la actualización de los inventarios ficoflorísticos de la Región Caribeña.

5. Área de estudio

La recolección de los ejemplares se hizo en 17 localidades (12 litorales y 5 insulares) en las costas de Quintana Roo e isla Cozumel, México.

Localidades litorales: Caracterizadas principalmente por encontrarse a lo largo de la plataforma continental, región comprendida entre las coordenadas: “19° 36’62.06’ a 20° 39’21.73” Latitud N.

Localidades insulares: Banco de arena o islas que se encuentran alejados de la plataforma continental, en este caso ubicadas en Isla Cozumel dentro de las coordenadas N 20° 33’12.63” a W 86°55’42.85” (Figura 1).



a) Localidades insulares

b) Localidades litorales



Figura 1. a.- Localidades insulares: 1. San Juan, 2. Mezcalito, 3. Maya, 4. Punta Morena, 5. Recorrido Isla Cozumel. b.- Localidades litorales: 6. Pulticub, 7. 2km al SE de Boca Paila, 8. Punta Herrera, 9. 2km NE Punta Allen, 10. Punta Allen, 11. Punta Gorda, 12. Cayo Valencia, 13. Punta Hualostoc, 14. Canal Hualostoc, 15. Laguna del Rio Temporal, 16. Vigía Chico y 17. Punta Charra.



5.1 Litoral de Quintana Roo

El estado de Quintana Roo se localiza al Sureste de la República Mexicana dentro del Mar Caribe, delimitado al Norte con Yucatán y el Golfo de México, al Oeste con el Mar de las Antillas, al Este con Campeche y al Sur con Guatemala y Belice, esta región se encuentra bañada por la corriente Norecuatorial, con características esencialmente tropicales. De acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima es Aw; cálido sub-húmedo con lluvias en verano, presentando tres diferentes periodos climáticos: 1.- febrero-mayo (secas); 2.- junio-septiembre (lluvias de verano); 3.- octubre-enero (lluvias de invierno) con climas cálidos húmedos y temperatura mínima anual de 26 °C y máxima de 33 °C, con una precipitación de 1300 mm (García, 2004).

Las playas se caracterizan por presentar arenas blanquecinas, debido a la acumulación de Carbonato de Calcio. Es posible encontrar en ellas, zonas de arrecifes y algunas puntas rocosas. Posee aguas claras y corrientes marinas de moderadas a fuertes todo el año (Quan-Young, *et al.* 2003).

5.1.1 Descripción de localidades litorales Según Mateo-Cid y Mendoza-González (2007)

- Pulticub: N 19°33'18", W 87°24'57.45". Playa con sustrato arenoso, oleaje moderado, y una fuerte cantidad de praderas de *Thalassia testudinum*.
- 2 km al SE de Boca Paila: N 20°00'57", W 87°28'35.88". Playa con arena blanquecina, con oleaje moderado la mayor parte del día, en algunas ocasiones es posible que sea intenso, son arrojados fragmentos de madera y de algas.
- Punta Herrero: N 19°53'19", W 87°25'49". Caracterizada por la presencia de rocas, expuesta al movimiento del oleaje, sustrato arenoso, con gran cantidad de praderas de *Thalassia testudinum*.



- 12 km al NE de Punta Allen: N 19°59'38", W 87°27'54". Presenta principalmente suelo arenoso y algunos agregados coralinos a lo largo de la playa, al encontrarse dentro de una plataforma de arena extensa, el oleaje que presenta es de poco a moderado.
- Punta Allen: N 19°47'59", W 87°28'35". Suelo principalmente arenoso blanquecino, oleaje moderado y pequeños manchones de *Thalassia testudinum*.
- Punta Gorda: N 19°47'51", W 87°31'30". Presenta un ambiente somero, semi-protegido al oleaje y a las corrientes, con sustrato arenoso y pequeños fragmentos de conchas. El borde de la playa se encuentra cubierta por *Rhizophora mangle* y manchones de *Thalassia testudinum*.
- Cayo Valencia: N 19°42'19", W 87°28'37". Playa constituida esencialmente por sustrato arenoso. El fondo está dominado por pasto marino, con oleaje moderado.
- Punta Hualostoc: N 19°42'19", W 87°28'37". Playa con epibiota de mangle, fondo arenoso con rocas aisladas y pasto marino abundante
- Canal Hualostoc: N 19°36'34", W 87°25'37". El sustrato es arenoso combinado con restos de conchas, corales y rocas de mediano tamaño, rodeado por *Rhizophora mangle*, es posible encontrar oleaje de moderado a intenso.
- Laguna del Rio Temporal: N 19°37'15.06", W 87°25'52.43". El sustrato es rocoso-arenoso con la presencia de corales que se intercalan con manchones de *Thalassia testudinum*., el ambiente es semi-protegido al oleaje por lo que es de moderado a intenso.
- Vigía Chico: N 19°46'36", W 87°35'07". Caracterizada por presentar arena fina con escasos agregados rocosos, semi expuesta al oleaje y a la corriente, los extremos de la playa están cubiertos por *Rhizophora mangle*.
- Punta Charra: N 19°44'41.57", W 87°28'37.22". Playa predominantemente arenosa, con grandes manchones de *Thalassia testudinum* y *Rhizophora*



mangle, presenta poco oleaje, es posible encontrar restos de conchas y corales.

5.2 Isla Cozumel

La isla está situada frente a la costa oriental de Yucatán rodeada por aguas cálidas del Mar Caribe, con una superficie de 489.9 km², altitud de 21.7 metros, considerándose la isla más extensa del sureste mexicano, posee ambientes tanto expuestos como protegido (Wang y Edfield, 2003).

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por (García 2004), presenta clima Am (f) (i), cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, con dos estaciones climáticas bien definidas: 1.- mayo-enero (lluvias), 2.- febrero-abril (secas). Temperatura anual promedio de entre 24⁰ C y 28⁰ C y precipitación de 800 a 1500mm, con temporadas de secas durante marzo- abril y el mes con mayor precipitación es septiembre (INEGI , 2012).

5.2.1 Descripción de localidades insulares

- Playa San Juan: N 20°22'53", W 85°55'42". Playa esencialmente arenosa, posee sustrato de naturaleza areno-limosa con abundantes praderas de *Thalassia testudinum*, con pequeñas pozas de marea y oleaje de poco a moderado
- Mezcalito: N 20°25'24", W 86°50'34". Esta playa se caracteriza por presentar una amplia plataforma arenosa, en las orillas se encuentran formaciones rocosas con pequeñas pozas de marea.
- Playa Maya: N 20°24'17", W 87°01'02". Playa arenosa con presencia de oleaje y pequeñas praderas de *Thalassia testudinum*, con pequeños fragmentos de coral y rocas.

- Punta Morena: N 20°24'12", W 86°51'28". Caracterizada por ser una franja de peñascos expuestos, las rocas que presenta son altas y forman un frente donde rompen las olas, permitiendo que tenga un oleaje tranquilo hacia la playa.
- Recorrido Isla Cozumel: N 20°29'35", W 86°57'59". Transecto de aproximadamente un kilómetro a partir del muelle, el cual está compuesto por una plancha de concreto cubierto con arena blanquecina, hacia el sur se encuentra un fragmento de playa arenosa con rocas socavadas en donde se forman pozas de marea, presenta salidas de drenaje y un oleaje intenso (Anexo 2).

En el área de estudio fué posible encontrar diferentes habitat's (Tabla 1), que coinciden con Espejel-Montes(1983) y Herrera–Silveira *et al.*(2008)

Características	INSULARES					LITORALES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Arenoso	x		x		x	x	x		x	x	x	X					x
Arena con rocas aisladas													X				x
Rocoso-arenoso				X				x						x	x		
Sustrato artificial					x					x		X					
Pradera <i>Thalassia testudinum</i>	x		x				x			x		X	X		x		X
Presencia de <i>Rhizophora mangle</i>													X	x		x	X
Agregado coralinos			x						x					x	x		X
Oleaje	P/ M		P	M	I	M	M	M	P/ M	M	P	P	M	M/ I	M/ I	M	P

Tabla 1. Habitat's encontrados en la zona de estudio modificado de Espejel-Montes(1983) y Herrera–Silveira *et al.*(2008). Oleaje: (P) poco, (M) moderado, (I) intenso. Sitios de colecta: 1) San Juan, 2) Mezcalito, 3) Maya, 4) Punta Morena, 5) Recorrido Isla Cozumel, 6) Pulticub, 7) 2km al S.E. de Boca Paila, 8) Punta Herrero, 9) 2 km al N.E. de Punta Allen, 10) Punta Allen, 11) Punta Gorda, 12) Cayo Valencia, 13) Punta Hualostoc, 14) Canal Hualostoc, 15) Laguna del Río Temporal, 16) Vigía Chico y 17) Punta Charra.



6. Justificación

La actividad turística en México ha crecido en las últimas décadas y es de especial importancia como motor de desarrollo, a pesar de su impacto favorable en la economía de la región, afecta negativamente a la vegetación marina, la cual es removida para hacer más atractivos estos espacios.

A pesar de las numerosas investigaciones realizadas para el área de estudio, la ficoflora del Caribe mexicano aún no se conoce en su totalidad, debido a ello, es necesario realizar más exploraciones con la finalidad de complementar un inventario de las especies de algas en la costa de Quintana Roo, México.

7. Hipótesis del trabajo

Las especies de algas en localidades litorales posiblemente sean diferentes de las insulares, debido a las condiciones tales como: sustrato, oleaje, profundidad y la presencia-ausencia de otras comunidades vegetales.



8. Objetivos

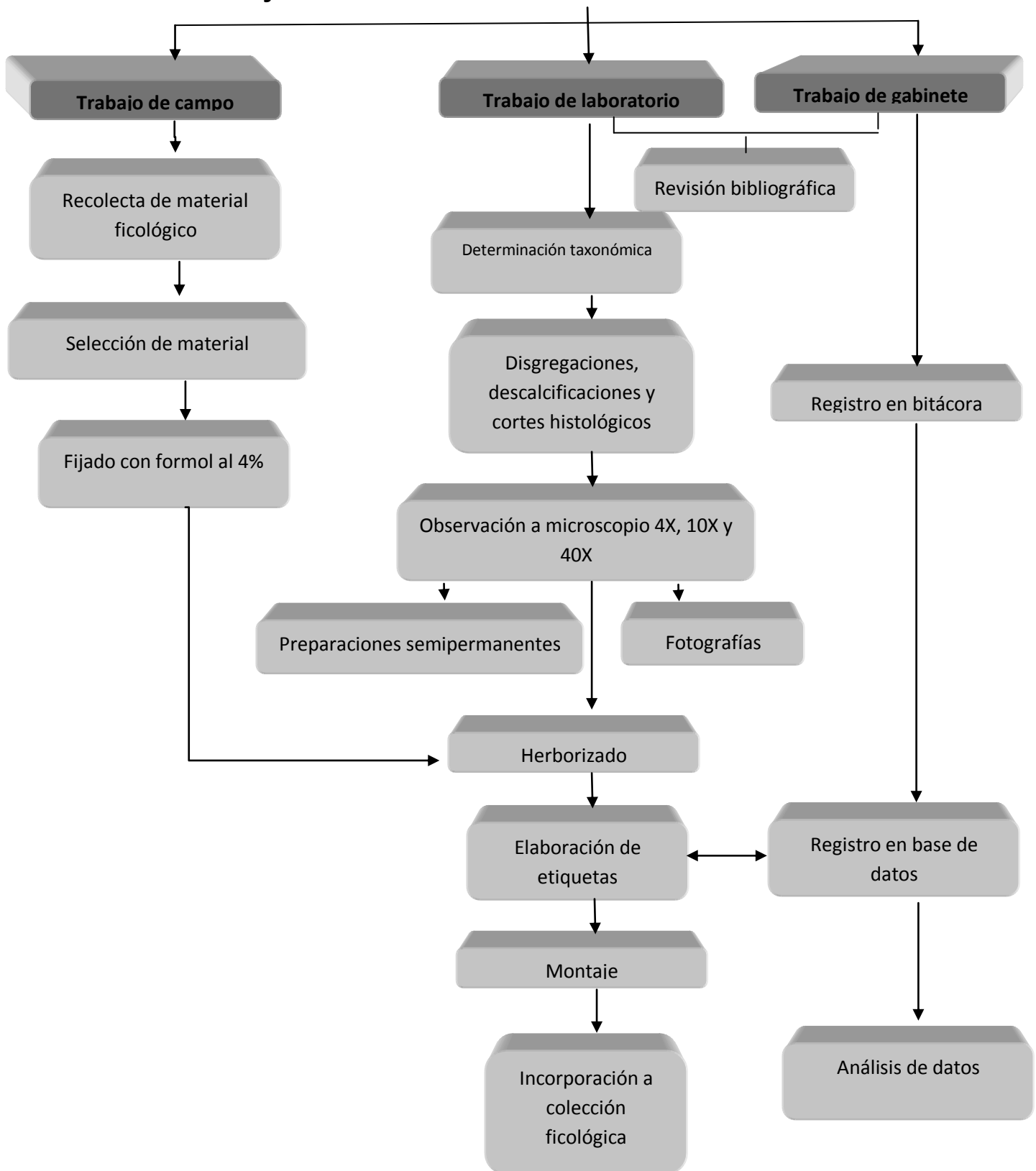
8.1 Objetivo general

Analizar la ficoflora de 12 localidades litorales y cinco insulares de Quintana Roo, México.

8.2 Objetivos Particulares

- ❖ Obtener un listado ficoflorístico de localidades litorales e insulares de la costa de Quintana Roo.
- ❖ Comparar la ficoflora entre localidades litorales e insulares.
- ❖ Incrementar la colección de algas marinas del herbario FEZA.

9. Material y Método





9.1 Fase de campo

- Se realizó una salida a la costa del estado de Quintana Roo, para recolectar material ficológico, del 19-25 de Junio de 2010. Se visitaron un total de 17 localidades cinco insulares: Playa San Juan, Mezcalito, Playa Maya, Punta Morena y un recorrido a lo largo de diferentes puntos de Isla Cozumel. 12 litorales: Pulticub, 2 km.al SE de Boca Paila, Punta Herrero, 12 km.al NE de Punta Allen, Punta Allen, Punta Gorda, Cayo Valencia, Punta Hualostoc, Canal Hualostoc, Laguna del Río Temporal, Vigía Chico y Punta Charra, se georeferenciaron con ayuda de Geoposicionador E-trex Garmín®.
- La recolecta fué aleatoria, los talos se extrajeron con la ayuda de una espátula para obtener el ejemplar completo desde el disco basal.
- Los organismos se introdujeron dentro de bolsas de plástico, debidamente etiquetados con los datos de campo (fecha, localidad, sustrato, estado y colector), se realizó una separación por color, lo cual ayudó en la determinación taxonómica, ya que podrían haber presentado decoloración al momento de transportarlos a laboratorio.
- Se les adicionó una solución de formaldehído al 4% en agua de mar para fijar las muestras.

9.2 Fase de laboratorio

- La determinación taxonómica se realizó con ayuda de literatura especializada, claves de género, así como de especie: Taylor (1960), Joly (1967) y Littler y Littler (2000). Para la actualización nomenclatural se consultó la página electrónica <http://www.algaebase.org>.
- A los talos con organización laminar, parenquimatosa y pseudo-parenquimatosa, se les tomó una pequeña muestra a la que se le



realizaron cortes en sentido longitudinal y transversal, con navaja de doble filo.

- A la muestra de los talos sifonales, se disgregó con ayuda de agujas de disección con la observación de un estereoscopio Nikon MZ645.
- Los talos con Carbonato de Calcio, se les agregó una gota de Ácido Nítrico 1:1 para su descalcificación .
- Con los cortes y disgregaciones se elaboraron preparaciones semipermanentes montadas con gelatina glicerinada, en los que se observaron caracteres morfológicos vegetativos y reproductivos que se observaron con un microscopio óptico Nikon eclipse 50i. Se tomaron fotografías con cámara Nikon Coolpix 5400, de los caracteres más representativos.
- Los ejemplares determinados taxonómicamente se prensaron según Ortega *et al.* (1993).
- A cada ejemplar se le asignó un número de registro en la bitácora, con el que ingresaron a la base de datos con el programa Access®.
- El siguiente paso fue el montaje de los ejemplares en una cartulina Bristol de 110 kg, pegados con mucílago y papel engomado.

a. En el ángulo inferior derecho de la cartulina, se colocó la etiqueta con los siguientes datos:

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| ✓ nombre de la Institución | ✓ piso (zona intermareal o submareal) |
| ✓ Estado o entidad federativa | ✓ asociación |
| ✓ Localidad georreferenciada | ✓ determinador |
| ✓ nombre científico | ✓ observaciones |
| ✓ número de registro | |
| ✓ tipo de sustrato | |
| ✓ recolectores | |
| ✓ fecha de recolecta | |
| ✓ exposición al oleaje | |



- b. En el ángulo superior derecho, el número de folio o registro.
 - c. En el ángulo superior izquierdo, el sello con el acrónimo del herbario (FEZA).
- Los ejemplares montados se protegieron con una cubierta de papel revolución.
 - Finalmente, los ejemplares ya montados se intercalaron a la colección en orden alfabético por familia, género y especie.

9.3 Fase de gabinete

Revisión bibliográfica de artículos, tesis y textos relacionados con el tema, para la observación y reconocimiento de los caracteres micro y macroscópicos para la determinación taxonómica.

9.4 Análisis estadístico

- Con el material determinado taxonómicamente, se elaboró un listado de especies para su análisis estadístico.
- Se utilizó el índice de Cheney para medir el gradiente latitudinal.
- Con los datos de presencia-ausencia de especies por localidades, se elaboró una matriz y se analizó con el Coeficiente de Similitud de Jaccard (Magurran, 1988).
- Finalmente se realizó un análisis de agrupamiento (Cluster Analysis), con el programa NTSyS 2.1.
- Para la aplicación de curvas de acumulación de especies se utilizó el programa Primer 6 versión Demo (Moreno, 2001).
- Análisis de resultados.

10. Resultados y Análisis de Resultados

10.1 Ficoflorística

Se obtuvo un listado total de 170 taxa, incluyendo 9 variedades y dos formas (Anexo 3). La División Cyanophyta con nueve especies, 67 de Chlorophyta, 69 de Rhodophyta y 25 de la Clase Phaeophyceae. El porcentaje para cada división fue: rojas (Rhodophyta) 41%, seguido de verdes (Chlorophyta) 39%, pardas (Phaeophyceae) 15% y cianofitas (Cyanophyta) 5% (Figura 2). Estos resultados también coinciden para Isla Cozumel citados por Mateo-Cid y Mendoza-González (1991) e Isla Mujeres, Quintana Roo por Mendoza-González y Mateo-Cid (1992).

Para la zona de estudio se encontraron 11 registros nuevos (*Lyngbya confervoides*, *L. penicilliformis*, *Symploca atlántica*, *Symplocastrum coccineum*, *Dichothrix fucícola*, *D. penicillata*, *D. utahensis*, *Rivularia nítida*, *Dictyota implexa*, *Lobophora variegata ruffled*, fase *Dyctierpa* de *Padina sanctae-crusis* (Anexo 4). Además la colección ficológica se incrementó con 82 nuevos registros

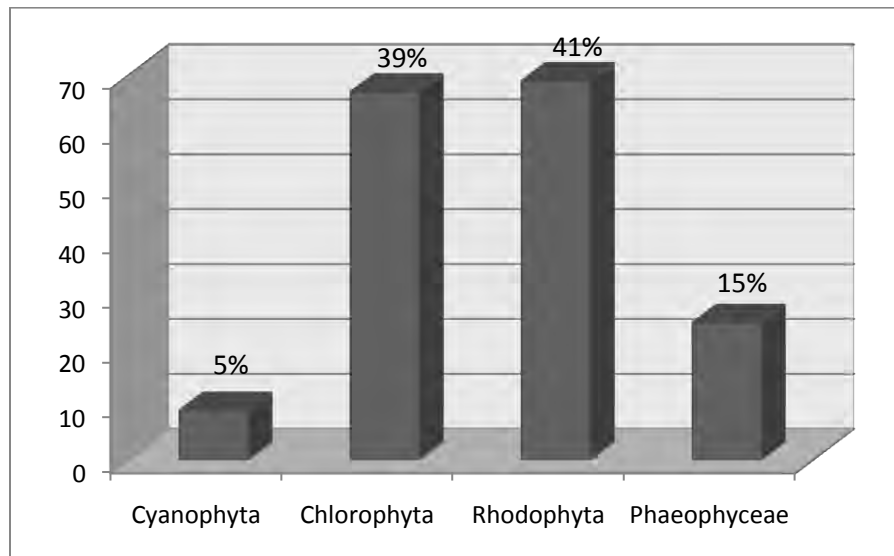


Figura 2. Número de especies y porcentaje total por cada división.

Para la división Cyanophyta se reconocieron tres familias: Rivulariaceae con cuatro especies, Oscillatoriaceae con tres y Phormidiaceae dos (Figura 3).

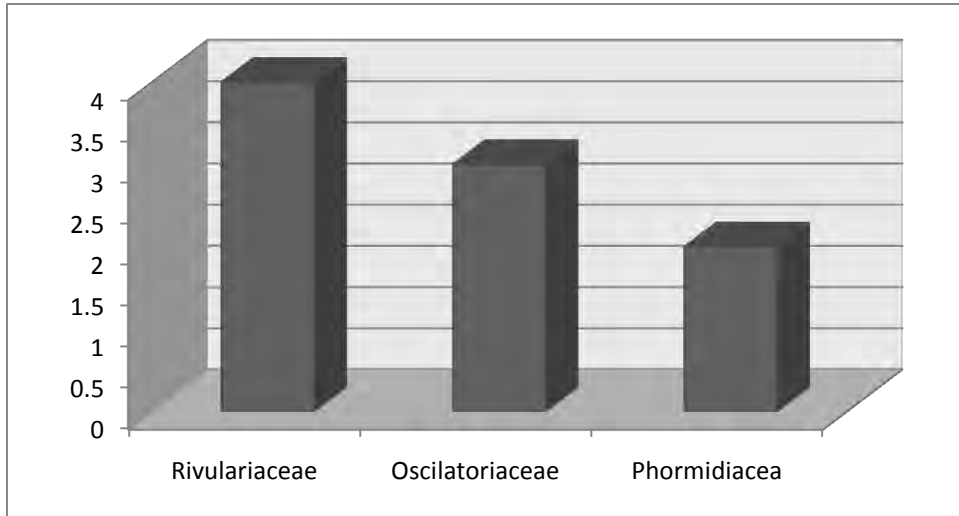


Figura 3. Número de especies por familia de la División Cyanophyta

La división Chlorophyta presentó un total de 13 familias: Udoteaceae (14 especies), Caulerpáceae (13), Halimedaceae (8), Cladophoraceae (7), Dichotomosiphonaceae (7), Anadyomenaceae, Bryopsidaceae, Dasycladaceae y Siphonocladaceae (3), Codiaceae y Valoniaceae (2), Polyphysaceae y Ulvaceae con una sola especie (Figura 4).

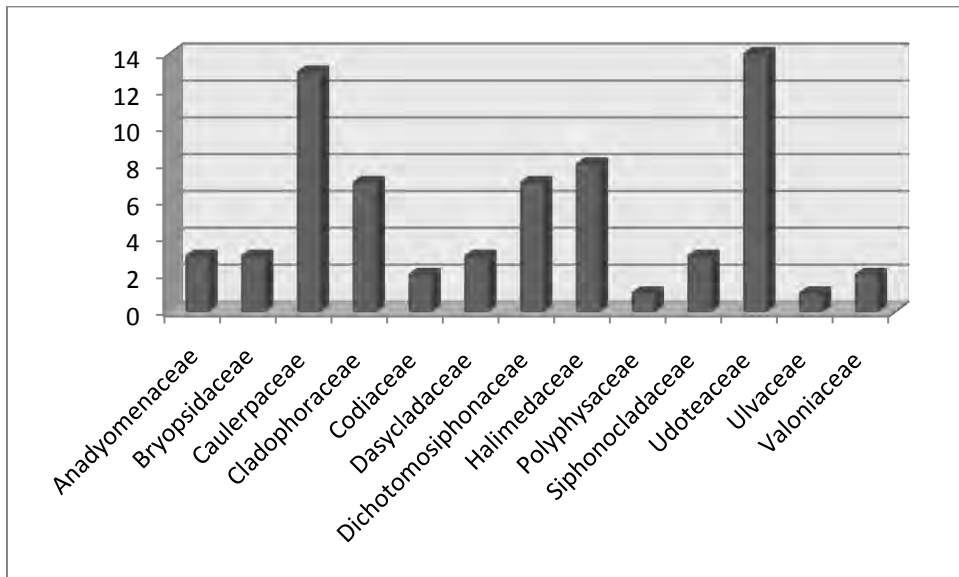


Figura 4. Número de especies por familia de la División Chlorophyta.

En cuanto a la clase Phaeophyceae se encontraron tres familias: Dictyotaceae con 16 especies, en ella se reconoció la etapa “*Dictyerpa*” en *Padina sanctae-crusis* (Figura 5 a y b), Sargassaceae, 9 especies y una para la familia Scytosiphonaceae (Figura 6).

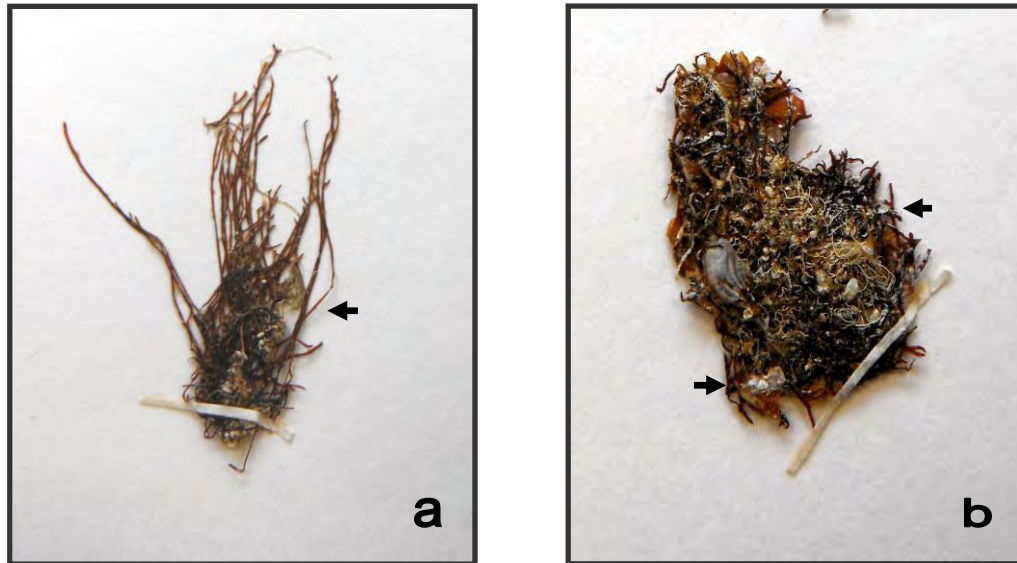


Figura 5 (a,b) Fase *Dictyerpa* en *Padina sanctae-crusis*

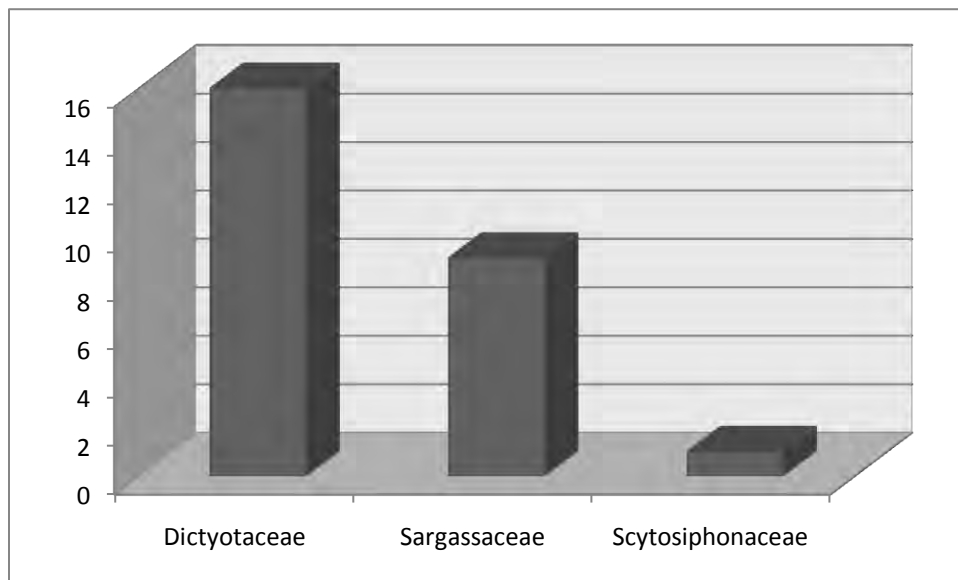


Figura 6. Número de especies por familia de la Clase Phaeophyceae

Finalmente la división Rhodophyta presentó el mayor número de familias: Rhodomelaceae (30 especies), Ceramiaceae (6), Dasyaceae y Gracilariaceae (5), Corallinaceae (4), Galaxauraceae y Liagoreaceae (3), Callithamniaceae, Cystocloniaceae y Spyridiaceae (2), Delesseriaceae, Gelidiellaceae, Lomentariaceae, Stylonemataceae y Wrangeliaceae una (Figura 7).

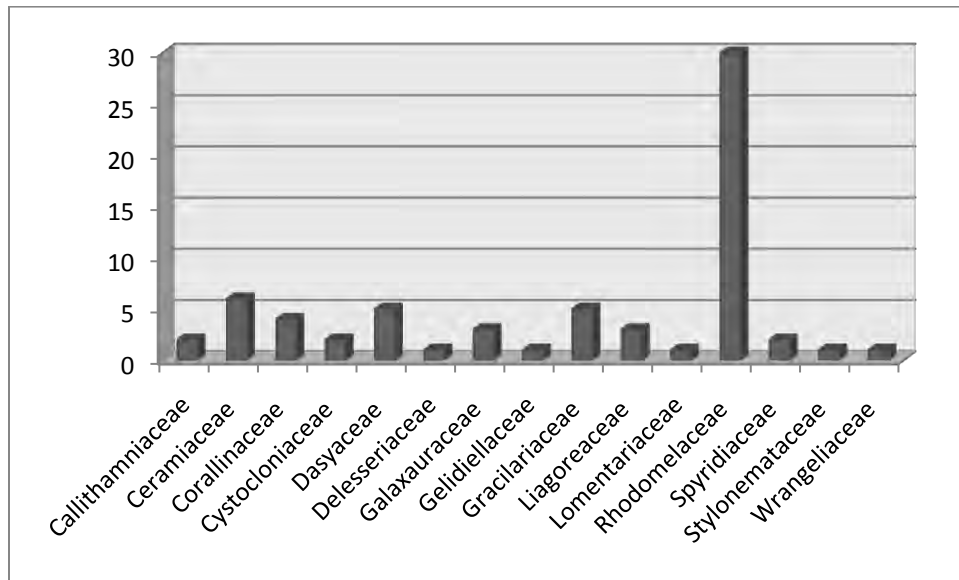


Figura 7. Número de especies por familia de la División Rhodophyta.

10.2 Localidades litorales e insulares

Se encontraron especies exclusivas, tanto de localidades litorales (63 especies) como insulares (29), así como algunas que fueron compartidas entre ambas (78).

Cabe destacar que en las cinco localidades insulares se registraron 81 especies, comparado con las 12 localidades litorales que presentaron 135 especies. Lo que indica que Isla Cozumel tiene una gran diversidad de ficoflora marina. Es posible que esté relacionado con el tamaño de la isla y la distancia que existe entre el litoral de Quintana Roo, según la teoría insular; “Cuanto mayor sea el tamaño de la isla, mayor será el número de ambientes, por tanto de especies presentes” (McArthur y Wilson, 1967).

10.3 Sustratos

Los más comunes en la zona de estudio fueron: rocoso, arenoso, conchas, fragmentos de coral y rocoso/arenoso. El 52% de las especies se encontró en sustrato rocoso de origen calcáreo. En sustrato arenoso el 29%, caracterizado por presentar en su mayoría especies típicamente psamófilos: *Avrainvillea digitata*, *A. elliotii*, *A. fulva*, *A. hayi*, *A. longicaulis*, *A. nigricans*, *A. nigricans f. spongiosa*, *Halimeda discoidea*, *H. gracilis*, *H. incrassata*, *H. monile*, *H. opuntia*, *H. scabra*, *H. simulans*, *H. tuna*, *Penicillus capitatus*, *P. dumetosus*, *P. pyriformis*, *Rhipocephalus oblongus*, *R. phoenix*, *Udotea abbottiorum*, *U. conglutinata*, *U. dixonii*, *U. fibrosa*, *U. flabellum*, *U. loensis* y *U. scabra*.

El sustrato arenoso/rocoso 9%, predominando la división Chlorophyta (*Caulerpa ashmeadii*, *C. mexicana*, *C. racemosa var. macrophysa*, *C. verticillada* y *Udotea fibrosa*); Rhodophyta (*Dasya ramosissima* y *Palisada perforata*), y *Colpomenia sinuosa* de la Clase Phaeophyceae.

El 1 % de las especies fueron epizoicas; *Batophora oerstedii* y *Dasycladus vermicularis*. (Figura 8).



Figura 8. *Dasycladus vermicularis* adherido a concha de bivalvo

Por último el 6% se encontró como talos flotantes: *Dichothrix fucicola*, *D. penicillata*, *Rivularia nítida*, *Chaetomorpha viellardii*, *Cladophora catenata*, *Spyridia filamentosa* y *S. hypnoides* (Figura 9).

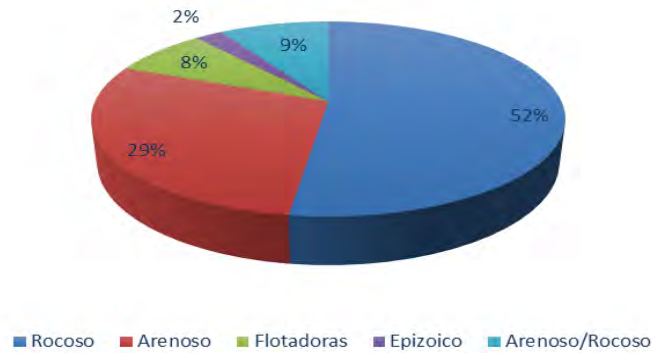


Figura 9. Afinidad por tipos de sustrato.

10.4 Epifitismo

Del total de las 170 especies, 44 fueron epífitas (Tabla 2). Cyanophyta (*Dichothrix utahensis* Lyngbya *confervoides*, *L. majuscula*, *L. penicilliformis* y *Symploca atlántica*; Chlorophyta (*Boodleopsis pusilla*, *Chaetomorpha brachygona*, *C. gracilis*, *C. linum*, *Cladophora catenata* *Derbesia marina*, *Penicillus capitatus* y *Ulva lactura*); Rhodophyta (*Aglaothamnion herveyi*, *Bangiopsis dumontioides*, *Caloglossa lepieurii*, *Catenella caespitosa*, *Centroceras clavulatum*, *C. internitens*, *Ceramium brevizonatum* var. *caraicicum*, *C. corniculatum*, *C. cruciatum*, *C. nitens*, *Chondria baileyana* *Crouania attenuata*, *Dasya crouaniana*, *D. ocellata*, *Dichotomaria obtusata*, *Gelidiella acerosa*, *Herposiphonia parca*, *Heterosiphonia gibbessi*, *H. secunda*, *Jania adhaerens*, *Neosiphonia ferulacea*, *N. gorgonie*, *Polysiphonia binneyi*, *P. havenesis*, *P. opaca*, *P. scopolorum*, *P. scopolorum* var. *villum*, *Ptilothamnion spluncarum* y *Titanophycus validus* y Phaeophyceae, (*Dictyota crenulata* y *D. implexa*).

En los géneros *Avrainvillea*, *Digenia*, *Udotea* y *Zonaria*, se presentó el mayor número de epífitas (Figura 10). Estos resultados son similares a los propuestos por Huerta-Muzquiz *et al.*, (1987), Mateo-Cid y Mendoza- González (1991), Mendoza-González y Mateo-Cid (1992) y Quan-Young *et al.* 2003. para el Caribe mexicano (Tabla 2), cabe destacar que *Digenia simplex* resultó un forófito efectivo para las especies epífitas.

División forófito	Forófito	Epífita	División epífita
Chlorophyta	<i>Avrainvillea elliotii</i>	<i>Chaetomorpha brachygona</i>	C
		<i>Ulva lactuca</i>	C
		<i>Catenella caespitosa</i>	R
	<i>Avrainvillea nigricans f. spongiosa</i>	<i>Penicillus capitatus</i>	C
	<i>Avrainvillea sp.</i>	<i>Ceramium corniculatum</i>	R
	<i>Halimeda monile</i>	<i>Ceramium corniculatum</i>	R
	<i>Halimeda simulans</i>	<i>Polysiphonia opaca</i>	R
	<i>Halimeda sp.</i>	<i>Ptilothamnion speluncarum</i>	R
	<i>Udotea flabellum</i>	<i>Ceramium brevizonatum var. caraibicum</i>	R
		<i>Neosiphonia ferulacea</i>	R
		<i>Polysiphonia scopolorum</i>	R
		<i>Heterosiphonia secunda</i>	R
	<i>Udotea scabra</i>	<i>Dichothrix utahensis</i>	Cy
		<i>Cladophora catenata</i>	C
		<i>Ceramium cruciatum</i>	R
	Rhodophyta	<i>Amphiroa fragilísima</i>	<i>Chondria baileyana</i>
<i>Bryothamnion triquetrum</i>		<i>Jania adhaerens</i>	R
<i>Digenia simplex</i>		<i>Lyngbya majuscula</i>	Cy
		<i>L. penicilliformis</i>	Cy
		<i>Derbesia marina</i>	C
		<i>Aglaothamnion herveyi</i>	R
		<i>Caloglossa leprieurii</i>	R
		<i>Centroceras internitens</i>	R
		<i>Ceramium nitens</i>	R
		<i>Polysiphonia binneyi</i>	R
		<i>Dictyota crenulata</i>	P
		<i>Dictyota implexa</i>	P
		<i>Centroceras clavulatum</i>	R
		<i>Herposiphonia secunda</i>	R
		<i>Polysiphonia havenensis</i>	R
<i>Hypnea musciformis</i>		<i>Ceramium corniculatum</i>	R
Phaeophyceae	<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Bangiopsis dumontioides</i>	R
	<i>Dictyota pinnatifida</i>	<i>Centroceras clavulatum</i>	R
	<i>Dictyota mertensii</i>	<i>Centroceras clavulatum</i>	R
	<i>Galaxaura rugosa</i>	<i>Dichotomaria obtusata</i>	P
	<i>Laurencia caraibica</i>	<i>Chaetomorpha gracilis</i>	C
	<i>Laurencia intricata</i>	<i>Chaetomorpha linum</i>	C
	<i>Palisada perforata</i>	<i>Boodleopsis pusilla</i>	C
	<i>Sargassum hystrix</i>	<i>Dasya crouania</i>	R
	<i>Sargassum vulgare</i>	<i>Titanophycus validus</i>	R
	<i>Styopodium zonale</i>	<i>Herposiphonia parca</i>	R
		<i>Herposiphonia gibbesii</i>	R
	<i>Turbinaria turbinata</i>	<i>Dasya ocellata</i>	R
		<i>Gelidiella acerosa</i>	R
	<i>Zonaria tournefortii</i>	<i>Herposiphonia secunda</i>	R
		<i>Neosiphonia gorgonie</i>	R
	<i>Polysiphonia scopolorum v. villum</i>	R	

Tabla 2. Asociación entre algas epífitas y forófito

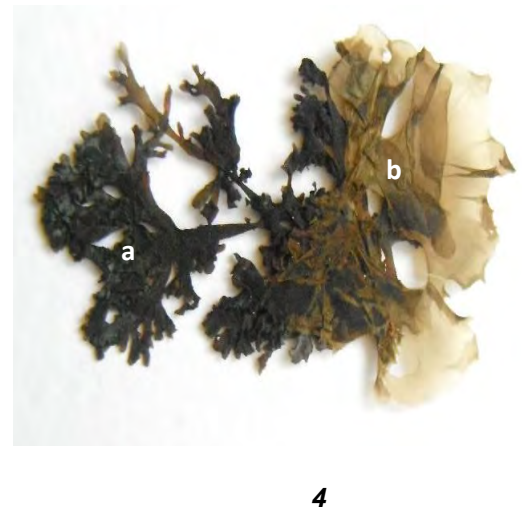
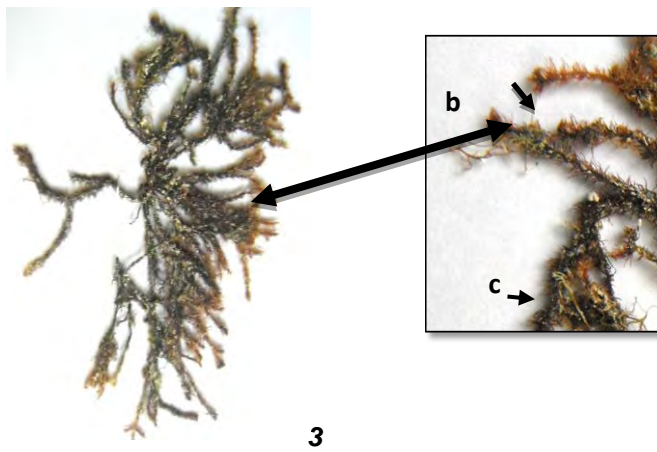
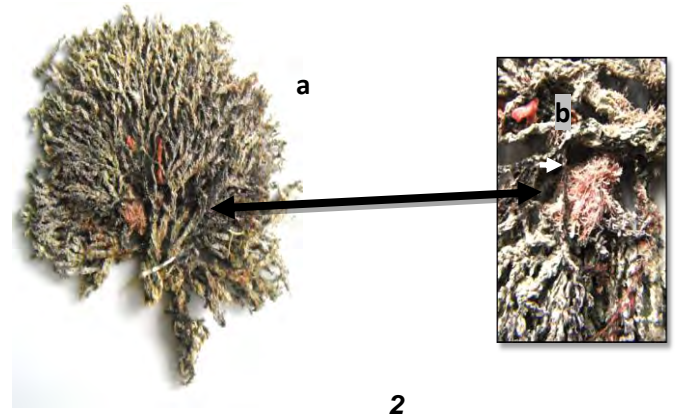
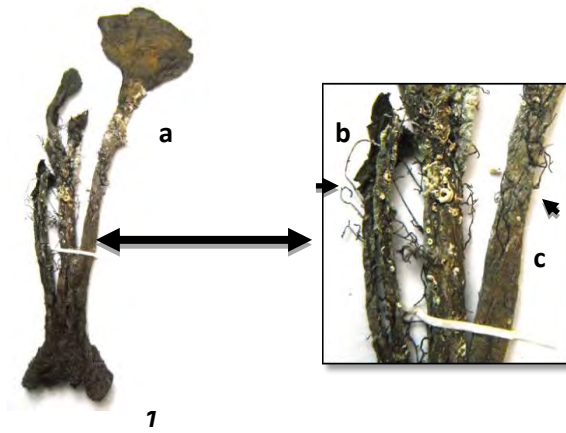


Figura 10. Especies epifitas y forófito 1. *Catenella caespitosa* (b) y *Chaetomorpha linum* (c) en *Avrainvillea elliotii* (a) 2. b) *Jania adhaerens* en a) *Bryothamnion triquetrum* 3. *Centroceras internitens* (b) y *Centroceras clavulatum* (c) en a) *Digenea simplex* 4. b) *Ulva lactuca* Linnaeus en a) *Gracilaria mammillaris*.



10.5 Índice de Cheney

Los resultados fueron analizados con el índice de Cheney y se comparó con lo obtenido por Díaz-Martín *et al.* (1998), Mendoza-González y Mateo-Cid (1992), Mateo-Cid y Mendoza-González (1991) y Ortega *et al.* (2001), ya que la flora registrada en ellos es similar a la obtenida (Tabla 3).

El valor de 5.44 en este índice permite establecer que las algas marinas del litoral y de la isla Cozumel tienen una predominante distribución tropical.

Localidad	R+C/P	Referencia
Estuario Yun Balam, Quintana Roo	11	1
Isla Mujeres, Q Roo	6.08	2
Isla Cozumel, Q Roo	7.13	3
Litoral de Q Roo	7.65	4

Tabla 3. Comparación de trabajos realizados con el índice de Cheney en el área de estudio. 1) Díaz-Martín *et al.* 1998, 2) Mendoza-González y Mateo-Cid 1992, 3) Mateo-Cid y Mendoza-González. 1991, 4) Ortega *et al.* 2001.



10.6 Similitud ficoflorística

Se evaluó la similitud entre localidades insulares y litorales, mediante el coeficiente de asociación de Jaccard

$$P = \frac{c}{a + b - c} \times 100$$

a= número de especies compartidas por ambos sitios, b= número de especies de localidad x, c= número de especies de la localidad y.

Los datos obtenidos de este análisis indicaron que las localidades litorales más similares fueron Vigía Chico (VC) con Laguna del Río Temporal (RT) con un valor Jaccard de 0.2162, cabe destacar que ambas se encuentran dentro de la Reserva de Sian Ka'an (Figura 11a). Por otro lado, las insulares con mayor similitud fueron: Punta Morena (PMO) y Mezcalito (MZ), con un valor de 0.2121 (Figura 11b). Finalmente Punta Hualostoc (PHU) y Recorrido Isla Cozumel (RI), la primera litoral y la segunda insular (Figura 11c).

	12	2	CV	CH	RT	MZ	PM	SJ	PS	PA	PC	PG	PH	PHU	PMO	RI	VC
12		0.1842	0.1617	0.0408	0.0754	0.0727	0.1492	0.0370	0.0701	0.0357	0.0384	0.04	0.1509	0.1481	0.0735	0.1029	0.0517
2			0.1	0.0425	0.0377	0.0754	0.1538	0.0384	0.0925	0.0566	0.04	0.0416	0.0392	0.1320	0.0428	0.1060	0.0925
CV				0.0555	0.1	0.0952	0.1034	0.0487	0.0434	0	0.025	0.0540	0	0.1136	0.0714	0.0508	0.0909
CH					0	0	0.05714	0.06667	0	0	0	0	0	0	0	0.0344	0
RT						0.0243	0	0.1616	0.04	0.0454	0	0.0625	0	0.1818	0.0857	0.0256	0.2162
MZ							0.1	0	0.1616	0.0869	0.05	0.125	0.1	0.16	0.1875	0.05	0.0769
PM								0.0612	0.0222	0.0487	0	0.0277	0.0256	0.0681	0.0740	0.0714	0.0697
SJ									0.0416	0	0	0	0.0555	0.04	0.0571	0.0833	0
PS										0.0384	0.0454	0.05	0.0909	0.0689	0.0769	0.1	0.0344
PA											0.0526	0	0.05	0	0.0833	0	0.125
PC												0	0	0.0434	0.0606	0	0
PG													0	0.1578	0.1	0.0294	0.1052
PH														0.0869	0.0285	0.1176	0
PHU															0.075	0.2121	0.1071
PMO																0.12	0.05
RI																	0
VC																	

Tabla 4. Matriz de datos con respecto al Coeficiente de Similitud de Jaccard: 12 km. al NE de Punta Allen(12), 2 km al SE de Boca Paila (2), Cayo Valencia (CV), Canal Hualostoc (CH), Laguna del Río Temporal (RT), Mezcalito (MZ), Playa Maya (PM), San Juan (SJ), Pulticub (PT), Punta Allen (PA), Punta Charra (PC), Punta Gorda (PG), Punta Herrero (PH), Punta Hualostoc (PHU), Punta Morena (PMO), Recorrido Isla Cozumel (RI), Vigía Chico (VC). Color azul: localidades insulares, color verde: localidades litorales.

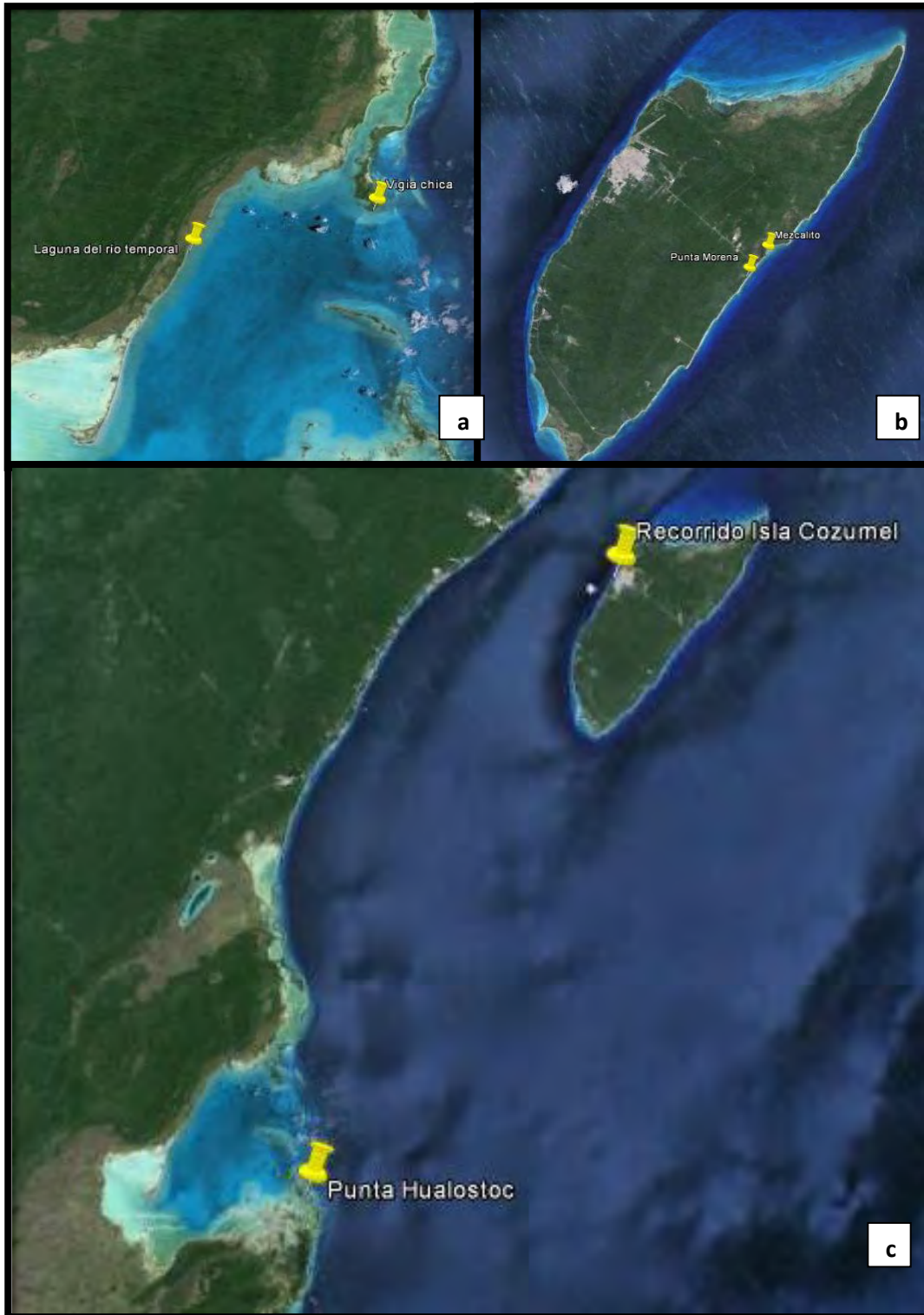


Figura 11 a, b, c Ubicación de localidades más similares según el índice de similitud de Jaccard.
a) Localidades litorales, b) Localidades insulares, c) Localidades litorales e insulares

10.7 Análisis de datos con NTSyS

Se elaboró una matriz de datos (presencia-ausencia), de cada una de las especies distribuidas en las localidades litorales e insulares. Estos datos se analizaron con el programa estadístico NTSyS 2.1. Se obtuvieron tres dendogramas. En el primer dendograma se consideraron tanto localidades insulares como litorales (Figura 12). Se formaron dos clusters (A) conformado por Punta Charra (PC) y Pulticub (PT) ambas comparten *Cladophora albida*. El cluster (B) se subdivide en dos grupos (C) y (D), el primero se separa con dos localidades Canal Hualostoc (CH) y San Juan (SJ), tienen en común *Colpomenia sinuosa*, el segundo se subdivide en (G) que se separan las localidades litorales Mezcalito (MZ) y Punta Morena (PMO) de la litoral Punta Gorda (PG).

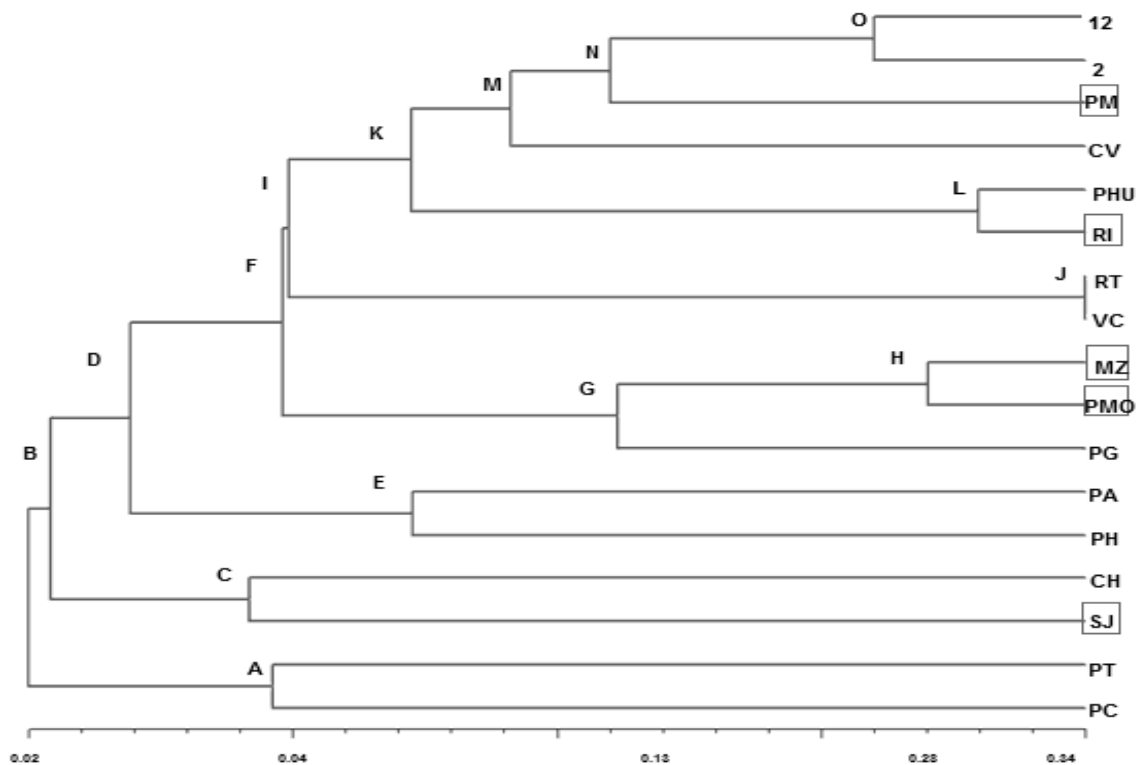


Figura 12. Dendrograma de las 17 localidades: Insulares □: Playa Maya (PM), Recorrido Isla Cozumel (RI), Mezcalito (MZ), Punta Morena (PMO) y San Juan (SJ). Localidades litorales: 12 km. al NE de Punta Allen(12), 2 km al SE de Boca Paila (2), Cayo Valencia (CV), Punta Hualostoc (PHU), Punta Gorda (PG), Pulticub (PT), Laguna del Río Temporal (RT), Vigía Chico (VC), Punta Allen (PA), Punta Herrero (PH), Canal Hualostoc (CH) y Punta Charra (PC).

En el cluster (I) se ubican las dos localidades con más similitud Laguna del Río temporal (RT) y Vigía Chico (VC). El cluster (J) con Punta Hualostoc (PHU) y Recorrido Isla Cozumel (RI), comparten ocho especies: *Anadyomene saldanhae*, *Ceratodyction intricatum*, *Chaetomorpha linum*, *Dictyosphaeria ocellata*, *Galaxaura rugosa*, *Halimeda monile*, *H. opuntia* y *Udotea flabellum*, cabe destacar que una es litoral y la otra insular.

La localidad litoral Cayo Valencia (CV) y la insular Playa Maya (PM), se separan del último cluster por la presencia por una o dos especies del género *Penicillus*. Finalmente las dos localidades litorales 2 Km al S.E de Boca Paila (2) y 12 km. al N.E. de Punta Allen (12) comparten 12 especies *Caulerpa paspaloides var. laxa*, *C. sertularioides*, *Dictyosphaeria cavernosa*, *Dichotomaria obtusata*, *Galaxaura rugosa*, *Halimeda gracilis*, *Padina sanctae-crusis*, *Penicillus capitatus*, *P. dumetosus*, *Sargassum boxifolium*, *S. hystrix* y *Turbinaria turbinata*.

El segundo dendograma incluye localidades insulares (Figura 13). La localidad San Juan (SJ) se separa de las otro cuatro, debido a que no comparten a ninguna especie con las demás. Playa Maya (PM) tiene en común *Anadyomene saldanhae*, con tres localidades. Recorrido Isla Cozumel (RI) comparte *Anadyomene saldanhae* y *Dictyosphaeria ocellata*. Las localidades Punta Morena (PM) y Mezcalito (MZ), tienen mayor similitud con siete especies afines *Anadyomene saldanhae*, *Caulerpa sertularioides f. farlowii*, *Cladophora catenata*, *Dictyosphaeria ocellata*, *D. versluysii*, *Penicillus capitatus* y *Udotea flabellum*.

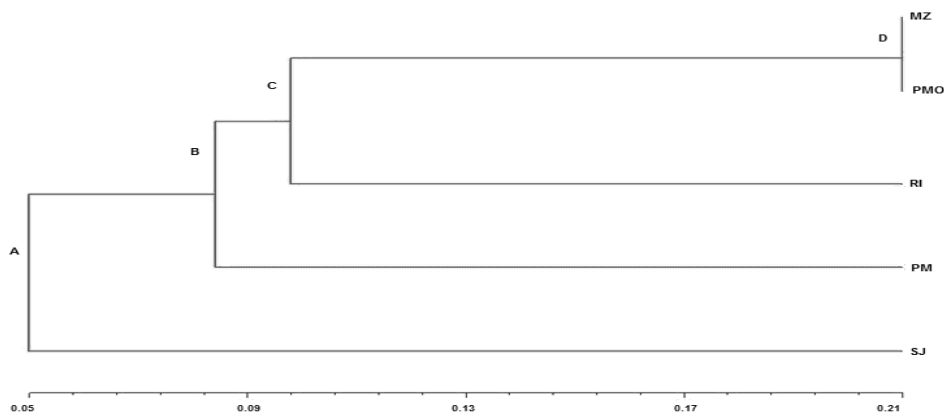


Figura 13. Dendrograma de localidades insulares

El tercer dendograma formado por 12 localidades litorales (Figura 14). En Canal Hualostoc (CH), se registraron seis especies, *Caulerpa ashmeadii*, *C. verticillata*, *Colpomenia sinuosa*, *Lyngbya penicilliformis*, *Halimeda tuna* y *Penicillus dumetosus*, de las cuales solo tres de ellas están presentes en otras localidades (*Caulerpa ashmeadii*, *Halimeda tuna* y *Penicillus dumetosus*). El grupo formado por Punta Charra (PC) con siete especies y Pulticub (PT) con 17 únicamente tienen en común *Cladophora albida*. Como en el grupo anterior Punta Allen (PA) y Punta Herrero (PH) tienen una sola especie compartida *Cladophora catenata*. Las localidades Punta Gorda (PG) y Punta Hualostoc (PH) coinciden con la presencia de *Anadyomene saldanhae*, *Dictyosphaeria cavernosa* y *Penicillus capitatus*. Con mayor similitud Laguna del Río Temporal (RT) y Vigía Chico (VC) con 15 especies cada una, comparten cinco *Anadyomene saldanhae*, *Catenella caespitosa*, *Dasycladus vermicularis*, *Hypnea spinella* y *Penicillus capitatus*. Cayo Valencia (CV), se separa del último cluster al compartir únicamente dos especies de *Penicillus*, *P. capitatus* y *P. dumetosus*. Por último 2 Km. S.E de Boca Paila (2) y 12 km. al N.E. de Punta Allen (12), guardan cierta similitud ya que comparten 12 especies: *Caulerpa paspaloides* var. *laxa*, *C. sertularioides*, *Dictyosphaeria cavernosa*, *Dichotomaria obtusata*, *Galaxaura rugosa*, *Halimeda gracilis*, *Padina sanctae-crusis*, *Penicillus capitatus*, *P. dumetosus*, *Sargassum boxifolium*, *S. hystrix* y *Turbinaria turbinata*.

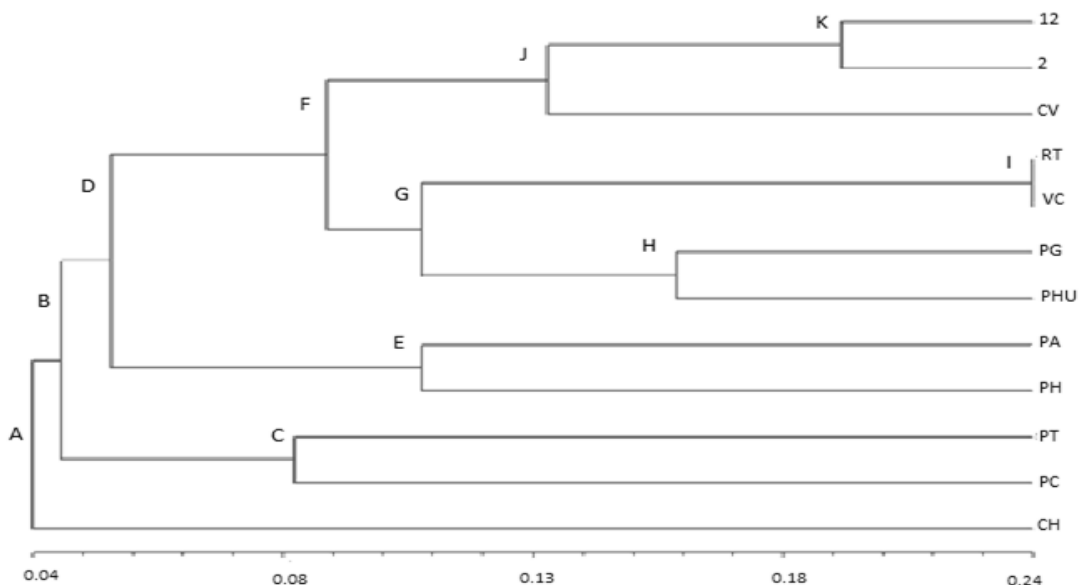


Figura 14. Dendograma de localidades litorales.

10.8 Curvas de acumulación de especies

Con el listado de las 170 especies, se elaboró la curva de acumulación para lo cual se emplearon los estimadores Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap basados en presencia-ausencia, los cuales se recomiendan para el análisis de grupos hiperdiversos (Longino, 1994).

Se obtuvo una gráfica que refleja una curva que no llega a su asíntota, sin embargo tenderá a ella, a medida que el esfuerzo de muestreo se incrementa, se logrará encontrar un número mayor de especies. (Figura 15) y (Anexo 5).

Al calcular la asíntota con los valores obtenidos en el programa Primer 6 Demo, a/b , $19.63 / 0.05$. Resulta un valor de 334.49, indicando que para alcanzar la asíntota faltarían 164 especies. Utilizando de igual forma los valores de a y b , se calculó la proporción de la flora registrada con la siguiente fórmula: $S_{obs} / (a/b)$; $170 / (19.63/3.42) = 29.61\%$, por lo que aún falta un 71.40% de la flora total de la zona de estudio.

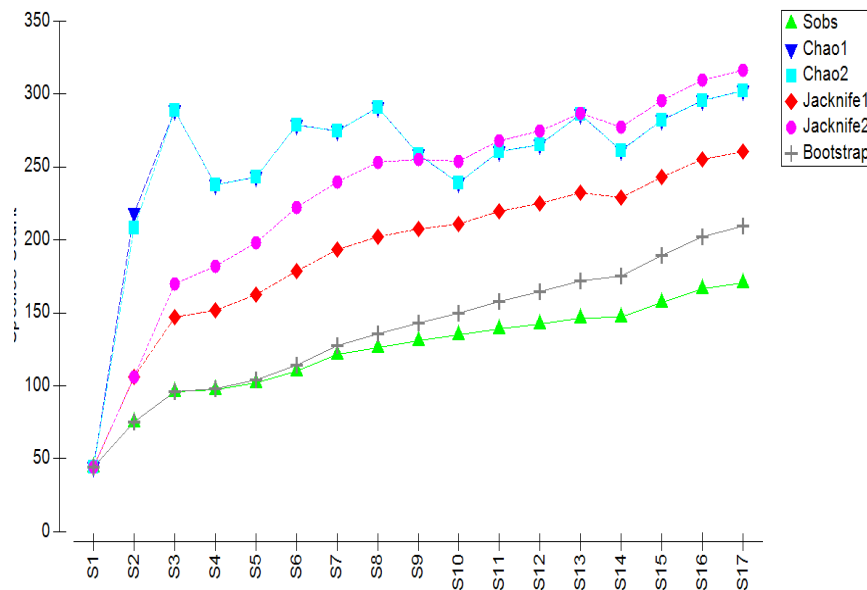


Figura 15. Curva de acumulación de especies para el inventario ficoflorístico de 17 localidades de Quintana Roo. En el eje de las X se muestran el esfuerzo o zonas de muestreo y en el eje de las Y el número de especies.



Para los parámetros Chao 1 y Chao 2 el valor más alto observado fue 291, indicando que se esperaría encontrar 121 especies más.

En cuanto al parámetro Jack 1, calcula 259 especies, por lo que faltarían 89 para completar el listado, en comparación con Jack 2, en el que faltarían 135 especies para sumar las 305 calculadas por el programa Primer 6 Demo. Finalmente Bootstrap indica que conforme se siga muestreando existe la posibilidad de encontrar 39 registros nuevos en un posterior muestreo. Con respecto a los datos obtenidos, indican que el inventario se puede mejorar si se permanece más tiempo en la zona de colecta o si se retoman los muestreos en otras épocas del año.



11. Conclusiones

- ✚ El presente estudio aportó 11 nuevos registros para la zona de estudio.
- ✚ El número de especies epífitas fue alto con 44 taxa, principalmente de la división Rhodophyta.
- ✚ Las localidades insulares presentaron una mayor riqueza, comparada con las litorales.
- ✚ Los valores del Índice de Similitud de Jaccard indicaron que las localidades litorales Vigía Chico y Laguna del Río Temporal fueron las más similares y las insulares con mayor similitud fueron: Punta Morena y Mezcalito. Por último al comparar litorales e insulares Punta Hualostoc y Recorrido Isla Cozumel fueron las más semejantes.
- ✚ El Índice de Cheney confirma que la ficoflora del área de estudio es tropical.
- ✚ Las curvas de acumulación de especies sugieren continuar y ampliar las recolectas en la zona de estudio.
- ✚ La colección ficológica fue incrementada con 336 números FEZA, de los cuales 82 fueron nuevos registros para dicha colección.



12. Literatura citada

- Acosta-Calderón J.A. 2011. Variación espacio temporal de algas marinas bénticas (Chlorophyta, Rhodophyta, Phaeophyceae) durante 2008-2009, en la Bahía Ascención y Espiritu Santo en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Universidad del Mar. 92 pp.
- Aguilar- Rosas M.A., L.E., Aguilar- Rosas y J.A. Fernández Prieto, 1989. Algas marinas bentónicas de la Bahía de la Ascención, Quintana Roo, México. Bol. Inst Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente. 28(2):67-75.
- Aguilar- Rosas, L.E., Aguilar- Rosas M.A.; Pedroso-Cedillo, A.G. y Fernández Prieto, J.A. 1992. Adiciones a la flora marina del Caribe mexicano. Acta Bot. Mex. 19(1):77-84.
- Aguilar-Rosas, M.A. 1992. Algas marinas bentónicas de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. In: Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Navarro, D. y E. Suárez (eds), 2(2):13-34.
- Aguilar- Rosas, M.A. 1998. Algas marinas de la región central de Quintana Roo, México. Acta Bot. Mex. 7(1):15-32.
- Aguilar-Rosas R, A. Machado-Galindo. 1990. Ecological aspects of *Sargassum muticum* (Fucales, Phaeophyta) in Baja California, Mexico: Reproductive phenology and epiphytes. Hydrobiologia 204/205(1): 185–190.
- Bastian, A.L. 1997. Determinación de la distribución y abundancia de las macro algas marinas bentónicas de importancia económica en la reserva de la biosfera de Sian Ka'an en Quintana Roo por medio de PR y SIG. Informe de Servicio Social. UAM-I. México.67 pp.
- Burnham, K.P. y W.S. Overton. 1978. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. Biometrika 65(3):625-633.



- Burnham Kp y Overtons. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology* 60(5):927-936
- Castillo-Arenas, A. G. y K.M, Dreackman. 1995. Composición taxonómica de las arribazones algales en el Caribe mexicano. *Cryptogamie, algol.* 16(2):115-123.
- Celis-Rincón A., R. Alvarez-León y G. Bula-Meyer. 1999. Epifitismo y Epizoismo de Algas Coralina´ceas (Rhodophyta: Corallynaceae) en el Archipiélago del Rosario, Caribe Colombiano. *Caribbean Journal of Science. University of Puerto Rico, Mayagüez* 35(3-4): 296-303.
- Cetz N.P., J.A. Espinoza, A.G. Santies y I. Quang-Young. 2008. Nuevos registros de macroalgas para el Atlántico mexicano y riqueza florística del Caribe mexicano. *Hidrobiológica. México.* 18(1): 11-19.
- Chao, A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11(1):265-270.
- Chao, A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43(1):783-791.
- Cheney, D.P. 1977. R&C/P A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Journal of Phycology (suppl.)* 13(1): 12-20
- Chiovitti, A. A., D.J. Bacic, S.L. Craik, G.T. Kraft, M.L. Liao. 1995. Cell wall polyssacharides from Astralian red algae of the family Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta): iota/kappa/beta-carrageenans from *Melanema dumosum*. *Phycologia.* 47(1):35-40
- C. van den Hoek; D.G. Maann y H.M. Hahns. 1995. *Algae. An introduction to phycology.* Cambridge. University Press. 614pp.
- Díaz-Martin, M. A. y J. Espinoza-Avalos. 2000. Distribution of Brown seaweeds (Phaeophyta) in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 66(2): 279-289.



- Díaz- Martín, M.A., E. Torres-Mejía y J. Espinoza-Avalos. 1998. Lista de algas del Area de Protección Yun Balam, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 46(2):487-492.
- Dreackman, K.M., I. Stout y A. Sentfés. 1996. Lista actualizada de algas marinas bentónicas de Puerto Morelos, Quintana Roo, Caribe Mexicano. *Polibotánica*. 3(1):1-17.
- Dreackman, K.M. 1998. Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas de Atlántico Mexicano. CONABIO. México. 140 pp.
- Espejel-Montes, J. J. 1983. Biología acuática, descripción general de los recursos bióticos y económicos. En: *Sian Ka'an: Estudios Preliminares de una Zona en Quintana Roo como propuesta Reserva de la Biósfera*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, A.C., Puerto Morelos, Quintana Roo, México. 193-215 pp.
- Feldmann, J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranée. La Cote des Alberes. *Revue Algologique* 10(1):1-339.
- Fernández, C. y F. X. Niell, 1982. Zonación del fitobentos intermareal de la región del cabo Peñas (Asturias). *Inv. Pesq.*, 46(1): 121-141.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Serie Libros No. 6. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 90 pp.
- Garduño G., J.L. Godinez, M.M. Ortega. 2005. Distribución geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. México. 76 (1) 61-78.
- Gotelli, N. J. y R. K. Colwell 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.*, 4(4): 379-391.
- Graham, L.E. y L.W. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall. New York. 640pp.



- Garza-Barrientos, M.A. 1975. Primeras consideraciones referentes sobre la flora marina del sureste de la República Mexicana. Memorias del 11 Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 2(7):7-25
- Geraldés, F.X. y M.B. Vega. 2001. Manual de Métodos para el Estudio y Monitoreo de Ecosistemas Costeros Marinos Tropicales. SAM. 157 pp.
- Herrera-Silveira, E., M. Harquin, M. Gómez, M. Arellano, T. Mariño y C. Enríquez. 2008. Distribución espacial de los pastos marinos en Bahía de la Ascensión y sus respuestas adaptativas a la heterogeneidad hidrológica del ecosistema: Implicaciones de manejo y su importancia para el sistema arrecifal adyacente. Informe final. CINVESTAV TNC. 60 pp.
- Huerta-Múzquiz, L. 1958. Contribución al conocimiento de las algas de los bajos de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. An. Ene. Nac. Gene. Biol., México, 9(4): 115-123
- Huerta-Múzquiz, L.A., A.C. Mendoza-González y L.E. Mateo-Cid. 1980. Contribución al conocimiento de la flora marina de la Península de Yucatán, Phytología. 62 (1): 23-53.
- _____. 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la península de Yucatán. Phytologia. 62(1):23-53.
- Joly, B.A. 1967. Géneros de algas marinas de la costa Atlántica Latinoamericana. Universidade de Sao Paulo. Brasil. 463pp.
- Krueger D. y H. Meyer. 2012. Algae: Ecology, Economic Uses and Environmental Impact (Marine Biology). Nova Science Publisher, Inc. 155pp.
- Keeney, T. 1999. Coral reef macroalgae in Northern Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. Texas A&M University-Corpus Christi. U.S.A. 58 pp.
- Lee, R.E. 1999. Phycology. Cambridge. University Press. USA. 614 pp.



- Littler S.D. y M.M. Littler, 2000. Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. Washington: Off Share Graphics. 542 pp.
- León-Álvarez, D., C. Candelaria-Silva, P.-Hernández Almaraz y H. León Tejera. 2007. Géneros de algas marinas tropicales de México. I. Algas Verdes. Universidad Nacional Autónoma de México, 51 pp.
- Longino, J. 1994. How to so measure arthropod Diversity in a tropical rainforest. *Biology International* 28(2):3-13.
- Lüning K. 1990. Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology. Jhon Wiley & Sons, inc. Canada. 489 pp.
- Mateo-Cid L.E. y A.C. Mendoza-González. 1991. Algas marinas bénticas de Isla Cozumel, Quintana Roo, México. *Acta Botánica. México.* 16(1): 57-88.
- _____. 2002. New Mexican records of marine algae including *Crouania mayae* sp. Nov (Ceramiaceae, Rhodophyta) Caribbean. *Journal of Science.* 38(1): 205-221.
- _____. 2007. Flora ficológica: Diversidad, importancia económica y conservación. En: Mejía-Ortíz, L. Biodiversidad Acuática de la Isla de Cozumel. Universidad de Quintana Roo. 422 pp.
- MacArthur R.H. y E.O Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, 203 pp.
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurements. Princeton University Press. New Jersey, U.S.A. 192 pp.
- Mauseth, J.D. 2008. Botany. An introduction to plant biology. Jones Bartlett Learning. 4ta ed. Philadelphia. 624 pp.
- Mendoza-González C. y L.E. Mateo-Cid. 1992. Algas marinas bentónicas de Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Acta Bot. Méx.* 19(1): 37-61.



- Mendoza-González, A. C., L.E. Mateo-Cid, R.B. Searles. 2000. New records of benthic marine algae from Isla Cozumel, México: Phaeophycota and Chlorophyta. *Bulletin of Marine Science*. 66(1):119-130.
- Mendoza-González y L.E. Mateo-Cid. 2007. Cinco nuevos registros de algas rojas (Rhodophyta) para el Caribe mexicano. *Polibotánica*. 23(1):101-119.
- Mondragón, P.K. 2007. Clave genérica de las algas rojas marinas macroscópicas de las costas de Quintana Roo, México. Tesis de licenciatura. FES IZTACALA, UNAM. México. 54 pp.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol.1 Zaragoza. 84 pp.
- Murray W.N. 2006. Introducción a la Botánica. Pearson-Adisson Wesley. España.274 pp.
- Olarte de los Santos, J.A. 2010. Estado actual del conocimiento de las algas verdes marinas bénticas de las costas de México. Tesina. FES-I. UNAM. México. 54pp.
- Ortega, M.M., J.L. Godínez y M.M. Ruvalcaba. 1993. Una clave de campo de las algas pardas de costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. AGT editor. México. 42 pp.
- Ortega , M.M.; J.L. Godínez; S.G. Garduño y M. G. Oliva. 1995. Ficología de México. Algas continentales. AGT. Editor. 221 pp.
- Ortega, M. M., J. L. Godínez y G. Garduño Solórzano. 2001. Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 594 pp.
- Palenik, B. y R. Haselkorn. 1992. Multiple evolutionary origins of prochlorophytes the chlorophyll b-containing prokaryotes. *Nature*. Londres. 355 pp.



- Palmer M.W. 1991. Estimating species richness: the second-order jackknife reconsidered. *Ecology*. 72(4):1512-1513
- Quang-Young, L.I., M.A. Díaz-Martín, y J. Espinoza-Avalos. 2003. Algas epífitas de Bajo Pepito, Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *ECOSUR*. 54(2): 317-328.
- Smith, E.P. y G. van Belle. 1984. Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics* 40(1):119-129
- Soberón, J.y J.Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*7(3): 480-488.
- South, G.R. y Whittick. 1987. Introduction to phycology. Reproduction and life cycles. Blackwell Scientific Oxford. Canadá. 341 pp.
- Széchy, M.T.M. y A.D.Faria. 2008. Variação sazonal do epifitismo por macroalgas em uma população de *Sargassum vulgare* C. Agardh (Phaeophyceae, Fucales) da Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Oecologia Brasiliensis* 12(2): 299-314.
- Taylor, W.R. 1972. Marine algae of the Smithsonian-Bredin expedition to Yucatan. *Bult. Mar.* 22(1):34-44
- Taylor W.R. 1960. Marine Algae of the East Tropical and Subtropical Coast of the America. University of Michigan Studies Scientific Series. E.U.870 pp.
- Wang, C. y B. Edfield 2003. A further study of the Tropical Western Hemisphere warm pool, en: *Journal of Climate*. American Meteorological Society. E.U.A. 19(12):1476-1493
- Wynne, M.J. 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Canadian Journal of Botany*. Canada. 64(10):2239-2282.
- Wynne, M.J. 2005. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: second revision. *Nova Hedwigia Beiheft*. Berlin. 152 pp.



- Wynne, M.J. 2011. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. Gebrüder Borntraeger. Germany. 166 pp.

Citas electrónicas

- Guiry M.D. y G.M. Guiry. 2013. AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland. Galway en: <http://www.algaebase.org>
- INEGI. 2012. <http://www.inegi.org.mx/>
- Jimenez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología, 8: 151-161. Disponible en: <http://www.ibiología.unam.mx/pdf/directorio/c/cervantes/clases/sistem/Curva.pdf>.

IV. Anexos

Anexo 1. Pigmentos fotosintéticos en las algas, tomado de C. van de Hoek *et al.*, (1995).
 + = pigmentos importantes; x = pigmentos presentes; o = pigmentos raramente presentes

	Cyanophyta	Chlorophyta	Phaeophyceae	Rhodophyta
Clorofilas				
Clorofila a	+	+		+
Clorofila b		+	+	
Clorofila c				
Clorofila d			+	+
Carotenóides				
α-caroteno		o		
β-caroteno	+	+	+	+
γ-caroteno		o		
ε-caroteno			x	
Ficobilinas				
Ficocianina				
aloficocianina	+			+
Ficoeritrina	+			+
ficobilisomas	+			+
Xantofilas				
xeaxantina				
luteína	+	x	o	+
violaxantina		+		+
sifonoantina			+	o
neoxantina		x	+	
fucoxantina		+	x	
myxoxantofila				
oscilaxantofila	+			
equinenona	+			
cantaxantina				
anteraxantina	+			
β-criptoxantina		x	x	o
isocriptoxantina	x	o		x
mutacromo	x			x
diatoxantina	x			x
diadianoxantina			x	
sifoneína			x	
cianofinina		x		
	+			
Compuestos				
α-1-4-glucanos				
almidón cianofítico	+			
almidón florideano		+		
almidón		+		

Anexo 2. Fotografías de algunos sitios de muestreo. a) Punta Allen, b) Cayo Valencia, c) Punta Herrero, d) Punta Morena, e) Recorrido Isla Cozumel, f) Mezcalito.

Litorales



Insulares



Especie	E	RNZ	RNF	Insulares					Litorales													S	No. FEZA
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
<i>A. stellata</i> (Wulfen) C. Agardh						X	X	X										X	X		R	2036,2093,2299,2382,2418	
Bryopsidaceae																							
<i>Bryopsis pennata</i> (Kützing) Collins & Harvey								X													R	2380	
<i>Derbesia marina</i> (Lyngbye) J. Agardh	Φ		▪											X								2178	
<i>Pedobesia simplex</i> (J. Agardh) Solier			▪				X	X													F	2375,2398	
Caulerpaceae																							
<i>Caulerpa ashmeadii</i> Harvey												X				X					A/R	2058,2072	
<i>C. cupresoides</i> (West) C. Agardh												X			X						A	2073,2306	
<i>C. cupresoides</i> var. <i>lycopodium</i> Weber-van Bosse			▪						X	X											A	2049,2250	
<i>C. cupresoides</i> var. <i>mamillosa</i> (Montagne) Weber-van Bosse			▪						X	X											A	2249,2298	
<i>C. mexicana</i> Sonder ex Kützing															X						A/R	2364	
<i>C. paspaloides</i> var. <i>laxa</i> Weber-van Bosse										X	X										A	2050, 2075	
<i>C. paspaloides</i> var. <i>compresa</i> (Weber-van Bosse) M. Howe			▪												X						A	2365	
<i>C. racemosa</i> (Forsskal) J. Agardh							X														A	2043	
<i>C. racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> (Sonder ex Kützing) W. R. Taylor				X												X					A/R	2088,2074	
<i>C. sertularioides</i> (S. G. Gmelin) M. A. Howe										X											A	2040	
<i>C. sertularioides</i> f. <i>farlowii</i> (Weber-van Bosse) Borgesen			▪		X		X		X												A	2067,2248,2297	
<i>C. sertularioides</i> f. <i>longiseta</i> (Bory de Saint-Vincent) Svedelius										X											A	2042	
<i>C. verticillata</i> (J. Agardh)																X					A/R	2057	

Especie	E	RNZ	RNF	Insulares					Litorales													S	No. FEZA
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
<i>A. nigricans</i> Decaisne			▪							X										R	2052		
<i>A. nigricans</i> f. <i>spongiosa</i> D.S Littler & M.M.Littler			▪									X								A	2342		
Halimedaceae																							
<i>Halimeda discoidea</i> Decaisne										X					X					R	2059,2417		
<i>H. gracilis</i> Harvey ex. J. Agardh										X	X			X			X			R	2056,2062, 2087,2252		
<i>H. incrassata</i> (J.Ellis) J.V. Lamouroux			▪			X						X								A	2051,2265		
<i>H. monile</i> (J.Ellis & Solander) J.V. Lamouroux								X						X	X					A	2086,2179,2428		
<i>H. opuntia</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux								X							X		X			A	2251		
<i>H. scabra</i> M.A. Howe												X								A	2432		
<i>H. simulans</i> M.Howe			▪												X					R	2186		
<i>H. tuna</i> (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux														X		X				A	2060,2177		
Polyphysaceae																							
<i>Acetabularia crenulata</i> J.V.Lamouroux			▪							X			X					X	X	R	2054,2089,2281,2282		
Siphonocladaceae																							
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i> (Forsskal) Borgesen			▪		X						X	X		X	X	X			X	R	2101,2102,2283,2361,2416, 2180,2421		
<i>D. ocellata</i> (M.Howe) Olsen-Stojkovich			▪		X		X	X	X	X				X	X				X	R	2011, 2247, 2362, 2387, 2393, 2422, 2286, 2304		
<i>D. versluysii</i> Weber-van Bosse			▪		X		X											X		R	2103,2256,2394		
Udoteaceae																							
<i>Boodleopsis pusilla</i> (Collins) W.R. Taylor A.B. Joly & Bernatowicz	Φ		▪									X									2084		
<i>Penicillus capitatus</i> Lamarck	Φ				X	X	X			X	X			X	X		X	X			2032,2041,2065,2079, 2094, 2182,2254,2274,2190		

Especie	E	RNZ	RNF	Insulares					Litorales													S	No. FEZA
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
<i>P. dumetosus</i> (J.V.Lamouroux) Blainville						X				X			X		X					R	2033,2044,2080,2260,2363		
<i>P. pyriformis</i> A.Gepp & E.S. Gepp			▪		X	X														A	2064, 2066		
<i>Rhipocephalus oblongus</i> (Decaisne) Kützing			▪									X								A	2082		
<i>R. phoenix</i> (J. Ellis & Solander) Kützing					X							X								A	2063,2078		
<i>Udotea abbottiorum</i> D.S Littler & M.M.Littler			▪									X								A	2081		
<i>U. conglutinata</i> (J.Ellis & Solander) J.V. Lamouroux					X							X		X						A	2034,2048,2076,		
<i>U. dixonii</i> D.S Littler & M.M.Littler							X													A	2303		
<i>U. fibrosa</i> D.S Littler & M.M.Littler			▪				X													A/R	2302		
<i>U. flabellum</i> (J.Ellis & Solander) M.Howe					X	X	X					X		X						A	3025, 2070, 2083,2301,2441		
<i>U. looensis</i> D.S Littler & M.M.Littler												X					X			A	2077,2255		
<i>U. scabra</i> M.A.Howe		◊	▪								X									A	2085		
<i>U. spinulosa</i> M.A. Howe											X									A	2047		
Ulvaceae																							
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	⊕							X													2373		
Valoniaceae																							
<i>Valonia aegagrophila</i> C.Agardh			▪								X									R	2046		
<i>V. ventricosa</i> J.Agardh			▪								X				X					R	2045,2423		
Rhodophyta																							
Callithamniaceae																							
<i>Aglaothamnion herveyi</i> (M.Howe) Aponte, D.L. Ballantine & J.N. Norris	⊕		▪				X														2392		
<i>Croauania attenuata</i> (C. Agardh) J. Agardh	⊕		▪											X							2354		

Especie	E	RNZ	RNF	Insulares					Litorales													S	No. FEZA
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Liagoraceae																							
<i>Ganonema dendroideum</i> (P.L. Crouan & H.M. Crouan) D.L. Ballantine & N.E. Aponte			▪														X			F	2264		
<i>G. norrisiae</i> (I.A. Abbot) Huisman, I. A. Abbott & A.R. Sherwood			▪			X														A	2116		
<i>Titanophycus validus</i> (Harvey) Huisman, G.W. Sounders & A.R. Sherwood	Φ					X													X		2114,2410		
Lomentariaceae																							
<i>Ceratodictyon intricatum</i> (C. Agardh) R.E. Norris						X		X			X	X		X						A	2138,2155,2388,2420,2199,2200		
Rhodomelaceae																							
<i>Acanthophora muscoides</i> (Linnaeus) Bory																			X	A	2107		
<i>A. spicifera</i> (M. Vahl) Borgesen											X									A	2353		
<i>Bostrychia tenella</i> (Vahl) J. Agardh				X															X	A	2119,2359		
<i>Bryothamnion triquetrum</i> (S.G. Gmelin) Howe											X									A	2061,2117		
<i>Chondria baileyana</i> (Montagne) Harvey	Φ		▪																X		2106		
<i>C. capillaris</i> (Hudson) M.J. Wynne														X						X	A	2145,2276	
<i>C. collinsiana</i> M.A. Howe			▪																	X	A	2411	
<i>C. dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh							X								X						A	2278,2395	
<i>C. floridana</i> (F.S. Collins) M.A. Howe			▪								X										A	2351	
<i>C. leptacremom</i> (Melvill ex. G. Murray) De Toni			▪																	X	A	2291	
<i>C. littoralis</i> Harvey														X							A	2338	
<i>C. polyrhiza</i> F.S. Collins & Harvey			▪																	X	A	2279	

Especie	E	RNZ	RNF	Insulares					Litorales													S	No. FEZA
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C.Agardh						X				X								X		A	2151,2270,2284		
<i>Dipterosiphonia rigens</i> (Schousboe ex. C. Agardh) Falkenberg			▪				X													A	2400		
<i>Herposiphonia parca</i> Setchell	Φ		▪							X			X								2136,2201		
<i>H. secunda</i> (C. Agardh) Ambronn	Φ						X					X									2148,2406		
<i>Laurencia caraibica</i> (P.C. Silva)			▪									X		X						R	2146,2271		
<i>L. chondrioides</i> Borgesen			▪				X					X								R	2147,2396		
<i>L. intricata</i> J.V. Lamouroux											X			X						A	2130,2176		
<i>Neosiphonia ferulacea</i> Suhr ex J. Agardh	Φ		▪								X										2345		
<i>N. gorgonie</i> Harvey	Φ									X											2171		
<i>N. howei</i> (Hollenberg) Skelton & G.R. South							X		X									X		A	2295,2350,2402		
<i>Palisada perforata</i> Bory de Saint-Vincent			▪								X	X								A/R	2175,2202		
<i>P. poiteaui</i> (J.V. Lamouroux) K.W. Nam							X								X					R	2109,2118		
<i>Polysiphonia binneyi</i> Harvey	Φ												X								2401		
<i>P. exilis</i> Harvey			▪							X										A	2137		
<i>P. havanensis</i> Montagne	Φ		▪						X									X			2347,2203		
<i>P. opaca</i> (C. Agardh) Mors & De Notaris	Φ		▪								X										2344		
<i>P. scopulorum</i> Harvey	Φ		▪															X		F	2289,2296		
<i>P. scopulorum v. villum</i> (J. Agardh) Hollenberg	Φ		▪																		2204		
Stylonemataceae																							
<i>Bangiopsis dumontioides</i> (P.L.Crouan & H.M.Crouan) V.Krishnamurth	Φ		▪								X									A	2154		

Especie	E	RNZ	RNF	Insulares					Litorales													S	No. FEZA
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Wrangeliaceae																							
<i>Ptilothamnion speluncarum</i> (Collins & Hervey) Ballantine & Wynne	Φ		▪										X							A	2149		
División Heterokontophyta																							
Clase Phaeophyceae																							
Dyctiotaceae																							
<i>Canistrocarpus cervicornis</i> (Kützinger) De Paula & De Clarck				X		X							X							R	2112,2120,2160		
<i>Dictyota bartayresiana</i> Lamouroux												X	X							R	2164, 2173		
<i>D. ciliolata</i> Sonder ex. Kützinger													X							R	2168		
<i>D. crenulata</i> J. Agardh	Φ						X													R	preparación		
<i>D. dichotoma</i> (Hudson) J.V. Lamouroux			▪					X					X							R	2378,2412		
<i>D. divaricata</i> P. Crouan & H. Crouan													X							R	2166		
<i>D. implexa</i> (Desfontaines) J.V. Lamouroux	Φ	◊	▪					X												R	2376		
<i>D. pinnatifida</i> Kützinger			▪				X													A	2409		
<i>D. ciliolata</i> Kützinger																				A	2191		
<i>D. divaricata</i> Lamouroux			▪												X					A	,2385		
<i>D. guineensis</i> Kützinger						X	X						X							R	2165,2272,2407		
<i>D. mertensii</i> (Martius) Kützinger							X	X												A	2377,2408		
<i>Lobophora variegata</i> (Lamouroux) Womersley					X			X		X			X					X		R	2132,2133,2139,2143,2386		
<i>L. variegata ruffled</i> (Lamouroux) Womersley ex E.C. Oliveira		◊	▪							X			X							R	2193		
<i>Padina sanctae-crusis</i> Borgesen								X		X		X								A	2161,2172,2292		

Especie	E	RNZ	RNF	Insulares					Litorales													S	No. FEZA
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
<i>P. fase dyctierpa</i> Vaughaniella stage		◊	▪	X			X	X												X	R	2123,2366,2379,2194	
<i>Stypopodium zonale</i> J.V. Lamouroux								X	X	X			X		X						R	2134,2181,2369,2413, 2440	
<i>Zonaria tournefortii</i> (J.V. Lamouroux) Montagne			▪							X			X								A	2131,2300	
Sargassaceae																							
<i>Sargassum boxifolium</i> Chauvin M.J.Wynne										X		X									R	2159,2305	
<i>S. hystrix</i> J. Agardh										X		X									R	2169,2195	
<i>S. hystrix var. spinulosum</i> (Kützing) Grunow			▪				X														R	2367	
<i>S. fluitans</i> Borgesen						X															R	2196	
<i>S. platycarpum</i> Montagne								X													R	2371	
<i>S. polyceratium</i> W.R. Taylor			▪																X		R	2142	
<i>S. polyceratium var. ovatum</i> (Collins) W.R. Taylor			▪					X													A	2371	
<i>S. vulgare</i> C. Agardh						X															A	2110	
<i>Turbinaria turbinata</i> (Linnaeus) Kuntze				X				X	X	X			X							X	A	2121,2135,2144,2163, 2174,2370,2197	
Scytosiphonaceae																							
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès & Solier in Contagne				X		X		X	X										X		A/R	2112,2122,2141,2307, 2383	

Anexo 4. Descripción y fotografía de algunos registros nuevos para la zona de estudio.



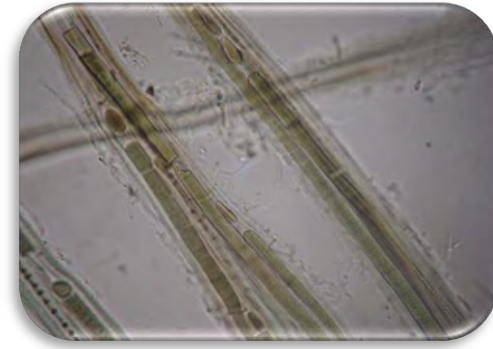
Lyngbya confervoides

Talos formando mechones de filamentos enredados de hasta 5 cm de largo, de color amarillo hasta verde claro, zona basal postrada y el resto del filamento erecto.



Lyngbya penicilliformis

Talo filamentoso mucilaginoso, largo y ondulado, hasta 7 cm. de largo, con pigmentación clara en la base, células cilíndricas desde 5-6_u. y en ocasiones la célula apical es punteaguda.



Dichothrix utahensis

Filamentos formando pequeñas matas, de hasta un centímetro de altura, un tricoma por vaina con una célula constricta en el ápice.



Fase dictierpa de *Padina sanctae-crusis*

Talos formando marañas, hasta 3 cm. de altura, amarillo-café, ramas dicotómicas, opuestas e irregulares, estado inmaduro del género *Padina*. Células medulares irregulares, pequeñas de 40-60_u.



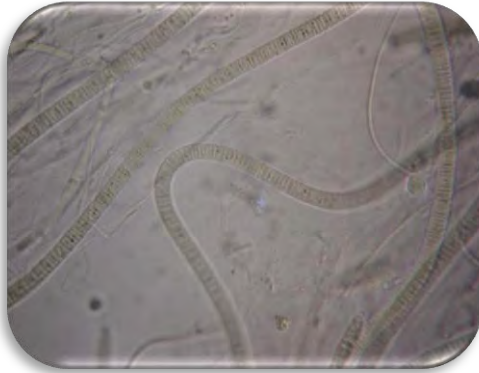
Lobophora variegata f. ruffled

Talos erectos, láminas enrollados formando grupos, hasta 15cm diam., color café oscuro, láminas planas ovaladas de hasta 7 cm de ancho, células medulares de 60-100_u.



Symploca atlántica

Filamentos formando manojos, de hasta 3 cm. De color rosa pálido, filamentos largos, de 6-10_u diam. Curvados no ramificados, células de 4-6_u. Célula apical en ocasiones redondeada.



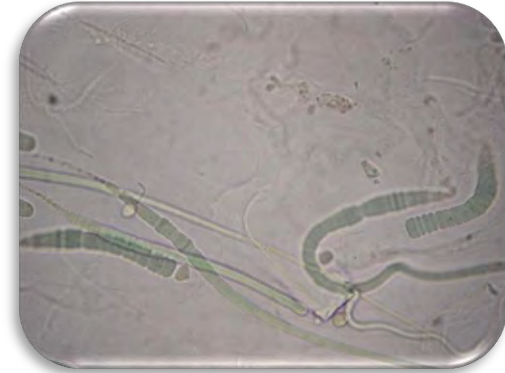
Symplocastrum coccineum

Talo filamentoso, gelatinoso, grueso, de hasta 2cm de altura, color rosa claro, tricomas curvados sin constricciones, célula apical redondeada, células cortas de 5.5-9.5 μ diam. Y 2.5-6.0 μ de largo.



Dichothrix penicillata

Talos pequeños de 3-10 μ mm de altura, color verde-café. Filamentos de de 25-35 μ diam, hasta 2 mm largo formando ramificaciones falsas, heterocistos esféricos en la zona basal del tricoma



Rivularia nitida

Filamentos gelatinosos de 2.5-100 μ diam. color amarillo-café y en ocasiones azul-verde, Los filamentos tienden irradiar desde el centro paralelamente, formando capas repetidamente ramificadas células de 2.5-15 μ diam., heterocistos esféricos

Anexo 5. Datos no paramétricos obtenidos con el programa Primer 6 Demo para la obtención de la curva de acumulación de especies. (S obs, Chao1, 2; Jacknife 1,2 y Bootstrap). 1. San Juan, 2. Mezcalito, 3. Maya, 4. Punta Morena, 5. Recorrido Isla Cozumel.6. Pulticub, 7. 2km al SE de Boca Paila, 8. Punta Herrero, 9. 12km al NE Punta Allen, 10. Punta Allen, 11. Punta Gorda, 12. Cayo Valencia, 13. Punta Hualostoc, 14. Canal Hualostoc, 15. Laguna del Río Temporal, 16. Vigía Chico, 17. Punta Charra.

	Sobs	Sobs(SD)	Chao1	Chao1(SD)	Chao2	Chao2(SD)	Jacknife1	Jacknife2	Bootstrap
1	18.694	12.535	18.694	0	18.694	0	18.694	18.694	18.694
2	35.712	15.451	265.9	183.04	265.9	183.04	52.364	52.364	35.712
3	50.431	16.619	276.77	149.14	276.77	149.14	80.016	93.887	50.476
4	63.844	17.108	260.34	100.66	260.34	100.66	103.81	127.51	64.244
5	75.572	16.712	249.09	75.381	249.09	75.381	123.8	154.53	76.931
6	87.196	16.518	245.92	60.587	245.92	60.587	142.67	178.81	90.213
7	97.719	15.703	246.08	52.237	246.08	52.237	159.08	199.14	102.99
8	107.21	15.001	250.89	47.986	250.89	47.986	173.59	216.81	115.21
9	115.93	14.089	252.95	43.914	252.95	43.914	186.24	231.45	126.96
10	124.31	12.889	257.94	41.537	257.94	41.537	198.13	245.1	138.6
11	132.1	12.121	263.35	39.808	263.35	39.808	208.98	257.4	149.82
12	139.14	10.901	267.93	38.32	267.93	38.32	218.51	267.94	160.32
13	145.88	9.7046	274.32	37.636	274.32	37.636	227.62	278.25	170.6
14	152.23	8.4821	280.27	37.024	280.27	37.024	236.08	287.72	180.5
15	158.52	6.9377	286.41	36.542	286.41	36.542	244.37	297.02	190.36
16	164.41	4.8327	291.09	35.752	291.09	35.752	252.12	305.53	199.83
17	170	0	295.35	34.976	295.35	34.976	259.41	313.46	208.95