



**Casa abierta al tiempo**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

**UNIDAD IZTAPALAPA**

**BIOGEOGRAFÍA DE LAS GRANDES MACROALGAS EN EL GOLFO DE  
MÉXICO Y CARIBE MEXICANO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN BIOLOGÍA**

**P R E S E N T A:**

**HIDROBIÓL. MARTHA ISABEL VILCHIS ALFARO**

**CODIRECTORES:**

**Dr. Kurt Martin Dreckmann Estay**

**Dr. Abel Sentíes Granados**

**ASESORA:**

**Dra. Paz Alejandra Quintanar Isaías**

**MÉXICO, D.F.**

**OCTUBRE 2015**

**La Maestría en Biología de la  
Universidad Autónoma Metropolitana  
pertenece al Padrón de  
Posgrados de Calidad del CONACyT.**

El presente estudio: “Biogeografía de las grandes macroalgas del Golfo de México y Caribe mexicano”, se desarrolló en el Laboratorio de Macroalgas Marinas (Departamento de Hidrobiología) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa derivado de proyectos de investigación bajo la dirección del Dr. Abel Sentíes Granados y el Dr. Kurt Martín Dreckmann Estay.

El Jurado designado por la

**División de Ciencias Biológicas y de la Salud**

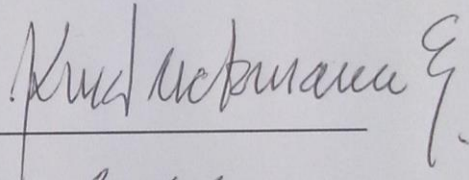
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

**Hidrobiól. Martha Isabel Vilchis Alfaro**

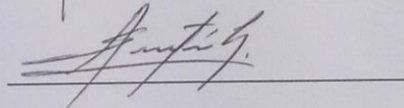
El día 9 de octubre del 2015

**COMITÉ TUTORAL**

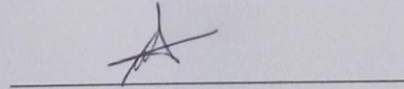
Codirector: Dr. Kurt Matrin Dreckmann Estay



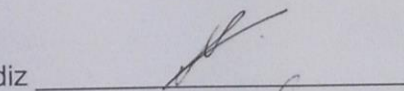
Codirector: Dr. Abel Senties Granados



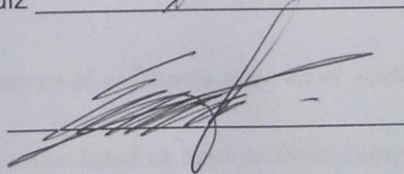
Asesor: Dra. Paz Alejandra Quintanar Isaías



Sinodal: M. en C. María Luisa Núñez Resendiz



Sinodal: Dr. Erick Alejandro García Trejo



*A mis padres Martha y Eduardo.*

*A mis hermanos Eduardo y Carlos.*

*A la memoria de mis abuelitos Heliodoro Vilchis,*

*Benita Fuentes y Ofelia Vilchis,*

*a quienes amo y extraño mucho.*

*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado.*

*Un esfuerzo total es una victoria completa”.*

*Mahatma Gandhi*

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>8</b>
FLORÍSTICOS	8
ECOFISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS	9
AFINIDADES FICOFLORÍSTICAS GENERALES	10
REGIONALIZACIONES	11
<b>PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b>	<b>14</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>15</b>
FORMACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO Y CARIBE MEXICANO	15
GOLFO DE MÉXICO	16
CARIBE MEXICANO	18
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>20</b>
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	20
ANÁLISIS DE LA RIQUEZA DE ESPECIES	20
ANÁLISIS BIOGEOGRÁFICO	21
OBTENCIÓN DE PULPA PAPIROGÉNICA	23
<i>Recolecta y separación</i>	23
<i>Proceso de manufactura de papel</i>	24
INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS	25
<b>RESULTADOS</b>	<b>26</b>
RIQUEZA DE ESPECIES	57
ANÁLISIS BIOGEOGRÁFICO	59
OBTENCIÓN DE PULPA PAPIROGÉNICA	66
<i>Primer proceso para la manufactura de papel</i>	67
<i>Segundo proceso para la manufactura de papel</i>	67
DEFINICIÓN DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN	70
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>74</b>
CORRELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS GRANDES MACROALGAS CON LOS PARÁMETROS ECOLÓGICOS GENERALES	74
ANÁLISIS BIOGEOGRÁFICO	76
GRANDES MACROALGAS COMO RECURSO PARA LA PRODUCCIÓN DE PULPA PAPIROGÉNICA	79
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>84</b>

<b>APÉNDICE I</b>	<b>96</b>
<b>APÉNDICE II</b>	<b>99</b>
<b>APÉNDICE III</b>	<b>105</b>

## ÍNDICE

### DE FIGURAS

- FIGURA 1.** DESPRENDIMIENTO DEL BLOQUE DE YUCATÁN DESDE EL MARGEN NOROCCIDENTAL DE LA COSTA DEL GOLFO DE LOS ESTADOS UNIDOS HACIA EL SUROESTE (PINDELL *ET AL.*, 2002). **16**
- FIGURA 2.** ÁREA DE ESTUDIO. GOLFO DE MÉXICO Y CARIBE MEXICANO. **19**
- FIGURA 3.** DIVISIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO Y CARIBE MEXICANO EN UNIDADES GEOGRÁFICAS OPERATIVAS (OGU) DE 2°X2°. **22**
- FIGURA 4.** NÚMERO DE ESPECIES POR ESTADO Y GRUPO TAXONÓMICO. **55**
- FIGURA 5.** LOCALIDADES DONDE SE ENCONTRARON ESPECIES DE GRANDES MACROALGAS EN EL GMCM Y SU RIQUEZA ESPECÍFICA. PUERTO MORELOS, LA LOCALIDAD CON MAYOR RIQUEZA ESPECÍFICA ESTÁ REPRESENTADA POR (68). **56**
- FIGURA 6.** AJUSTE DE MODELO EXPONENCIAL AL SEMIVARIOGRAMA DE RIQUEZA DE ESPECIES. **57**
- FIGURA 7.** MAPA DE RIQUEZA DE ESPECIES GENERADO CON KRIGING ORDINARIO (KO). **58**
- FIGURA 8.** CLADOGRAMA DE CONSENSO ESTRICTO MOSTRANDO 9 GRUPOS SUSTENTADOS POR LA PRESENCIA DE ESPECIES COMPARTIDAS ÚNICAS. **61**
- FIGURA 9.** REGIONALIZACIÓN EN BASE A LA COMBINACIÓN ÚNICA DE ESPECIES DE ACUERDO AL CLADOGRAMA CONSENSO. A: GOLFO DE MÉXICO Y CARIBE MEXICANO, A.A) SAV Y ARRECIFES DEL CARIBE MEXICANO, A.B) YUCATÁN, A.A.I) NORTE SAV, A.A.II) SUR SAV, A.A.III) ARRECIFES DEL CARIBE **63**
- FIGURA 10.** ANÁLISIS DE TRAZOS. A) TRAZO GENERALIZADO DEL GOLFO DE MÉXICO, B) TRAZO GENERALIZADO DEL CARIBE MEXICANO E C) NODO BIOGEOGRÁFICO. **65**

**FIGURA 11.** PAPEL PRODUCIDO CON ALGAS ROJAS Y CELULOSA. SE OBSERVAN TRES HOJAS DE PAPEL CON DIFERENTES PROPORCIONES DE ALGA, QUE VAN DE (A) MENOR A (C) MAYOR. EN LOS CÍRCULOS SE MUESTRA UNA IMAGEN ESTEREOSCÓPICA DEL PAPEL ALGAMTE. **68**

**FIGURA 12.** PAPEL PRODUCIDO CON ALGAS PARDAS Y CELULOSA. SE OBSERVAN TRES HOJAS DE PAPEL CON DIFERENTES PROPORCIONES DE ALGA, QUE VAN DE (A) MENOR A (C) MAYOR. EN LOS CÍRCULOS SE MUESTRA UNA IMAGEN ESTEREOSCÓPICA DEL PAPEL ALGAMTE. **68**

**FIGURA 13.** PAPEL PRODUCIDO CON DIFERENTES PROPORCIONES DE ALGAS-JONOTE. A-B: PAPEL *SARGASSUM FLUITANS*-JONOTE\*, C: PAPEL *ULVA LACTUCA*-JONOTE, D-F: PAPEL *HYDROPUNTIA CORNEA*-*EUCHEUMA ISIFORME*-JONOTE\*. \*DIFERENTES PROPORCIONES ALGA-JONOTE. EN LOS CÍRCULOS SE MUESTRA UNA IMAGEN ESTEREOSCÓPICA DEL PAPEL ALGAMTE. **69**

**FIGURA 14.** DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO DE LOS GÉNEROS DE MACROALGAS POTENCIALES PARA LA MANUFACTURA DE PAPEL. A) *EUCHEUMA ISIFORME*, B) *SARGASSUM FLUITANS* Y C) *HYDROPUNTIA CORNEA*. **70**

**FIGURA 15.** SOBREPOSICION DE LAS ÁREAS CON ALTA RIQUEZA ESPECÍFICA (AAR), ÁREAS CON ESPECIES EXCLUSIVAS (AEE) Y NODO BIOGEOGRÁFICO (NB). **72**

**FIGURA 16.** SOBREPOSICIÓN DE LAS SIETE ÁREAS IDENTIFICADAS POR SU ALTA RIQUEZA ESPECÍFICA (AAR), ÁREAS CON ESPECIES EXCLUSIVAS (AEE) Y NODO BIOGEOGRÁFICO (NB), CON LOS SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MARINA DE ACUERDO A SU IMPORTANCIA. **73**



## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA 1.</b> LOCALIDADES DONDE SE REALIZARON LAS RECOLECTAS DE MACROALGAS PARA LA MANUFACTURA DE PAPEL.	<b>24</b>
<b>TABLA 2.</b> ESPECIES DE GRANDES MACROALGAS COMPARTIDAS EN CADA UNO DE LOS NUEVE GRUPOS FORMADOS EN EL CLADOGRAMA CONSENSO.	<b>62</b>
<b>TABLA 3.</b> ESPECIES COLECTADAS EN LAS DIFERENTES LOCALIDADES VISITADAS.	<b>66</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría, y de la cual siempre he recibido apoyo.

El presente trabajo fue posible por el apoyo económico como becaria, brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). No. 302024. Agradezco también a ésta institución por la beca mixta otorgada para para realizar una estancia de investigación en la Universidad Internacional de Florida.

**A mis padres** Martha Alfaro y Eduardo Vilchis, por ser los pilares más importantes de mi vida, que con amor, esfuerzo y sacrificio me han brindado la oportunidad de tener una formación profesional. A mi madre por tener siempre la sonrisa, el abrazo y las palabras precisas para no dejarme caer, pero sobre todo por creer en mí. A mi padre por ayudarme a cumplir mis sueños respetando cada una de mis decisiones. Espero retribuir con esto, poco de lo mucho que me han dado. Con todo mi amor y respeto.

**A mis hermanos** Eduardo y Carlos Alberto, por ser el impulso que me ha hecho llegar hasta aquí. A Eduardo que me ha enseñado más de lo que se imagina, sobre todo el valor de la honestidad. A Carlos, un claro ejemplo de responsabilidad y perseverancia. No sé qué haría sin ustedes, los amo.

**A mis abuelos** Concepción y Margarito, que han sido como unos padres para mí y de quienes he recibido el amor más sincero. Este logro es de ustedes también. Con admiración y mucho cariño.

**A Yoatzin y Edahi**, por la inocencia con la que viven la vida, por el cariño, los juegos y las risas que han hecho más ameno este camino, y a quienes quiero profundamente. A mí querida tía **Elena Alfaro**, cuyos consejos, cariño y apoyo fueron fundamentales para la culminación de este sueño, y a quien admiro mucho. A mi tío **Miguel Saravia**, que me ha animado a seguir adelante.

**A mis tíos Margarito y Gilberta**, por enseñarme que no hay límites cuando se trata de cumplir tus metas. **A Laura y Belem**, mis hermanas, por su cariño y apoyo incondicional, pero sobre todo, por no dejarme sola a pesar de la distancia; las quiero mucho.

**A la familia Alfaro del Ángel**, por el apoyo brindado a lo largo de estos años y por enseñarme que con trabajo, responsabilidad y amor, puedes llegar muy lejos.

**A mi tío Julio**, quien con sus consejos, su ejemplo y sus “pomes”, despertó en mí, la inquietud de seguir con mis estudios profesionales. **A mi tía Georgina**, por brindarme su apoyo y amistad, y por enseñarme que cuando se quiere, se puede.

**A la familia Hernández Cervantes** por el apoyo brindado para la culminación de este proyecto y a quienes aprecio mucho.

**Al Dr. Abel Senties y al Dr. Kurt Dreckmann**, por el apoyo y la confianza que me brindaron desde el primer momento, por sus acertados comentarios y aportaciones a este escrito; por su experiencia que me ha ayudado a ser una mejor profesionista.

**A la Dra. Alejandra Quintanar**, que con su apoyo, experiencia y sentido del humor hizo más ligero el trabajo para obtener el papel “algamate”; además de aportar información valiosa y necesaria para desarrollar mi proyecto de tesis.

**A Luisa, Mariela e Ilse**, mis amigas y compañeras de laboratorio, por alentarme a seguir adelante, por la ayuda técnica y emocional durante todo este tiempo.

**A Oscar**, el amor de mi vida. Por confiar en mí, apoyarme y aguantarme en todo momento. Porque siempre has tenido las palabras exactas para motivarme, por demostrarme que en todo momento puedo contar contigo. Gracias por amarme tanto. Lo logramos Guajito!!

*Martha Isabel Vilchis Alfaro*

## RESUMEN

Se registraron 118 especies de grandes macroalgas en el Golfo de México y Caribe mexicano, distribuidas en 139 localidades. Se identificaron 10 áreas con alta riqueza de especies: Escollera Norte del Río Panuco, Litoral Marino de Tampamachoco-Barra de Cazonas, norte del Sistema Arrecifal Veracruzano, Montepío-Catemaco, Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, noreste de la península de Yucatán, noroeste de Isla Cozumel y Xcalak-Banco Chinchorro. El Análisis de Parsimonia de Endemismos arrojó nueve grupos de Unidades Geográficas Operativas, basados en la presencia de especies compartidas, cuatro áreas con especies exclusivas y una región formada por seis áreas caracterizadas por una combinación única de especies. El análisis panbiogeográfico permitió identificar dos trazos generalizados y un nodo biogeográfico ubicado en el noroeste de la Península de Yucatán. En base a la integración de los análisis anteriores, se proponen cuatro áreas de conservación para las grandes macroalgas, en orden de importancia: Arrecife Alacranes-Puerto Progreso, norte del Sistema Arrecifal Veracruzano, noroeste de la Península de Yucatán y Xcalak-Banco Chinchorro. Las macroalgas, *Eucheuma isiforme*, *Sargassum fluitans* e *Hydropuntia cornea* se postulan como un potencial natural para desarrollarse como materia prima para la fabricación de papel artesanal. La pulpa producida abre un campo en la diversificación de usos para los recursos marinos, y merece atención biotecnológica.

## ABSTRACT

In this study, 118 species of large seaweed were recorded in the Gulf of Mexico and Mexican Caribbean, distributed in 139 localities. Ten areas were identified according to the species richness: Escollera Norte del Río Panuco, Litoral Marino de Tampamachoco-Barra de Cazonos, norte del Sistema Arrecifal Veracruzano, Montepío-Catemaco, Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, noreste de la península de Yucatán, noroeste de Isla Cozumel y Xcalak-Banco Chinchorro. Parsimony Analysis of Endemicity (PAE) procedure proved useful to identify 9 groups of Operational Geographic Units (OGU), based in the presence of shared species, 4 areas with exclusive species and a regionalization formed by 6 areas with a unique combination of species. The panbiogeographic analysis allowed to identify two generalized tracks and one biogeographic node located in the northwest of the Yucatan Peninsula. We proposed 4 conservation areas for large seaweed, in order of importance: Arrecife Alacranes-Puerto Progreso, north of Sistema Arrecifal Veracruzano, northwest of the Yucatan Peninsula and Xcalak-Banco Chinchorro. The seaweed *Eucheuma isiforme*, *Sargassum fluitans* e *Hydropuntia cornea* are a natural potential to develop as a feedstock for the manufacture of handmade paper. The pulp produced opens a field in the diversification of uses for marine resources, and deserves biotechnological attention.

## INTRODUCCIÓN

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio y a través del tiempo; sus objetivos principales son reconocer patrones de distribución de las especies y taxones supraespecíficos, proponer hipótesis acerca de los procesos que los causaron y proporcionar un sistema de regionalización biótica del planeta (Morrone, 2004; Morrone, 2005).

Durante la historia de la biogeografía se han desarrollado varios enfoques diferentes, tal es el caso de la biogeografía regional, la biogeografía de los centros de origen o dispersionismo, la biogeografía filogenética, la biogeografía aplicada y la biogeografía evolutiva. A partir del trabajo del botánico suizo Agustin P. de Candolle (1820) estos enfoques son clasificados en dos grandes campos: la biogeografía histórica y la ecológica (Morrone, 2004). La primera de ellas analiza los patrones de distribución de las especies a escalas espaciales y temporales mayores que están ligadas al desarrollo geológico del planeta, y la biogeografía ecológica que trata de explicar los patrones de distribución de las especies en términos de interacciones entre organismos y su ambiente físico y biótico en el pasado reciente (Llorente-Bousquets y Morrone; Ruggiero, 2001; Morrone, 2004, 2001). Sin embargo, algunos autores mencionan que dicha separación es meramente convencional. Por ejemplo, Martín-Piera y Sanmartín (1999) mencionan que la acumulación de procesos actuales dan lugar a los futuros patrones biogeográficos. Morrone (2007) por su parte menciona que esta distinción es artificial, pues implica dividir un continuo, donde los extremos son identificables como “ecológicos” e “históricos”, pero en la parte media

resulta difícil justificar tal distinción. De esta manera, varios biogeógrafos sostienen que sería deseable integrarlas en un solo programa de investigación unificado. Haydon *et al.*, (1994) conceptualizaron a la biogeografía a partir de una estructura triangular, donde los patrones biogeográficos resultan de la interacción entre procesos ecológicos, históricos y estocásticos, lo cual parece un buen punto de partida para una futura síntesis. Además, la investigación y la explicación de los patrones observados deben incorporar la rápida variación de la temperatura durante el pleistoceno, que impulsó la contracción o expansión de las áreas de distribución de las especies, así como la dispersión accidental o voluntaria por las actividades humanas, que han transformado las áreas originales de distribución de muchas especies (Salazar-Vallejo, 2000; Cao-Romero, 2002).

Los estudios biogeográficos son principalmente respaldados por trabajos taxonómicos de revisión y monografías que brindan información puntual de las localidades donde las especies están presentes. Varias de las técnicas para realizar análisis biogeográficos se basan en una generalización de los registros de las recolectas de los organismos, es decir que se forman áreas llamadas Unidades Geográficas Operativas (OGU por sus siglas en inglés) a partir de puntos (localidades de recolecta), dichas áreas son unidades mínimas de análisis y representan el nivel máximo de resolución en el análisis, pueden agregarse para conformar áreas de niveles superiores pero no desagregarse en unidades más pequeñas (Cao-Romero, 2002; Ruggiero y Ezcurra, 2003; Zunino y Zullini, 2003).

El Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE por sus siglas en inglés), es una herramienta biogeográfica que permite clasificar áreas, a través de un cladograma, mediante la solución más parsimoniosa (solución más simple) basada en la presencia de taxones compartidos (Nihei, 2006), a partir de OGU. Mediante éste análisis comparativo se han podido: 1) identificar trazos generalizados (dicho concepto se aborda más adelante) y 2) proponer distintos sistemas de clasificación de la superficie terrestre, como la regionalización, que es un verdadero sistema, articulado en categorías y ordenado en forma jerárquica. La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes. En este sentido, dentro de la biogeografía una regionalización permite categorizar a las áreas geográficas en términos de su biota (Posadas y Miranda-Esquivel, 1999). Dichas regionalizaciones resultarían útiles en la planeación ambiental para priorizar sitios de conservación (Escalante, 2009), ya que permitirían proteger áreas con características y funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no podrían ser consideradas con otro tipo de análisis (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). Derivado de lo anterior surge la biogeografía de la conservación, que se ha propuesto como una nueva subdisciplina de la biología de la conservación y la biogeografía, que como su nombre lo dice, se encarga de contribuir a dar prioridad a posibles áreas para la conservación, o bien para apoyar a las ya existentes basándose en análisis biogeográficos (Whittaker *et al.*, 2005).

Dentro de la biogeografía evolutiva se ha desarrollado un enfoque conocido como panbiogeografía, la cual comprende la construcción de trazos individuales, a



partir de las localidades de distribución de dos o más taxones diferentes; la obtención de trazos generalizados a partir de trazos individuales; y la obtención de nodos, en las áreas donde 2 o más trazos generalizado se intersectan (Morrone, 2007). Su objetivo principal es el de postular una hipótesis de homología biogeográfica primaria o bien, postular que diferentes taxones, aun teniendo medios de dispersión diferentes, se hallan integrados espacio-temporalmente en un mismo componente biótico; pero además se ha propuesto como un método con fines de conservación biológica (Grehan, 1988), a través de los nodos panbiogeográficos, que son considerados por Craw *et al.*, (1999) como estructuras compuestas que permiten delinear límites biogeográficos, implicando la “sutura de diferentes historias ecológicas y biogeográficas”, por lo que podrían representar *hotspots*, esto es, áreas con alta riqueza de especies, que además incluyen elementos taxonómicos de diverso origen, es decir, poseen diversidad de relaciones geográficas y filogenéticas (Álvarez-Mondragon y Morrone, 2004). En México ya existen algunos ejemplos en los que se utilizan estas herramientas para priorizar áreas de conservación empleando taxones como aves, asteráceas y mamíferos (Miguel-Talonia y Escalante, 2013).

Las macroalgas o talofita son un grupo polifilético o artificial, que agrupa organismos del reino Plantae y Protoctista (Margulis y Schwartz, 1998); son taxa que en general carecen de raíces, tallos, hojas, semillas y tejidos conductores (Fredericq *et al.*, 2009), son fotosintéticos, multicelulares y en su mayoría marinos, perteneciendo al bentos. Comprenden las divisiones Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas rojas) y Ochrophyta (algas pardas). Dentro de estos grupos existe

una gran variedad de tallas, desde la mínima alométrica, donde podemos encontrar a la clase denominada “macroalgas enanas” que van desde 1 mm a los 10 cm de longitud; hasta la máxima aceptada por la selección natural llamadas “macroalgas gigantes” con una longitud de 35 a 40 m; entre estas dos clases podemos encontrar a las denominadas “grandes macroalgas” cuyo tamaño o altura oscila entre los 10 y 100 cm, y es el grupo de interés.

El Golfo de México y el Caribe mexicano (GMCM) forman un sistema ambiental de los más diversos y ricos de la Tierra; pocas zonas del planeta pueden ofrecer la gran diversidad de ambientes costeros subtropicales y tropicales a lo largo de los 3,117 kilómetros de costas, incluyendo todas las islas (Ortega *et al.*, 2001). Para dicha área se reportan principalmente macroalgas enanas y grandes, siendo el sustrato de gran importancia para su fijación y la temperatura la que permite la regulación del crecimiento y producción de las macroalgas en estos lugares (Bula-Meyer, 1990). En México existe una gran diversidad y abundancia de grandes macroalgas y sin embargo no se han considerado dentro de los siguientes enfoques:

1. Como **organismos** no han sido utilizados desde el punto de vista consevacionista, como indicadores bióticos en los criterios establecidos en las definiciones propuestas del sistema de Áreas Naturales Protegidas (ANP) del país. Esto es principalmente por que los esfuerzos de conservación han estado enfocados principalmente a proteger áreas en las que se encuentran especies de vertebrados e invertebrados, pastos marinos y manglares, que son conspicuas o carismáticas, que dan identidad a cierto país o tienen cierta importancia cultural, especies que han sido

clasificadas en alguna categoría de riesgo (extinta en estado silvestre, en peligro crítico, en peligro, vulnerable, etc.) (Escalante, 2003), o áreas que son consideradas bellas escénicamente, por su uso recreativo y para la protección de los mantos acuíferos. Sin embargo, dichos esfuerzos, sin incorporar a las macroalgas, han permitido establecer las Reservas de la Biosfera de Sian Ka'an e Isla Contoy en Quintana Roo, los Parques Marinos Nacionales como el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) en Veracruz y el Arrecife Alacranes en Yucatán.

2. Como **recurso** son muy poco o nada aprovechadas, a pesar de que en el GMCM estos organismos tienen una presencia anual con grandes acumulaciones en primavera que se deterioran en el verano tardío y el otoño y terminan en grandes “arribazones” sobre las playas (Castillo-Arenas y Dreckmann, 1995; Zertuche-González *et al.*, 2006; Dreckmann y Sentíes, 2013), y aunque existen antecedentes que demuestran el potencial económico de las arribazones en otras partes del mundo, como por ejemplo, los estudios que se han realizado en Taiwán acerca de la composición química de las algas rojas para su posible uso en la fabricación de papel (Kuo-Ping *et al.*, 1999), o en Indonesia, donde Laksitoresmi *et al.*, (2010) proponen la fabricación de papel de algas rojas como una solución innovadora para enfrentar el calentamiento global; en México no existen estudios o análisis que den antecedentes sobre de los usos potenciales de este recurso marino, a pesar de lo común de éstas arribazones (Castillo-Arenas y Dreckmann, 1995), consideradas actualmente por diferentes sectores de la sociedad mexicana como “basura” (Dreckmann y Sentíes, 2013).

En este sentido y tomando en cuenta que las macroalgas de la región mexicana son tropicales con afinidades al Caribe y tienen una tasa de crecimiento relativamente más baja en los trópicos que hacia latitudes más altas (Okolodkov, 2010), su sola presencia en el Golfo de México y Caribe mexicano (GMCM) indica que las condiciones medioambientales donde se encuentran son particularmente importantes. En el presente trabajo se analizarán los registros de grandes macroalgas presentes en el GMCM para: 1) elaborar una propuesta de regionalización usando las áreas de distribución y congruencia de estos organismos en las costas del Atlántico, y de este modo contribuir a las elaboradas por instituciones como CONABIO (Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y CONANP (Comisión Nacional de Áreas Protegidas) (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007; Sarukhán *et al.*, 2009), y 2) demostrar su valor como recurso mediante la elaboración de pulpa papirogénica para la producción de papel artesanal. Todo esto con el fin de contribuir a la planeación, conservación, manejo y uso de los recursos marinos del país.

## **ANTECEDENTES**

Como se mencionó anteriormente, para las costas del Golfo de México y Caribe mexicano no hay antecedentes publicados sobre análisis o estudios de biogeografía algal (ya sea histórica o ecológica), regionalización para la conservación, o como recurso económico. La única información existente se reduce fundamentalmente a aspectos florísticos, ecofisiológicos y bioquímicos, afinidades ficoflorísticas generales y regionalizaciones. A continuación se presenta un breve resumen de los estudios realizados con el grupo.

### ***Florísticos***

La historia de la exploración ficológica de la Costa Atlántica de México comienza en el segundo tercio del siglo XX con los trabajos florísticos regionales de dos ficólogos, el estadounidense William Randolph Taylor y la mexicana Laura Huerta. Es en el último tercio del siglo XX que se desarrolla y se amplía el campo de la ficología nacional a través de estudios ficoflorísticos, de taxonomía, ecología y destinados a la extracción de agares (Ortega *et al.*, 2001). Posteriormente, Pedroche y Senties (2003a) analizaron la situación de la ficología marina en México y mencionan que, a pesar de la más o menos larga historia ficológica que posee nuestro país, aún existen áreas con escaso o nulo conocimiento sobre las macroalgas marinas, aun teniendo las publicaciones de varios catálogos, como los de Dreckmann (1998), Littler y Little (2000) y Ortega *et al.*, (2001), para el Atlántico mexicano (ATM), y Pedroche y Senties (2003b) y Pedroche *et al.*, (2003), para el Pacífico mexicano.

Díaz-Martín y Espinoza-Avalos (2000), reportaron para la Península de Yucatán, 35 especies de algas pardas distribuidas en 72 sitios, donde *Dictyota menstrualis*, *D. pulchella* y *Lobophora variegata* son las especies más comunes. Además, se reportan siete nuevas especies de la misma división, una para Quintana Roo, cuatro para Campeche y tres para Yucatán.

Uno de los primeros estudios monográficos para el ATM fue el realizado por Senties y Fujii (2002) sobre el complejo *Laurencia* en el Caribe mexicano, al cual le siguieron trabajos del mismo tipo como el de Aguilar-Rosas *et al.*, (2008) sobre el género *Colpomenia* en las costas mexicanas y el de Dreckmann (2012) para los géneros *Gracilaria* e *Hydropuntia* en el Golfo de México y Caribe mexicano.

De manera local, Dreckmann (1996), Dreckmann y De Lara-Isassi (2000), Callejas- Jiménez *et al.*, (2005), Mendoza-González y Mateo-Cid (2007), Cetz-Navarro *et al.*, (2008), Pacheco *et al.*, (2010), Mateo-Cid *et al.*, (2013), Senties y Dreckmann (2014), por mencionar algunos, han realizado publicaciones florísticas, de revisión y nuevos registros de macroalgas en algunos estados del ATM.

### ***Ecofisiológicos y bioquímicos***

Pérez-Enríquez (1996) realizó cultivos *in situ* de *Eucheuma isiforme* en dos localidades de la Península de Yucatán, Uaymitun y Dzilam, para la extracción de los carragenanos que son hidrocoloides con propiedades espesantes y gelificantes. *Eucheuma isiforme* cultivada en Uaymitun tuvo un porcentaje de 35.8% de carragenanos, mientras que en Dzilam el porcentaje fue de 31.4%.

Freile-Peigrín y Robledo (1997a), analizaron el potencial industrial del agar de *Gracilaria cornea*, expuesto a diferentes tratamientos alcalinos, a lo largo de la costa de Yucatán.

Robledo y Freile-Peigrín (1997), compararon el valor nutricional de seis algas comestibles presentes en el estado de Yucatán: *Gracilaria cornea*, *Eucheuma isiforme*, *Caulerpa racemosa*, *Codium isthmocladum*, *Padina gymnospora* y *Sargassum filipéndula*; concluyendo que las algas no sólo pueden ser alimento nutricional para animales, sino que también representan alimento potencial para el ser humano, al ser ricas en carbohidratos y otros nutrimentos.

Freile-Peigrín y Robledo (1997b), evaluaron el contenido del agar y la composición química de *Gracilaria cornea*, en diferentes épocas del año.

### ***Afinidades ficoflorísticas generales***

Earle (1972) fue el primero en señalar que la mayoría de las algas en México son tropicales con afinidades al Caribe con una amplia distribución y tolerancia a variaciones en la temperatura, y que el sustrato marca dos grandes zonas de manifestación algal, la primera abarca de Tamaulipas a Tabasco con sustrato arenoso-limoso, mientras que de Campeche a Quintana Roo con un sustrato calcáreo (arrecifes coralinos). También mencionó que la flora algal del Golfo de México tiene afinidades fitogeográficas similares con la de los invertebrados marinos (en particular con corales).

Briggs (1974) menciona que para el Atlántico mexicano, Cabo Rojo, ubicado en el extremo sur de Tampico es el punto que divide dos provincias: la tropical hacia el sur (Provincia Caribeña) y la subtropical hacia el norte (Provincia Caroliniana), lo cual sugiere que Tamaulipas representa una zona de transición entre ficofloras tropicales y templadas (Ortega *et al.*, 2001). Posteriormente, Garduño-Solórzano *et al.*, (2005) publicó el trabajo donde confirma la distinción entre estas dos provincias en las costas de la Vertiente Atlántica de México.

Ortegón-Aznar y Aguilar-Perera (2014) examinaron la distribución de las macroalgas marinas en las ANP Dzilam y El Palmar, ambas ubicadas al norte de Yucatán. La similitud entre estas, de acuerdo a su composición florística, resultó baja. Las condiciones ambientales entre las localidades fueron semejantes y lo que vario fue el sustrato, por lo que se consideró a ese parámetro el condicionante para la presencia de las especies en estas zonas.

Tapia *et al.*, (2015) estimaron la riqueza de especies a lo largo del Golfo de México y Caribe mexicano, donde el área con mayor riqueza de especies abarca la zona de Puerto Progreso a Arrecife Alacranes.

### ***Regionalizaciones***

Arriaga-Cabrera *et al.*, (1998) mencionan que en México, uno de los trabajos más grandes y destacados que se han hecho para la identificación de sitios marinos prioritarios es el “Programa de Regiones Prioritarias de México” instrumentado por la CONABIO. Este programa reunió a un grupo de 74 expertos del sector académico,



gubernamental, privado, social y organizaciones no gubernamentales de conservación, con el fin de reunir información y conocimiento compartido de los participantes, lo cual ayudó a proponer una de las primeras regionalizaciones para México que no solo permitió identificar, sino delimitar y caracterizar 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por la falta de conocimiento sobre biodiversidad. Además, se identificaron las áreas amenazadas al medio marino de mayor incidencia o con impactos significativos en nuestras costas y mares.

Spalding *et al.*, (2007) presentan un clasificación biogeográfica para las zonas costeras y plataformas del mundo. En dicho trabajo, para México, se proponen dos ecorregiones: norte del Golfo de México y oeste del Caribe. Mencionan también que este tipo de trabajos son esenciales para apoyar la urgente necesidad de ampliar las herramientas que ayudan a definir áreas de conservación marina.

A partir de los acuerdos generados en la 7ª Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), México comenzó a realizar diferentes análisis de vacíos y omisiones para identificar sitios prioritarios para la conservación, basándose en diversas bases biológicas y geográficas, y ejercicios previos de planeación para la conservación marina. En dicho trabajo se propuso una regionalización con 105 sitios prioritarios, que finalmente en el análisis de vacíos y omisiones mostró una baja representatividad en superficie (18.33%) dentro del sistema de AP, de los cuales la mayor parte son costeros (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007).

Wilkinson *et al.*, (2009) presentaron una regionalización para América del Norte en la que proponen 24 ecorregiones basadas en las especies y procesos ecológicos característicos de cada una, donde específicamente para el Atlántico mexicano describen tres ecorregiones: Golfo de México norte, Golfo de México sur y Mar Caribe.

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué factores explican la distribución de las grandes macroalgas en Golfo de México y Caribe mexicano?

¿Existirá alguna correlación entre los factores ambientales, el área y la caracterización del recurso?

¿Serán las grandes macroalgas un recurso potencial para la elaboración de pulpa papirogénica?

## **OBJETIVO GENERAL**

- Definir las áreas de distribución de las grandes macroalgas en el Golfo de México y Caribe mexicano.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

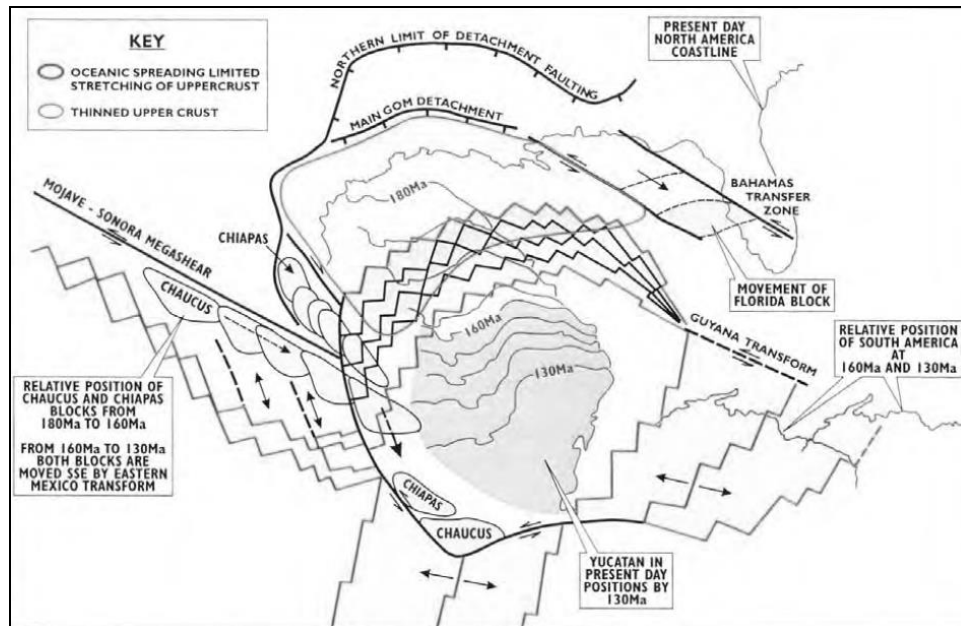
- Elaborar mapas de distribución por especie de grandes macroalgas reportadas en el Golfo y Caribe mexicano.
- Elaborar una base de datos a partir de la información arrojada de los mapas de distribución y las condiciones medioambientales de cada localidad.
- Elaboración de un cladograma de áreas a través de la metodología de Áreas de Endemismo por Parsimonia (PAE).
- Proponer una regionalización.
- Identificar áreas con una combinación única de especies para su conservación o bien, áreas potencialmente importantes para el aprovechamiento de las grandes macroalgas como materia prima, mediante la elaboración de pulpa papirogénica; para contribuir en la planeación, conservación, manejo y uso de los recursos marinos del país.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

En el presente trabajo el área bajo estudio comprende la parte mexicana del Golfo de México, es decir, de Tamaulipas a Yucatán, y al estado de Quintana Roo en el Caribe mexicano.

### ***Formación del Golfo de México y Caribe mexicano***

Aproximadamente hace 180 millones de años (ma), en el Jurásico Medio, comenzó el proceso de formación del Golfo de México, a partir del desarrollo de una zona de agrietamiento en la parte central del mismo, que dio lugar al desprendimiento del bloque de Yucatán, del margen noroccidental de la costa del Golfo de los Estados Unidos, trasladándose al sur, dando una curvatura con un movimiento contrario a las manecillas del reloj con rotación de 18°, con tendencia hacia el suroeste de su posición actual (Figura 1). A partir de este proceso geológico, se desprenden dos grandes eventos: el primero es el surgimiento del Istmo de Tehuantepec (50 ma), cuando la subducción entre las placas tectónicas de Cocos, Norteamericana y Caribe, genera una zona de intensa actividad sísmica, desarrollando fosas y pilares tectónicos en la zona, y con esto la progresiva regresión de los mares y el surgimiento del Istmo; y el segundo, fue la emersión de la península de Yucatán hace 19 ma (Bird *et al.*, 2011), que hoy en día marca una barrera entre la cuenca del Golfo de México y el Mar Caribe.



**Figura 1.** Desprendimiento del Bloque de Yucatán desde el margen noroccidental de la costa del Golfo de los Estados Unidos hacia el suroeste (Pindell *et al.*, 2002).

### **Golfo de México**

El Golfo de México (GM; Fig. 2), es una cuenca semi cerrada, conectada con el océano Atlántico a través del estrecho de Florida y con el Mar Caribe a través del canal de Yucatán, tiene una profundidad máxima de 4,000 m ubicada en la región central. El Golfo presenta una batimetría muy variable: el Canal de Yucatán en su parte occidental tiene una plataforma continental angosta de apenas 2 km mientras que al norte de la Península de Yucatán presenta un ancho de 250 km. El Banco de Campeche es muy extenso y tiene un fondo con una pendiente muy suave. La plataforma frente a Veracruz y Tamaulipas es muy estrecha, y se ensancha frente a Texas-Luisiana continuando hasta Florida (Monreal-Gómez *et al.*, 2004). El promedio de temperatura superficial marina es de entre 24 y 25°C en invierno y de 28-29°C en

verano, en cuanto al sustrato, presenta arenas mixtas, limo, arcilla y arenas calcáreas (carbonato de calcio) (Wilkinson *et al.*, 2009). Las aguas típicas del GM tienen una salinidad de 36.5 ups, producto de la mezcla de los giros anticiclónicos y ciclónicos que se crean a partir de la Corriente de Lazo (36.8 ups, que resultan del predominio de la evaporación sobre la precipitación en la región del Caribe) que está íntimamente relacionada con la temperatura y la salinidad del área en estudio (Biggs, 1992).

El GM es un mar interior diverso con características físicas y químicas resultado de su ubicación latitudinal; desde tropical, subtropical hasta templado, con climas distintos, catalogados como épocas de secas en primavera, época de lluvias en verano y otoño, y nortes en invierno. Así mismo, con aportes permanentes de seis principales ríos que drenan directamente al Golfo: El Pánuco, el Coatzacoalcos, el Papaloapan, el Grijalva-Usumacinta a través del Frontera, el Champotón y el Bravo, le aportan una gran cantidad significativa de sedimentos en suspensión y nutrientes (Monreal-Gómez *et al.*, 2004)

El sistema de corrientes en el Golfo de México se origina en el Mar Caribe. La circulación de mayor escala en el Golfo es dominada por la Corriente de Lazo (fuerza motriz más importante para la entrada de agua oceánica en el Golfo), dicha corriente penetra por el canal de Yucatán y sale por los estrechos de Florida para convertirse en la corriente de Florida y posteriormente en la corriente del Golfo. Algunos giros (anticiclónicos y ciclónicos) de masas de agua, grandes e inestables, se desprenden de la corriente de Lazo, transportando cantidades masivas de calor, sal y agua por todo el Golfo de México. De esta manera, la corriente de Lazo desempeña una

función importante en el equilibrio de los nutrientes de la plataforma, al menos al este del Golfo de México. Aunado a estas características casi permanentes, existen grandes zonas con circulación ciclónica, como la Bahía de Campeche (Monreal-Gómez *et al.*, 2004.; Wilkinson *et al.*, 2009).

Lankford (1977) menciona que tres tipos de régimen de oleaje tienen lugar en el Golfo de México: olas y marejadas de tormenta asociadas con ciclones tropicales; olas y marejadas de tormenta con frentes fríos conocidas en México como “nortes”; olas y marejadas dentro del límite de la tirada de viento en la superficie del Golfo (Ortiz-Pérez y De la Lanza-Espino, 2006).

Los vientos dominantes son rachas constantes de los alisios que provienen del sector nororiental durante todo el año, generando olas con períodos típicos de entre cinco y siete segundos, cuyas crestas oscilan alrededor de 1.5m de altura. De esta forma, el oleaje incide periódicamente del este-noreste con una frecuencia de un poco más del 60% del total anual (Cao-Romero, 2002).

### ***Caribe mexicano***

En cuanto al Caribe mexicano (Fig. 2), va desde Cabo Catoche en el norte hasta el extremo sur de la Bahía de Chetumal, abarcando 150 km de costa aproximadamente. Sus costas están bañadas por aguas oceánicas que forman parte del extremo noroccidental del Mar del Caimán y su parte septentrional forma parte del Canal de Yucatán. Estas aguas se caracterizan por tener gran transparencia y la corriente fluye en dirección sur-norte con velocidades promedio mayores a dos nudos durante la mayor parte del año (Chávez-Hidalgo, 2009). La temperatura superficial

del agua promedio mensual varía entre 25.5°C en enero y 29°C en agosto, con promedio anual de 27°C y la salinidad es de 36‰ siendo variable localmente (Aguilar-Rosas, 1998). El suelo está formado de calizas coralíferas y sedimentos carbonatados, susceptibles a la erosión hídrica. En contraste con la porción del Golfo, la plataforma continental es estrecha y homogénea, ocupada por cuencas oceánicas profundas separadas por un sistema de crestas paralelas (González *et al.*, 1991). Las formaciones arrecifales dentro del sistema caribeño en México están relacionadas con una serie de fallas que condicionan la naturaleza del sustrato, la morfología de la costa y de la parte somera de la plataforma continental. Las bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo son los rasgos geomorfológicos que pudieran estar marcando los límites entre las formaciones arrecifales con grado de desarrollo distinto de las secciones norte y sur de Quintana Roo (Chávez-Hidalgo, 2009).



**Figura 2.** Área de estudio. Golfo de México y Caribe mexicano.



## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***Revisión bibliográfica***

Para elaborar la base de datos, fundamental para los análisis posteriores, se llevó a cabo un listado de los registros de las especies de grandes macroalgas en el GMCM, utilizando como fuente de información los catálogos de Dreckmann (1998), Ortega *et al.*, (2001). Así mismo, se complementó con el trabajo publicado de Littler y Littler (2000) y la base de datos electrónica AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2015). La información consta básicamente de la entrada taxonómica (nombre de los taxa), localidad, entidad federativa y coordenadas geográficas (Mendoza-González *et al.*, 2000; Robinson *et al.*, 2012).

### ***Análisis de la riqueza de especies***

A partir de la información de riqueza de especies y georreferenciación por localidad obtenida en la revisión bibliográfica, se realizó la predicción espacial de la riqueza a lo largo del litoral del GMCM, mediante técnicas de análisis espacial, específicamente, siguiendo el árbol de decisiones de Hengl (Hengl, 2009) para la selección de la técnica de análisis espacial, de tal modo que primero se verificó si existía una relación lineal entre la variable de interés y alguna variable ambiental, tales como la temperatura superficial del agua y la salinidad, ambas provenientes del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Al no haber tal relación, se llevó a cabo el ajuste de un variograma experimental a un modelo permisible (semivariograma) para corroborar si existía autocorrelación espacial de la

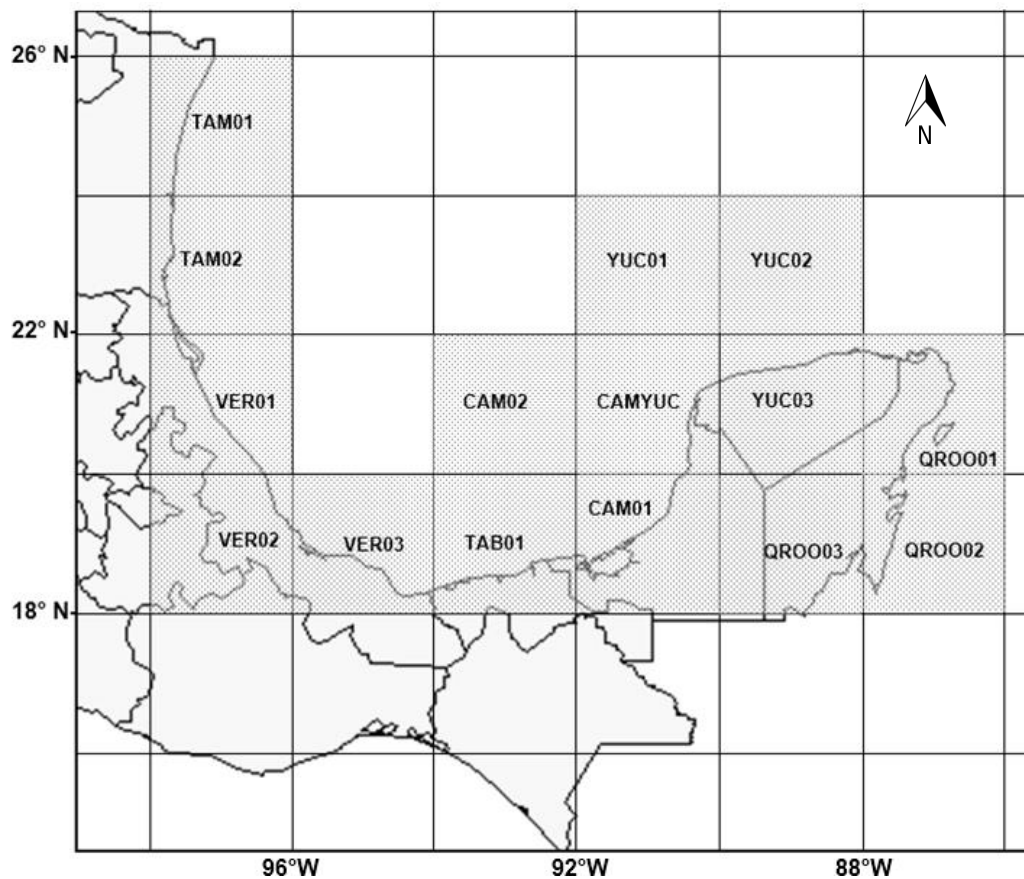
variable de interés. Posteriormente se realizó el procedimiento de interpolación mediante Kriging Ordinario (KO) para la obtención del mapa de la riqueza de especies de grandes macroalgas a lo largo en la región de estudio. Los resultados fueron evaluados con un ejercicio de validación cruzada.

### ***Análisis biogeográfico***

Con la información obtenida en la revisión bibliográfica se elaboró un mapa de distribución de las especies de grandes macroalgas presentes en el área de estudio y se trazó una cuadrícula de 2° de latitud por 2° de longitud, en base a los paralelos y meridianos que cruzan su territorio, utilizando el programa QGis v. 2.2.0. (Quantum GIS Development Team, 2014). Posteriormente, en el mapa se identificaron y se nombraron las OGU que contenían registros de grandes macroalgas (Figura 3).

Para clasificar a dichas OGU con base en la presencia compartida de dos o más especies de grandes macroalgas, se utilizó la metodología del PAE, elaborando una matriz de áreas vs. especies (presencia-ausencia), codificando con un número 1 las presencias y con un 0 las ausencias en cada área (Apéndice I). Se incorporó además un área hipotética para el enraizamiento del árbol, consistente en ausencias para todos los taxa. Se analizó dicha matriz con el programa Nona (Goloboff, 1999) en WinClada (Nixon, 2002) bajo una rutina de máxima parsimonia, usando la opción de búsqueda heurística, posteriormente se aplicó una estrategia TBR+TBR (Tree Bisection and Reconnection + Tree Bisection and Reconnection); una vez arrojados los cladogramas más parsimoniosos, se evaluó la estabilidad de las ramas internas de cada uno de éstos mediante un análisis de Bootstrap (Felsenstein, 1985), y se

generó un cladograma de consenso estricto, o cladograma de áreas, del cual se obtuvo su longitud, así como los índices de consistencia y retención. Es importante mencionar que previamente se realizó la identificación de los caracteres no informativos (aquellas especies redundantes o cosmopolitas), mismos que fueron descartados del análisis.



**Figura 3.** División del Golfo de México y Caribe mexicano en Unidades Geográficas Operativas (OGU) de 2°x2°.

Para el Análisis de trazos (AT), a partir de la información recopilada en la revisión bibliográfica, se construyeron bases de datos por especie en OpenOffice 4

(Hoja de cálculo), las cuales contenían el nombre de la especie y la georreferenciación de cada una de las localidades donde esta se registró. Directamente de la hoja de cálculo, las bases de datos, fueron exportadas a formato dBaseIII, para posteriormente ser visualizadas en el Sistema de Información Geográfica ArcView 3.2 (ESRI, 1999). Cabe mencionar que de las 118 especies registradas para este estudio, 75 fueron excluidas debido a que presentaron una distribución amplia o restringida. Una vez obtenidas y cartografiadas las localidades puntuales de las 41 especies restantes, se obtuvieron los trazos individuales, utilizando la extensión *Trazos2004* (Rojas, 2004) en ArcView 3.2. Este algoritmo permitió construir los trazos individuales, uniendo las localidades mediante el principio de distancia mínima, y generando nuevos mapas, una vez obtenidos los trazos individuales, los archivos fueron transformados a formato Shapefile. Se identificaron los trazos individuales con congruencia geográfica que participaron en la construcción de cada uno de los trazos generalizados; es decir, donde dos o más trazos individuales se sobrepusieron. Por último se digitalizaron los trazos generalizados en un mapa, en el mismo programa, y una vez bien delimitados se identificaron los nodos biogeográficos, o lugares donde convergen dos o más trazos generalizados.

### ***Obtención de pulpa papirogénica***

#### **Recolecta y separación**

Las recolectas fueron realizadas en distintas localidades de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche. Aproximadamente 5 kg (peso húmedo) de material

algal fue extraído exclusivamente de las arribazones algales acumuladas en las playas visitadas, y transportadas en hielo para su procesamiento en los laboratorios de Anatomía de Maderas (Departamento de Biología) y de Macroalgas Marinas (Departamento de Hidrobiología) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Las muestras se descongelaron y enjuagaron con agua de grifo para posteriormente ser pesadas y separadas por grupo taxonómico (División) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Localidades donde se realizaron las recolectas de macroalgas para la manufactura de papel.

<b>Estado</b>	<b>Localidad</b>	<b>División taxonómica Colectada</b>	<b>Mes de colecta</b>	<b>Cantidad colectada</b>
<b>Veracruz</b>	Playa paraíso	Ochrophyta, Rhodophyta y Chlorophyta	Mayo 2014 Julio 2015	1 kg
	Costa de Oro	Ochrophyta y Rhodophyta	Julio 2015	1 kg
<b>Tabasco</b>	Sánchez	Ochrophyta y	Octubre 2014	250 g
	Magallanes	Rhodophyta		
<b>Campeche</b>	Isla Aguada	Rhodophyta	Noviembre 2013	1 kg
	Sabancuy	Rhodophyta	Noviembre 2013	750 g
	Punta Xen	Rhodophyta	Noviembre 2013	1 kg

### **Proceso de manufactura de papel**

La elaboración de la pulpa papirogénica y manufactura de papel se realizó siguiendo dos procesos diferentes.

El primero se dividió en dos fases: a) preparación de tres diferentes aglutinantes: linaza, mucilago de nopal y celulosa, y b) mezcla del aglutinante con el material algal; y el segundo proceso, igualmente dividido en dos fases: a) preparación de la fibra de corteza de *Trema micrantha* (L.) Blume (especie de árbol perteneciente a la familia Cannabaceae, también conocido como jonote), y b) y preparación del material algal. Es importante destacar que se optó por la corteza de *T. micrantha*, debido a que es una especie pionera, es decir, que es de rápido crecimiento, y a pesar de eso, la corteza posee fibra muy resistente con moderada lignificación y longitudes largas (1,200 micras). La preparación de las fibras de jonote se hizo de acuerdo con la patente de la UAMI (Quintanar *et al.*, 2011). En los procesos de manufactura del papel “algame”, de carácter innovador, se usó material biológico de las tres divisiones taxonómicas. Estos procesos produjeron papeles novedosos por lo que la descripción de su manufactura queda reservada para la patente en proceso (Vilchis-Alfaro *et al.*, registro de patente UAM-I IMPI en proceso).

### ***Integración de los resultados***

La definición de las áreas de conservación se realizó en base a la coincidencia de dos o más de los siguientes criterios: riqueza de especies, áreas resultantes en el análisis biogeográfico y áreas donde se presentan macroalgas con potencial económico. Para finalizar, se contrastaron las áreas obtenidas anteriormente con los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina propuestas por la CONABIO y CONANP.

## RESULTADOS

Se obtuvieron 118 especies válidas taxonómicamente, distribuidas en 32 familias y 59 géneros de grandes macroalgas, registradas en 139 localidades pertenecientes a los estados que conforman la región del Atlántico mexicano: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. A continuación se presenta el listado florístico sistemático de dichas especies y su distribución en el área de estudio.

### CHLOROPHYTA

#### ULVOPHYCEAE

#### ULVALES

#### ULVACEAE

##### *Ulva flexuosa* Wulfen

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Laguna Madre. Veracruz: Isla de Lobos, Coatzacoalcos, Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Tamiahua, Monte Pío, Boca del Río Bravo del Norte. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an.

##### *Ulva intestinalis* Linnaeus

Veracruz: Punta Hornos, Isla Sacrificios, Arrecife la Blanquilla, Tamiahua, Laguna de Sontecomapan, Barra de Corazones, Playa Mocambo, Isla Verde. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, El Mirador, Punta Morena.

***Ulva prolifera*** O.F. Müller

Tamaulipas: Soto la Marina. Veracruz: Punta Hornos, Villa Rica, Villa del Mar, Isla de Enmedio. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Sistema Lagunar Nichupté.

***Ulva lactuca*** Linnaeus

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Coatzacoalcos, Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Paraíso, Tamiahua, Isla Verde, Villa del Mar, Arrecife Hornos, Estuario del Río Tuxpan, Monte Pío, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Culebras, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros.

***Ulva rigida*** C. Agardh

Veracruz: Punta Hornos, Playa Paraíso. Campeche: Arrecifes Triángulos. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Playa San Juan, Caletilla, Puerto Morelos, Xoquem.

**CLADOPHORALES**

**CLADOPHORACE**

***Chaetomorpha gracilis*** Kützing

Veracruz: Isla de Lobos. Campeche: Laguna de Términos, Cayo Arcas. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Xcalak.

***Chaetomorpha antennina*** (Bory de Saint-Vincent) Kützing

Tamaulipas: Soto la Marina, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Barra de Cazones, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa



Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife Hornos, Monte Pío, Boca del Río. Campeche: Laguna de Términos. Quintana Roo: Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Puerto Morelos.

***Chaetomorpha linum*** (O.F. Müller) Kützing

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Playa Escondida, Campeche: Laguna de Términos, Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Valencia, Cayo Norte, Xcalak, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros.

**BRYOPSIDALES**

**BRYOPSIDACEAE**

***Bryopsis plumosa*** (Hudson) C. Agardh

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Playa Escondida, Isla Verde, Estuario del Río Tuxpan, Isla de Enmedio. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Puerto Progreso, Sisal. Quintana Roo: Puerto Morelos.

**CODIACEAE**

***Codium decorticatum*** (Woodward) M. Howe

Veracruz: Isla Sacrificios. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Puerto Morelos.

***Codium isthmocladum*** Vickers

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Playa Escondida, Arrecife Hornos. Campeche: Laguna de Términos. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Isla Contoy, Puerto Morelos, Cancún, Playa Caracol.

***Codium taylorii*** P.C. Silva

Veracruz: Punta Hornos, Morro de la Mancha, Isla Verde, Arrecife Hornos, Isla de Enmedio. Yucatán: Arrecife Alacranes, Sisal. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Isla Contoy, Cayo Lobos, Puerto Morelos.

## CAULERPACEAE

***Caulerpa microphysa*** (Weber-van Bosse) J. Feldmann

Veracruz: Isla de Lobos. Quintana Roo: Isla Contoy, Puerto Morelos, Cancún.

***Caulerpa prolifera*** (Forsskål) Lamouroux

Veracruz: Barra de Cazones. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Puerto Progreso, Reserva de Dzilam. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, El Mirador, Punta Morena, Puerto Morelos, Isla de la Pasión.

***Caulerpa sertularioides*** (S.G. Gmelin) M. Howe

Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Isla Sacrificios, Villa Rica, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Isla Verde, Arrecife Hornos, Monte Pío, Boca del Río, Arrecife Gioté. Yucatán: Arrecife Alacranes, Reserva de Dzilam. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Xcalak, Puerto Morelos.

***Caulerpa ashmeadii*** Harvey

Yucatán: Puerto Progreso, Sisal, Reserva de Dzilam. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres).

## HALIMEDACEAE

***Halimeda discoidea*** Decaisne

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Isla Sacrificios, Isla Verde, Isla de Enmedio. Campeche: Sabancuy. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Puerto Morelos.

***Halimeda incrassata*** (Ellis) Lamouroux

Campeche: Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal, Reserva de Dzilam, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Norte, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Akumal, Colonia Rojo Gómez, Paamul, Zama, Bahía del Espíritu Santo.

***Halimeda monile*** (Ellis et Solander) Lamouroux

Yucatán: Arrecife Alacranes, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Punta Allen, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Isla de la Pasión, Akumal, Colonia Rojo Gómez, Punta Estrella, Punta Halfway.

***Halimeda opuntia*** (Linnaeus) Lamouroux

Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Isla Sacrificios, Playa Paraíso, Isla Verde, Arrecife Hornos, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio. Campeche: Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, Cayo Culebras, Punta Allen, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Akumal, Colonia Rojo Gómez, Paamul, Zama, Bahía del Espíritu Santo, Punta Estrella, Punta Halfway, Xel-há, Hualapich, Xcacel, Chac-Mool.

***Halimeda tuna*** (Ellis et Solander) Lamouroux

Veracruz: Isla Sacrificios, Villa Rica, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Monte Pío, Isla de Enmedio.

Campeche: Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Valencia, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Cancún, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Akumal, Chankanab.

***Halimeda simulans*** M. Howe

Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Sistema Lagunar Nichupté, Puerto Morelos, Playa Maya.

## UDOTEACEAE

***Penicillus dumetosus*** (Lamouroux) Blainville

Campeche: Sabancuy. Yucatán: Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Isla Contoy, Cayo Valencia, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Puerto Morelos, Punta Piedras, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Playa Maya, Akumal, Paamul, Zamach, Punta Estrella, Xel-há, Hualapich, Xcacel, Chac-Mool.

***Rhipocephalus oblongus*** (Decaisne) Kützing

Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Puerto Morelos, Cancún, Xel-há.

***Udotea abbottiorum*** Littler *et* Littler

Quintana Roo: Puerto Morelos.

***Udotea dixonii*** D.S. Littler & M.M. Littler

Quintana Roo: Puerto Morelos, Paamul, Chemuyil.

***Udotea flabellum*** (J. Ellis & Solander) M.A. Howe

Veracruz: Isla de Lobos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Cayo Arenas.

Quintana Roo: Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Centro, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Punta Chiqueros, Playa Maya, Akumal, Colonia Rojo Gómez, Paamul, Bahía del Espíritu Santo, Punta Estrella, Hualapich, Chac-Mool, Chankanab, Punta Santa María.

***Udotea occidentalis*** A. Gepp & E.S. Gepp

Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Puerto Morelos.

## DASYCLADALES

### DASYCLADACEAE

***Cymopolia barbata*** (Linnaeus) Lamouroux

Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Playa Mocambo, Isla Verde, Arrecife Hornos, Monte Pío, Isla de Enmedio, Boca del Río, Punta Antón Lizardo, Arrecife Blanca. Quintana Roo: Puerto Morelos.

## CLADOPHORALES

### ANADYOMENACEAE

***Anadyomene stellata*** (Wulfen) C. Agardh

Veracruz: Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Paraíso, Isla Verde, Monte Pío, Isla de Enmedio, Catemaco, Playa Balzapote, San Juan de Ulúa. Yucatán:

Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Lobos, Cayo Lagartijos, Cayo Xobon, Punta Pájaros, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Playa Maya, Akumal, Paamul, Zamach, Xel-há, Hualapich, Xcacel, Chac-Mool.

## CLADOPHORACEAE

### ***Cladophora laetevirens*** (Roth) Kützing

Tamaulipas: Punta de Piedra. Yucatán: Arrecife Alacranes.

### ***Cladophora prolifera*** (Roth) Kützing

Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Villa Rica, Morro de la Mancha. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Puerto Morelos.

### ***Cladophora vagabunda*** (Linnaeus) Hoek

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Barra de Cazones, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Isla Verde, Villa del Mar, Monte Pío, Boca del Río, Catemaco, Playa Balzapote. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Culebras, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Akumal, Paamul, Chac-Mool.

### ***Cladophora longicaulis*** (Roth) Kützing

Veracruz: Isla de Lobos. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Centro,

Cayo Lagartijos, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Colonia Rojo Gómez, Zamach, Bahía del Espíritu Santo, Punta Estrella, Hualapich.

## OCHROPHYTA

### PHAEOPHYCEAE

#### SPOROCHNALES

#### SPOROCHNACEAE

***Sporochnus pedunculatus*** (Hudson) C. Agardh

Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso.

#### ECTOCARPALES

#### SCYTOSIPHONACEAE

***Chnoospora minima*** (Hering) Papenfuss

Veracruz: Isla de Lobos, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Monte Pío. Quintana Roo: Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla.

***Colpomenia sinuosa*** (Mertens et Roth) Derbè et Solier

Tamaulipas: Altamira. Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Isla Verde, Arrecife Hornos, Monte Pío, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio, Boca del Río, Arrecife Blanca, Cabo Rojo. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla.

***Hydroclathrus clathratus*** (C. Agardh) M. Howe

Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Isla Sacrificios, Arrecife la Blanquilla, Isla Verde, Villa del Mar, Isla de Enmedio, Punta Antón Lizardo, Cabo

Rojo. Campeche: Ría de San Francisco, Punta del Muelle. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, San Felipe, Celestún. Quintana Roo: Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Cancún.

***Rosenvingea intricate*** (J. Agardh) Børgesen

Tamaulipas: Puerto El Mezquital. Veracruz: Morro de la Mancha: Tamiahua, Arrecife Hornos. Tabasco: Laguna de Mecoacán.

## DICTYOTALES

### DICTYOTACEAE

***Dictyopteris jamaicensis*** W.R. Taylor

Yucatán: Puerto Progreso, El Cuyo. Quintana Roo: Xcalak.

***Dictyopteris justii*** W.R. Taylor

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Yucatán: Puerto Progreso. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), El Mirador, Punta Morena, Puerto Morelos, Xoquem, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Zamach.

***Dictyopteris plagiogramma*** (Montagne) Vickers

Yucatán: Puerto Progreso, Las Coloradas. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres)

***Dictyopteris polypodioides*** (A.P. De Candolle) J.V. Lamouroux

Yucatán: Puerto Progreso. Quintana Roo: Isla Contoy, Puerto Morelos.

***Canistrocarpus cervicornis*** (Kützing) De Paula & De Clerck

Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Isla Sacrificios, Playa Escondida, Arrecife la Blanquilla, Tamiahua, Isla Verde, Monte Pío, Isla de Enmedio,



Arrecife Blanca. Campeche: Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal, San Felipe, Celestún, Telchac Puerto. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Culebras, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya.

***Dictyota ciliolata*** Sonder & Kützing

Tamaulipas: Puerto El Mezquital. Veracruz: Barra de Czones, Punta Hornos, Villa Rica, Morro de la Mancha, Playa Mocambo, Arrecife Hornos, Monte Pío, Arrecife Giotte. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Puerto Progreso, Sisal. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Puerto Morelos, Xoquem, Akumal, Zamach, Hualapich, Shangri-La, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Culebras, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya.

***Dictyota crenulata*** J. Agardh

Quintana Roo: Cayo Centro.

***Dictyota guineensis*** (J. Agardh) P. Crouan & H. Crouan

Veracruz: Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Mocambo, Isla Santiaguillo, Boca del Río. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Zamach, Hualapich, Shangri-La, Boca Iglesias, Río Indio.

***Dictyota menstrualis*** (Hoyt) Schnetter, Hörning & Weber-Peukert

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Laguna Madre. Veracruz: Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Arrecife la Blanquilla, Tamiahua, Villa del Mar, Arrecife Hornos, Monte Pío,

Isla de Enmedio, Arrecife Giote, Arrecife Blanca, Tampico Alto. Campeche: Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Cayo Arenas. Quintana Roo: Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Norte, Cayo Lobos, Cayo Centro, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Colonia Rojo Gómez, Hualapich.

***Dictyota pinnatifida*** Kützing

Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Maya, Akumal, Zamach, Hualapich, Shangri-La, Boca Iglesias, Río Indio, Tulum.

***Padina gymnospora*** (Kützing) Sonder

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Puerto El Mezquital. Veracruz: Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Laguna Verde, Barra de Corazones, Isla Verde, Estuario del Río, Tuxpan, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio, Laguna de Alvarado. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Telchac Puerto. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Molas, Punta Morena, Xcalak, Puerto Morelos, Cancún, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Playa Maya, Xel-há.

***Padina pavonica*** (Linnaeus) Thivy in W.R. Taylor

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Laguna Madre, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Isla de Lobos, Villa Rica, Morro de la Mancha, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Monte Pío, Isla de Enmedio. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Playa Lancheros, Isla Contoy, Puerto Morelos, Punta Piedras.

***Spatoglossum schroeder*** (C. Agardh) Kützing

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Barra de Corazones, Playa Mocambo, Isla Verde, Arrecife Hornos, Monte Pío, Isla Santiaguillo, Boca del Río, Arrecife Gioté. Yucatán: Puerto Progreso. Quintana Roo: Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Xcalak, Puerto Morelos, Xel-há.

**FUCLAES**

**SARGASSACEAE**

***Sargassum acinarium*** (Linnaeus) Setchell

Tamaulipas: Puerto El Mezquital. Quintana Roo: El Mirador, Punta Morena, Xcalak, Cancún.

***Sargassum filipendula*** C. Agardh

Tamaulipas: Altamira, Punta de Piedra, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Coatzacoalcos, Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Monte Pío, Isla de Enmedio. Campeche: Playa Bonita. Yucatán: Puerto Progreso, El Cuyo. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Punta Chiqueros, Isla de la Pasión.

***Sargassum fluitans*** (Børgesen) Børgesen

Tamaulipas: Soto la Marina, Puerto El Mezquital, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Tamiagua, Playa Mocambo, Isla Verde. Campeche: Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Isla Contoy, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Xel-há.

***Sargassum hystrix*** J. Agardh

Veracruz: Isla Sacrificios, Isla de Enmedio, Laguna de Alvarado. Campeche: Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Cayo Arenas. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Molas, Cayo Culebras, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Playa Maya, Zamach, Bahía del Espíritu Santo, Xel-há, Xcacel.

***Sargassum natans*** (Linnaeus) Gaillon

Tamaulipas: Soto la Marina, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Punta Hornos, Playa Escondida, Isla de Enmedio. Campeche: Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos. Quintana Roo: Arrecife Alacranes, Cayo Arenas, Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Isla Contoy, Xcalak, Puerto Morelos, Cancún.

***Sargassum ramifolium*** Kützing

Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Playa Lancheros

***Sargassum vulgare*** C. Agardh

Tamaulipas: Puerto El Mezquital. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Tamiahua, Playa Mocambo, Monte Pío. Campeche: Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Xcalak, Puerto Morelos, Cancún, Xcacel.

**RHODOPHYTA**

**FLORIDOPHYCEAE**

**CORALLINALES**

**CORALLINACEAE**

***Jania capillacea*** Harvey

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital. Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Isla Sacrificios, Playa Escondida, Playa Paraíso, Laguna de Sontecomapan, Isla Verde, Arrecife Hornos, Isla Santiaguillo. Campeche: Laguna de Términos, Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Norte, Cayo Lobos, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Bahía del Espíritu Santo, Xel-há.

***Amphiroa tribulus*** (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux

Veracruz: Isla de Enmedio. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Playa Lancheros, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Playa Caracol, Playa Maya.

## GELIDIALES

### GELIDIACEAE

***Gelidium pusillum*** (Stackhouse) Le Jolis

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Puerto El Mezquital. Veracruz: Coatzacoalcos, Barra de Cazonas, Playa Escondida, Arrecife Hornos, Isla de Enmedio. Tabasco: Laguna de Mecoacán, Escollera Sánchez Magallanes. Campeche: Laguna de Términos, Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos, Laguna Azul, Arrecife Alacranes, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Xcalak, Puerto Morelos, Punta Piedras, Akumal, Paamul, Xcacel, Chac-Mool.

## PTEROCLADIACEAE

***Pterocliadiella capillacea*** (S.G. Gmelin) Santelices & Hommersand

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Boca del Río Bravo del Norte, Villa Rica, Playa Escondida, Monte Pío. Quintana Roo: Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Puerto Morelos, Punta Piedras, Xel-há.

## NEMALIALES

### GALAXAURACEAE

***Galaxaura rugosa*** (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux

Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Isla Sacrificios, Arrecife la Blanquilla, Isla Verde, Arrecife Hornos, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio, Cabo Rojo. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Cayo Lobos, Puerto Morelos, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Playa Maya, Xel-há, Hualapich.

***Tricleocarpa fragilaris*** (Linnaeus) Huisman & R.A. Townsend

Veracruz: Isla de Lobos, Isla Sacrificios, Morro de la Mancha, Arrecife la Blanquilla, Isla Verde, Isla de Enmedio. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Puerto Morelos, Chen Río, Punta Chiqueros.

## BONNEMAISONIALES

### BONNEMAISONIACEAE

***Asparagopsis taxiformis*** (Delile) Trevisan de Saint-Léon

Veracruz: Isla de En medio, Arrecife Gioté. Yucatán: Arrecife Alacranes, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), El

Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Punta Estrella, Chac-Mool, Chankanab.

## **RHODOGORGONALES**

### **RHODOGORGONACEAE**

*Rhodogorgon ramosissima* J.N. Norris & Bucher

Veracruz: Isla de Enmedio.

## **GIGARTINALES**

### **DUMONTIACEAE**

*Dudresnaya crassa* M.A. Howe

Veracruz: Isla de Enmedio.

### **CYSTOCLONIACEAE**

*Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Laguna Madre, Escollera Norte del Río Panuco, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Playa Mocambo, Monte Pío, Isla de Enmedio, Boca del Río. Tabasco: Escollera Sánchez Magallanes. Campeche: Laguna de Términos, Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos, Playa Bonita, Sabancuy. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Isla

Contoy, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Lobos, Cayo Centro, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Zamach, Xel-há.

***Hypnea valentiae*** (Turner) Montagne

Tamaulipas: Punta de Piedra, Puerto El Mezquital. Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Playa Escondida, Arrecife la Blanquilla, Playa Mocambo, Arrecife Hornos, Boca del Río. Campeche: Laguna de Términos, Punta Gorda.

## SOLIERIACEAE

***Agardhiella subulata*** (C.Agardh) Kraft & M.J. Wynne

Veracruz: Boca del Río Bravo del Norte, Coatzacoalcos, Punta Hornos, Playa Mocambo, Isla de Enmedio. Campeche: Laguna de Términos. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Paamul.

***Solieria filiformis*** (Kützinger) P.W. Gabrielson

Tamaulipas: Altamira, Punta de Piedra, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Playa Escondida, Isla de Enmedio. Yucatán: Puerto Progreso. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres).

***Eucheuma isiforme*** (C.Agardh) J. Agardh

Yucatán: Puerto Progreso, Celestún.

## HALYMENIALES

### HALYMENIACEAE



***Grateloupia filicina*** (J.V. Lamouroux) C. Agardh

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Escollera Norte del Río Panuco, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Playa Escondida, Tamiahua, Villa del Mar, Monte Pío, Tampico Alto, El Bellote. Campeche: Laguna de Términos, Laguna Azul. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), El Mirador, Punta Morena, Chen Río, Punta Chiqueros, Isla de la Pasión.

***Halymenia floresii*** (Clemente) C. Agardh

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Yucatán: Puerto Progreso. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres).

## GRACILARIALES

### GRACILARIACEAE

***Gracilaria blodgettii*** Harvey

Tamaulipas: Altamira, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Tamiahua, Playa Mocambo, Arrecife Hornos, Tampico Alto. Tabasco: Laguna de Mecoacán. Campeche: Laguna de Términos, Laguna Azul. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Puerto Morelos.

***Gracilaria bursa-pastoris*** (S.G. Gmelin) P.C. Silva

Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Tamiahua, Playa Mocambo, Boca del Río, Tampico Alto. Quintana Roo: Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Xcalak, Playa Caracol.

***Gracilaria cervicornis*** (Turner) J. Agardh

Tamaulipas: Altamira, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Barra de Cazonés, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Tamiahua, Playa Mocambo, Monte Pío, Isla de Enmedio, Boca del Río, Tampico Alto. Tabasco: Escollera Sánchez Magallanes. Campeche: Laguna de Términos, Playa Bonita, Sabancuy. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Chen Río, Playa Caracol, Playa Maya.

***Gracilaria cuneata*** Areschoug

Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), El Mirador, Punta Morena, Chen Río, Punta Chiqueros.

***Gracilaria cylindrica*** Børgesen

Tamaulipas: Altamira, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazonés, Punta Hornos, Tamiahua, Playa Mocambo, Arrecife Hornos, Tampico Alto. Tabasco: Laguna de Mecoacán. Campeche: Laguna de Términos, Laguna Azul. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Puerto Morelos.

***Gracilaria damaecornis*** J. Agardh

Veracruz: Punta Hornos, Playa Mocambo, Boca del Río. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Puerto Progreso. Quintana Roo: El Mirador, Punta Morena, Xcalak, Isla de la Pasión.

***Gracilaria domingensis*** (Kützting) Sonder ex Dickie

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Villa Rica, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife Hornos, Monte

Pío. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Celestún. Quintana Roo: Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Playa Maya.

***Gracilaria mammilaris*** (Montagne) M.A. Howe

Tamaulipas: Altamira, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Barra de Cazones, Playa Escondida. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla.

***Gracilaria tikvahiae*** McLachlan

Tamaulipas: Punta de Piedra, Laguna Madre. Campeche: Laguna de Términos

***Hydropuntia caudata*** (J. Agardh) Gurgel & Fredericq

Tamaulipas: Soto la Marina, Puerto El Mezquitil, Laguna Madre, La Pesca, Los Legales, San Fernando. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Isla Sacrificios, Morro de la Mancha, Playa Paraíso, Tamiahua, Playa Mocambo, Estuario del Río Tuxpan, Boca del Río, Laguna Pueblo Viejo, Playa Hotel Pensiones. Tabasco: Laguna Mecoacán. Campeche: Laguna de Términos. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, Playa los Cocos, Isla Cancún.

***Hydropuntia cornea*** (J. Agardh) M.J. Wynne

Tamaulipas: Escollera Ciudad Madero. Veracruz: Punta Hornos, Villa Rica, Playa Mocambo, Villa del Mar, Arrecife Hornos, Isla de Enmedio, Boca del Río, Playa Hotel Pensiones. Campeche: Laguna de Términos, Playa Bonita, Sabancuy, Isla Aguada, Ciudad del Carmen, Lerma, Puntilla, Puerto Real. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Reserva de Dzilam, Telchac Puerto, Chicxulub Puerto, Yucalpetén Puerto, Isla Chica. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Isla Contoy, Cayo Norte, Xcalak, Puerto Morelos, Punta Piedras, Playa Caracol, Playa Maya, Playa del Carmen, Playa los Cocos, Puerto Juárez, El Uvero, Isla Cancún.

***Hydropuntia crassissima*** (P.L. Crouan & H.M. Crouan) M.J. Wynne

Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Xcalak, Puerto Morelos, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Punta Estrella, Hualapich.

***Hydropuntia usneoides*** (C. Agardh) Gurgel & Fredericq

Veracruz: Isla Verde. Campeche: Laguna de Términos, Puerto Campeche, Playa San Juan, Puerto Morelos, Playa Caracol.

## **CERAMIALES**

### **CERAMIACEAE**

***Centroceras clavulatum*** (C. Agardh) Montagne

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Laguna Madre, Escollera Norte del Río Panuco, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Isla de Lobos, Coatzacoalcos, Barra de Cazones, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Tamiahua, Laguna de Sontecomapan, Isla Verde, Monte Pío, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio, Punta Antón Lizardo, Tampico Alto, Escollera Sánchez Magallanes. Campeche: Laguna de Términos, Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal, Celestún. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Norte, Cayo Lobos, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Zamach, Xel-há, Hualapich.

***Ceramium brevizonatum*** H.E. Petersen

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Playa Escondida, Isla de Enmedio. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté.

## SPYRIDIACEAE

### ***Spyridia filamentosa*** (Wulfen) Harvey

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Laguna Madre, Escollera Norte del Río Panuco, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Tamiahua, Barra de Corazones, Playa Mocambo, Isla Verde, Isla de Enmedio, Tampico Alto. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Cayo Norte, Cayo Lobos, Cayo Centro, Punta Allen, Xcalak, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Xel-há, Hualapich.

### ***Spyridia hypnoides*** (Bory de Saint-Vincent) Papenfuss

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Barra de Cazones, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Playa Mocambo, Isla de Enmedio. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal, Celestún. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Puerto Morelos, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Maya, Xel-há, Playa del Carmen.

## DASYACEAE

### ***Dasya baillouviana*** (S.G. Gmelin) Montagne

Tamaulipas: Soto la Marina. Veracruz: Playa Boca Andrea, Arrecife Giote. Tabasco: El Bellote. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Puerto Morelos, Playa Maya, Hualapich.

***Heterosiphonia gibbesii*** (Harvey) Falkenberg

Veracruz: Villa Rica, Laguna Verde, Playa Paraíso. Yucatán: Puerto Progreso. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Punta Pájaros, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Zamach, Punta Halfway, Hualapich.

#### DELESSERIACEAE

***Hypoglossum tenuifolium*** (Harvey) J. Agardh

Quintana Roo: Puerto Morelos.

#### RHODOMELACEAE

***Acanthophora muscoides*** (Linnaeus) Bory de Saint-Vincent

Tamaulipas: Altamira. Veracruz: Arrecife Hornos. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Cayo Norte, Xcalak.

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

Veracruz: Isla de Lobos, Coatzacoalcos, Barra de Cazonces, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Arrecife la Blanquilla, Tamiahua, Isla Verde, Isla de Enmedio, Tampico Alto. Tabasco: Laguna de Mecoacán, El Bellote. Campeche: Laguna de Términos, Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos, Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes, Sisal. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Norte, Cayo Centro, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Playa Maya, Zamach, Xel-há.

***Amansia multifidia*** J.V. Lamouroux

Veracruz: Playa Paraíso, Playa Mocambo, Boca del Río. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Xoquem.

***Bryothamnion triquetrum*** (S.G. Gmelin) M.A. Howe

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Barra de Cazonos, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Laguna Verde, Playa Mocambo, Monte Pío, Isla de Enmedio, Boca del Río, Punta Antón Lizardo. Yucatán: Puerto Progreso, Celestún. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla El Mirador, Punta Morena, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Chen Río, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Zamach, Xel-há, Hualapich, Chankanab, Playa del Carmen.

***Chondria atropurpurea*** Harvey

Veracruz: Barra de Cazonos. Yucatán: Puerto Progreso, Sisal. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Puerto Morelos.

***Chondria capillaris*** (Hudson) M.J. Wynne

Tamaulipas: Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Coatzacoalcos, Catemaco, Playa Balzapote. Campeche: Laguna de Términos. Quintana Roo: Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Puerto Morelos, Chen Río, Punta Chiqueros, Xel-há.

***Chondria cnicophylla*** (Melvill) De Toni

Tamaulipas: Punta de Piedra. Quintana Roo: Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Puerto Morelos, Cancún.

***Chondria floridana*** (F.S. Collins) M.A. Howe

Veracruz: Playa Escondida. Yucatán: Arrecife Alacranes.

***Digenea simplex*** (Wulfen) C. Agardh

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Litoral Marino Tampamachoco, Barra de Cazones, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Laguna Verde, Playa Paraíso, Tamiahua, Isla Verde, Monte Pío, Arrecife Blanca, Catemaco, Playa Balzapote. Campeche: Laguna de Términos, Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Muelle (Isla Mujeres), El Mirador, Punta Morena, Isla Contoy, Cayo Lagartijos, Punta Allen, Punta Pájaros, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Playa Maya, Xel-há, Playa del Carmen, San Vale.

***Laurencia filiformis*** (C. Agardh) Montagne

Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Playa San Juan, Caletilla, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Norte, Cayo Lobos, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Zamach.

***Laurencia intricata*** J.V. Lamouroux

Veracruz: Isla Sacrificios Arrecife Gioté. Campeche: Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Cayo Tres Marías, Cayo Xobon, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Chen Río, Punta Chiqueros, Isla de la Pasión, Colonia Rojo Gómez, Zamach, Bahía del Espíritu Santo, Xel-há, Hualapich, San Vale.

***Laurencia obtusa*** (Hudson) J.V. Lamouroux

Tamaulipas: Punta de Piedra, Escollera Norte del Río Panuco. Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica,



Playa Escondida, Morro de la Mancha ,Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Tamiahua, Laguna de Sontecomapan, Isla Verde, Arrecife Hornos, Monte Pío, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio, Arrecife Giote, Catemaco, Tampico Alto. Campeche: Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Sisal. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, Punta Allen, Xcalak, Puerto Morelos, Punta Piedras, Cancún, Playa Caracol, Isla de la Pasión, Playa Maya, Xel-há.

***Laurencia microcladia*** Kützing

Tamaulipas: San Fernando. Veracruz: Morro de la Mancha, Laguna Verde, Villa del Mar, Isla Santiaguillo, Isla de Enmedio. Campeche: Playa Bonita, Puntilla. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Punta Pájaros, Puerto Morelos, Xoquem, Chen Río, Punta Chiqueros, Colonia Rojo Gómez, Zamach, Hualapich, Playa los Cocos.

***Palisada perforata*** (Bory de Saint-Vincent) K.W. Nam

Veracruz: Isla de Lobos, Litoral Marino Tampamachoco, Punta Hornos, Isla Sacrificios, Villa Rica, Playa Escondida, Morro de la Mancha, Playa Boca Andrea, Laguna Verde, Playa Paraíso, Arrecife la Blanquilla, Isla Verde, Monte Pío, Isla de Enmedio. Tabasco: Laguna de Mecoacán. Campeche: Laguna de Términos, Cayo Arcas, Arrecifes Triángulos, Playa Bonita. Yucatán: Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, Cayo Arenas. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Vigía Chico, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Valencia, Cayo Culebras, Cayo Norte, Cayo Lobos, Cayo Centro, Cayo Lagartijos, Cayo Tres Marías, Cayo Xobon, Punta Allen, Punta Hualastok, Punta Pájaros, Xcalak, Puerto Morelos, Xoquem, Punta Piedras, Cancún, Punta Chiqueros, Playa Caracol, Playa Maya, Zamach, Punta Halfway, Xel-há, Hualapich, Chankanab, Playa del Carmen, San Vale, Punta Solimán.

***Palisada flagellifera*** (J. Agardh) K.W. Nam

Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Playa Lancheros, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Puerto Morelos, Xoquem, Chen Río, Punta Estrella.

***Palisada gemmifera*** (Harvey) K.W. Nam

Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, El Mirador, Punta Morena, Sistema Lagunar Nichupté, Cayo Norte, Cancún, Playa Caracol, Playa Maya, Punta Nizuc, Laguna Conil.

***Osmundaria obtusiloba*** (C. Agardh) R.E. Norris

Veracruz: Punta Hornos, Playa Paraíso, Playa Mocambo.

***Polysiphonia denudata*** (Dillwyn) Greville ex Harvey

Tamaulipas: Soto la Marina, Punta de Piedra, Puerto El Mezquital, Laguna Madre, Escollera Norte del Río Panuco, Boca del Río Bravo del Norte. Quintana Roo: Muelle (Isla Mujeres), Muelle (Isla Cozumel), Playa San Juan, Caletilla, Playa Caracol.

***Polysiphonia subtilissima*** Montagne

Tamaulipas: Soto la Marina. Veracruz: Barra de Cazones, Playa Escondida, Playa Paraíso, Tamiahua, Monte Pío, Tampico Alto. Tabasco: Laguna de Mecoacán, El Bellote. Campeche: Laguna de Términos. Yucatán: Arrecife Alacranes. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Chetumal, Muelle (Isla Mujeres), Sistema Lagunar Nichupté, Cayo Lobos.

***Neosiphonia ferulacea*** (Suhr ex J. Agardh) S.M. Guimarães & M.T. Fujii

Tamaulipas: Altamira, Soto la Marina, Punta de Piedra, Laguna Madre, Escollera Norte del Río Panuco, Boca del Río Bravo del Norte. Veracruz: Villa Rica, Laguna Verde, Arrecife Hornos, Isla de Enmedio, Boca del Río. Tabasco: Laguna de Mecoacán. Campeche: Laguna de Términos, Bahía de la Ascensión Sian Ka'an,

Muelle (Isla Mujeres), Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Puerto Morelos, Xoquem, Cancún, Playa Maya, Zamach, Xel-há.

***Wrightiella blodgettii*** (Harvey) F. Schmitz

Tamaulipas: Punta de Piedra, Escollera Norte del Río Panuco. Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Xoquem.

***Wrightiella tumanowiczii*** (Gatty ex Harvey) F. Schmitz

Quintana Roo: Punta Molas.

***Yuzurua poiteaui*** (J.V. Lamouroux) Martin-Lescanne

Quintana Roo: Bahía de la Ascensión Sian Ka'an, Playa Lancheros, Playa San Juan, Caletilla, Sistema Lagunar Nichupté, Isla Contoy, Cayo Lobos, Cayo Tres Marías, Punta Hualastok, Puerto Morelos, Cancún, Isla de la Pasión, Playa Maya, Akumal, Punta Estrella, Hualapich, Chac-Mool, Tulum, Playa del Carmen, Playa los Cocos, Puerto Juárez.

## NEMALIALES

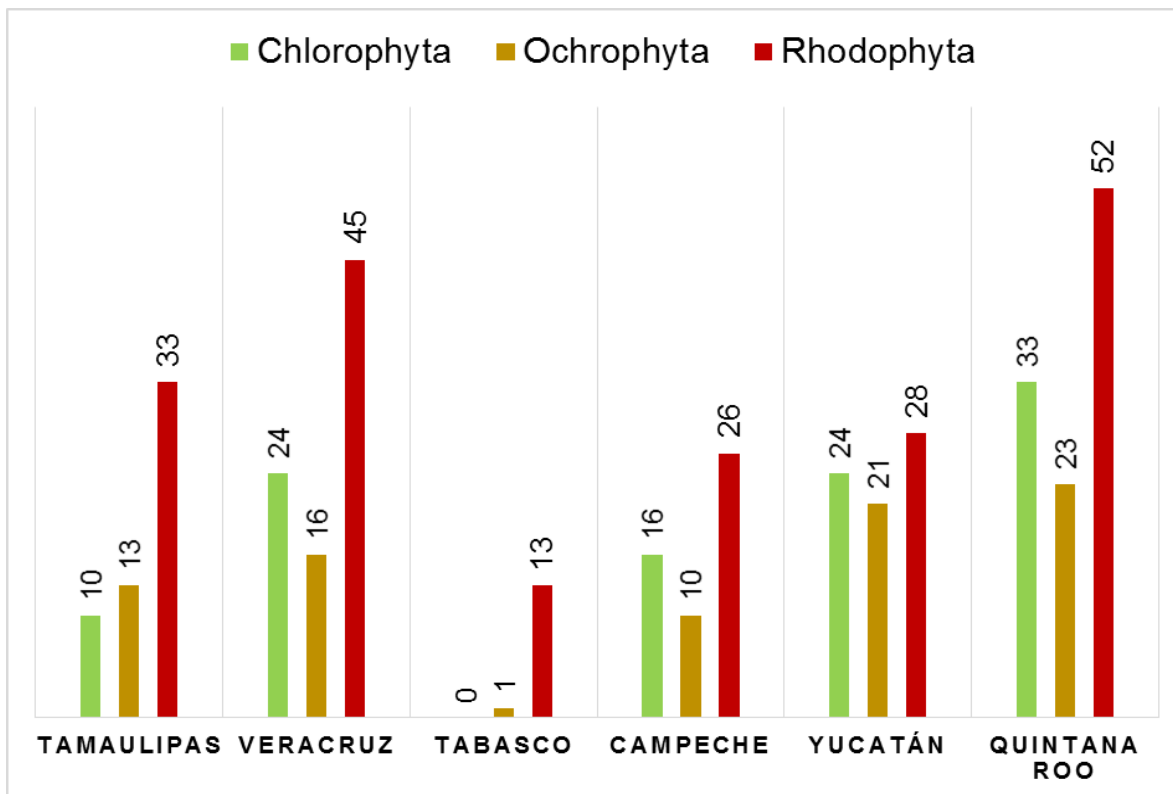
### LIAGORACEAE

***Trichogloea requienii*** (Montagne) Kützing

Veracruz: Isla Lobos.

Del total de especies registradas, destaca la división Rhodophyta con 60 especies (50.8%), seguida de Chlorophyta con 34 especies (28.8%) y Ochrophyta con 25 especies (21.1%). En la figura 4 se ilustra el número de especies por división para cada estado, se puede observar la predominancia de las algas rojas en cada uno de éstos; Quintana Roo es el estado con mayor riqueza específica con 108

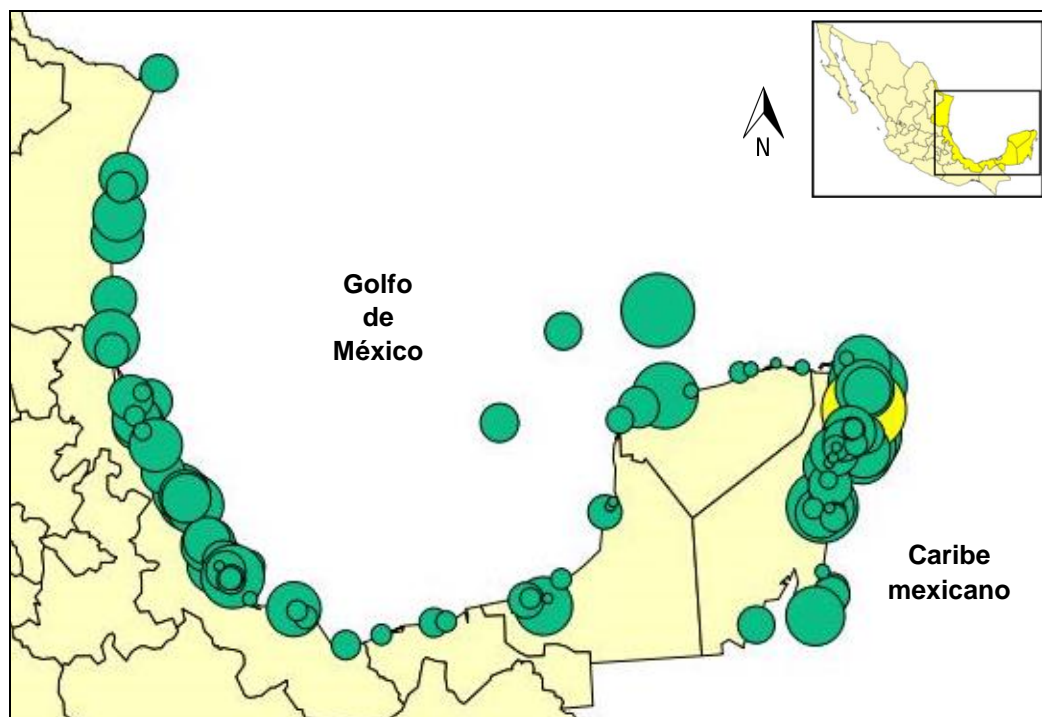
especies de grandes macroalgas, seguido por Veracruz y Yucatán con 85 y 73 especies respectivamente. Así mismo Tabasco es el estado con menor número de especies, donde cabe resaltar la ausencia de la división Chlorophyta y la presencia de una sola Ochrophyta.



**Figura 4.** Número de especies por estado y grupo taxonómico.

En la figura 5 se pueden observar, representadas con círculos, las localidades en el GMCM donde se han registrado grandes macroalgas, el tamaño de los círculos representa la riqueza de especies, de tal modo que entre mayor es el tamaño del círculo, mayor es la riqueza específica. La localidad con mayor número de especies registradas fue Puerto Morelos (Quintana Roo) con 75 especies. El estado de Quintana Roo presentó la mayor concentración de localidades (61) con presencia de

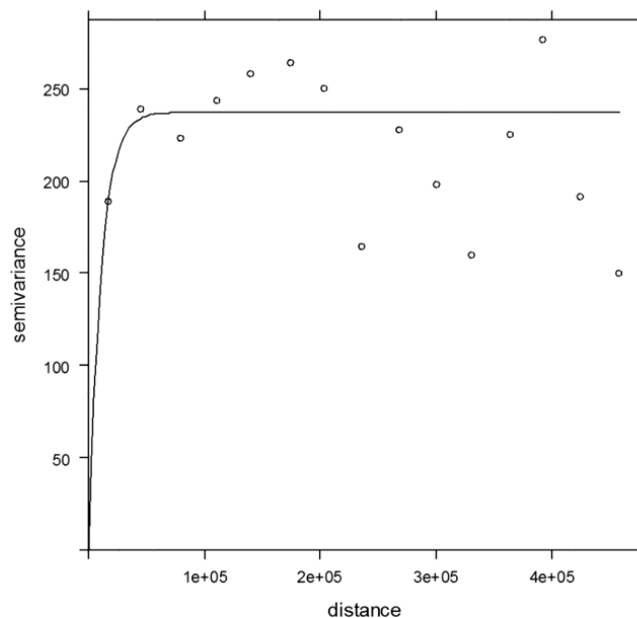
grandes macroalgas, mientras que Tabasco el menor número de localidades (3), donde la localidad más rica en grandes macroalgas fue Laguna Mecoacán con ocho especies registradas. En 23 de las 139 localidades analizadas se presentó solo un registro: La Pesca, Los Legales y Escollera de Ciudad Madero en Tamaulipas, San Juan de Ulúa y Laguna Pueblo Viejo en Veracruz, Ría de San Francisco, Punta de Muelle, Isla Aguada, Ciudad del Carmen, Lerma, Puntilla, Puerto Real, Puerto Campeche y Punta Gorda en Campeche, Las Coloradas, Chicxulub Puerto, Yucalpetén Puerto e Isla Chica en Yucatán y Chemuyil, Punta Santa María, Playa Los Cocos, Puerto Juárez, El Uvero, Isla Cancún, Punta Nizuc, Laguna Conil y Punta Solimán en Quintana Roo.



**Figura 5.** Localidades donde se encontraron especies de grandes macroalgas en el GMCM y su riqueza específica. Puerto Morelos, la localidad con mayor riqueza específica está representada por ● (68).

### **Riqueza de especies**

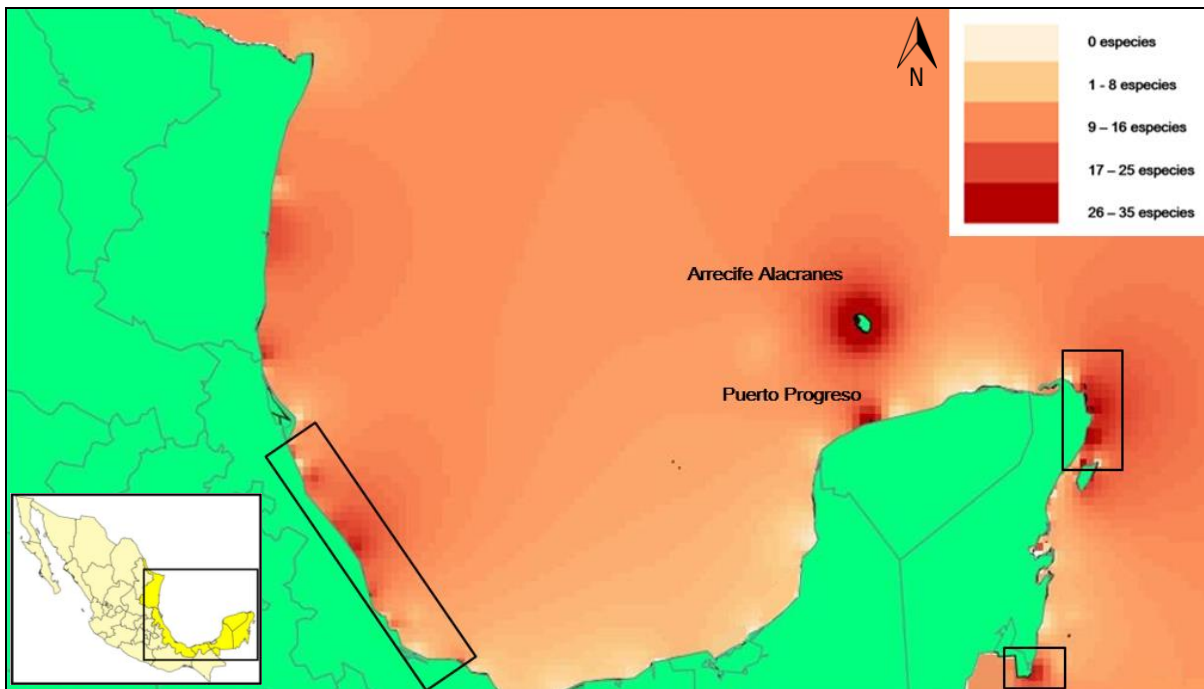
No se obtuvo una relación lineal entre la variable “riqueza” y las variables ambientales elegidas (temperatura superficial de agua y salinidad). El variograma experimental se ajustó correctamente a un modelo exponencial (Figura 6), lo cual corrobora la existencia de autocorrelación espacial de los datos, de tal modo que el procedimiento de interpolación elegido según el árbol de decisiones de Hengl fue KO, que arrojó el mapa de la riqueza de especies de grandes macroalgas a lo largo de la costa Atlántica de México (Figura 7).



**Figura 6.** Ajuste de modelo exponencial al semivariograma de riqueza de especies.

El análisis de validación cruzada mostró que existe una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) entre los valores conocidos de riqueza y los predichos. Los valores de  $R^2$  (0.07667) fueron bajos para un análisis espacial, sin embargo, la variabilidad espacial se capturó óptimamente.

Las áreas con mayor riqueza específica predicha fueron Arrecife Alacranes (56), Puerto Progreso (44), la zona norte de Quintana Roo que involucra localidades como Isla Contoy (34), Isla Mujeres (62), Cancún (37), Puerto Morelos (75), Playa San Juan en Cozumel (63) y Muelle de Isla Cozumel (34), zona de Banco Chinchorro (36), parte de la zona norte y centro de Veracruz involucrando localidades como Barra de Cazonas (24), Punta Hornos (34), Isla Sacrificios (33), Playa Escondida (33), Playa Paraíso (28), Morro de la Mancha (30), Isla Verde (26) e Isla de Enmedio (40) y Escollera Norte del Río Pánuco en Tamaulipas (30), mientras que Tabasco y Campeche siguen siendo los estados con la menor riqueza de grandes macroalgas (Figura 7).



**Figura 7.** Mapa de riqueza de especies generado con Kriging Ordinario (KO).

### **Análisis biogeográfico**

El Análisis de Parsimonia de Endemismos dio como resultado dos cladogramas igualmente parsimoniosos, con una longitud de 309 pasos, un IC de 0.38 y un IR de 0.53. El cladograma de consenso estricto tuvo una longitud de 311 pasos, un índice de consistencia de 0.38 y un índice de retención de 0.53 (Figura 8). En este último cladograma se pudieron observar nueve grupos de OGU basados en la presencia de especies compartidas, equivalentes a los grupos de la Tabla 2.

De las 15 áreas (OGU) analizadas, cuatro presentaron especies exclusivas: 1) Ver02 que abarcó de Laguna Verde a la parte norte del SAV con un alga roja exclusiva, *Trichogloea requienii*, 2) Ver03 que va desde el sur del SAV a la frontera Veracruz-Tabasco con *Rhodogorgon ramosissima* y *Duresnaya crassa*, ambas algas rojas, como especies propias del área, 3) QRoo01, sur de Quintana Roo, con la presencia única de dos algas verdes, *Udotea abbottiorum* y *U. dixonii*, y dos rojas, *Hypoglossum tenuifolium* y *Wrightiella tumanowiczii*, 4) QRoo02 que corresponde a la parte central de Quintana Roo, caracterizada por *Dictyota crenulata*, alga parda, como especie exclusiva. Es importante resaltar a *Sporochnus pedunculatus*, que aunque no es una especie exclusiva de una sola OGU, tanto en el cladograma como en el listado florístico sistemático, se pudo observar que fue exclusiva para la región norte de Yucatán.

En base al mismo cladograma, se propone la siguiente regionalización, formada por seis áreas individuales caracterizadas por una combinación única de especies (Figura 9):



**A.** Constituye el área de estudio, es la primera, y más incluyente, incorpora al Golfo de México y Caribe mexicano, exceptuando las OGU: Cam02, CamYuc, Yuc01 y QRoo03. A su vez, esta área se subdivide en:

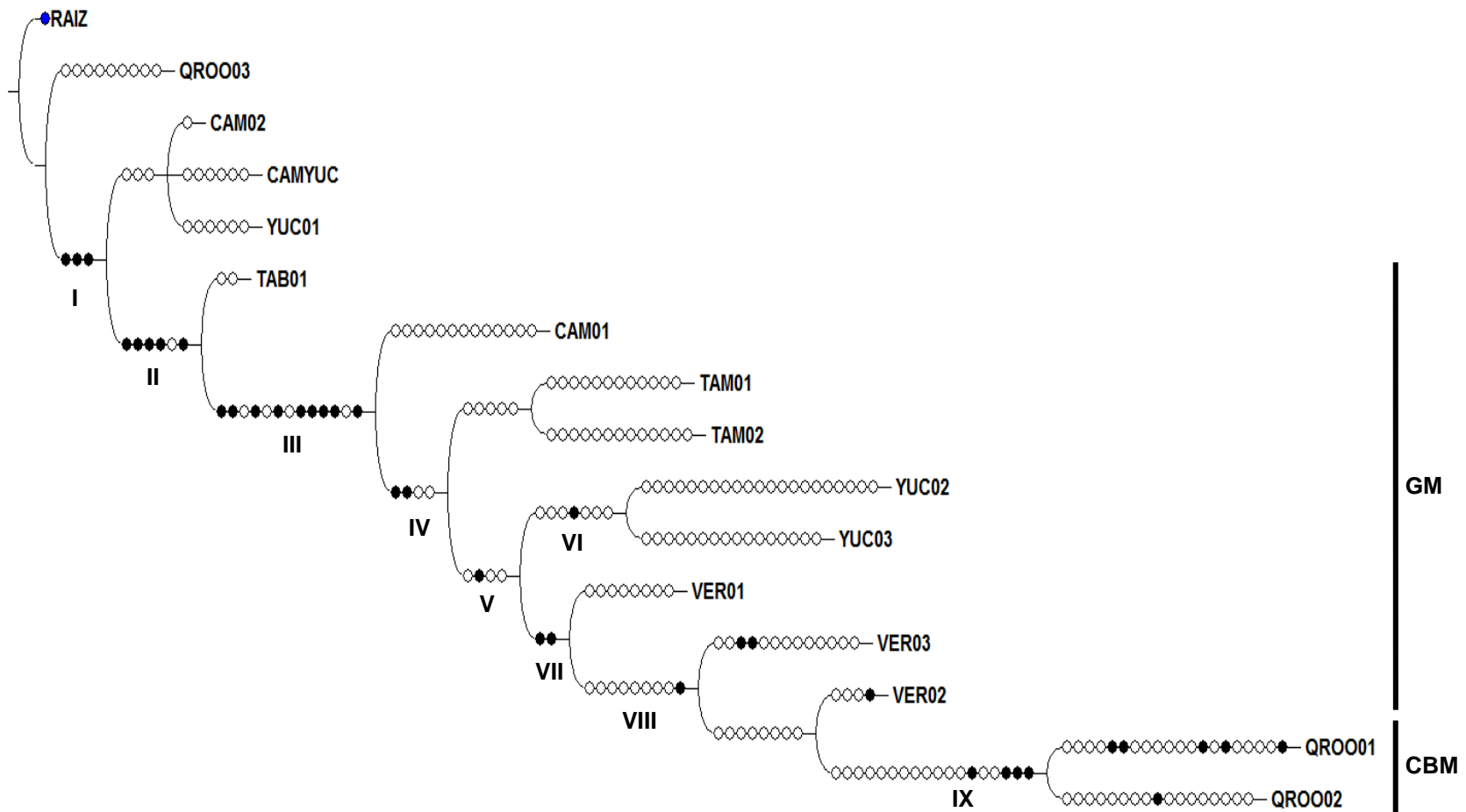
**A.a.** Comprende a Yuc03 y Yuc02 (Yucatán). Esta, a su vez está compuesta por las tres áreas menos inclusivas dentro de esta jerarquía:

**A.a.i.** Ver02 (norte SAV).

**A.a.ii.** Ver03 (sur SAV).

**A.a.iii.** QRoo01 y QRoo02 (Arrecifes del Caribe mexicano).

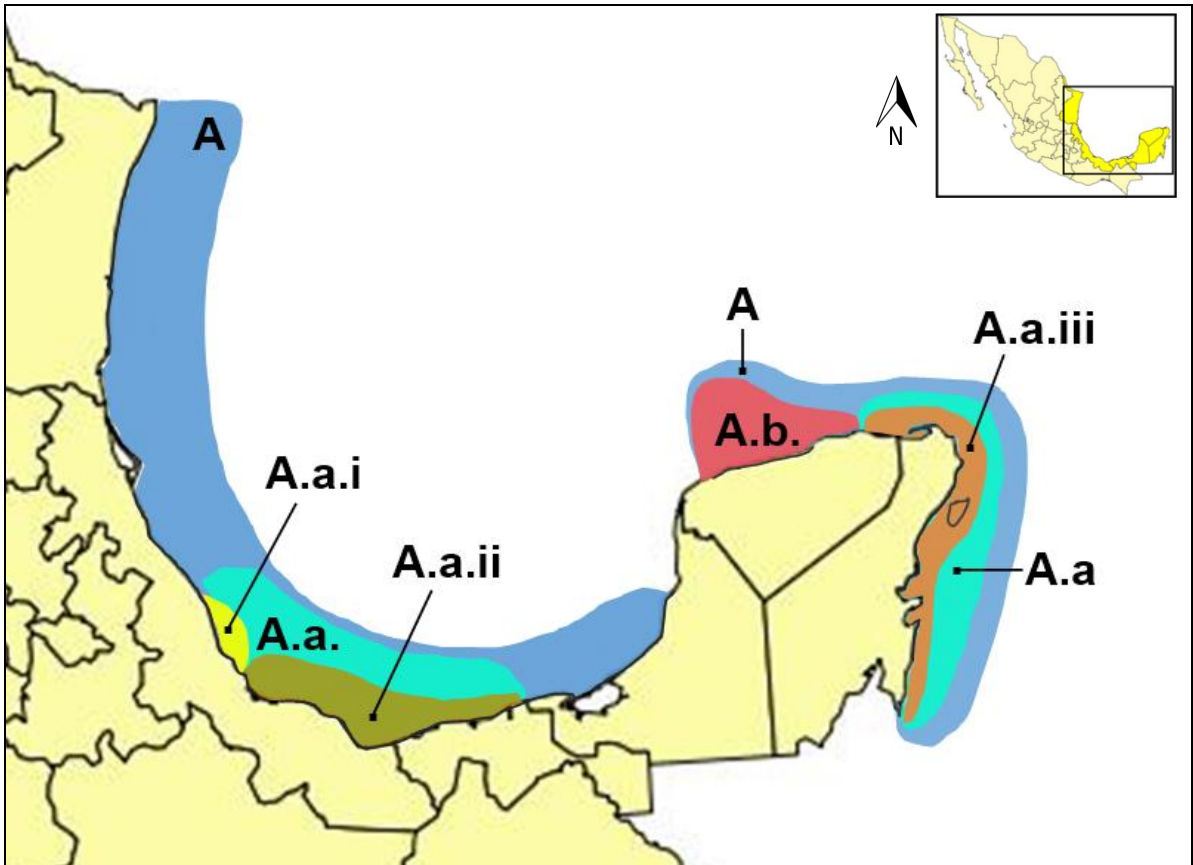
**A.b.** La cual involucra a Ver02, Ver03, QRoo01 y QRoo02 (SAV y Arrecifes del Caribe mexicano).



**Figura 8.** Cladograma de consenso estricto mostrando 9 grupos sustentados por la presencia de especies compartidas únicas (●).

**Tabla 2.** Especies de grandes macroalgas compartidas en cada uno de los nueve grupos formados en el cladograma consenso.

<b>Grupo</b>	<b>OGU</b>	<b>Especies compartidas</b>
<b>I</b>	Todas exceptuando QRoo03	<i>Gelidium pusillum</i> , <i>Hypnea musciformis</i> y <i>Acanthophora spicifera</i>
<b>II</b>	Tam01, Tam02, Ver01, Ver02, Ver03, Tab01, Cam01, Yuc02, Yuc03, QRoo01 y QRoo02	<i>Grateloupia filicina</i> , <i>Gracilaria blodgettii</i> , <i>G. cervicornis</i> , <i>G. cylindrica</i> e <i>Hydropuntia caudata</i>
<b>III</b>	Tam01, Tam02, Ver01, Ver02, Ver03, Cam01, Yuc02, Yuc03, QRoo01 y QRoo02	<i>Ulva flexuosa</i> , <i>U. lactuca</i> , <i>Bryopsis plumosa</i> , <i>Dictyota ciliolata</i> , <i>Sargassum filipéndula</i> , <i>Jania capillacea</i> , <i>Spyridia filamentosa</i> , <i>Digenea simplex</i> e <i>Hydropuntia cornea</i>
<b>IV</b>	Tam01, Tam02, Ver01, Ver02, Ver03, Yuc02, Yuc03, QRoo01 y QRoo02	<i>Padina pavonica</i> y <i>Spatoglossum schroederi</i>
<b>V</b>	Ver01, Ver02, Ver03, Yuc02, Yuc03, QRoo01 y QRoo02	<i>Caulerpa sertularioides</i>
<b>VI</b>	Yuc02 y Yuc03	<i>Sporochnus pedunculatus</i>
<b>VII</b>	Ver01, Ver02, Ver03, Yuc03, QRoo01 y QRoo02	<i>Cymopolia barbata</i> y <i>Chnoospora minima</i>
<b>VIII</b>	Ver02, Ver03, QRoo01 y QRoo02	<i>Amasia multifida</i>
<b>IX</b>	QRoo01 y QRoo02	<i>Laurencia filiformis</i> , <i>Palisada flagellifera</i> , <i>P. gemmiferus</i> y <i>P. poiteaui</i>

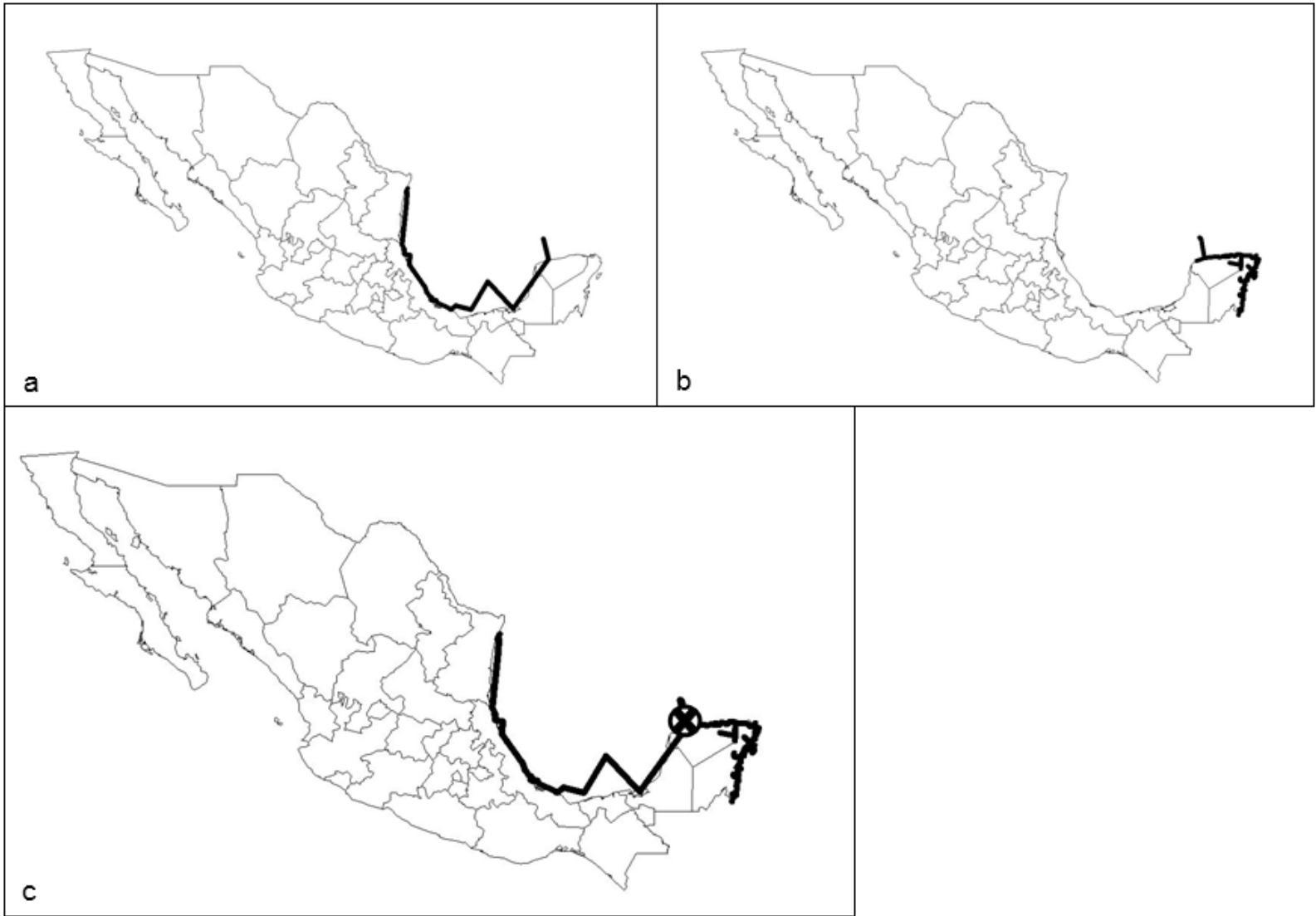


**Figura 9.** Regionalización en base a la combinación única de especies de acuerdo al cladograma consenso. A: Golfo de México y Caribe mexicano, A.a) SAV y Arrecifes del Caribe mexicano, A.b) Yucatán, A.a.i) Norte SAV, A.a.ii) Sur SAV, A.a.iii) Arrecifes del Caribe

En el análisis panbiogeográfico, a partir de los 41 trazos individuales de las especies utilizadas (Apéndice II), se obtuvieron dos trazos generalizados (Figura 10a y b), uno para el Golfo de México y el otro para Caribe mexicano, ambos trazos se intersectan en la parte noroeste de Yucatán formando un nodo biogeográfico (Figura 10c). Los trazos generalizados son sustentados por las siguientes especies:

**Trazo generalizado del Golfo de México (Figura 10a):** Abarca de Tamaulipas al noroeste de Yucatán. Construido con los trazos individuales de las especies: *Caulerpa ashmeadii*, *Chondria atropurpurea*, *Cladophora laetevirens*, *Cymopolia barbata*, *Ulva flexuosa*, *U. prolifera*, *Sporochnus pedunculatus*, *Rosenvingeia intricata*, *Hypnea valentiae*, *Solieria filiformis*, *Gracilaria tikvahie*, *Osmundaria obtusiloba* y *Eucheuma isiforme*.

**Trazo generalizado del Caribe mexicano (Figura 10b):** Abarca desde el noroeste de Yucatán hasta Quintana Roo y está construido con los trazos individuales de las especies: *Codium decorticatum*, *Caulerpa microphysa*, *Halimeda incrassata*, *H. monile*, *H. simulans*, *Penicillus dumetosus*, *Udotea occidentalis*, *U. flabellum*, *U. dixonii*, *Cladophora longicaulis*, *Rhipocephalus oblongus*, *Dictyopteris jamaicensis*, *D. justii*, *D. plagiogramma*, *D. polypodioides*, *Dictyota pinnatifida*, *Sargassum acinarium*, *S. ramifolium*, *Halymenia floresii*, *Gracilaria cuneata*, *Chondria atropurpurea*, *C. cnicophylla*, *Laurencia filiformis*, *Palisada flagellifera*, *P. gemmiferus*, *Yuzurua poiteau*, *Amphiroa tribulus* y *Hydropuntia crassissima*.



**Figura 10.** Análisis de trazos. a) Trazo generalizado del Golfo de México, b) Trazo generalizado del Caribe mexicano e c) nodo biogeográfico.

### **Obtención de pulpa papirogénica**

Se colectaron cinco especies de grandes macroalgas en las seis localidades visitadas, predominando las algas rojas (Tabla 3). Con excepción de las algas colectadas en Sánchez Magallanes, Tabasco; las algas fueron extraídas de las arribazones.

**Tabla 3.** Especies colectadas en las diferentes localidades visitadas.

<b>Estado</b>	<b>Localidad</b>	<b>Especies</b>	<b>Mes de colecta</b>
<b>Veracruz</b>	Playa Paraíso	<i>Sargassum fluitans</i>	Mayo 2014
		<i>Ulva lactuca</i> y <i>Sargassum fluitans</i>	Julio 2015
	Costa de Oro	<i>Hydropuntia cornea</i>	Julio 2015
<b>Tabasco</b>	Sánchez Magallanes	<i>Gelidiella acerosa</i>	Noviembre 2014
<b>Campeche</b>	Isla Aguada	<i>Hydropuntia cornea</i> y <i>Eucheuma isiforme</i>	Noviembre 2013
	Sabancuy	<i>Hydropuntia cornea</i> y <i>Eucheuma isiforme</i>	Noviembre 2013
	Punta Xen	<i>Hydropuntia cornea</i> y <i>Eucheuma isiforme</i>	Noviembre 2013

### **Primer proceso para la manufactura de papel**

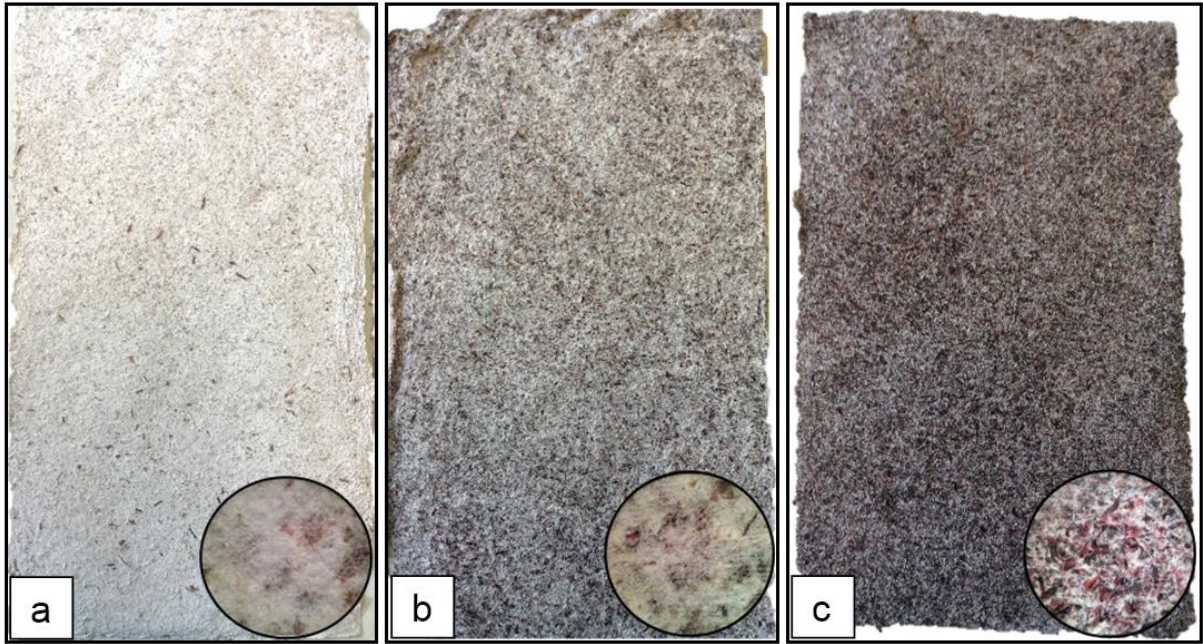
El papel producido con alga usando como aglutinante “mucilago de nopal” produjo una hoja de consistencia poco firme, por lo que es fácil de romper, y usando linaza no hubo resultados favorables ya que la hoja no tenía soporte ni consistencia. El papel elaborado con algas y celulosa, la que funciona como soporte y aglutinante, produjo una hoja más firme, que semeja una cartulina, cuyo grosor y textura depende de la cantidad de ambos materiales (Figuras 11 y 12). Adicionalmente las algas le imprimen matices de rosado a café dependiendo de la División taxonómica.

### **Segundo proceso para la manufactura de papel**

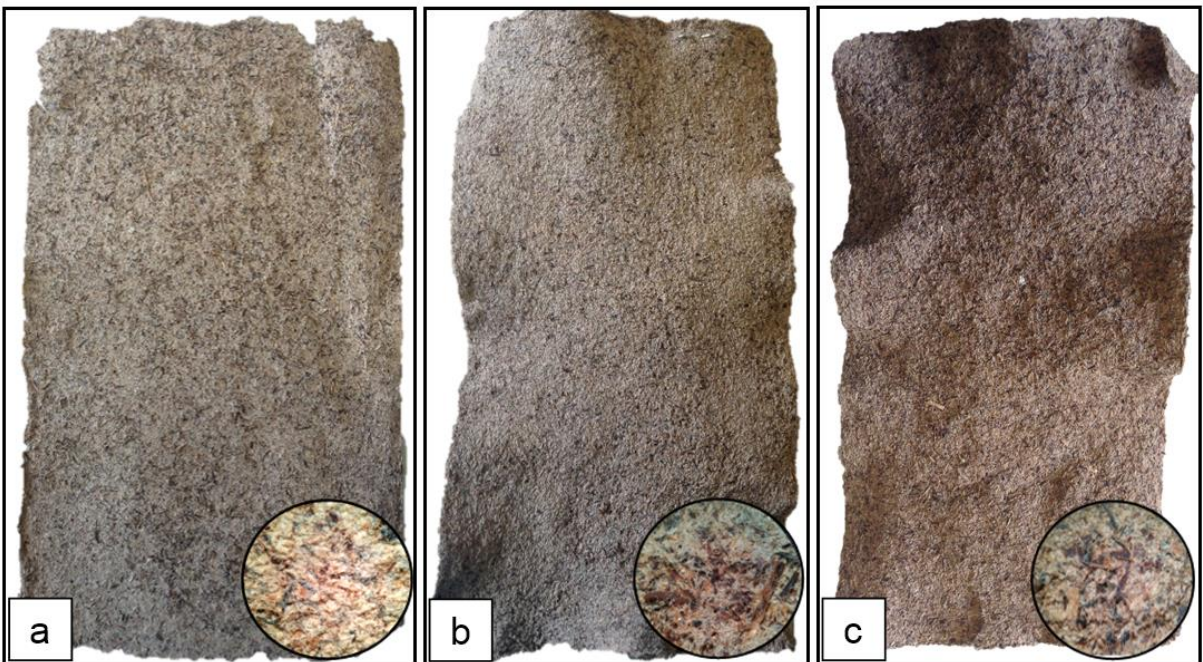
En este segundo proceso se produjeron hojas de papel usando algas de las tres Divisiones y fibras de la corteza de jonote. El papel elaborado con algas verdes mostró que la fibra de jonote es la responsable de las características de soporte, ya que el alga no se incorpora a la fibra, por lo que las hojas no muestran unidad alga-fibra. Las producidas con algas pardas resultaron en hojas con grosores similares al cartón y de textura áspera en una cara, por lo que estéticamente no es aceptable. Finalmente, la combinación de algas rojas con fibra de jonote dio como resultado un material más homogéneo, de ambas caras lisas y estéticamente aceptable, ya que las fibras se entretejieron perfectamente (Figura 13).

Los matices, en general, para cada pulpa (alga-fibra) dependieron de la cantidad de alga empleada en la mezcla.



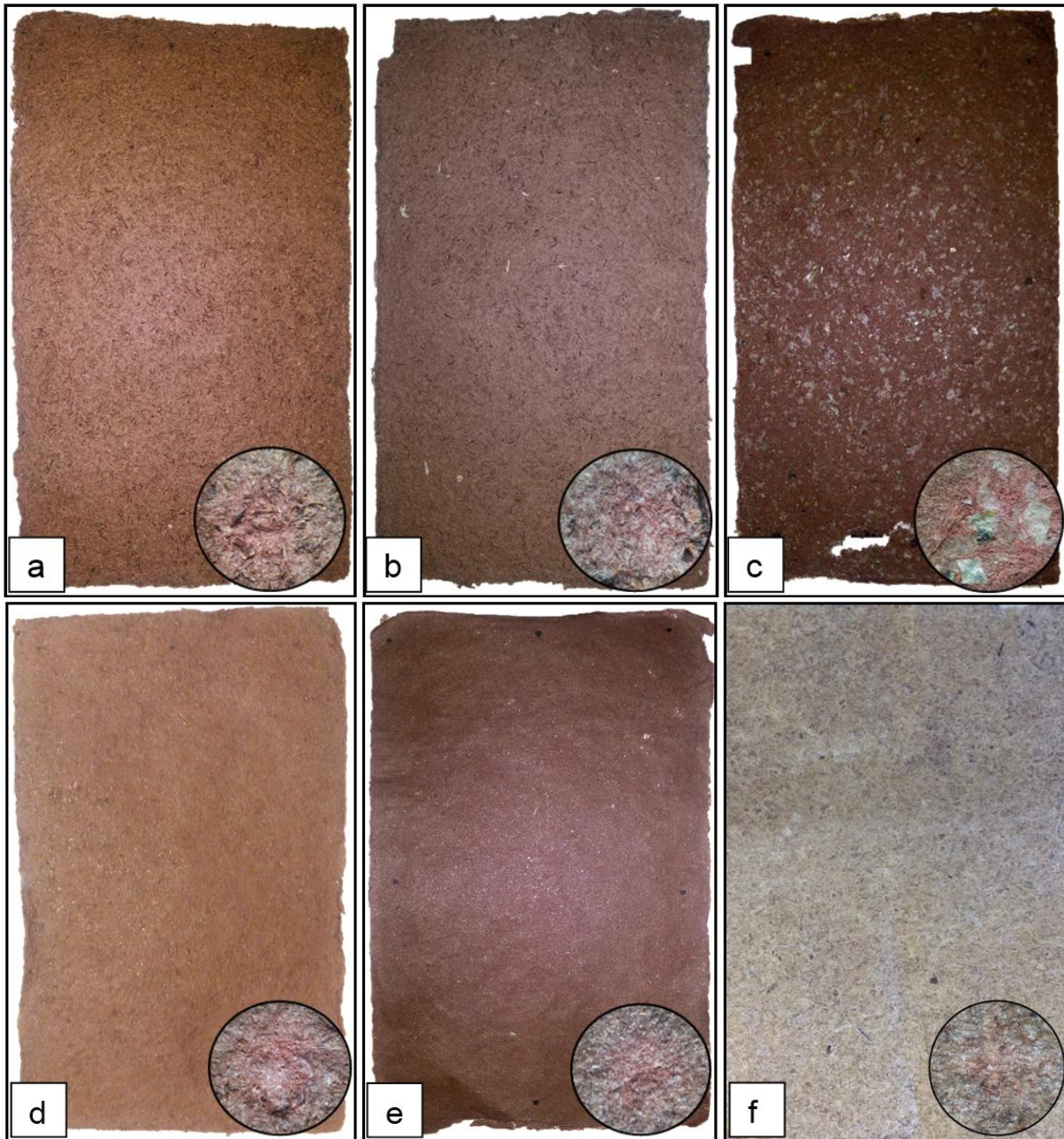


**Figura 11.** Papel producido con algas rojas y celulosa. Se observan tres hojas de papel con diferentes proporciones de alga, que van de (a) menor a (c) mayor. En los círculos se muestra una imagen estereoscópica del papel algamate.



**Figura 12.** Papel producido con algas pardas y celulosa. Se observan tres hojas de papel con diferentes proporciones de alga, que van de (a) menor a (c) mayor. En los círculos se muestra una imagen estereoscópica del papel algamate.

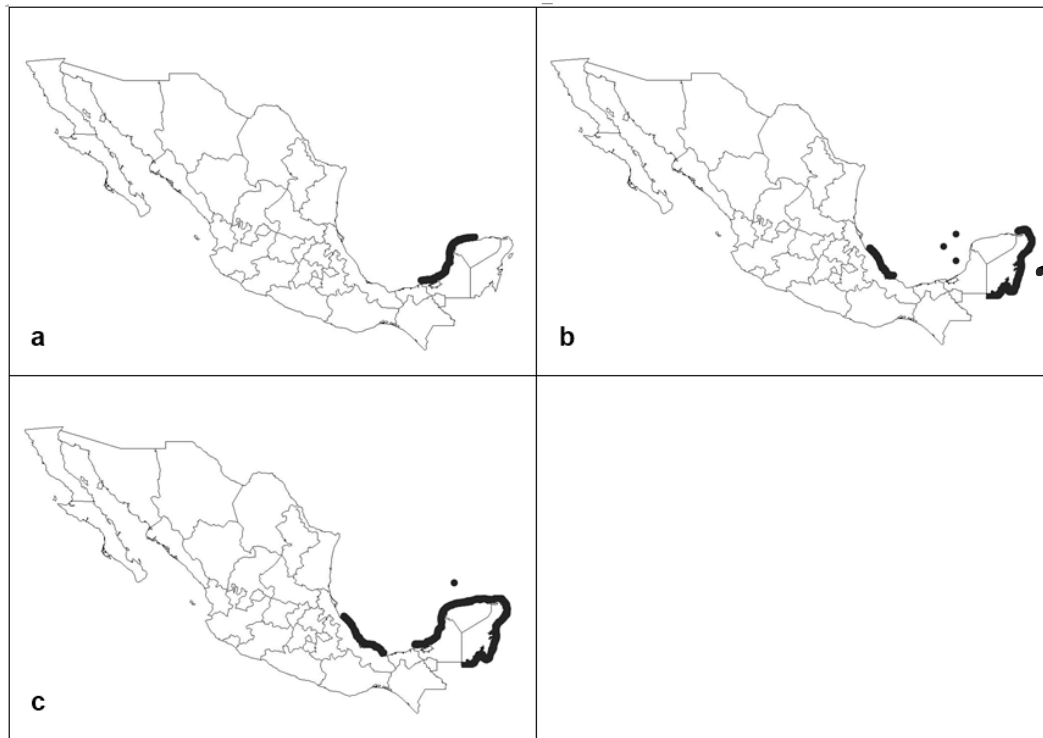




**Figura 13.** Papel producido con diferentes proporciones de algas-jonote. a-b: papel *Sargassum fluitans*-jonote\*, c: papel *Ulva lactuca*-jonote, d-f: papel *Hydropuntia cornea*-*Eucheuma isiforme*-jonote\*. \*Diferentes proporciones alga-jonote. En los círculos se muestra una imagen estereoscópica del papel algamate.

En la figura 14 se pueden observar los mapas de distribución de las algas *Sargassum*, *Hydropuntia cornea* y *Eucheuma isiforme*, seleccionadas como materia

prima para la fabricación de papel y en consecuencia un potencial económico para el país.



**Figura 14.** Distribución en México de los géneros de macroalgas potenciales para la manufactura de papel. a) *Eucheuma isiforme*, b) *Sargassum fluitans* y c) *Hydropuntia cornea*.

### ***Definición de áreas de conservación***

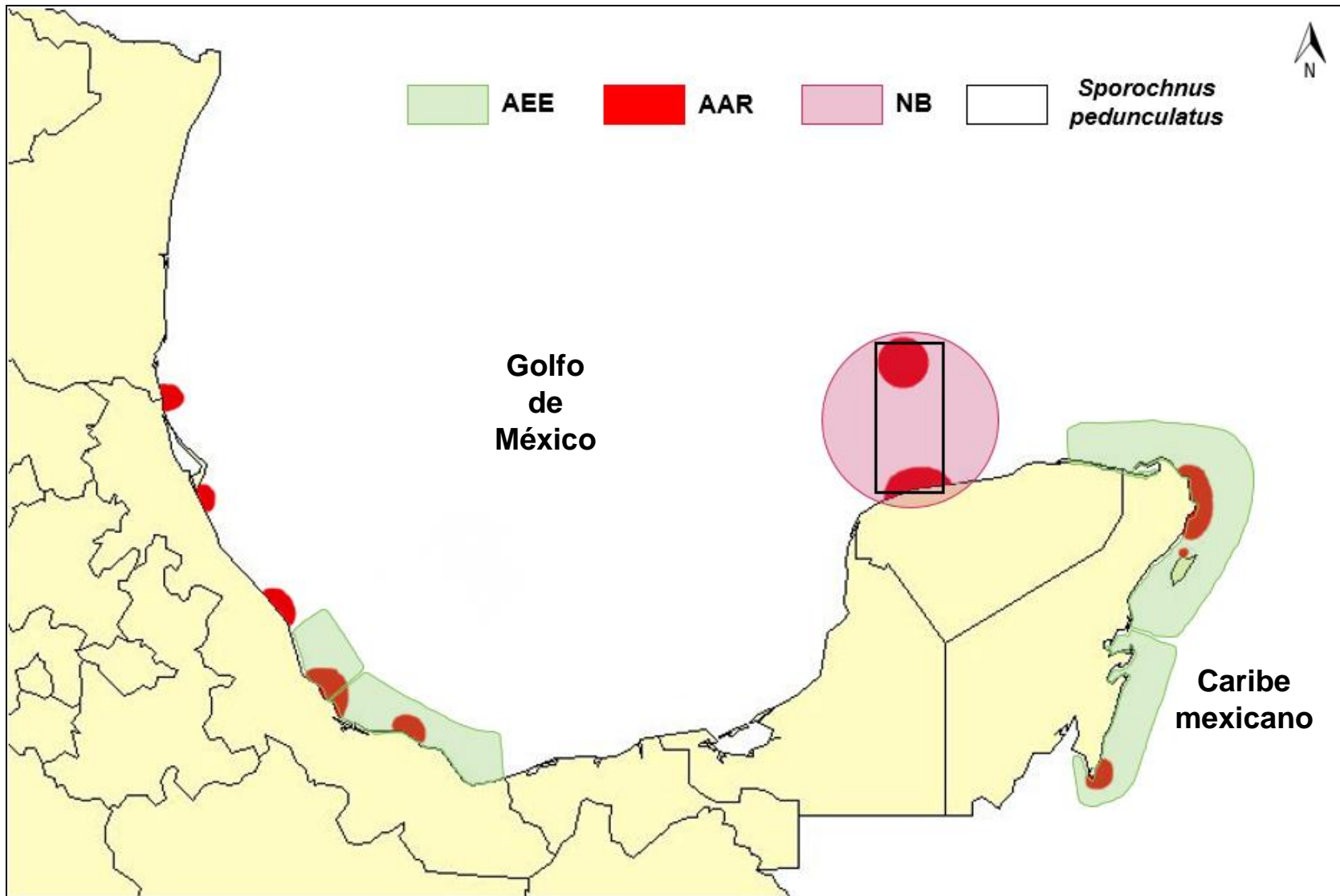
A continuación se presenta una integración de los resultados obtenidos a lo largo del trabajo, con la finalidad de identificar y proponer áreas de conservación para las grandes macroalgas.

En la figura 15, se pueden identificar siete áreas donde se sobreponen al menos dos de los siguientes criterios: a) áreas con alta riqueza de especies, b) áreas con especies exclusivas y c) el área que abarca el nodo biogeográfico. De las siete áreas, dos corresponden a islas y las restantes a sitios costeros de los estados de

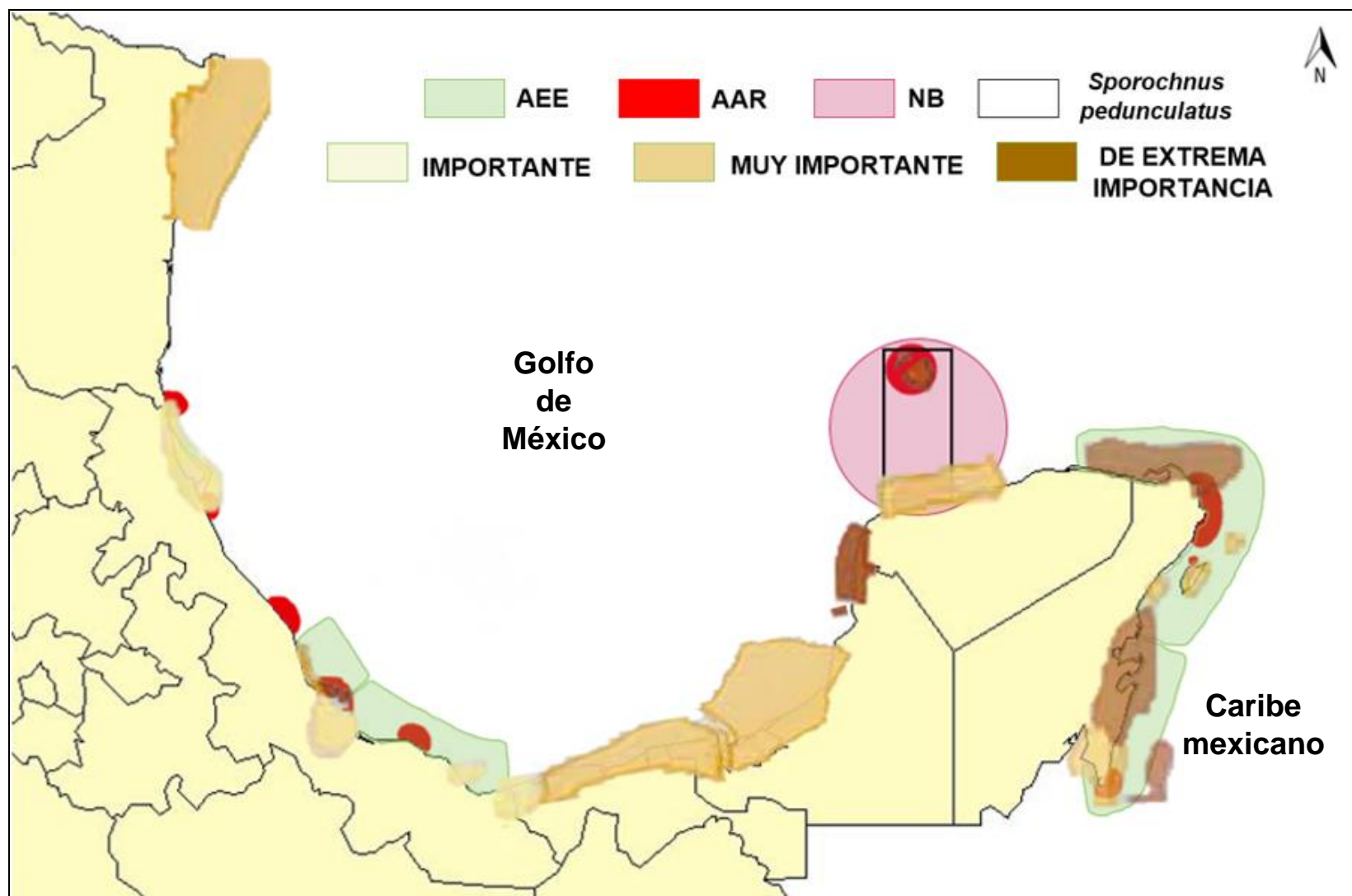
Veracruz, Yucatán y Quintana Roo. Así mismo, el noroeste de Yucatán es la única región en la que se sobreponen los tres criterios: áreas con mayor riqueza de especies, nodo biogeográfico y una especie exclusiva, *Sporochnus pedunculatus*. Las seis áreas restantes son: 1) Área noreste de la Península de Yucatán, 2) Región sur de Quintana Roo (Xcalak y Banco Chinchorro), 3) Área noroeste de la Isla Cozumel, 4) Norte del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), 5) Sur del SAV y 6) de Monte Pío a Catemaco. Estas últimas están definidas por los criterios: Alta riqueza de especies y especies exclusivas.

En la figura 16 se muestra el mapa donde fueron sobrepuestas las siete áreas propuestas, con los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina. Cuatro de las siete áreas identificadas en el presente trabajo, coinciden con las áreas de conservación propuestas por CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, (2007), de las cuales tres, se sobreponen con áreas de extrema importancia para la conservación de la biodiversidad marina, éstas son: a) Área noreste de la Península de Yucatán, b) Norte del SAV y c) noroeste de Yucatán (Arrecife Alacranes- Puerto Progreso). El área restante, la región sur de Quintana Roo (Xcalak y Banco Chinchorro), coincide con un área considerada como “muy importante” para su conservación.

De acuerdo a lo anterior, se proponen las siguientes cuatro áreas de conservación para las grandes macroalgas y el recurso que esto significa, en orden de importancia: 1) noroeste de Yucatán (Arrecife Alacranes- Puerto Progreso), 2) Norte del SAV, 3) Área noreste de la Península de Yucatán y 4) región sur de Quintana Roo (Xcalak y Banco Chinchorro).



**Figura 15.** Sobreposición de las áreas con alta riqueza específica (AAR), áreas con especies exclusivas (AEE) y nodo biogeográfico (NB).



**Figura 16.** Sobreposición de las siete áreas identificadas por su alta riqueza específica (AAR), áreas con especies exclusivas (AEE) y nodo biogeográfico (NB), con los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina de acuerdo a su importancia.



## DISCUSIÓN

### ***Correlación de la distribución de las grandes macroalgas con los parámetros ecológicos generales***

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, muestran que el GMCM cuenta con una gran diversidad de grandes macroalgas a lo largo de su costa, a pesar de que México es considerado un país tropical y que de acuerdo con Okolodkov (2010), las macroalgas tienen una tasa de crecimiento relativamente más baja en los trópicos que en los climas templados, por lo que se esperaría que en las costas mexicanas, predominaran las macroalgas enanas.

La diversidad que México presenta, es el resultado de la geología y de los diversos climas y microclimas que se encuentran en el territorio. Una de las explicaciones históricas acerca de la gran diversidad que nuestro país presenta es la teoría de la vicarianza, la cual sostiene que tanto la diversidad biológica como el endemismo, solo pueden explicarse por una estrecha correspondencia entre la historia de la Tierra y la historia de la biota. Según este punto de vista y hablando particularmente de la región de estudio, existen dos eventos vicariantes que definieron la particular biota de la zona: el surgimiento del Istmo de Tehuantepec hace 50 ma y la emersión de la Península de Yucatán hace 19 ma (Bird *et al.*, 2011), provocando altos niveles de endemismos y una diferenciación subsecuente de las poblaciones y sedimentología del Pacífico mexicano, Golfo de México y Caribe mexicano. Dicha evolución geológica, obviamente, genera una enorme fragmentación

de hábitats que, a su vez, detonó procesos de radiación adaptativa y especiación. De acuerdo con Halffter *et al.*, (2008), esta biodiversidad se debe también a que en su territorio entran en contacto dos provincias biogeográficas, la caroliniana y la caribeña, lo cual permite la confluencia de dos historias evolutivas distintas, que en diferentes tiempos geológicos intercambiaron biotas y en otros dieron lugar a linajes autóctonos en aislamiento. Dichos intercambios son la principal razón de la excepcional riqueza biológica de México.

La diferenciación sedimentológica resulta de gran importancia, ya que la naturaleza física del sustrato influye en el establecimiento, distribución y composición de la biota bentónica. En el caso de las macroalgas, por ejemplo, el tipo de sedimento no solo interviene en lo antes mencionado, sino que también en su desarrollo y crecimiento. Garduño-Solórzano *et al.*, (2005) mencionan que las rocas basálticas ásperas, cuyo color negro favorece la absorción del calor (predominantes en la zona del Eje Neovolcánico), y las rocas calcáreas de color blanco con muchas oquedades que permiten reflejar la luz (comunes en Yucatán y Quintana Roo), pueden favorecer el desarrollo y crecimiento de algunas especies de macroalgas. Santelices (1977), por otra parte, menciona que también los guijarros de localidades litorales poco expuestas al oleaje, pueden ser colonizadas por algas de rápido crecimiento como *Bryopsis plumosa*, *Ulva flexuosa*, *Codium taylorii*, *Cymopolia barbata* que son consideradas grandes macroalgas.



La temperatura es otro de los factores que influyen directamente en el crecimiento de las algas. La mayoría de las especies de macroalgas en general, de áreas tropicales, muestran una tasa de crecimiento y productividad óptima entre los 21 °C y 26 °C (Bula-Meyer, 1990). Particularmente, en la región de estudio, las temperaturas superficiales disminuyen su valor en un rango de menos de un metro de profundidad (Contreras- Espinosa, 2010; De la Lanza-Espino y Gómez-Rojas, 2004). El patrón normal es que las altas temperaturas características de los sistemas arrecifales, estén relacionadas con una alta salinidad, baja cantidad de oxígeno disuelto y nutrientes, con el subsecuente tamaño reducido de las algas arrecifales (Nybakken, 2001). Ante esto, la presencia de grandes macroalgas en el área de estudio, se explica porque se encuentran en microambientes a profundidades que, de acuerdo a De la Lanza-Espino y Gómez Rojas (2004), presentan un alto contenido de oxígeno disuelto, abundantes nutrientes y baja salinidad. Y son, precisamente, estos microambientes altamente productivos, los que hemos detectado a lo largo de este estudio en correlación con sus grandes macroalgas diagnósticas.

### ***Análisis biogeográfico***

De acuerdo con el PAE, fue posible proponer una primera regionalización en base a la combinación única de especies, en donde se observan dos áreas hermanas principales que abarcan los estados de Veracruz, Yucatán y Quintana Roo, con excepción de QRoo03 y Yuc01. La primer área involucra al SAV y el Caribe

mexicano, y la segunda, el noroeste de Yucatán (Arrecife Alacranes- Puerto Progreso). Esta última, presenta una gran biodiversidad, en su mayoría caribeña, que se logra gracias a la corriente del Caribe, que al pasar por el estrecho de Yucatán y ascender sobre la plataforma, provoca un flujo con altos valores de nutrimentos, con dirección noroeste, bañando con sus aguas a ésta Área Natural, y creando un marco ambiental con alta energía física (corrientes y oleaje), aguas claras, sedimentos arenosos, sedimentos bien oxigenados y alta salinidad (Ortiz-Pérez *et al.*, 2006). Es importante resaltar, que éste fenómeno define a una de las 20 zonas con procesos oceanográficos relevantes para la biodiversidad marina (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007). Lo anterior podría ser una primera explicación de la alta riqueza de especies para esta área, y de la afinidad que tiene con el estado de Quintana Roo que es exclusivamente caribeño. En cuanto al área que incluye al SAV y Quintana Roo, se dice que existe una conectividad entre los arrecifes que conforman éstas áreas; dicha conectividad está dada por giros que se generan dentro del Golfo de México, a partir de la Corriente de Lazo, y que fluyen hacia la parte central del mismo, generando una trayectoria, primero hacia el oeste, chocando frente a las costas de Veracruz y Tamaulipas que desvía la corriente en dos flujos, uno que se dirige al norte con dirección a las costas de Estados Unidos y el otro que se dirige hacia el SAV (González *et al.*, 1991). A partir de los procesos anteriores y la hipótesis de estabilidad, que explica que los arrecifes que se ubican en el centro-sur de Veracruz son menos afectados por las inclemencias del tiempo, como por ejemplo la temporada ciclónica, proporciona una acumulación progresiva de especies caribeñas, haciendo que el SAV tenga mayor similitud biótica con el Caribe que con otros arrecifes más cercanos.

Cabe resaltar el significado biótico de un nodo biogeográfico (NB) en la panbiogeografía; dado que constituyen la intersección de, primero patrones individuales de distribución, y luego de patrones generales que representan distribuciones actuales de biotas ancestrales, las cuales fueron fragmentadas por eventos geológicos y tectónicos. Un NB es, entonces, un punto de convergencia geobiótica o bien, la convergencia de diferentes historias ecológicas y biogeográficas (Craw *et al.*, 1999; Morrone, 2004; Morrone, 2009). Para México, son dos nodos biogeográficos reportados en la literatura, uno que se ubica en la boca del Golfo de California y el otro en el territorio nacional mexicano (Luna-Vega, 2008; Aguilar-Aguilar y Contreras-Medina, 2001). Por lo tanto, el detectado en este estudio (Arrecife Alacranes-Puerto Progreso) constituiría el tercer nodo en México. Adicionalmente, la zona del nodo coincide con el área que más criterios incorpora en la regionalización aquí propuesta, además de contener a las tres especies de macroalgas que se postulan como recurso potencial para la fabricación de pulpa papirogénica.

De las nueve áreas propuestas en este estudio, cuatro coinciden con áreas prioritarias, las cuales son: Área noreste de la Península de Yucatán, Norte del SAV, noroeste de Yucatán (Arrecife Alacranes- Puerto Progreso) y sur de Quintana Roo (Xcalak y Banco Chinchorro). Las primeras tres, se sobreponen con las áreas de extrema importancia para la conservación, mientras que la última se sobrepone con un área denominada “muy importante” dentro de las áreas de conservación propuestas por CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, (2007). La coincidencia se debe, por supuesto, no solo a los eventos históricos y ecológicos antes

mencionados, sino también a la presencia de microambientes altamente productivos y de alta biodiversidad macroalgal, tanto de grandes como enanas; a pesar de que para el establecimiento de estas áreas no fue considerada la ficoflora marina bentónica. En contraste, las siguientes tres áreas: área noroeste de la Isla Cozumel, sur del SAV y el área de Monte Pío a Catemaco, no coinciden con ninguna de las propuesta hasta hoy establecidas, porque están basadas exclusivamente en la presencia de grandes macroalgas. El hecho de que, como se mencionó anteriormente, las macroalgas en general se distribuyen en tres diferentes divisiones botánicas (Chlorophyta, Rhodophyta y Ochrophyta), equivale a sostener un estudio de regionalización incorporando diferentes taxa no relacionados filogenéticamente entre sí, es decir equivale a utilizar, por ejemplo, grupos como las Coníferas (pinos), Basidiomicetes (hongos) y Magnoliófitas (plantas con flores), tres grupos muy distantes filogenéticamente. A diferencia de las áreas establecidas en base a la presencia de grupos discretos como: pastos marinos, tortugas, corales, manglares, poliquetos, entre otros (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007).

### ***Grandes macroalgas como recurso para la producción de pulpa papirogénica***

Se sabe que a nivel mundial, las macroalgas marinas, representan un recurso muy importante para la industria cosmetológica, médica y alimentaria, debido a que en su composición química presentan diferentes compuestos o sustancias de interés comercial como el agar, los carragenanos y los alginatos. Sin embargo, en México, aunque existen estudios sobre el potencial económico de las arribazones, presentes en la Península de Yucatán y Veracruz (Dreckmann y Sentíes, 2013), estos

organismos no son nada aprovechados. Tomando en cuenta lo anterior, el presente trabajo muestra de manera novedosa para México, la utilidad de estos organismos, para la obtención de pulpa papirogénica y producción de papel artesanal de materia prima obtenida de lo que hasta hoy se conoce como basura algal (las arribazones en zonas turísticas del caribe mexicano), con lo que se demuestra el gran potencial y beneficio económicos que este recurso está representando: bajo costo, fácil acceso y procesamiento, gran producción de biomasa,

El papel producido con algas verdes y fibra muestra que esta pulpa podría usarse para elaborar otro tipo de materia orgánico, dado que las hojas elaborados no tuvieron las características mínimas para emplearse en este tipo de usos, ejemplo: relleno de empaque de objetos delicados como vidrio entre otro.

Las algas pardas produjeron hojas que por el proceso (la inmersión y el prensado) no logran tener grosores más finos y en cambio el resultado son hojas acartonadas que podrían usarse para producir materiales como: papel piedra, cartones aislantes, gran diversidad de empaques, entre otros fines. Esto último está relacionado con los tipos de polisacáridos como son los alginatos, que le dan a la pulpa una adhesión característica.

Los papeles producidos con algas rojas-fibra de jonote fueron de excelente estética, consistencia y resistencia para papel y de manera relevante ambas caras con lisuras de gran calidad. Estas características están relacionadas con la presencia de carragenina, la que provee a la pulpa de un adherente natural magnífico y por tanto permite que este nuevo material pueda emplearse como soporte para trabajo

artístico, libretas de notas, para envolturas, empastado y posiblemente para empaque y otros objetos de embalaje.

La elaboración de éste papel artesanal no solo significaría, proponer a las algas como un recurso potencial para la fabricación del mismo, sino que podría introducirse como materia prima a los pequeños productores de papel amate (papel elaborado 100% con fibra de la corteza de *Trema micrantha*) para contrarrestar la demanda de la fibra obtenida de la especie de árbol *Trema micrantha*, que además de ser cara, se ha vuelto más complicada de conseguir (Quintanar-Isaías *et al.*, 2012).

Las pulpas elaboradas en este estudio representan un avance sustancial en el reciclamiento de la basura oceánica. Lo anterior abre líneas de investigación y de aplicación novedosas que demuestran que es posible diversificar los usos de estos materiales biológicos que el mar provee. Entre las líneas de investigación que se vuelven susceptibles de desarrollar podrían estar los materiales orgánicos para el embalaje, la industria papelera, e incluso la industria de la construcción. Este nuevo material es biodegradable, no daña al ambiente, su adhesivo es inherente a su naturaleza orgánica y por ello es necesario continuar con la investigación tecnológica que provea de mayor información técnica.

## CONCLUSIONES

- Se registran 118 especies de grandes macroalgas en el GMCM.
- Estas especies se distribuyen en 139 localidades del GMCM.
- De acuerdo al criterio de riqueza de especies, se identificaron 10 áreas con alta diversidad: Escollera Norte del Río Panuco, Litoral Marino de Tampamachoco-Barra de Cazonas, norte del SAV, Montepío-Catemaco, Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, noreste de la península de Yucatán, noroeste de Isla Cozumel y Xcalak-Banco Chinchorro.
- El PAE arrojó nueve grupos de OGU, basados en la presencia de especies compartidas, cuatro áreas con especies exclusivas y una regionalización formada por seis áreas caracterizadas por una combinación única de especies.
- A partir del análisis panbiogeográfico, se obtuvieron dos trazos generalizados, uno para el Golfo de México y otro para el Caribe mexicano. Ambos trazos se intersectan, formando un nodo biogeográfico, en la región noroeste de la Península de Yucatán.
- Con base en la integración de los análisis anteriores, se propone cuatro áreas de conservación para las grandes macroalgas, en orden de importancia: Arrecife Alacranes-Puerto Progreso, norte del SAV, noroeste de la Península de Yucatán y Xcalak-Banco Chinchorro.
- Las macroalgas, *Eucheuma isiforme*, *Sargassum fluitans* e *Hydropuntia cornea* se postulan como un potencial natural para desarrollarse como materia prima para la fabricación de papel artesanal.

- El papel artesanal obtenido de la pulpa papirogénica producida con grandes macroalgas, confirma que este grupo puede sugerirse como un recurso potencial a los largo de su distribución.
- La pulpa producida abre un campo en la diversificación de usos para los recursos marinos, y merece atención biotecnológica.



## REFERENCIAS

- Aguilar-Aguilar, R. y R. Contreras-Medina. 2001. La distribución de los mamíferos marinos de México: un enfoque panbiogeográfico. Pp. 213-219. *In*: Llorente-Bousquets y J.J. Morrone (Eds), Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Las prensas de Ciencias, UNAM, México.
- Aguilar-Rosas, M.A. 1998. Algas marinas de la región central de Quintana Roo, México. *POLIBOTÁNICA* 7: 15-32.
- Aguilar-Rosas, L.E., R. Aguilar-Rosas, F.F. Pedroche, C. Mendoza-González y L.E. Mateo-Cid. 2008. El género *Colpomenia* (Scytosiphonaceae, Phaeophyta) de las costas de México. Pp. 1-27. *In*: Sentíes, A. y K. Dreckmann (Eds.), Monografías Ficológicas Volumen 3. Universidad Autónoma Metropolitana y Universidad Autónoma de Baja California, México, D.F.
- Álvarez-Mondragon, E. y J.J. Morrone. 2004. Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *INTERCIENCIA* 29(3): 112-120.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López y V. Aguilar-Sierra. 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Bird, D.E., K. Burke, S.A. Hall y J.F. Casey. 2011. Tectonic evolution of the Gulf of Mexico Basin. Pp. 3-16. *In*: Tunnell, J.W., D.L. Felder y S.A. Earle (Eds.), Gulf of Mexico. Origin, Waters, and Biota Volumen 3, Geology. Texas A&M University Press, Estados Unidos de América.

- Briggs, J.C. 1974. Marine zoogeography. McGraw-Hill, New York.
- Biggs, D.C. 1992. Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 97(C2): 2143-2154.
- Bula-Meyer, G., 1990. Altas temperaturas estacionales del agua como condición disturbadora de las macroalgas del Parque Nacional Tairona, Caribe colombiano: una hipótesis. *Anales del Instituto de Investigación Marina Punta Bertín* 19: 9-21.
- Callejas-Jiménez, M.E., A. Senties y K.M. Dreckmann. 2005. Macroalgas bentónicas de Puerto Real, Faro Santa Rosalía y Playa Preciosa, Campeche, México, con algunas consideraciones florísticas y ecológicas para el estado. *Hidrobiológica* 15(1): 89-96.
- Cao-Romero, C.M., 2002. Biogeografía de la clase Asteroidea (Blainville, 1830) en las aguas mexicanas del Golfo de México y Caribe mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología Marina), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México.
- Castillo-Arenas, G. y K.M. Dreckmann. 1995. Composición taxonómica de las arribazones algales en el Caribe mexicano. *Cryptogamie, Algologie* 16(2): 115-112.
- Chávez-Hidalgo, A. 2009. Conectividad de los arrecifes coralinos del Golfo de México y Caribe mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias (Manejo de Recursos Marinos), Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, México.
- Cetz-Navarro, N.P., J. Espinoza, A. Senties y L.I. Quan-Young. 2008. Nuevos registros de macroalgas para el Atlántico mexicano y riqueza florística del Caribe mexicano. *Hidrobiológica* 18(1): 11-19.

- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy- Programa México, Pronatura, A.C., México, D.F.
- Contreras- Espinosa, F. 2010. Ecosistemas costeros mexicanos, una actualización. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.
- Craw, R.C., J.R. Grehan y M.J. Heads. 1999. Panbiogeography. Tracking the history of life. Oxford University Press, New York.
- De Candolle, A.P. 1820. Geographie botanique. *Dictionnaire des Sciences Naturelles* 18: 359-422.
- De la Lanza-Espino, G. y J.C. Gómez Rojas. 2004. Características físicas y químicas del Golfo de México. Pp. 103-132. *In*: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Comps.), Diagnóstico ambiental del Golfo de México Volumen I. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A.C. y Harte Reserch Institute for Gulf of Mexico Studies, México, D.F.
- Díaz-Martín, M.A. y J. Espinoza-Avalos. 2000. Distribution of brown seaweeds (Phaeophyta) in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 66(2): 279-289.
- Dreckmann, K.M. 1996. Lista actualizada de las algas marinas bentónicas de Puerto Morelos, Quintana Roo, Caribe mexicano. *POLIBOTANICA* 3: 1-17.
- Dreckmann, K.M. 1998. Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico mexicano. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F.

- Dreckmann, K.M. 2012. Los géneros *Gracilaria* e *Hydropuntia* (Gracilariaceae, Rhodophyta) en las costas del Golfo de México y Caribe. Pp. 111-203. *In*: Senties, A. y K.M. Dreckmann (Eds.), Monografías Ficológicas Volumen 4. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa y Universidad de la Laguna, México, D.F.
- Dreckmann, K.M. y G. De Lara-Isassi. 2000. *Gracilaria caudata* J. Agardh (Gracilariaceae, Rhodophyta) en el Atlántico mexicano. *Hidrobiológica* 10 (2): 125-130.
- Dreckmann, K.M. y A. Senties. 2013. Las arribazones de algas marinas en el Caribe mexicano: evento biológico natural o basura en las playas. CONABIO. *Biodiversitas* 107: 7-11.
- Earle, S. 1972. Benthic algae and seagrasses. Pp. 15-18. *In*: S.Z. El-Sayed, W.M. Sackett, L.M. Jeffrey, K.A. Steidinger y S.A. Earle (Eds.), Chemistry, primary productivity, and benthic algae of the Gulf of Mexico. New York, American Geographical Society.
- ESRI. 1999. ArcView 3.2 GIS. New York: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Escalante, T. 2003. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 74(2): 211-237.
- Escalante, T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 551- 560.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the

- bootstrap. *Evolution* 39: 783-91.
- Fredericq, S., T.O. Cho, S.A. Earle, C.F. Gurgel, D.M. Krayesky, L.E. Mateo-Cid, A.C. Mendoza-González, J.N. Norris y A.M. Suárez. 2009. Seaweeds of the Gulf of Mexico. Pp. 187- 259. *In: Felder, D.L. y D.K. Camp (Eds.), Gulf of Mexico-Origins, Waters and Biota. Biodiversity. Texas A&M Press, College Station, Texas.*
- Freile-Pelegrián, Y. y D. Robledo. 1997a. Influence of alkali treatment on agar from *Gracilaria cornea* from Yucatán, México. *Journal of Applied Phycology* 9: 533-539.
- Freile-Pelegrián, Y. y D. Robledo. 1997b. Effects of season on the agar content and chemical characteristics of *Gracilaria cornea* from Yucatán, México. *Botánica Marina* 40: 285-290.
- Garduño-Solórzano, G., J.L. Godínez-Ortega y 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*. 76: 61-78.
- Goloboff, P. 1999. NONA, versión 2.0. Publicado por el autor. San Miguel de Tucumán.
- González, M.A., E.A. Chávez, G. De la Cruz y D. Torruco. 1991. Distribution patterns of gastropods and bivalves at the Yucatan Peninsula, Mexico. *Ciencias Marinas* 17(3): 147-172.
- Guiry, M.D. y Guiry, G.M. 2015. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; Fecha de consulta: 10 de Marzo de 2014.

- Grehan, J.R. 1988. Biogeographic homology. *Rivista di Biologia* 81: 577-587.
- Halffter, G., J. Llorente-Bousquets y J.J. Morrone. 2008. La perspectiva biogeográfica histórica. Pp. 67-86. *In: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Comps.), Capital Natural. CONABIO. México, D.F.*
- Haydon, D.T., B.I. Crother y E.R. Pianka. 1994. New directions on biogeography?. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 403-406.
- Hengl, T. 2009. A practical guide to geostatistical mapping. Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg.
- Kuo-Ping, C., S. Yu-Chang y C. Chung-Sing. 1999. Chemical composition and potential for utilization of the marine alga *Rhizoclonium* sp. *Journal of Applied Phycology* 11: 525-533.
- Laksitoresmi, D.R., Y. Kosasih, S. Miyasyiwi y I. Darmansah, 2010. Prospects red algae (*Gracilaria verrucosa*) as the raw material of paper as innovative solution to face global warming. *International Conference on Advanced Management Science (ICAMS)* 3: 78-81.
- Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Pp. 182- 215. *In: Wiley, M. (Eds.), Their origin and classification, Estuarine Processes. Academic Press Incorporation, New York.*
- Littler, D.S. y M.M. Little. 2000. Caribbean Reef Plants. An Identification Guide to the Reef Plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. OffShore Graphics, Inc, Washington, D.C.
- Llorente-Bousquets, J. y J.J. Morrone. 2001. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.

- Luna-Vega, I. 2008. Aplicaciones de la biogeografía histórica a la distribución de las plantas mexicanas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 217-241.
- Margulis, L. y K. Schwartz. 1998. *Five Kingdoms: An illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*. W. H. Freeman and Company, Nueva York.
- Martín- Piera, F. y I. Sanmartín. 1999. Evolución y filogenia de Arthropoda. *Bol. S.E.A.* 26: 535-560.
- Mateo-Cid, L.E., A. Mendoza-González, A.G. Ávila-Ortiz y S. Díaz. 2013. Algas marinas bentónicas del litoral de Campeche, México. *Acta Botánica Mexicana* 104: 53-92.
- Mendoza-González, A.C. y L.E. Mateo-Cid. 2007. Cinco nuevos registros de algas rojas (Rhodophyta) para El Caribe mexicano. *POLIBOTANICA* 23: 101-119.
- Mendoza-González, A.C., L.E. Mateo-Cid y R.B. Searles. 2000. New records of benthic marine algae from Isla Cozumel, México: Phaeophyta and Chlorophyta. *Bulletin of Marine Science* 66(1): 119-130.
- Miguel-Talonia, C. y T. Escalante. 2013. Los nodos: El aporte de la panbiogeografía al entendimiento de la biodiversidad. *Biogeografía* 6: 30-42.
- Monreal-Gómez, M.A., D.A. Salas-de-León y H. Velasco-Mendoza. 2004. La hidrodinámica del Golfo de México. Pp. 47-68. In: Casa, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (Comp.), *Diagnostico ambiental del Golfo de México*. Diagnóstico ambiental del Golfo de México Volumen I. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A.C. y Harte Reserch Institure for Gulf of Mexico Studies, México, D.F.
- Morrone, J.J., 2004. Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileña de Entomología* 48: 149-162.

- Morrone, J.J. 2005. Sistemática, biogeografía y evolución. UNAM, México, D.F.
- Morrone, J.J. 2007. Hacia una biogeografía evolutiva. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 509-520.
- Morrone, J.J. 2009. Evolutionary biogeography: An integrative approach with case studies. Columbia University Press. New York.
- Nihei, S.S., 2006. Misconceptions about parsimony analysis of endemism. *Journal of Biogeography* 33: 2099-2106.
- Nixon, K.C. 2002. WinClada, ver 1.00.08. Ithaca. [www.cladistics.com/about\\_winc](http://www.cladistics.com/about_winc)
- Nybakken, J.W. 2001. Marine Biology. An ecological approach. Fifth Ed. Benjamin Cummings, San Francisco.
- Okolodkov, Y.B., 2010. Biogeografía Marina. Universidad Autónoma de Campeche, México, D.F.
- Ortega, M.M., J.L. Godínez y G. Garduño-Solorzano, 2001. Catálogos de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. UNAM y CONABIO, México, D.F.
- Ortegón-Aznar I. y A. Aguilar-Perera. 2014. Distribución de las macroalgas en áreas naturales protegidas de la costa norte de la Península de Yucatán, México. *Revista Investigaciones Marinas* 34(2): 1-12.
- Ortiz-Pérez, M.A. y G. de la Lanza-Espino. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. Geografía para el siglo XXI. Serie Textos Universitarios, Instituto de Geología, UNAM, México, D.F.
- Pacheco, M.C., I. Pacheco-Ruíz, J. Ramos, N.P. Cetz-Navarro, J.L. Soto. 2010. Presencia del género *Caulerpa* en la Bahía de Campeche, Camp. *Hidrobiológica* 20(1): 57-69.



- Pedroche, F.F., P.C. Silva, L.E. Aguilar-Rosas, K.M. Dreckmann y R. Aguilar Rosas. 2003. Macroalgas marinas bentónicas del Pacífico mexicano. Referencias bibliográficas selectas (1847-2002). Pp. 97- 126. *In*: J.L. Godínez, D. Robledo y Y. Freile (Eds.), Contribuciones ficológicas de México. Sociedad Ficológica de México, A.C., Mérida.
- Pedroche, F.F. y A. Senties. 2003a. Ficología marina mexicana. Diversidad y problemática actual. *Hidrobiológica* 13(1): 23-32.
- Pedroche, F.F. y A. Senties. 2003b. El litoral del Pacífico mexicano y su exploración ficológica. Pp. 5- 11. *In*: D. Robledo, J.L. Godínez y Y. Freile (Eds.), Contribuciones ficológicas de México. Sociedad Ficológica de México, A.C., Mérida.
- Pérez-Enriquez, R. 1996. Growth of *Eucheuma isiforme* (C. Agardh) J. Agardh on experimental rafts off the coast of Yucatán state, Mexico. *Journal of Applied Phycology* 8: 27-28.
- Pindell, J., L. Kennan, J. Rosenfeld, J. Granath, Miranda-Canseco, E., Patiño-Ruiz, J., AlvaradoCéspedes, A., Marino-Castañón, A., Hernández-Bravo, J., Espinosa-Nava, M., Ramírez-Espinosa, A., Maldonado-Leal, M., Marín-Toledo, A., Alor-Ortiz, I., Darío-Gómez, R., Vera-Morán, A., Reyes-bache, G., Hernández-Mejía, J., Alzaga-Ruiz, H., Méndez-Vázquez, J., Jacobo-Albarrán, J. y Hernández-Ávila, L. 2002. Análisis paleogeográfico Mesozoico-Cenozoico y dinámica de cuencas en el Golfo de México profundo y márgenes: La relación entre evolución tectonosedimentaria y sistemas petroleros: PEP-Tectonic Analysis. Informe Interno, Pemex Exploración y Producción.

- Posadas, P. y Miranda-Esquivel D.R. 1999. El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 539-546.
- Quantum GIS Development Team. 2014. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project B.
- Quintanar-Isaías, A. M. A. Jacobo Villa, C. López-Binqüist, N. Flores-Hernández y C. de la Paz Pérez Olvera. 2012. La madera de *Trema micrantha* (L.) Blume de Veracruz, México. *Revista Madera y Bosques* 18(2): 73-91.
- Quintanar-Isaías, A., M. B. Jarquin-Pacheco, S. G. Gutiérrez-Pérez y M. A. Jacobo-Villa. 2011. Proceso biológico de ablandamiento de fibras de corteza para elaboración de papel amate. Número MX/a/2011/013083 IMPI.
- Robledo, D. y Y. Freile-Pelegrín. 1997. Chemical and mineral composition of six potentially edible seaweed species of Yucatán. *Botánica marina* 40: 301-306.
- Robinson, N.M., C. Galicia-García y Y.B. Okolodkov. 2012. New records of green (Chlorophyta) and brown algae (Phaeophyta) for Cabezo Reef, National Park Sistem Arrecifal Veracruzano, Golfo de México. *Acta botánica Mexicana* 101: 11-48.
- Rojas, C.A. 2004. Automatización del método de la Panbiogeografía: identificación de centro de diversidad del Parque Nacional Iztacíhuatl, Popocatépetl y anexas. Tesis. UNAM, México.
- Ruggiero, A. y C. Ezcurra, 2003. Regiones y transiciones biogeográficas: Complementariedad de los análisis en biogeografía histórica y ecológica. Pp. 141-154. In: J.J. Morrone y Llorente, J.B. (Eds.), Una perspectiva latinoamericana

- de la biogeografía. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- Ruggiero, A. 2001. Interacciones entre la biogeografía ecológica y la macroecología: Aportes para comprender los patrones espaciales en la diversidad biológica. Pp. 81- 94. *In*: Llorente- Bousquets, J. y J.J. Morrone (Eds.), Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. UNAM, México, D.F.
- Salazar-Vallejo, S.I. 2000. Biogeografía marina del Gran Cribe. *Interciencia* 25 (1): 7-12.
- Santelices, B. 1977. Ecología de las algas marinas bentónicas: efectos de factores ambientales. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzu, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Muhar, S. Anta y J. de la Maza, 2009. Capital Natural de México. Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Sentíes, A. y M.T. Fuji. 2002. El complejo *Laurencia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) en el Caribe mexicano. Pp. 119-192. *In*: Sentíes, A. y K.M. Dreckmann (Eds.). Monografías Ficológicas Volumen 1. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa y Red Latinoamericana de Botánica, México, D.F.
- Sentíes, G.A. y K.M. Dreckmann. 2014. Biodiversidad de las macroalgas marinas de la familia Rhodomelaceae (Rhodophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl.* 85: S62-S68.

- Spalding, M.D., H.E. Fox, G.R. Allen, N. Davidson, Z.A. Ferdaña, M. Finlayson, B.S. Helpern, M.A. Jorge, A. Lombana, S.A. Lourie, K.D. Martin, E. McManus, J. Molnar, C.A. Recchia y J. Robertson. 2007. Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience* 57(7): 573-583.
- Tapia-Silva, F.O., O.E. Hernández-Cervantes, **M.I. Vilchis-Alfaro**, A. Senties y K.M. Dreckmann. 2015. Mapping of algae richness using spatial data interpolation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Sciences* 40: 1005-1008.
- Vilchis-Alfaro, M.I., P.A. Quintanar-Isaías, K.M. Dreckmann y A. Senties. Proceso de manufactura de papel con macroalgas. UAM-I, IMPI. **En proceso**.
- Whittaker, R.J., M.B. Araújo, P. Jepson, R.J. Ladle, J.E.M. Watson y K.J. Willis. 2005. Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11: 3-23.
- Wilkinson, T., E. Wiken, J. Bezaury-Creel, T. Hourigan, H. Herrmann, L. Janishevski, C. Madden, L. Morgan y M. Padilla. 2009. Ecorregiones marinas de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.
- Zertuche- González, J.A., J. Pacheco-Ruiz y L.A. Galindo-Bect. 2006. Criterios para la caracterización y regionalización del ordenamiento costero del Golfo de California basada en la distribución de especies de importancia biológica. El caso de las macroalgas. Pp. 107- 114. *In*: Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Fernández (Comp.), Ordenamiento ecológico marino, Visión temática de la regionalización. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Zunino, M, y A. Zullini, 2003. Biogeografía, la dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica, México.

APÉNDICE I

Matriz de áreas vs especies (presencia-ausencia)

OGU	<i>Ulva flexuosa</i>	<i>U. intestinalis</i>	<i>U. prolifera</i>	<i>U. lactuca</i>	<i>U. rigida</i>	<i>Chaetomorpha gracilis</i>	<i>C. antennina</i>	<i>C. linum</i>	<i>Bryopsis plumosa</i>	<i>Codium decorticatum</i>	<i>C. isthmocladum</i>	<i>C. taylorri</i>	<i>Caulerpa microphyssa</i>	<i>C. prolifera</i>	<i>C. sertularioides</i>	<i>C. ashmeadii</i>	<i>Halimeda discoidea</i>	<i>H. incrassata</i>	<i>H. monile</i>	<i>H. opuntia</i>	<i>H. tuna</i>	<i>H. simulans</i>	<i>Penicillus dumetosus</i>	<i>Rhipocephalus oblongus</i>	<i>Udotea abbotiflorum</i>	<i>U. dixonii</i>	<i>U. flabellum</i>	<i>U. occidentalis</i>	<i>Cymopolia barbata</i>	<i>Anadyomene stellata</i>	<i>Cladophora laetevirens</i>	<i>C. prolifera</i>	<i>C. vagabunda</i>	<i>C. longicaulis</i>	<i>Sporochnus pedunculatus</i>	<i>Chnoospora minima</i>	<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>Hydroclathrus clathratus</i>	<i>Roseringea intricata</i>			
TAM01	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
TAM02	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
VER01	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
VER02	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	
VER03	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	
TAB01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
CAM01	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
CAM02	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMYUC	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
YUC01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YUC02	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
YUC03	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
QROO01	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	
QROO02	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
QROO03	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

APENDICE I (Continuación)

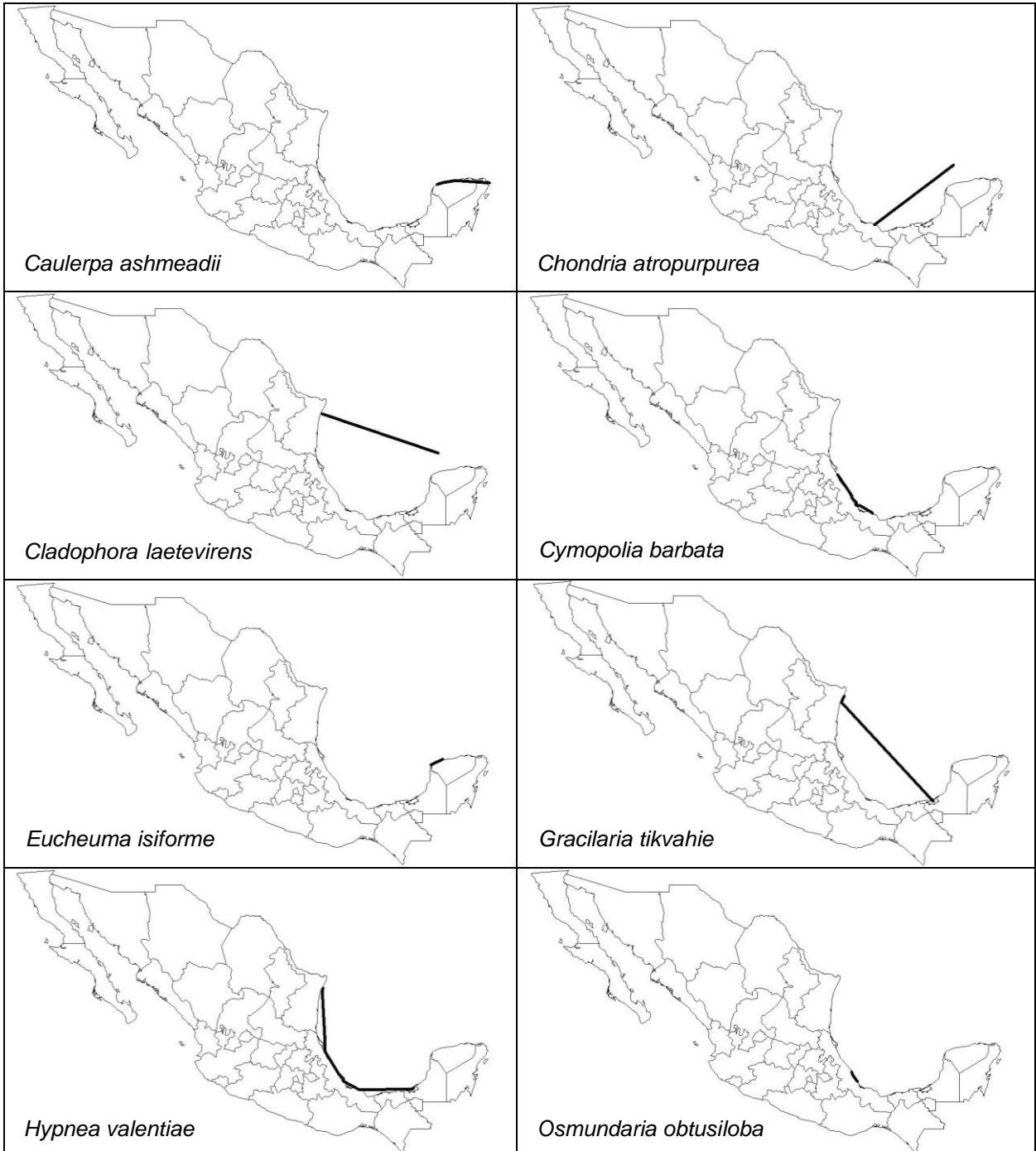
OGU	<i>Dictyopteris jamaicensis</i>	<i>D. justii</i>	<i>D. plagiogramma</i>	<i>D. polypodioides</i>	<i>Canistrocarpus cervicornis</i>	<i>Dictyota ciliolata</i>	<i>D. crenulata</i>	<i>D. guineensis</i>	<i>D. menstrualis</i>	<i>D. pinatifida</i>	<i>Padina gymnospora</i>	<i>P. pavonica</i>	<i>Spatoglossum schroederi</i>	<i>Sargassum acinarium</i>	<i>S. filipendula</i>	<i>S. fluitans</i>	<i>S. hystrix</i>	<i>S. natans</i>	<i>S. ramifolium</i>	<i>S. vulgare</i>	<i>Jania capillacea</i>	<i>Gelidium pusillum</i>	<i>Pterocladia capillacea</i>	<i>Galaxaura rugosa</i>	<i>Asparagopsis taxiformis</i>	<i>Rhodogorgon ramosissima</i>	<i>Dudresnaya crassa</i>	<i>Hypnea musciformis</i>	<i>H. valentiae</i>	<i>Agardhiella subulata</i>	<i>Solieria filiformis</i>	<i>Grateloupia filicina</i>	<i>Halymenia floresii</i>	<i>Gracilaria blodgettii</i>	<i>G. bursa-pastoris</i>	<i>G. cervicornis</i>	<i>G. cuneata</i>	<i>G. cylindrica</i>	<i>G. damaecornis</i>	<i>G. domingensis</i>				
TAM01	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TAM02	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	
VER01	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0		
VER02	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1		
VER03	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1		
TAB01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	
CAM01	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	
CAM02	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CAMYUC	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
YUC01	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
YUC02	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
YUC03	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	
QROO01	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
QROO02	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	
QROO03	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

APENDICE I (Continuación)

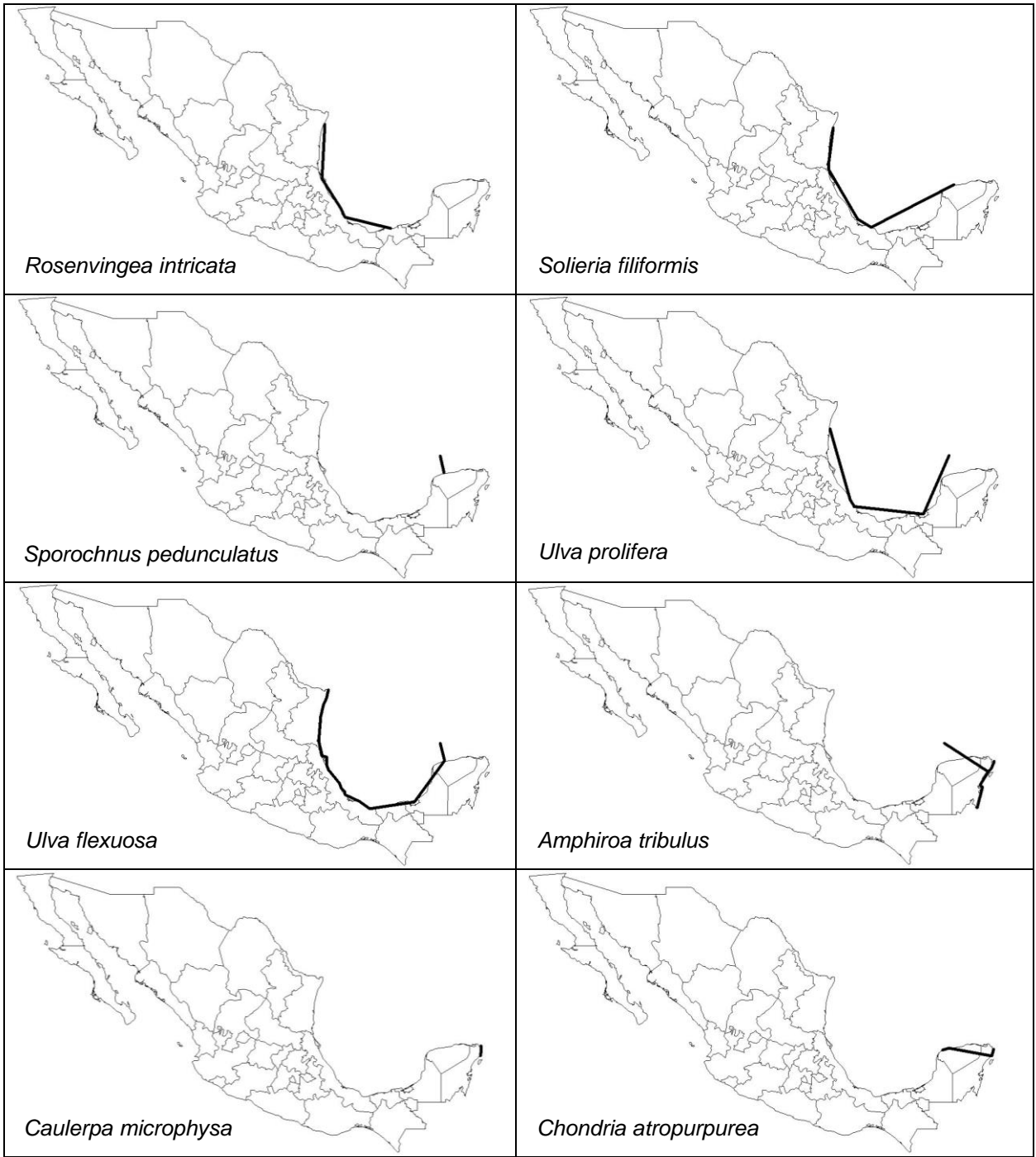
OGU	<i>G. mammillaris</i>	<i>G. tikvahiae</i>	<i>Centroceras clavulatum</i>	<i>Ceramium brevizonatum</i>	<i>Spyridia filamentosa</i>	<i>S. hypnoides</i>	<i>Dasya balluviana</i>	<i>Heterosiphonia gibbesii</i>	<i>Hypoglossum tenuifolium</i>	<i>Acanthophora muscoides</i>	<i>A. spicifera</i>	<i>Amasia multifida</i>	<i>Bryothamion triquetrum</i>	<i>Chondria atropurpurea</i>	<i>C. capillaris</i>	<i>C. crnicophylla</i>	<i>C. floridana</i>	<i>Digenea simplex</i>	<i>Laurencia filiformis</i>	<i>L. intricata</i>	<i>L. obtusa</i>	<i>L. microcladia</i>	<i>Osmundaria ontusiloba</i>	<i>Polysiphonia denudata</i>	<i>P. subtilissima</i>	<i>Neosiphonia ferulacea</i>	<i>Wrightiella boldgettii</i>	<i>W. tumanowiczii</i>	<i>Amphiroa tribulus</i>	<i>Trichogloea requienii</i>	<i>Tricleocarpa fragilis</i>	<i>Euheuma isiforme</i>	<i>Hydropuntia caudata</i>	<i>H. cornea</i>	<i>H. crassissima</i>	<i>H. usneoides</i>	<i>Palisada flagellifera</i>	<i>P. gemmiferus</i>	<i>P. perforata</i>	<i>Yuzurua poiteaui</i>				
TAM01	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TAM02	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VER01	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
VER02	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	
VER03	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
TAB01	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
CAM01	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
CAM02	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
CAMYUC	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
YUC01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
YUC02	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
YUC03	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
QROO01	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
QROO02	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
QROO03	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

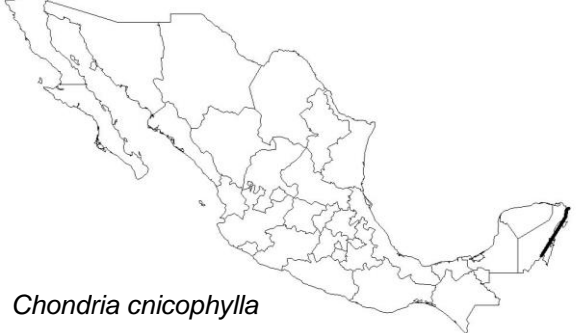

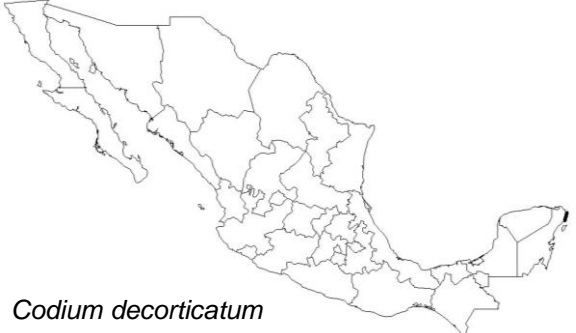
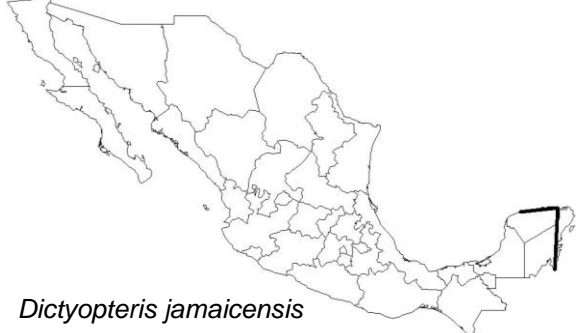

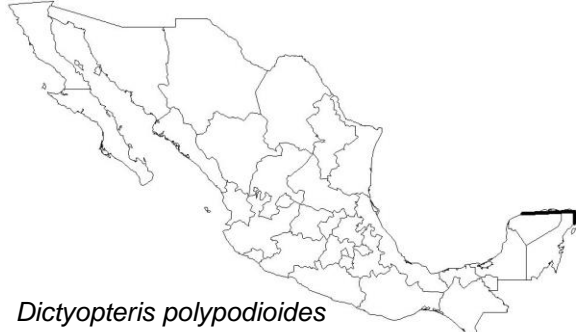
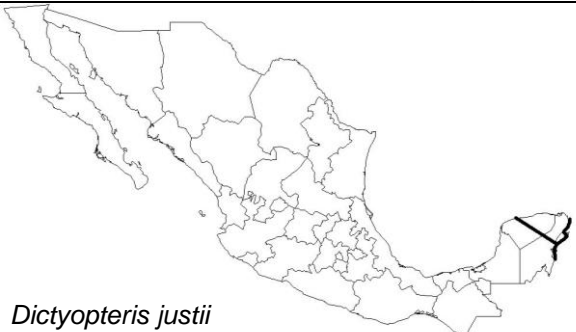

## APÉNDICE II

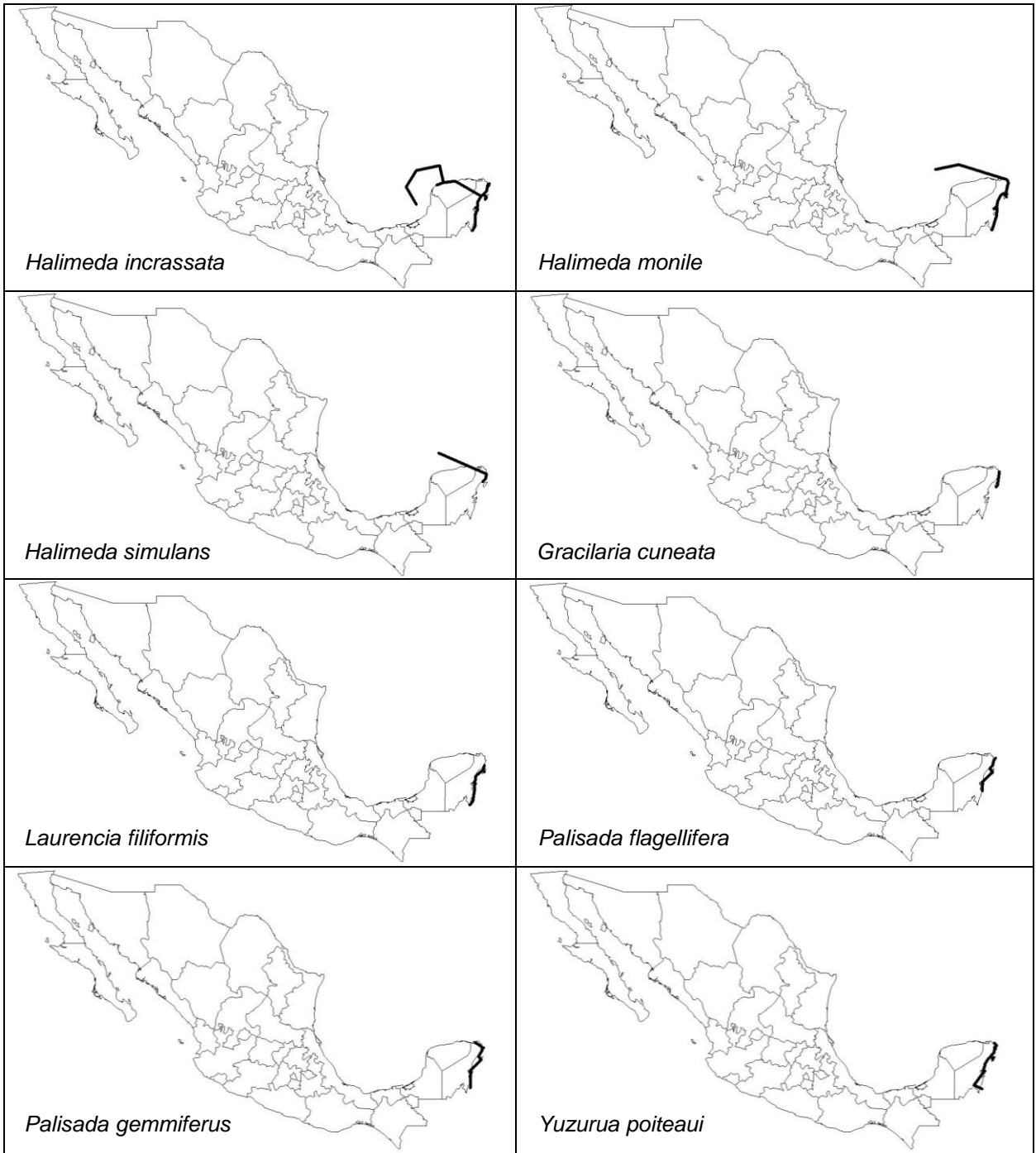
Trazos individuales de grandes macroalgas.

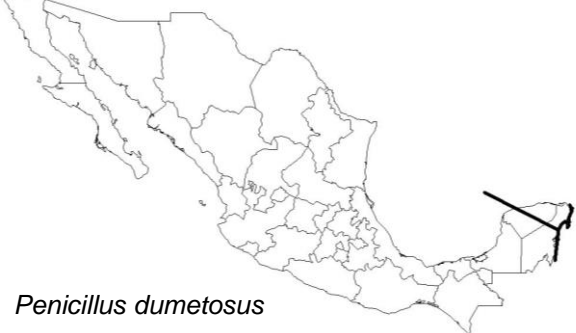






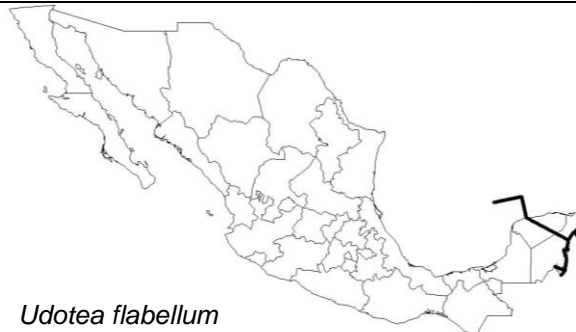


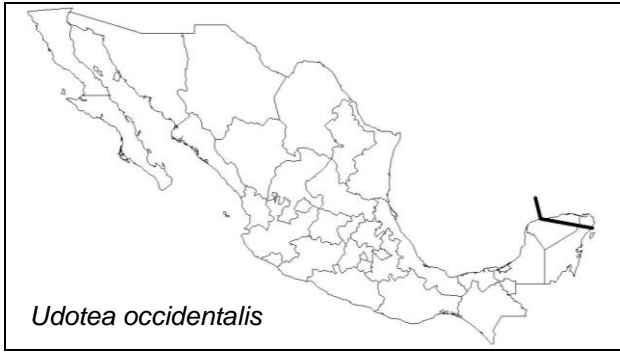




 <p><i>Chondria cnicophylla</i></p>	 <p><i>Cladophora longicaulis</i></p>
 <p><i>Codium decorticatum</i></p>	 <p><i>Dictyopteris jamaicensis</i></p>
 <p><i>Dictyopteris plagiogramma</i></p>	 <p><i>Dictyopteris polypodioides</i></p>
 <p><i>Dictyopteris justii</i></p>	 <p><i>Dictyota pinnatifida</i></p>



 <p><i>Penicillus dumetosus</i></p>	 <p><i>Rhipocephalus oblongus</i></p>
 <p><i>Sargassum acinarium</i></p>	 <p><i>Sargassum ramifolium</i></p>
 <p><i>Hydropuntia crassissima</i></p>	 <p><i>Halymenia floresii</i></p>
 <p><i>Udotea dixonii</i></p>	 <p><i>Udotea flabellum</i></p>



## APÉNDICE III

### Productos derivados de la tesis

#### *Publicaciones*

Tapia-Silva, F.O., O.E. Hernández-Cervantes, **M.I. Vilchis-Alfaro**, A. Senties y K.M. Dreckmann. 2015. Mapping of algae richness using spatial data interpolation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Sciences* 40: 1005-1008.

#### *Congresos*

Presentación en el X Congreso de Ficología de Latinoamérica y el Caribe VII Reunión Iberoamericana de Ficología, octubre 5-10 de 2014, Metepec, México. Con el trabajo “Distribución espacial de la riqueza de especies de grandes macroalgas en el Golfo de México y Caribe Mexicano”.

Presentación en el 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE), mayo 11-15 de 2015, Berlín, Alemania. Con el trabajo “Mapping of algae richness using spatial data interpolation”.