



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

USOS Y APLICACIONES DE LAS ALGAS EN MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

CÉSAR LOBATO BENÍTEZ

DIRECTOR: DR. JOSÉ LUIS GODÍNEZ ORTEGA

MÉXICO, D. F. 2015.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

¿Por qué la gente ama y odia?
¿acaso nacimos y vivimos para eso?
mi amigo de la infancia siempre estuvo ahí, con una sonrisa inmutable,
al tomarnos las manos, sentimos el calor de tiempos pasados.
Nuestras voces resuenan en armonía en mi corazón.
Tú siempre estuviste a mi lado ¿verdad?

¿Por qué los dioses otorgaron a la gente el encontrar y separar sus destinos?
la felicidad y la tristeza se entrelazan para siempre,
atrapando nuestra juventud y nuestra vida...
en una cadena de flores... que ni siquiera un Dios, puede romper...

“Soul of Gold”

A LA MEMORIA DE

Isabel Aragón Cedillo

Karloz Rodríguez Salazar



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.**

Comunico a usted que el alumno **LOBATO BENÍTEZ CÉSAR**, con número de cuenta **409020098**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **30 de junio de 2015** a las **15:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE Dr. ARCADIO MONROY ATA

VOCAL Dr. JOSÉ LUIS GODÍNEZ ORTEGA*

SECRETARIO Biól. ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF

SUPLENTE Dra. ESTHER MATIANA GARCÍA AMADOR

SUPLENTE Dr. JUSTO SALVADOR HERNÁNDEZ AVILÉS

El título de la tesis que presenta es: **Usos y aplicaciones de las Algas en México.**

Opción de titulación: Tesis

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
México, D. F., 20 de julio de 2015

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
DIRECTOR
ZARAGOZA
DIRECCIÓN

VO. BO.
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
JEFE DE CARRERA

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

ÍNDICE

Resumen	1
Agradecimientos	2
Introducción	6
Objetivos	9
Generalidades de las algas	10
Clasificación	11
Importancia ecológica	12
Importancia económica	13
Industria alimentaria	15
Medicina y ficoquímica	19
Biocombustibles	21
Biorremediación y biomonitoreo	23
Otros usos	26
Metodología	27
Formato del catálogo	32
Resultados	34
Discusión	172
Conclusiones	191
Sugerencias	192
Literatura citada	194
Apéndice	202
Láminas por phyllum	203

RESUMEN

El quehacer ficológico en México ha iniciado una diversificación de sus estudios, que iniciaron con listados ficoflorísticos, estudios morfológicos, fisiológicos y ecológicos, y ahora, han venido ampliándose en el campo de la genética, la bioquímica, la biología molecular y la biotecnología, ante la necesidad actual de estudios más precisos e integrativos, que permitan conocer de mejor manera, los recursos algales del país. Así, un catálogo que recopile y actualice la información ficológica con respecto a los usos y/o aplicaciones, es una tarea indispensable.

Se da a conocer el primer catálogo sobre los usos y/o aplicaciones de las algas en México, que incorpora nomenclatura, sinonimia, nombres comunes, distribución geográfica y hábitat, tanto de sistemas marinos, como de cuerpos acuáticos continentales.

Con base en 52 publicaciones originales, del período 1985-2014 se construyó un banco de datos con 549 registros. La nomenclatura fue actualizada con la base de datos de Algaebase. El catálogo contiene una sinópsis detallada sobre los usos y/o aplicaciones que las algas han tenido, en la historia de México. Este compendio reúne especies nacionales que han sido investigadas principalmente en los campos de la farmacología, la medicina y los usos industriales; un análisis que permite realizar sugerencias respecto a otras posibles aplicaciones y un apéndice que integra nombres vernáculos adjudicados a las algas sin ningún uso aparente, pero con importancia etnoficológica. El mayor porcentaje de las 179 especies reportadas en esta tesis, corresponde a las algas rojas (36%), seguida de las algas pardas y las diatomeas (31%), las algas verdes (29%), las cianobacterias (3%) y, los euglenoides y las caráceas (1 %).

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por creer en mí y permitirme formarme en el campo de la Ciencia.

Al Instituto de Biología, que a través del laboratorio de Ficología y del Dr. José Luis Godínez Ortega, me permitió profundizar mis conocimientos respecto a los usos y/o aplicaciones de la ficoflora nacional. Agradezco el tiempo, la continua asesoría y un espacio dentro del laboratorio para desarrollar este trabajo. Gracias por sus palabras, su paciencia y el apoyo incondicional en todo momento, Dr. José Luis.

A mis sinodales, Dr. Arcadio Monroy Ata y Dr. Justo Salvador Hernández Avilés, por la revisión y las sugerencias vertidas para mejorar este trabajo. A la bióloga, Angélica Elaine González Schaff, por haberme transmitido su pasión por las microalgas y haberme asesorado de forma continua, durante la realización de este trabajo. A la Dra. Esther Matiana García Amador, que fungió como mi profesora durante el trayecto de la carrera, que siempre demostró tener un conocimiento basto de la Biología, pero también, una gran calidez humana, que siempre tuvo una palabra de aliento o algunos consejos, que me guiaron para superarme y seguir adelante. Gracias a todos ustedes.

Así mismo, aprovecho para agradecer a la mayoría de mis profesores de la Facultad, que siempre buscaron transmitir su conocimiento en las diferentes ramas de la Biología, destacando la Biól. María Eugenia Ibarra Hernández, que me permitió tener un primer acercamiento con las “algas verde azules” en el primer semestre de la carrera, una persona de la cuál aprendí a investigar, documentarme y siempre ir más allá, a no quedarme quieto o con dudas. Gracias por estar durante este gran trayecto e influir de manera positiva en mi formación. Y a ti, M.C. Isaura Escalante Vargas, con la que inicié mi transitar en el conocimiento biológico de las algas, gracias por tus palabras, apoyo incondicional y confianza. Además aprovecho para agradecer al Q.F.B. Graciela Rojas Vázquez, por la asesoría y el continuo apoyo académico.

Finalmente, a los que han fungido como mi “gurú” en el conocimiento algológico, a la Dra. Hilda León Tejera, por darme la oportunidad de realizar una estancia académica

relacionada con la biología molecular de cyanoprokaryotes marinos; al Dr. Eberto Novelo Maldonado por brindarme siempre un espacio para resolver mis dudas, hacerme sugerencias y enseñarme a observar desde diferentes perspectivas una problemática, ¡gracias por sus sabías palabras!. Y a M.C. Gloria Garduño Solórzano, por transmitirme su gusto y su pasión por el estudio de las algas, por haberme ampliado el campo de visión y por encaminarme en los estudios biotecnológicos y etnobiológicos con tan hermosos organismos ¡Muchas gracias Maestra Gloria! por motivarme y siempre darme las palabras adecuadas para no rendirme.

Al Herbario Nacional, que a través de la sección de Algas, me permitió la toma de las fotografías de algunas especies representativas dentro de este catálogo; además, con profundo agradecimiento a la diseñadora Marcela Reyes Amador, por el apoyo técnico en la edición de éstas.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

¡A ti, mi abuela, mi gran compañera, Chabelita! que siempre me motivaste, que siempre me quisiste, que siempre estuviste conmigo, que pese a tu pérdida física, siempre viviste en mi corazón y jamás me dejaste sólo... querías tener nietos con una profesión, querías “licenciados” y bueno, me tocó ser el primero de ellos... ¡En verdad, te extraño tanto!

Karloz... definitivamente el haberte conocido ha sido una de las marcas más trascendentes que tengo en este andar ¿sabes por qué? Tú fuiste y sigues siendo parte fundamental de mi fuerza, de mi amor, de mis ganas de hacer las cosas. Llegaste en un momento crucial, dónde yo iniciaba este andar en la Biología y, lamentablemente, la vida nos distanció de una manera compleja... pero no pierdo la esperanza de encontrarte nuevamente...una persona tan joven, con tantas ganas de salir adelante, con proyectos a futuro, siempre noble, arrebatado, sensible y con un gran corazón, un verdadero apasionado de la vida. Este trabajo es en tu memoria, gracias por enseñarme a vivir ¡siempre al límite, siempre demostrando lo que uno siente y tiene que

decir! y a entender, las diferentes tonalidades de la vida. Siempre te llevaré en mi corazón. Y se que tarde que temprano, volveremos a encontrarnos.

A usted tía, Teresa Lobato, que jamás dejo de creer en mí, que siempre confío, me motivo y cobijo, con cariño y amor. Definitivamente una de las personas que más influyó para que culminara formándome como un profesionalista. En verdad, ¡gracias! Vaya a donde vaya, siempre iré conmigo. La quiero mucho.

A Gabriel Lobato Valle, que hasta el último día de su consciencia y existencia, no se dejó de preocupar por mí, ¡gracias por tu guía, abuelo!

A mis padres, Gabriel Lobato y Delia Benítez, por haberme dado el don de la vida. A mis hermanos Oscar y Karla, que siempre con una sonrisa o con un abrazo, me dieron su confianza y me transmitieron su fuerza para poder levantarme y seguir. Son los mejores hermanos que pude haber tenido... y bueno, a sus dos chiquillas, Julieta y Shan, que siempre alegran y apaciguan mi alma.

A las hermanas que tuve oportunidad de elegir, y a sus respectivas familias que me adoptaron como un miembro más: Griselda Vázquez, Marcela Reyes, Ana Berenice Moran, Ericka de la Fuente y Gabriela Hernández, con las que he pasado risas, llantos, tristezas, enojos, pero siempre unidos, tal vez nos veamos muy poco ahora, pero su esencia siempre va conmigo. Gracias por permitirme crecer a su lado y demostrarme el verdadero significado de la amistad.

A Dora Cano por su apoyo académico y sus sabías palabras, una de las personas que más me ha motivado a seguir por este sendero académico. Christian Hernández, por su calidez, su sinceridad y su buena amistad, ¡gracias por estar siempre ahí para mí, hermano! Mónica Ramírez, por transmitirme su fortaleza y sus conocimientos en biología molecular, haciendo mi estancia por la Facultad de Ciencias, mucho más divertida. Además de enseñarme, que siempre se puede salir adelante, pase lo que pase, a jamás perder el ritmo, en esta fiesta que se llama vida.

A Sinhue González, por su paciencia y apoyo en todo momento. A los hermanos Olguín, Dann y mamá Naye, gracias por tanto cariño, palabras de aliento, pero sobre todo, por su noble y sincera amistad. Son los mejores amigos que alguien podría tener.

A mis compañeros de lucha, Julio Orozco, Flor Morales y Alonso Bustamante, a ustedes que me animaron a seguir, y siempre creyeron en mí, sin dudarlo y con firmeza, gracias por ser parte de ese gran equipo que formamos, en que cada sábado pusimos nuestra alma y dedicación, dando un granito de esperanza a los chicos que anhelan ingresar a la UNAM. Gracias por su fuerza “biológica” en este andar.

A Carlos Tovar, Fernando Casas y Alexis Severino, por haber depositado su confianza en mí y seguir luchando por un futuro mejor, sin rendirse, a pesar de las adversidades. De ser su profesor o tutor, pasamos a formar una amistad y me resta decirles ¡gracias por animarme a seguir!

A mis amiguitas Biólogas, a mis colegas, Daniela Garfías, Elisa Lagunes, Nayeli Muñoz, Luz Arias, Yerugami Ortíz, Mariana Hernández, Enia Camarillo y María Toral, por hacer de las aulas un aprendizaje, no sólo académico, sino una forma de vida. Gracias por todos aquellos momentos amenos en la Facultad y en las salidas a campo, que siempre se disfrutaron a su lado. Gracias por creer en mí. Sin lugar a dudas, de las mejores biólogas que puede dar Zaragoza.

A Víctor Sergio Serrano, por aquellos grandes momentos vividos en la Facultad de Química, por las palabras, los consejos y los jalones de oreja, pero sobre todo, por la enorme confianza que depositaste en mí. Pese a estar distanciados, mi amistad y apreció por ti, siguen ahí. Te extraño amigo.

Y cierro contigo, próximo Ingeniero en Minas y Metalurgia, Brando Daniel Maldonado, por el apoyo personal, el cariño, el tiempo y aquellos grandes momentos que hemos podido compartir, que aunque son momentáneos, siempre quedarán grabados en mi memoria. Agradezco de corazón, tu aparición en este transitar por el Universo.

INTRODUCCIÓN

México se ubica en el cuarto lugar, de un grupo de 17 países que conjuntamente albergan cerca de 70% de las especies conocidas, por tal razón, es considerado un país megadiverso, que viene dado por su elevado número de especies, su riqueza de endemismos, de ecosistemas y de gran variabilidad genética, que han sido resultado de la evolución o diversificación natural y cultural del territorio nacional (Espinosa y Ocegueda, 2008).

La gran diversidad biológica de México se expresa como un complejo mosaico de distribución de especies y ecosistemas, y esto tiene que ver inicialmente con la forma de embudo del territorio mexicano, ancho en el norte y estrecho en el sur, los sistemas montañosos (Sierras Madre) que convergen hacia el sur y sureste de México, la acción de los vientos alisios y la oscilación estacional del cinturón subtropical de alta presión, que contribuyen a un patrón climático tan diverso que, al aplicar cualquier sistema de clasificación, todos los climas quedan representados en el país: desde muy secos en el norte, hasta subhúmedos y muy húmedos al sur (Espinosa y Ocegueda, 2008; Lara-Lara et al., 2008).

Estas condiciones hicieron posible que las culturas prehispánicas domesticaran gran número de especies, como lo son el maíz, el jitomate, el amaranto, la vainilla, la calabaza, el algodón, gran variedad de chiles, diversas especies y variedades de nopales y frijoles, así como el cacao, a la vez que usaron cerca de 2,000 especies más, tanto silvestres como cultivadas, con fines alimenticios, terapéuticos, textiles y de construcción (Espinosa y Ocegueda, 2008).

Pero dentro de estas especies, encontramos a otros grupos vegetales, como lo son las algas, que fueron empleadas por algunas etnias mexicanas como la Náhuatl y

la Maya principalmente, como fuentes de alimento, fertilizantes, medicinas, control de plagas y fitopatología (Godínez et al., 2001).

Se estima que existen 72,500 especies descritas en el mundo (De Clerk et al., 2013), para el caso de México, Pedroche y Sentíes (2003) señalan 4,000 especies de algas marinas, mientras que Novelo y Tavera (2011) reportan 3,526 especies dulceacuícolas. Si sumamos las algas marinas y las continentales, nos encontraríamos con un total de 7,526 especies conocidas en el país.

Si partimos del número total de especies algales descritas en el mundo, el registro mexicano es incipiente, y si a esto, adicionamos que la mayoría de los estudios realizados en México, han sido listados florísticos y estudios relacionados con morfología, taxonomía y ecología (Pedroche et al., 1993; Ortega y Godínez, 1994; Pedroche y Sentíes, 2003; Novelo y Tavera, 2011), se hace evidente que el nivel de estudios relacionados con uso y/o aplicación son escasos, esto conduce a señalar que nos encontramos con un desconocimiento enorme, respecto a las potencialidades y posibles aplicaciones de las algas mexicanas.

En México, existen dos trabajos que nos dan un panorama sobre los usos y/o aplicaciones que tienen las algas en el país: *Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México*, elaborado por Guzmán Del Prío et al. (1986) y *Traditional knowledge of Mexican continental algae* (Conocimiento tradicional de las algas continentales mexicanas) de Godínez et al. (2001). En el primer trabajo, se señalan las especies marinas explotadas en el país, indicando sus áreas de cosecha, su uso industrial y su biología. Mientras que, en el segundo trabajo, se reúne información relacionada con el conocimiento tradicional de las especies continentales desde 1571, hasta 1996.

El presente trabajo, es el primer catálogo que recopila información sobre los usos tradicionales y/o aplicaciones de las algas marinas y continentales en México, que incorpora nombres comunes, sinónimos, distribución geográfica, información sobre el conocimiento tradicional y/o aplicativo, a través de la revisión de 52 publicaciones originales, que incluyen especies algales mexicanas, desde 1985 en el caso de algas marinas, y de 1571, para algas continentales. En la presente tesis se resuelven problemas de citación, ortográficos y geográficos; los nombres científicos fueron actualizados bajo esquemas filogenéticos recientes. Se procesaron 549 registros, cuya riqueza taxonómica integró 179 taxa, repartidos en 92 géneros, 44 familias, 29 órdenes, 12 clases y 6 phyla, que fueron ordenados bajo los esquemas filogenéticos de Round et al. (1990), John et al. (2002), Hoffmann et al. (2005), Graham et al. (2009) y Wynne (2011). Estos registros provienen de diversas áreas del conocimiento científico, principalmente enfocados a los estudios de sustancias activas, y en menor proporción, trabajos de fisiología, bioquímica, ecología, alimentación y uso tradicional.

El catálogo muestra un panorama general sobre los usos y/o aplicaciones conocidas de las algas mexicanas, en la industria alimenticia, en el área médica y la fitoquímica, los biocombustibles, la biorremediación y el biomonitoreo, y algunos otros usos, esto con la finalidad de dar una mayor comprensión y visión de la importancia de las algas en la vida del hombre.

Además, se incluye un listado de nombres vernáculos que hacen alusión a especies algales sin algún uso y/o aplicación conocida, un mapa que muestra los usos y aplicaciones de las especies en la República Mexicana y una serie de cuadros y figuras, que permiten observar los principales estudios realizados en las algas en el país y su incremento en el período comprendido entre 1985 y 2014.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente trabajo es proporcionar una obra que reúna y actualice la información taxonómica, nomenclatural, geográfica y de usos y/o aplicaciones de las algas mexicanas, con el propósito de que sirva como un referente sobre la distribución de especies con importancia económica y biotecnológica en el país.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Inventariar y analizar los usos y/o aplicaciones de las especies algales de México.
2. Contribuir con un listado actualizado de los principales usos potenciales de las algas en el país, incluyendo su distribución geográfica y hábitat.
3. Obtener registros sobre especies algales mexicanas con potencial biotecnológico.
4. Realizar recomendaciones respecto a algunas especies que puedan tener algún uso o potencial biotecnológico.

GENERALIDADES DE LAS ALGAS

El término “alga” es un concepto artificial que vincula a organismos tan diversos y diferentes que no provienen de un ancestro común, es decir, no forman un grupo monofilético. Dentro de este concepto, se incluye a todos los organismos que cumplen ciertas características: ser fotosintéticos, generar oxígeno y estar estrechamente relacionados con los ambientes acuáticos dulceacuícolas o marinos (González-González, 1994; Arenas, 2009; Graham et al., 2009). Sin embargo existen excepciones, ya que se han encontrado especies que se encuentran en el suelo y las rocas, hasta especies subaéreas. Así como también, especies que pueden llegar a ser heterótrofas, a pesar de contar con un sistema fotosintético. El oxígeno generado por la fotosíntesis de las algas verde azules (Cyanobacteria), y posteriormente, por las algas eucariotas, es el que formó la atmósfera actual. Actualmente, las algas realizan cerca del 50% de la fotosíntesis del planeta, además de intervenir activamente en el proceso de fijación de bióxido de carbono en el planeta y de ser parte fundamental en la base de las cadenas tróficas, por ser organismos autótrofos y productores primarios (Ortega et al., 1989; Van den Hoek et al., 1995; Robledo, 1997; Hallmann, 2007; Lee, 2008; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Graham et al., 2009; Bonilla et al., 2013; Medina et al., 2012).

El nivel de organización celular puede ser entendido como el grado de complejidad morfológica y fisiológica de un organismo (Carmona et al., 2004), en el caso de las algas, presentan una amplia diversidad de formas y tamaños, ya que existen organismos que pueden llegar a medir desde un micrómetro (*Ostreococcus tauri*), hasta alcanzar tallas entre 80 y 90 metros de longitud (*Macrocystis pyrifera*). Entre este amplio rango de tallas, encontramos una variedad de formas de organización, que van desde unicélulas, cenobios, colonias y filamentos, hasta llegar a

formar talos multicelulares, que pueden ser laminares, parenquimatosos y pseudoparenquimatosos, principalmente (Carmona et al., 2004; Hallmann, 2007; Lee, 2008; Graham et al., 2009).

Las interacciones ecológicas que presentan las algas son amplias, que van desde su estado en vida libre, o asociaciones con otros organismos: interacciones epizóicas, por ejemplo la rodofita *Polysiphonia caretta* que crece sobre la tortuga boba *Caretta caretta*; epifitas como es el caso de la diatomea *Striatella unipunctata* creciendo en la feofita *Dictyota cervicornis*; interacciones mutualistas o simbiotes como la asociación entre el gusano *Convoluta roscoffensis* y la clorofita *Platymonas*; parásitas como la clorofita *Cephaleuros virescens* sobre el árbol del caucho, *Hevea brasiliensis* (Ortega et al., 1994; Robledo, 1997; Margulis, 2002; Graham et al., 2009; Ramírez-Rodríguez et al., 2011; Pitaloka et al., 2015). Además de que en las regiones costeras, las macroalgas son un componente ecológico vital para el desarrollo de grandes comunidades de invertebrados, al servirles de refugio y de alimento, e igualmente fungir como estabilizadores y retenedores del sedimento (Robledo, 1997).

Los ambientes que llegan a habitar están relacionados principalmente al agua, por tanto, habitan ecosistemas acuáticos y marinos, sin embargo, pueden llegar a colonizar ambientes subáereos y ambientes que están influenciados por condiciones abióticas extremas, como lo es la temperatura (e.g. rocas en el desierto o lugares cubiertos por la nieve), la salinidad y el pH.

CLASIFICACIÓN

El término “alga” es un concepto artificial que vincula a organismos tan diversos y diferentes que provienen de diferentes ancestros, esto lo convierte en un grupo de origen polifilético (González-González, 1994).

Los sistemas de clasificación que han sido propuestos, están basados en ciertos criterios, como por ejemplo, el uso de caracteres morfológicos, pigmentarios, ultraestructurales, bioquímicos y de índole ecológico principalmente. Hoy en día, se han empezado a emplear herramientas de biología molecular y genética, para intentar definir las relaciones existentes entre los grupos algales, el uso de dichas herramientas ha generado el reacomodo de muchos de ellos, cuyos ajustes se han considerado acertados y más cercanos para definir las relaciones evolutivas entre los taxa. Sin embargo, ocurre muchas veces que al darles mayor peso a los caracteres génicos, no se ha tomado en consideración, los esquemas taxonómicos tradicionales. Muchos de estos nuevos sistemas, se basan en secuencias sobre filogenias de uno o algunos genes, pero mientras no se tenga la secuencia completa y las secuencias funcionales de cada especie o grupo, no se podrá asegurar que las filogenias esten completas. Por ejemplo, para el caso de grandes grupos se utiliza *rbcL*, *rbcS*, *rbcX* y una serie de genes, que no necesariamente son resolutivos para todos los grupos. Es fundamental el uso de criterios polifásicos para delinear de una manera más clara, las relaciones evolutivas del grupo (Novelo, com. pers.).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Los organismos autótrofos nos permiten observar e inferir cambios o perturbaciones en el ambiente, ya que son organismos que son sensibles y perceptivos a estas modificaciones, además de ser el eslabón primario en las cadenas tróficas.

Todos los ecosistemas dependen para su funcionamiento, de entradas y transformaciones de energía, generalmente siendo la luz una de estas fuentes, ya que permite que las plantas, algas y cianobacterias la empleen para sintetizar compuestos orgánicos a partir de nutrientes de origen inorgánico. Por tanto, la producción primaria,

es un paso clave del que depende el presupuesto energético de toda la comunidad biológica, así que esto hace esencial el monitoreo continuo de las especies para saber qué condiciones están presentes en los ecosistemas. En el caso concreto de los sistemas acuáticos y marinos, su presencia o incluso el aumento de estos organismos, nos permite inferir el estado y la calidad del cuerpo de agua (Bonilla, 2009).

Los florecimientos masivos de algas, generalmente asociados con una especie en particular, se relacionan con la eutrofización, a ésta se le define como el aumento de la materia orgánica en un ecosistema, relacionado con el enriquecimiento de la carga de nutrientes y con el aumento de la producción primaria en el sistema. Este es un proceso lento, que puede ser natural en la historia geológica de un cuerpo de agua o, estar relacionado con un evento antropogénico, algunos de sus efectos son la anoxia, la producción de compuestos tóxicos por algas y, evidentemente, la reducción de cualquier uso del cuerpo de agua (Palmer, 1962; Garduño et al., 2005; Peña et al., 2005; Bonilla, 2009; Bonilla et al., 2013; Robledo y Freile-Pelegrín, 2014).

Su importancia ecológica radica en que con células relativamente simples se realiza la fotosíntesis y cumplen papeles fundamentales en la biosfera: la producción de oxígeno, la captación de anhídrido carbónico y la introducción de nitrógeno atmosférico al agua y al suelo.

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Se considera que las algas han generado una amplia gama de compuestos químicos, como respuesta a diversos factores que enfrentan durante su ciclo de vida. Por ejemplo, para el caso de las algas marinas, crecer en un hábitat complejo con condiciones ambientales y climáticas adversas como resistir la alta salinidad e irradiación solar, la fuerza del oleaje, el efecto de la inmersión y emersión, los

predadores y las heridas generadas por algunos microorganismos. Se considera que por varias de las razones enlistadas anteriormente, las algas generan mecanismos de defensa como los antioxidantes y las enzimas antiradicales; también la producción de mucilagos, fibras elásticas y polisacáridos estructurales para protegerse de la luz UV o la fuerza del oleaje, además de generar sustancias tóxicas o desagradables para evitar ser el alimento de otras especies (Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992; Castellotti, 2008; Arenas, 2009; Graham et al., 2009).

Estas propiedades han generado que el hombre desde la antigüedad, las haya empleado en la alimentación humana y animal, en la agricultura y en la medicina principalmente, pero con el paso del tiempo, se han realizado estudios que han ampliado sus aplicaciones a la industria farmacológica, cosmética, alimentaria e incluso, su implementación en nuevas tecnologías para la producción de energías limpias y la remediación de la contaminación ambiental (Zajic, 1970; Álvarez-Cobelas y Gallardo, 1989; Radmer y Parker, 1994; Hallmann, 2007; Castellotti, 2008; Garibay et al., 2009; Fernández-Linares et al., 2012; García-Amador, 2014).

Ficocoloides. En décadas pasadas, extensas investigaciones han tenido lugar en el campo de los polisacáridos algales, ya que las algas marinas son las mayores productoras de polisacáridos mucilaginosos en la naturaleza. Entre los más importantes esta el ácido algínico, la laminarina, los fucoidanos, los galactanos, el agar, la carragenina, los xilanos y los mananos. Los polisacáridos extraídos de algas oscilan entre 10 y el 65% de su peso seco, dependiendo del género y las condiciones de crecimiento, además de que los factores ambientales son los que activan y controlan la síntesis del polímero (Chapman, 1970; Zajic, 1970; Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992).

Se estima que la cantidad de algas transformadas en todo el mundo es del orden de 7 billones de toneladas de peso fresco, siendo los países asiáticos los productores de casi el 80% de las materias primas. Se calcula que la demanda de algas y sus derivados, crece aproximadamente un 10% por año. India por ejemplo, produce a nivel mundial, el 40% de la industria de ficocoloides, mientras que España, es el segundo productor mundial de agar. Se estima que la cosecha de mantos de macroalgas tiene un valor estimado en \$3 mil millones de dólares y que representan un volumen de 40,000 toneladas de algas por año (Robledo, 1997; Castellotti, 2008).

A nivel industrial se emplean el agar y los carragenanos, que se extraen de las algas rojas, y los alginatos de las algas pardas. Por ejemplo se extrae agar de *Gracilaria* y *Gelidium*, mientras que de *Gigartina* y *Chondrus*, los carragenanos. De *Laminaria* y *Sargassum* se extraen los alginatos (Guzmán del Prío et al., 1986; Robledo, 1997; Castellotti, 2008).

El agar es conocido como “kanten” en Japón. Se usa comúnmente como medio de cultivo microbiológico, pero también se emplea en la industria alimentaria como ingrediente de conservadores de carne y pescado, para la elaboración de gomitas, como espesante de mermeladas y jaleas, como agente clarificante de vinos, licores y cerveza; mientras que de los alginatos y carragenanos, se hacen helados, ketchup, lácteos, carnes procesadas, recubrimiento de embutidos (e.g. jamón cocido). Así mismo, constituyen los aditivos E 401, E 402, E 403, E 404 (con base en alginatos), E406 (con base en agar), E 407 (con base en carragenanos) (Chapman, 1970; Zajic, 1970; Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992; Hallmann, 2007; Castellotti, 2008).

Industria alimentaria. Probablemente el primer uso de las algas fue la alimentación humana. En Asia, principalmente en Japón y China, las algas marinas

bentónicas componen una parte importante de la dieta. Uno de los registros más antiguos relacionado con su consumo se encuentra en la Ley de Taibo (701 a.C.), dónde se señala el uso de algas marinas tales como *Laminaria*, *Undaria*, *Porphyra* y *Gelidium*, que se encontraban entre los productos marinos que eran pagados a la corte del emperador japonés como impuesto. Además, de acuerdo con el más antiguo de los diccionarios del Japón, editado por orden del emperador Daigo (897-930), 21 especies de algas marinas, incluyendo verdes, pardas y rojas, fueron ya usadas como alimento por el pueblo, incluso, fueron descritas las recetas culinarias. Restos de algas, tales como *Eisenia* y *Sargassum*, se han encontrado a menudo mezclados con conchas y esqueletos de peces en reliquias de aborígenes de hace 300-400 años (aC). En la actualidad en el lejano asiático oriental, el uso de las algas marinas ha persistido en las zonas costeras, el cultivo y colecta se ha abocado a tres algas principalmente: nori (*Porphyra*), kombu (*Laminaria*) y wakame (*Undaria*). El nori, es una de las algas más conocidas a nivel internacional, por ser un ingrediente del sushi y de otros alimentos orientales, su cosecha esta valorada en 1,000 millones de dólares lo que hace de su pesquería, la más rentable del mundo (McConnaughey, 1985; Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992; Robledo, 1997).

En Europa, los antiguos griegos y romanos, aplicaban algas marinas para tratar y curar diversas enfermedades como afecciones del hígado, gota, heridas, quemaduras y sarpullidos. Además, algunas algas pardas “kelp” eran recogidas y hervidas, para la obtención de su ceniza, que era rica en sosa y potasa. Una de las referencias más antigua del consumo de algas en Europa, se concreta con el alga marina *Palmaria* o “dulce” que data del año 960. Las algas consumidas principalmente en Europa, pertenecen a tres géneros: *Porphyra* o “laver” (alga roja), *Palmaria* o “dulce” (nombre

común en Irlanda) y *Chondrus* o “Irish moss” (musgo de Irlanda), esta última es muy empleada en Europa, además de ser usada en Norteamérica, que tras ser decolorada y secada, se cocina tradicionalmente con leche para hacer un “budín” sazonado con azúcar y limón (Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992; Arenas, 2009).

Por otra parte, *Palmaria palmata* fue recogida y consumida por los vikingos, y se ha consumido ampliamente en Irlanda, Escocia e Islandia; mientras que *Porphyra*, ha sido usada intensamente en las Islas Británicas y especialmente recomendada durante el siglo pasado para las tripulaciones de barcos balleneros. Actualmente, los mineros del Sur de Gales son los mayores consumidores de algas, alcanzando las 200 toneladas de peso seco al año (Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992; Arenas, 2009).

En Sudamérica, a diferencia de lo que ocurre en extensas regiones de Oriente, el consumo de algas se registra en muy pocos lugares, tales como el sur de Chile, ciertas regiones de Perú, Ecuador, Bolivia, México, Uruguay y el sur de Argentina (Arenas, 2009).

En México, los aztecas empleaban un conjunto de cianobacterias que recolectaban en el lago Texcoco, como complemento proteico y mineral. Cuando los españoles llegaron al continente americano, encontraron que los aztecas apreciaban el “tecuítlatl”, comerciaban con ella y la incorporaban a su dieta diaria, preparaban con ella un alimento combinado con maíz y otros granos nativos, denominado “chimolli”. El alga fue identificada como *Spirulina maxima*. Mientras que en el lago T Chad, África central, los nativos consumen *Spirulina platensis*, preparando un alimento denominado “dihe”, que representa actualmente una importante contribución para la economía del área del lago de T Chad (Arenas, 2009).

En general, observamos que el uso en la alimentación tradicional es amplio, y esto se debe a que su valor nutritivo es elevado, por su alto contenido de proteínas, vitaminas y sustancias esenciales en el crecimiento, como son los minerales, la fibra soluble y los ácidos grasos omega 3, principalmente, pero cabe destacar, que se presentan problemas de digestibilidad debido a su pared celular compuesta de celulosa, aunque, el tipo de deshidratación del alga, puede favorecer la digestibilidad (Álvarez-Cobelas y Gallardo, 1989; Radmer and Parker, 1994; Hallmann, 2007; Castellotti, 2008).

Se ha planteado el uso de las algas como una posible alternativa para enfrentar la desnutrición, algunos estudios realizados con *Scenedesmus*, han probado que niños que le ingieren a razón de 11 g diarios en la dieta, han obtenido una ganancia neta de 28 g de peso diario, sin ningún tipo de rechazo corporal. Así mismo, la Organización de las Naciones Unidas ha señalado a la *Spirulina*, como el alimento del milenio, por ser la fuente de alimentación más completa del mundo (Álvarez-Cobelas y Gallardo, 1989; Arenas, 2009).

En la alimentación animal, las algas microscópicas se han usado abundantemente. En particular, en la alimentación de los primeros estadios de consumidores primarios en acuicultura (rotíferos, moluscos, crustáceos), entre las que destacan: *Phaeodactylum*, *Isochrysis*, *Tetraselmis*, *Nannochloris*, *Chaetoceros*, *Pavlova*, *Skeletonema* y *Thalassiosira* (De Pauw, 1981; Ilana, 2008; Graham et al., 2009).

Otra microalga con amplios usos a nivel mundial es *Chlorella*, que es producida masivamente en Taiwan y Japón, por industrias privadas para la obtención de un factor de crecimiento que favorece a las bacterias del ácido láctico, dicho factor viene dado

por un conjunto de sustancias presentes en las células, y se usa básicamente, en la industria alimentaria (Soong, 1980).

La industria alimentaria recurre a los filtros elaborados a base de tierra de diatomeas. Por ejemplo, para obtener un grado específico de claridad y retrasar el proceso natural de turbidez en la fabricación de cerveza. También se usan para procesar vinos, mostos, zumos de frutas, aceites comestibles, agua, licores y productos farmacéuticos (Ilana, 2008).

En cuanto a la normatividad del consumo de las algas, Francia es el primer país Europeo en establecer una regulación específica de las algas marinas aptas para el consumo humano, se enlistan 13 macroalgas autorizadas como vegetales y condimento, seis son pardas, cinco rojas y dos verdes (Warrand, 2006).

Medicina y fitoquímica. Desde la antigüedad, se han usado las algas con usos terapéuticos en diferentes culturas, ya que se consideraba que ejercían un efecto curativo sobre enfermedades como la artritis, la tuberculosis, los gusanos intestinales, los resfriados y gripes, entre otras. La reseña más antigua sobre el uso médico de algas, se remonta al año 2700 a.C. y procede de la materia médica China de Shen-nung. Hoy en día, se ha investigado al respecto y se sabe que varias especies algales poseen compuestos potenciales con actividad antiviral, antifúngica, antibactericida, anticancerígena, antitumoral, antioxidante y anticoagulante, además de estimular el crecimiento y el sistema inmune (Chapman, 1970; Álvarez-Cobelas y Gallardo, 1989; Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992; Xiaojun et al., 1999; Castellotti, 2008; Arenas, 2009; Ríos et al., 2009; Mhadhebi et al., 2011).

Se considera que los alginatos pueden bajar los niveles de colesterol y de glucosa en el torrente sanguíneo, así como también, la capacidad de absorber

elementos mutagénicos, estimular el sistema inmune y ser buenos probióticos; además de que el ácido algínico y sus sales de sodio y magnesio, son ingredientes corrientes en numerosas preparaciones comerciales de antiácidos. Mientras que los fucoidanos (polisacáridos azufrados de algas pardas), actúan sobre ciertos tipos celulares cancerígenos, dirigiéndolos a la apoptosis (muerte celular programada), además de generar efectos anticoagulantes (Nishino et al., 1991; Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Warrand, 2006; Castellotti, 2008).

Una novedosa aplicación de las algas en la medicina, es usar los frústulos de diatomeas magnetizados, para introducir sustancias en el organismo, tales como medicamentos, vacunas o isótopos radioactivos, dirigidos a tejidos cancerosos (Ilana, 2008). Mientras que con cianobacterias, se reporta que *Scytonema* sp. muestra actividad en la inducción de apoptosis en células leucémicas; y con el extracto de ficocianina de *Spirulina platensis*, se induce la apoptosis en células cancerosas murinas AK-5 (Stevenson et al., 2002; Pardhasaradhi et al., 2003). Además de que algunas macroalgas, como *Sargassum binderi*, *Amphiroa* sp., *Turbinaria conoides* y *Halimeda macroloba* del golfo de Tailandia, muestran actividad antioxidante (Boonchum et al., 2011).

Se ha reportado una alta actividad antibiótica por parte de *Bryothamnion triquetrum*, *Acanthophora* sp. y *Caulerpa mexicana*, frente a *Pseudomonas aeruginosa*; mientras extractos de *Gelidium* sp., *Ulva* spp, y *Acanthophora* sp. muestran actividad contra la bacteria *Klebsiella pneumoniae*. Frente a *Staphylococcus aureus*, el género *Sargassum* sp. ha mostrado una amplia actividad antibiótica (Ríos et al., 2009). *Sargassum wightii* y *Turbinaria ornata* de India, presentan una amplia actividad antibiótica frente a *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*,

Enterococcus faecalis, *K. pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella flexneri* y *S. aureus* (Vijayabaskar y Shiyamala, 2011).

Se reporta actividad antiviral por parte de *Chaetomorpha linum*, *Centroceras clavulatum*, *Laurencia obtusa* y *Cystoseira crinita*, particularmente frente al virus del mosaico del tabaco (Caccamese et al., 1981).

Otras algas como *Monostroma nitidum*, *Porphyra tenera*, *Ecklonia cava*, *Eisenia bicyclis*, *Hizikia fusiforme*, *Laminaria angustata*, *L. japonica* y *Undaria pinnatifida*, han mostrado considerable actividad antitumoral frente a la línea celular L-1210 (Yamamoto et al., 1982). Con respecto a los anticoagulantes, *Ecklonia kurome* posee una potente actividad (Nishino et al., 1991). Mientras que *Laminaria* sp., era y sigue siendo empleada hasta nuestros días para dilatar el cuello del útero y facilitar el parto (Muñoz-Crego y López-Cruz, 1992; Arenas, 2009).

Además de lo enlistado anteriormente, también se pueden obtener sustancias de elevado interés económico, por ejemplo de *Porphyridium*. Ésta puede producir sustancias como ácidos grasos (araquidónico y eicosapentanoico) y ficoeritrinas. Los primeros, son precursores en la síntesis de protanglandinas y de sustancias farmacológicas que se usan en el tratamiento de ataques cardíacos, mientras que, las ficoeritrinas, tienen aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética (Álvarez-Cobelas y Gallardo, 1989). De *Dunaliella salina* se obtiene el beta caroteno, que es un precursor de la vitamina A y además se emplea en la industria alimentaria como colorante (Moulton et al., 1987).

Biocombustibles. Recientemente, se ha comenzado a estudiar la fotoproducción de hidrógeno en cultivos de algas, en los cuales, el oxígeno se combina con algún agente químico, desactivando la deshidrogenasa y produciendo hidrógeno.

Este efecto se ha conseguido en *Spirulina*, *Anabaena*, *Scenedesmus* y *Chlamydomonas reinhardtii*. Otro gas que se ha obtenido es el metano, introduciendo la biomasa algal en un digestor anaerobio, permitiendo la reducción del carbono orgánico y la producción de metano. La digestión de *Sargassum muticum* origina 0.02-0.18 m³ (de metano) kg⁻¹ de biomasa volátil (peso seco, sin cenizas). Mientras que *Gracilaria tikvahiae* en digestión anaerobia produce 0.4 m³ Kg⁻¹ y en *Enteromorpha prolifera* 0.6 m³ Kg⁻¹, constituyendo en ambos casos un 57% de metano (Tomado de Álvarez-Cobelas et al., 1989; Garibay et al., 2009; Graham et al., 2009).

El uso de microalgas para la producción de biodisel ha surgido como una opción promisorio, debido a que presentan mayor eficiencia fotosintética y una asimilación óptima de CO₂ y otros nutrientes, con respecto a las plantas, ya que acumulan entre 20 y 80% de triglicéridos, los cuales no requieren tierras cultivables ni demandan mayor consumo de agua ya que pueden cultivarse en agua salobre (Garibay et al., 2009; Fernández-Linares et al., 2012).

Los lípidos comprendidos en las microalgas por lo general constituyen del 20 al 50% de su peso seco, sin embargo, se han reportado valores en un rango del 1 al 80% de contenido lipídico, incluso valores superiores: *Botryococcus braunii* (53-86%), *Chlorella emersonni* (63%), *C. minutissima* (57%), *C. vulgaris* (5.1-56%), *Chlorococcum oleofaciens* (44.3%), *Chroosomonas salina* (44%), *Chrysochromulina polylepsis* (47.6%), *Cyclotella* sp. (54%), *Dunaliella bardawil* (40%), *Euglena gracilis* (55%), *Hantzchia* sp. (61%), *Nannochloropsis salina* (40.8-72.2%), *Neochloris oleoabundans* (65%), *Nitzschia laevis* (69.1%), *Scenedesmus obliquus* (11-55%) y *Schizochytrium* sp. (50-77%) (Bachofen, 1982; Ben-Amotz et al., 1982; Garibay et al., 2009; Fernández-Linares et al., 2012).

El alto contenido de lípidos está asociado a la síntesis de triacilgliceroles (TAG), lípidos con alto porcentaje de ácidos grasos y ausencia de fosfato, que son ideales para la producción de biodisel por su baja sensibilidad a la oxidación. El principal problema de esta tecnología es que, económicamente aún no es tan viable por los costos de escalamiento de sistemas de producción; el mezclado, la recolección y la deshidratación de la biomasa se estima en \$370 dólares, lo cual no es competitivo con el costo del barril del petróleo (\$94.45 US) (Garibay et al., 2009; Fernández-Linares et al., 2012).

Biorremediación y biomonitorio. La biorremediación a través de microorganismos (bacterias, levaduras, hongos, algas y protozoarios) se basa en la utilización de su biomasa, que a través de procesos enzimáticos y metabólicos remueven (extraen), biodegradan y transforman los compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos, en productos menos tóxicos o inocuos con la finalidad de restaurar el medio ambiente de la perturbación natural o antropogénica. Los resultados dependerán del nivel de contaminación, tipo, duración de los contaminantes, temperatura, clima y del estado de agregación en que se encuentren las sustancias químicas. Este tipo de técnicas refuerzan los procesos biogeoquímicos naturales (Cañizares y Casas, 1991; Pellón et al., 2008; García-Amador, 2014).

En las aguas residuales de origen orgánico (urbanas, agrícolas y ganaderas) las sustancias nutritivas de carbono, nitrógeno y fosforo son muy abundantes, bien en forma orgánica o mineralizadas por las bacterias y convertidas en inorgánicas. Muchas algas pueden usar la materia orgánica como sustancia nutritiva, pero la materia inorgánica en las aguas residuales suele ser un componente importante. El enriquecimiento de las aguas se puede dar por aportes puntuales o difusos de

nutrientes y se le asocia históricamente con las prácticas agrícolas. Estos aportes llegan, por ejemplo, por escorrentía de suelos con fertilizantes, desechos orgánicos (basura) o aguas servidas (residuales). Algunas actividades, como la minería, remueven grandes áreas de suelo que contienen naturalmente nutrientes y por efecto de las lluvias el suelo es removido, lavado y arrastrado hacia lagos y ríos (Bonilla, 2009; Bonilla et al., 2013).

La biorremediación asistida con microalgas resulta particularmente atractiva, que debido a su capacidad fotosintética permite convertir la energía solar en biomasa algal, que incorpora nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, causantes de la eutroficación. Esta capacidad autotrófica les permite alcanzar grandes rendimientos de remoción con tan solo la energía solar adecuada y una fuente de carbono en forma de CO₂ o bicarbonatos. Los procesos que utilizan las microalgas y particularmente las cianobacterias están enfocados principalmente a la remoción de los nutrientes y los metales pesados presentes en las aguas residuales, no obstante, también son capaces de remover elementos radioactivos (Darnall et al., 1986; Cañizares y Casas, 1991; De-Bashan y Bashan, 2003; Krejci et al., 2011; Bashan et al., 2014; García Amador, 2014). Se reporta que a temperaturas por debajo de 10°C o por encima de 60°C, el proceso de captura de iones por parte de las microalgas comienza a disminuir considerablemente, mientras que el intervalo óptimo de temperatura para este tipo de procesos está entre 10 y 40°C. Por lo tanto las microalgas son capaces de concentrar y acumular grandes cantidades de metales pesados del medio ambiente, sin llegar a ocasionarles efectos tóxicos, de ahí su viabilidad como agentes descontaminantes del agua y suelo (Cañizares y Casas, 1991; Pellón et al., 2008).

Algunos ejemplos de algas sobre estos estudios son: *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Nannochloris* (Chlorophyta), *Fischerella*, *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Anabaena* y *Spirulina* (Cyanobacteria). En algunos estudios, se ha demostrado que *Chlorella vulgaris* adsorbe cobre, zinc, mercurio, plata y oro. También se ha estudiado la degradación de hidrocarburos por parte de *Phormidium* y *Oscillatoria*, donde algunos resultados señalan que en 7 días se degrada el petróleo entre un 25 y 34% de n-octadecano y ristano. Otras algas como *Anabaena cylindrica*, *Phormidium foveolarum*, *Oscillatoria* sp. y *Agmenellum quadruplicatum* han mostrado ser eficientes degradadores de diversos compuestos orgánicos, incluyendo derivados del petróleo y hidrocarburos poliaromáticos (Darnall et al., 1986; De-Bashan y Bashan, 2003; Tomado de García-Amador, 2014). *Closterium moniliferum* (Chlorophyta), un alga común en estanques de agua, tiende a formar cristales de estroncio, bario y sulfato en sus pequeñas vacuolas. Se considera que esta especie, podría ayudar a recuperar estroncio 90 disperso en océanos, lagos o ríos, después de accidentes nucleares (Krejci et al., 2011).

Los indicadores biológicos, han sido ampliamente utilizados para monitorear y caracterizar los efectos de la contaminación en el medio ambiente. Por sus características fisiológicas, las algas, son excelentes organismos bioindicadores. Algunas especies son muy sensibles a sustancias tóxicas como herbicidas y metales, mientras que otras, son altamente tolerantes a amplios rangos de variación en los elementos del agua (nutrientes) (Peña et al., 2005; Robledo y Freile-Pelegrín, 2014).

En este sentido, las diatomeas son buenos indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que responden rápidamente a los cambios que se producen en el medio, ya sean físicos, químicos o biológicos, y su empleo como indicadores

ecológicos de la calidad del agua está avalado por decenas de estudios en Europa (Ilana, 2008).

Otros usos. Las algas ofrecen infinidad de sustancias y metabolitos que son fuente de pigmentos naturales, vitaminas y ácidos grasos, como en el caso de *Dunaliella*, *Chlorella* y *Spirulina* (Robledo, 1997; Hallmann, 2007; Castellotti, 2008, Medina et al., 2012). También se usan como forraje y fertilizantes, como el caso de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum*. Las algas planctónicas no han sido excesivamente utilizadas en este sentido, pero resultan un fertilizante barato y de simple aplicación, ya que concentran en su interior nitrógeno y fósforo que pueden administrarse a los cultivos mediante el riego (Canales-López, 1998; Canales-López, 1999).

En ortopedia se ha empleado a *Corallina* sp. para realizar materiales capaces de reemplazar partes de huesos (Castellotti, 2008). La tierra de diatomeas, tiene una amplia variedad de usos, el más conocido es que actúa como absorbente y estabilizador; también gracias a su alta capacidad filtrante, se elaboran los mejores filtros de piscinas, capaces de retener partículas muy finas (de 3 a 5 micras) y de eliminar bacterias y otros microorganismos del agua; además su composición silíceo, permite usarla como abrasivo para pulir metales, además de emplearse como una puzolana natural (material rico en sílice, procedente de erupciones volcánicas y rocas sedimentarias) para fabricar el cemento Portland y ciertos materiales de construcción aislantes, tanto térmicos como acústicos. Incluso puede usarse para fabricar cierto tipo de pinturas antideslizantes e ignífugas (que protege frente al fuego), destinadas a señalar carreteras (Ilana, 2008).

A finales del siglo XIX, la tierra de diatomeas formaba parte de un tipo de pasta de dientes comercializada en Estados Unidos por Van Buskirk's Fragrant Sozodont; también se usa en cosmética, para la elaboración de cremas exfoliantes (Darphin Hydrorelax, Valmont, Boréa de Scrub Facial, Carita Force Mineral) ya que contienen finas partículas de diatomeas, que eliminan las células muertas y las impurezas de la piel. Mientras que en Argentina, se utiliza con éxito un producto compuesto de diatomeas, que a bajas dosis, permite eliminar piojos y liendres del pelo de los niños (Ilana, 2008). Es empleada también, como insecticida natural en productos que la contienen como componente principal, en un porcentaje que oscila entre 85% y 95%; el producto actúa mecánicamente y no por ingestión, ya que se deposita sobre la cubierta externa del insecto, rompe la capa gracias a su poder abrasivo, y le causa la muerte por deshidratación. Mientras que en medicina forense, se realiza la denominada prueba o test de las diatomeas, que es un procedimiento de laboratorio usado para detectar los casos de ahogamiento, ya que su presencia en ciertos órganos y en la médula ósea, orienta sobre la posible causa del fallecimiento. Además, de que una vez identificadas las diatomeas, es posible comprobar si coinciden o no con las especies presentes en el agua dónde fue hallado el cadáver. En el 90% de los casos, las muestras de las diatomeas coinciden y revelan el lugar donde se produjo el ahogamiento (Ilana, 2008).

METODOLOGÍA

En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica sobre los usos tradicionales y actuales de las algas en México, tomando como base, las publicaciones de Guzmán del Prío et al. (1986): *Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México* y el de Godínez et al. (2001): *Conocimiento tradicional de las algas mexicanas continentales*.

1.- **Recopilación bibliográfica.** Se reunieron el mayor número de referencias disponibles de artículos publicados del periodo 1985-2014, sin embargo, el trabajo no es exhaustivo, sino intenta dar a conocer las principales líneas de investigación que se han realizado con las algas mexicanas. El material publicado se obtuvo de forma digital y de bibliotecas nacionales; entre las principales revistas inspeccionadas se encuentran el Journal Applied Phycology, Hidrobiológica, Ciencias Marinas y Agrociencia. Las publicaciones reunidas sumaron 52 referencias originales. A cada una se le asignó un número de cita y con ellas se formó el acervo bibliográfico y ficológico de algas con usos y/o aplicaciones de México. La citación de las publicaciones se unificó de acuerdo con los criterios establecidos por la Revista Mexicana de Biodiversidad.

2.- **Captura de la información.** Con la finalidad de ordenar la información de la mejor manera, se muestra a continuación el formato de registro utilizado para capturar la información ficológica proveniente de la literatura:

- a) Número de cita.
- b) Información taxonómica: phylum, clase, familia, orden, género, especie y taxa infraespecíficos.
- c) Información geográfica: entidad federativa, municipio, localidades, latitud, longitud.
- d) Información de campo: fecha de colecta, colector, número de colecta, herbario y número de registro.
- e) Hábitat e interacciones: zonación, sustrato, epifitismo, epizoismo, planctónica, bentónica, continental o marina.
- f) Nombre vernáculo: nombres comunes con que se les conoce a las especies en alguna comunidad o entidad federativa.

g) Información sobre usos y/o aplicaciones: conocimiento tradicional, usos y/o potencialidad, formas de preparar, dosis, extracto químico o metabolito y comercialización.

h) Notas: principalmente incluye observaciones o especificaciones respecto a alguno de los rubros anteriores.

i) Referencia bibliográfica: autor y año.

3.- Integración del banco de datos. Se elaboró un banco de información con los registros revisados y capturados, a través del programa Microsoft Access, cuyo software permitió relacionar la información, generar consultas, editar informes y procesar textos. Además organiza y almacena una gran cantidad de información, que puede ser revisada de manera sencilla, en función de lo que se requiera consultar.

4.- Actualización de la nomenclatura. Se verificó y actualizó la nomenclatura mediante la consulta de Algaebase, esta es una base de datos global de especies de todos los grupos de algas, que incluye información de algas marinas, continentales y terrestres, en los aspectos biogeográficos, taxonómicos, ecológicos e incluso, respecto a algunos de los usos de éstas. La base se mantiene en constante edición, gracias a las actualizaciones periódicas realizadas por el Dr. Michael D. Guiry y sus colaboradores. Con la información ficológica proveniente de la base mencionada, se verificaron cada uno de los nombres incorporados en el banco de datos, con el propósito de localizar sinónimos y errores, ya sean de tipo ortográfico o de citación.

Se consideraron algunas propuestas taxonómicas para establecer un esquema filogenético entre las especies del banco de datos a nivel de clase, orden, familia y género. Para diatomeas se utilizó la propuesta de Round et al. (1990); la de John et al. (2002) para Chlorophyta; la de Hoffmann et al. (2005) para Cyanobacteria y la de

Wynne (2011) para Rhodophyta y Ochrophyta. Para el arreglo sistemático de los grandes grupos (phyla) se empleó el sistema propuesto por Graham et al. (2009).

5.- Recuperación y análisis de la información contenida en la base de datos.

Se realizó la recuperación de la información a través de los 7 rubros expuestos: taxonómica, geográfica, hábitat, nombres comunes, usos y aplicaciones, notas y referencias bibliográficas. Se reconoció la riqueza y la diversidad de las especies con conocimiento tradicional o con estudios de aplicación, a través de las publicaciones ficológicas, lo que permitió, inicialmente, analizar la información de las especies de manera taxonómica, así mismo, el número de estudios por estado, que permitieron observar la presencia de las especies en determinadas localidades. Además, se logró observar las principales líneas de interés en el país con respecto a las aplicaciones de las algas en diferentes rubros: farmacológicos, alimentarios, industriales y de biorremediación, principalmente.

Así mismo, se construyeron cuadros que permiten visualizar de forma integral los usos y/o aplicaciones de las algas a nivel de phylum; además de construir un gráfico, que nos permite observar el incremento de los trabajos relacionados en estos ámbitos en el país.

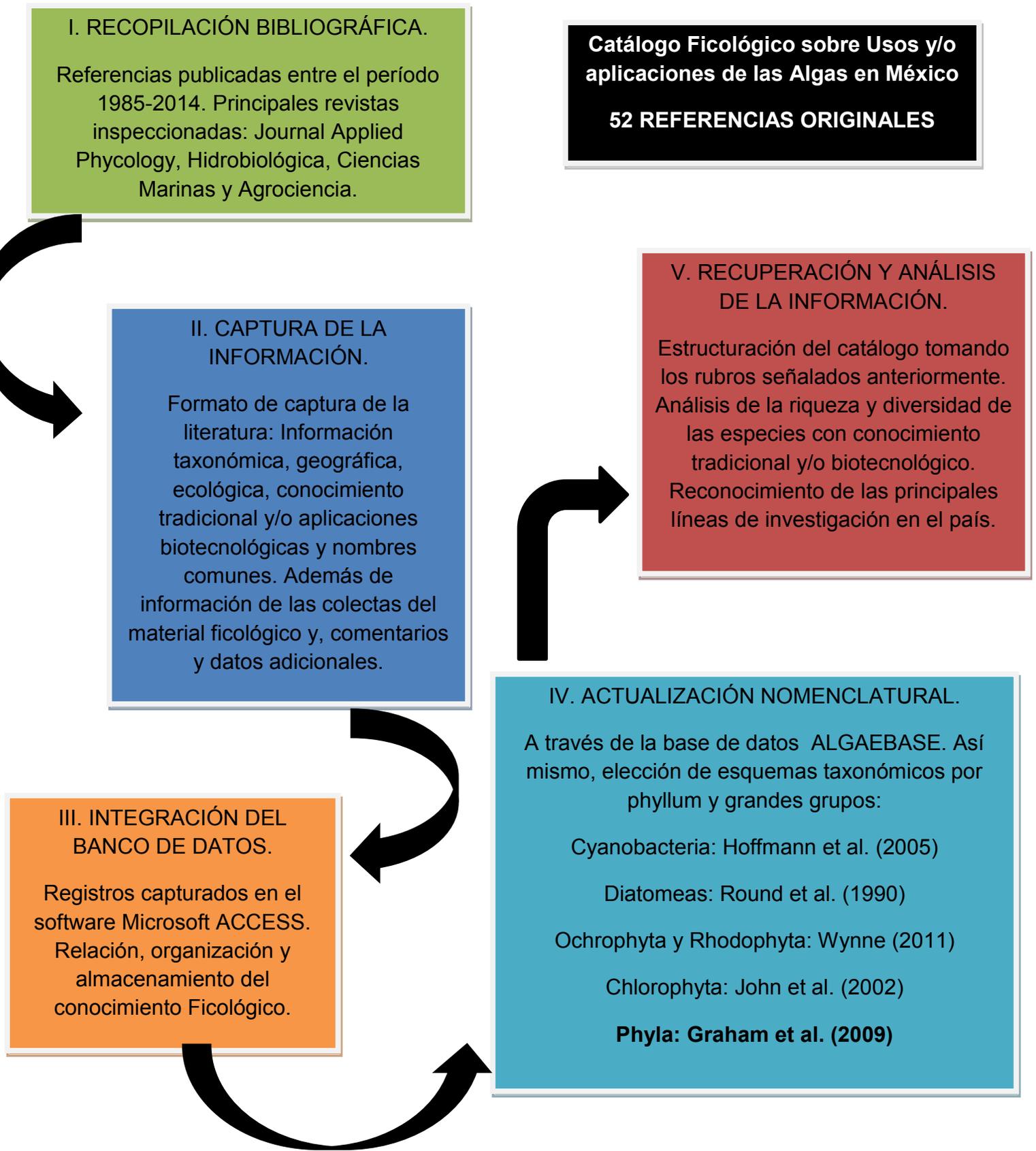


Figura 1. Diagrama de flujo de la Metodología.

FORMATO DEL CATÁLOGO

El catálogo está constituido básicamente por cinco secciones de información para cada taxa: información taxonómica (sólo en algunos casos se incluye los nombres comunes), información geográfica, hábitat, usos y/o aplicaciones, notas (incluye las formas de preparación y comercialización y la bibliografía correspondiente).

En la primera sección, se visualiza la información taxonómica que comprende el sistema filogenético a partir del phylum, clase, orden y familia. Los géneros y especies (e infraespecíficos) se presentan en orden alfabético. La entrada de cada nombre válido se presenta al centro y en negritas seguida de la autoridad. Debajo de este, se colocaron los sinónimos. A continuación y solo en algunos casos, se incluye los nombres comunes o vernáculos con los que se hace alusión a la especie o al género en diferentes localidades.

En la segunda sección, la información geográfica está organizada por la entidad federativa, el municipio, la localidad y sus coordenadas geográficas; además, si existiera, se incluye la información de herbario o de colecta. En esta sección, se pone la entidad federativa seguida de dos puntos (:); después el municipio abreviado (Mpio.), seguidos también de dos puntos (:); finalmente se anotaron las localidades exactas, seguidas de sus coordenadas geográficas. En algunos casos se corrigen los nombres de las localidades y se coloca entre paréntesis y comillas el nombre original.

En la tercera sección el hábitat es citado inicialmente según el tipo de ambiente al que pertenece, seguido del tipo de sustrato en el que se adhiere el alga y cerrando con alguna interacción biológica notable que se establezca con otras especies.

En la cuarta sección se incluyó la información relacionada con usos y/o aplicaciones, aquí el orden que se sigue es anotar el uso tradicional o biotecnológico,

seguido de la aplicación específica, por ejemplo: “actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*”. En algunos casos, se reporta la forma de preparar y su comercialización; en todos los casos, se anota la fuente correspondiente.

En la quinta sección se incluyeron las notas, esta con la finalidad de puntualizar, detallar o proporcionar algún dato relevante contenido dentro de alguno de los trabajos.

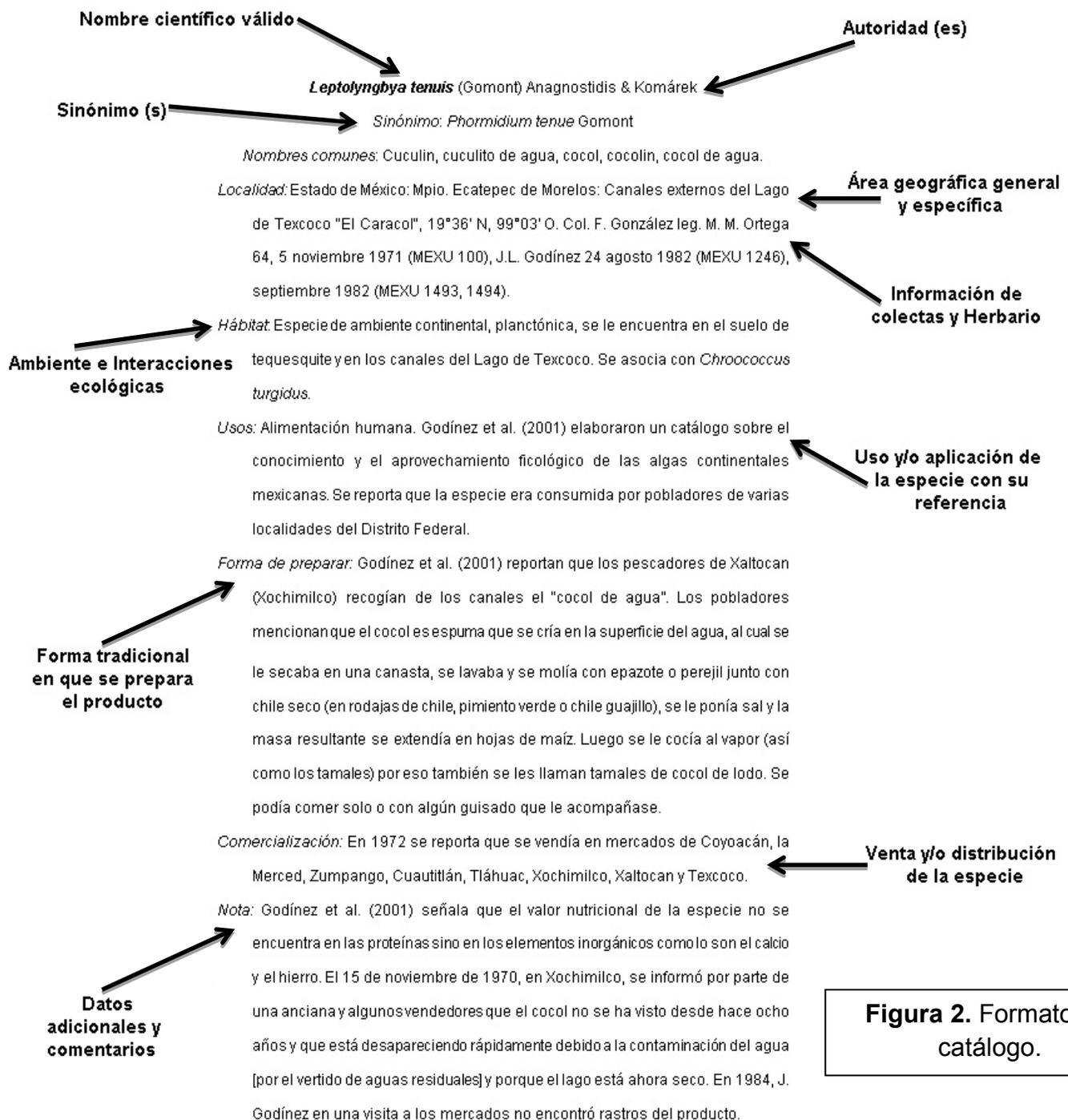


Figura 2. Formato del catálogo.

RESULTADOS

CATÁLOGO

CYANOBACTERIA

CYANOPHYCEAE

PSEUDANABAENALES

PSEUDANABAENACEAE

Leptolyngbya tenuis (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Sinónimo: Phormidium tenue Gomont

Nombres comunes: Cuculin, cuculito de agua,ocol,ocolin,ocol de agua.

Localidad: Estado de México: Mpio. Ecatepec de Morelos: Canales externos del Lago de Texcoco "El Caracol", 19° 36' N, 99° 03' O. Col. F. González leg. M. M. Ortega 64, 5 noviembre 1971 (MEXU 100), J.L. Godínez 24 agosto 1982 (MEXU 1246), septiembre 1982 (MEXU 1493, 1494).

Hábitat: Especie de ambiente continental, planctónica, se le encuentra en el suelo de tequesquite y en los canales del Lago de Texcoco. Se asocia con *Chroococcus turgidus*.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación humana. Godínez et al. (2001) elaboraron un catálogo sobre el conocimiento y el aprovechamiento ficológico de las algas continentales mexicanas. Se reporta que la especie era consumida por pobladores de varias localidades del Distrito Federal.

Forma de preparar: Godínez et al. (2001) reportan que los pescadores de Xaltocan (Xochimilco) recogían de los canales el "ocol de agua". Los pobladores mencionan que elocol es espuma que se cría en la superficie del agua, al cual se le secaba en una canasta, se lavaba y se molía con epazote o perejil junto con

chile seco (en rodajas de chile, pimiento verde o chile guajillo), se le ponía sal y la masa resultante se extendía en hojas de maíz. Luego se le cocía al vapor (así como los tamales) por eso también se les llaman tamales de cocol de lodo. Se podía comer solo o con algún guisado que le acompañase.

Comercialización: En 1972 se reporta que se vendía en mercados de Coyoacán, la Merced, Zumpango, Cuautitlán, Tláhuac, Xochimilco, Xaltocan y Texcoco.

Nota: Godínez et al. (2001) señalan que el valor nutricional de la especie no se encuentra en las proteínas sino en los elementos inorgánicos como lo son el calcio y el hierro. El 15 de noviembre de 1970, en Xochimilco, se informó por parte de una anciana y algunos vendedores que el cocol no se ha visto desde hace ocho años y que está desapareciendo rápidamente debido a la contaminación del agua [por el vertido de aguas residuales] y porque el lago está ahora seco. En 1984, J. Godínez realiza una visita a los mercados, donde no encontró rastros del producto.

OSCILLATORIALES

SPIRULINACEAE

Spirulina subsalsa Oersted ex Gomont

Localidad: Tamaulipas: Mpio. Tampico: Río Barberena, 22° 34' 0" N, 97° 52' 0" O.

Hábitat: Especie de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Se ha estudiado su actividad en la biorremediación del agua.

Hernández-Reyes et al. (2012) evaluaron la capacidad de remoción de nutrientes (amonio y ortofosfatos) residuales de tipo municipal e industrial. Además determinaron la capacidad de remoción en cultivos libres e inmovilizados en soportes de lufa (esponja vegetal) y polietileno. Se reporta que la especie mostró

una elevada remoción de ortofosfatos (79.6%) en el soporte de polietileno, más no en el de lufa (46.8%). Mientras que con el amonio los niveles de remoción fueron mínimos tanto en polietileno (22.2%) como en lufa (7.71%). Se concluye que la especie tiene una capacidad óptima de remoción de ortofosfatos y mínima de amonio en aguas residuales. Hernández-Reyes et al. (2012) señalan que la especie no tuvo una buena adherencia a ninguno de los soportes.

PHORMIDIACEAE

Arthrospira maxima Setchell & N.L. Gardner

Sinónimo: Spirulina maxima (Setchell & N.L. Gardner) Geitler

Nombre mal aplicado: Spirulina geitleri J. De Toni

Nombres comunes: Tecuítlatl, tecuitate, espirulina

Localidad: Estado de México: Mpio. Ecatepec de Morelos: Lago de Texcoco: Evaporador Solar "El Caracol", 19° 36' N, 99° 03' O; Lago Nabor Carrillo, 19° 28' 0" N, 98° 58' 11" O.

Hábitat: Especie de ambiente continental, planctónica.

Usos y/o aplicaciones: Empleada como suplemento en alimentación, tanto humana como animal. Godínez et al. (2001) señalan que existen más de 50 productos elaborados con *Spirulina* (entre tabletas, polvo y cápsulas principalmente). Se señala que la especie posee un alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Sacristán-De Alva et al. (2014) evaluaron la tasa de crecimiento, la capacidad de acumulación de lípidos para la obtención de biodisel y la capacidad de remoción de nutrientes en agua enriquecida con nutrientes y en aguas residuales. Se reporta que tiene una mayor capacidad de remoción en agua residual (hasta el 60% para fosfatos, nitratos y nitrógeno orgánico). En los cultivos

de aguas residuales con cribado, hubo una alta remoción de compuestos químicamente oxidables medidos como DQO (77%), lo que indica un crecimiento en condiciones heterotróficas; sin embargo, la especie tiene una baja capacidad de acumular lípidos.

Comercialización: Godínez et al. (2001) reportan que la especie fue reconocida desde 1967 por Sosa Texcoco que en colaboración con el Instituto Francés del Petróleo, estudiaron y cultivaron *Spirulina* por 20 años en el Caracol del Lago de Texcoco hasta la década de los 80"s. Se estima una producción de casi 1,000 toneladas por año.

Formas de preparar: Godínez et al. (2001) reportan que la especie se cría sobre agua de la laguna, algo que los habitantes denominan como "unos limos muy molidos, donde a cierto tiempo del año, dónde están más cuajadas, los toman los pobladores con unos redejoncillos de malla muy menuda, hasta que hinchan los acales o los barcos, ahí se acercan a la ribera y hacen sobre la tierra o la arena, unas tortitas que eran muy llanas, con su borde de dos o tres brazas de largo y poco menos de ancho, ahí los echan para secar; se quedan ahí hasta que se hace una torta de grosor de dos dedos y en pocos días se seca hasta quedar en ese grueso; aquella torta es cortada como ladrillos anchos, los pobladores lo comen mucho y se tiene una buena venta por los mercaderes de la tierra, ya que dicho platillo tenía un saborcillo a sal. El sabor con el que lo asocian, es del queso. Se señala que también lo extraen de lago, lo tienden en el suelo sobre ceniza, y después hacen unas tortas de ella y se las comen como tostadas.

Notas: Con lo que respecta a esta especie, existe una polémica relacionada con la determinación concreta de la especie, ya que varios autores consideran que

quizás se trate de *Spirulina maxima*. Sin embargo, se señala en el trabajo de Godínez et al. (2001) que Ehrenberg, fue el primer científico que descubrió que el tecuítlatl estaba compuesto de una variedad de especies algales, entre ellas Oscillatoriales y diatomeas, pero no identifica las especies. En la investigación de mercados que se realizó en 1972 por la Dra. Martha Ortega, no se encontró prueba del producto ni del nombre, pero si se obtuvieron datos sobre el cocolín de agua (*Phormidium tenue*). Las pruebas de este recurso solo se encuentran en las fuentes históricas (Códice Florentino).

NOSTOCALES

NOSTOCACEAE

Trichormus azollae (Strasburger) Komárek et Anagnostidis

Sinónimo: Anabaena azollae Strasburger

Nombres comunes: Chilacaxtli, chilacastle, chilacastle

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Tlahúac: Mixquic, 19°13' 30" N, 98°57' 51" O.

Michoacán: Mpio. Morelia: Morelia, 19° 46' 06" N, 101° 11' 22" O, Col. G. Arsene 3177, 4 octubre 1909 (MEXU 186276 y 185015).

Hábitat: Especie de ambiente continental, se le encuentra asociada con *Azolla filiculoides*.

Usos y/o aplicaciones: Se ha empleado como abono verde. Godínez et al. (2001) señalan que hay una confusión entre los términos "chilacastle" y "chichicastle". La confusión viene dada porque *Azolla* y *Lemna* con frecuencia crecen juntas y se entrelazan, pero seguramente chilacastle era usado como abono verde (*Azolla*) y chichicastle (*Lemna*) como alimento de patos.

Nota: Godínez et al. (2001) señalan que la referencia más antigua para chilacaxtli se encuentra en un ejemplar de herbario colectado por Arsene en 1909 e identificada como *A. caroliniana*, sinónimo de *A. filiculoides*. Guiry y Guiry (2015) señalan que *T. azollae* es un nombre dudoso que requiere mayores estudios.

Nostoc commune Vaucher ex Bornet & Flahault

Nombres comunes: Amoxtli, amoxtle, amomoxtli, gelatina de agua, salivazo de la Luna, undina

Localidad: Estado de México: Mpio. Zumpango: Lago de Zumpango, 19° 47' 25" N, 99° 07' 51" O. Sinaloa: 25° 00' 10" N, 107° 30' 10" O, Col. M. M. Ortega 65, 12 octubre 1970 (MEXU 86).

Hábitat: Especie de ambiente continental, planctónica.

Usos y/o aplicaciones: Empleada en alimentación humana por pobladores del Valle de México (Godínez et al., 2001).

Formas de preparar: Godínez et al. (2001) reportan que probablemente se preparaban unas tortas con la masa que se obtiene. Godínez cita a Sahagún (1567): "...después que está bien espeso, y grueso, cógenlo, tiéndanlo en el suelo sobre ceniza y después hacen unas tortas y tostadas de ello, y las comen".

Nota: Godínez et al. (2001) comentan que actualmente ya no es consumido por los pobladores de Zumpango ya que las condiciones del agua del lago cambiaron. Esta alga también es utilizada en Bolivia y Perú (Arenas, 2009). "Undina" proviene del término "undicola", que podría significar que vive en esas ondas de agua.

EUGLENOZOA

EUGLENOPHYCEAE

EUGLENALES

EUGLENACEAE

***Euglena* sp.**

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Iztapalapa: Efluente del reactor UASB que trata aguas residuales de la UAM Iztapalapa, 19°21' 30" N, 99°05' 35" O.

Hábitat: Género de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Biorremediación de agua. Hernández-Reyes et al. (2012) evaluaron la capacidad de remoción de nutrientes (amonio y ortofosfatos) residuales de tipo municipal e industrial. Además determinaron la capacidad de remoción en cultivos libres e inmovilizados en soportes de lufa y polietileno. Se reporta un cultivo mixto ya que el género se inoculó con otras especies: *Chlorella* sp., *Chlamydomonas* sp., *Scenedesmus* sp., *Pediastrum* sp. y *Fragilaria* sp. Los resultados obtenidos mostraron una mejor capacidad de alta remoción de nutrientes, mostrando una mejor capacidad en el soporte de lufa (amonio 99.9% y ortofosfatos 89.9%). Mientras que en el soporte de polietileno se obtuvo 70% de amonio y 70.8% de ortofosfatos. Se concluye que este conglomerado algal tiene una capacidad óptima de remoción de ortofosfatos y amonio de aguas residuales a elevadas concentraciones. Hernández-Reyes et al. (2012) reportan que al final del estudio en el cultivo mixto a bajas concentraciones de nutrientes, se encontraron solamente *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Chlamydomonas*, en una proporción 83.7% 14.3% y 1.9% respectivamente; mientras que en una concentración más elevada, se observan 16.8%, 3.9% y 79.3% respectivamente.

OCHROPHYTA

FRAGILARIOPHYCEAE

FRAGILARIALES

FRAGILARIACEAE

***Fragilaria* sp.**

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Iztapalapa: Efluente del reactor UASB que trata aguas residuales de la UAM Iztapalapa, 19° 21' 30" N, 99° 05' 35" O.

Hábitat: Género de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Biorremediación de agua (Hernández-Reyes et al., 2012). Véase

Euglena sp.

COSCONODISCOPHYCEAE

BACILLARIOPHYCEAE

FRAGILARIOPHYCEAE

Nombres comunes: Tierra de diatomeas, tizatli, tetizatli, tizatllali, tisar, tizate, tiza, tierra blanca, atizatli

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Mulegé: Cerro Colorado, 26° 43' 59" N, 111° 43' 58" O. Estado de México: Mpio. Ecatepec de Morelos: Lago de Texcoco, 19° 36' N, 99° 03' O; Mpio. Ixtlahuaca: entre los Valles de Toluca y de Lerma, 19° 34' 08" N, 99° 46' 01" O; Mpio. Sultepec: Cerro de Sultepec, 18° 52' 00" N, 99° 57' 00" O. Hidalgo: Mpio. Huautla: Rancho Cuautenáhuatl, 21° 01' 51" N, 98° 17' 06" O. Michoacan. Tlaxcala: Mpio. Tlaxcala: San Esteban Tizatlán, 19° 20' 9" N, 98° 13' 10" O.

Hábitat: Especies de ambiente continental. Se reporta que es materia fósil que proviene posiblemente de ambientes acuáticos antiguos.

Usos y/o aplicaciones: Medicinales e industriales y biorremediación de agua. Godínez et al. (2001) reportan que la diatomita se extrae de minas lacustres, denominada “tierra blanca” o “tierra de diatomeas”, se emplea en limpieza de joyería de oro y plata, además para pulir metales, madera, marfil, mármol, etc. También se utiliza en la fabricación de pasta de dientes y material absorbente como en filtros y barnices disueltos previamente. Se reporta su uso medicinal para sanar las úlceras de las partes sexuales, también alivia la rozaduras de los niños cuando es espolvoreado, y ayuda con los cólicos y el vómito. Es untado en los dedos para dar la tersura apropiada, para hilar más fácilmente el algodón. Así mismo, se emplea como tiza para pintar casas e iglesias. Por su parte, Cantoral-Uriza (2013) ha evaluado la capacidad de la tierra de diatomeas para remover Cd^{2+} en cuerpos de aguas continentales. Se reporta que la máxima adsorción del Cd^{2+} por la diatomita fue de $0.058 \text{ mmol g}^{-1}$ y esta se incrementó a $0.195 \text{ mmol g}^{-1}$ en diatomita alcalina pre-tratada con hidróxido de sodio, esto dió como resultado una eficiencia de remoción mayor al 96% (2.5 g L^{-1} de diatomita, pH 6). Además, se observó que la adsorción del Cd^{2+} en diatomita pre-tratada se incrementa cuando se eleva la temperatura del procedimiento.

Formas de preparar: Godínez et al. (2001) reportan que se amasa como barro y se hacen bolas pequeñas, se ponen cerca del fuego y adquiere poco a poco un color blanco (esto exclusivamente en el caso de las tizas). También se señala que la calidad del “tizatl” mejora cuando se lava y se quema repetidamente.

Comercialización: Se reporta que se vendía en los tianguis del Valle de México. En 1985, la industria mexicana produjo 45781 toneladas de diatomita, utilizado principalmente por los ingenios azucareros, fábricas de cerveza y en la industria

de la construcción; pero también cierta cantidad fue exportada (Godínez et. al., 2001).

Nota: Hay que señalar que "tierra blanca" que significa "tiza", es una palabra azteca ("tizatl") y es una mezcla de microorganismos fósiles, predominantemente compuesto por diatomeas, debido a sus cubiertas de sílice. En el trabajo de Godínez et al. (2001) se reporta la presencia predominante de las especies *Eunotia gibberula*, *Eunotia zebrina*, *Synedra capitata*, *Biblarium emarginatum* (*Tetracyclus emarginatus*) y *Ulnaria capitata*. Cantoral-Uriza (2013) menciona las siguientes especies: *Aulacoseira granulata*, *Cymbella cistula*, *Epithemia sorex*, *Rhopalodia gibba*, *Rhopalodia gibberula*, *Stephanodiscus* sp. y *Thalassiosira cuitzeonensis*.

PHAEOPHYCEAE

DICTYOTALES

DICTYOTACEAE

Canistrocarpus cervicornis (Kützing) De Paula & De Clerck

Sinónimo: *Dictyota cervicornis* Kützing

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, mayo 1996.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* y *Shigella sonnei*, y actividad ictiotóxica frente *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) señalan que la especie manifestó acción antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (10.5 mm)

y *S. pyogenes* (10.5 mm) tanto con extractos etanólicos como acetónicos. De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan que la especie muestra actividad antibiótica en época de secas, mostrando halos de inhibición en *S. sonnei* con extractos acetónicos (9.0 mm) y etanólicos (11 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que con extracto acuoso, se mostró actividad moderadamente tóxica, reflejando efectos etológicos como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período de tiempo.

***Dictyota bartayresiana* J.V. Lamouroux**

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, noviembre 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, propiedades anticoagulantes y aglutinantes y, actividad ictiotóxica frente *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan halos de inhibición en *S. aureus* con extractos etanólicos (10.5 mm) y acetónicos (12 mm). De Lara-Isassi et al. (1999a) señalan actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (8.6 mm) con extracto etanólico. De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos, etanólicos y acuosos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas.

***Dictyota caribaea* Hörnig & Schnetter**

Localidad: Quintana Roo. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' 33" N, 88° 53' 29" O, enero 2005 y mayo 2006.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica contra células de cáncer y actividad antileismanial frente a *Leishmania mexicana*. Freile-Pelegrín et al. (2008) evaluaron la actividad antileismanial de los extractos acuosos y orgánicos y reportan que la especie mostró una actividad alta con un LC₅₀ (concentración letal): 24.4 ug/mL con extractos orgánicos (diclorometano: metanol, 7:3). Moo-Puc et al. (2009) evaluaron la actividad citotóxica y antiproliferativa con ensayos colorimétricos de 3 (4,5-dimetiltiazol-2-il)-2, 5-bromuro de difeniltetrazolio (MTT) y sulforodamina B (SRB). Para la prueba de citotoxicidad, se hicieron pruebas sobre células tumorales, se indica que la especie mostró una alta actividad en la línea celular KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) (CC₅₀= 27.9 µg mL⁻¹) y una actividad media frente a la línea celular HeLa (células de adenocarcinoma humano de cérvix) (CC₅₀= 39.2 µg mL⁻¹).

***Dictyota ciliolata* Sonder ex Kützing**

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 46' 07" N, 86° 57' 14", O, invierno 2012.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica y antiproliferativa contra células tumorales y antiprotozoaria. Caamal-Fuentes et al. (2014) evaluaron la actividad citotóxica, antiproliferativa y antiprotozoaria de los fucanos y las fracciones orgánicas. Se reporta que la especie presenta una alta actividad de citotóxica frente a la línea

celular LNCaP (carcinoma de próstata) con extracto etanólico ($29.3 \mu\text{g mL}^{-1}$) y extracto hexánico ($24.3 \mu\text{g mL}^{-1}$); mientras que también con extracto hexánico se reporta actividad media en las líneas celulares Hep-G2 (carcinoma hepatocelular) ($48.4 \mu\text{g mL}^{-1}$) y MCF-7 (adenocarcinoma de mama) ($55.4 \mu\text{g mL}^{-1}$); y con extracto etanólico sobre las líneas celulares Hep-G2 ($50.3 \mu\text{g mL}^{-1}$) y MCF-7 ($40.0 \mu\text{g mL}^{-1}$). Con respecto a la actividad antiproliferativa, se reporta una actividad media en la línea celular LNCaP con extracto etanólico ($45.3 \mu\text{g mL}^{-1}$) y con extracto hexánico ($40.7 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Dictyota crenulata J. Agardh

Localidad: Nayarit: Mpio. Banderas: Punta Mita, $20^{\circ} 38' 58''$ N, $105^{\circ} 22' 56''$ O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona mesolitoral.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi et al. (1993) reportan la actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (6.0 mm) con extracto acetónico.

Dictyota dichotoma (Hudson) J.V. Lamouroux

Sinónimo: *Dictyota volubilis* Kützing

Localidad: Veracruz: Mpio. Tecolutla: Playa Paraíso, entre $19^{\circ} 34'$ - $19^{\circ} 42'$ N y $96^{\circ} 23'$ - $96^{\circ} 27'$ O, septiembre 1989, febrero 1990.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Shigella sonnei*. De Lara-Isassi y Ponce-Márquez (1991) reportan que la especie mostró actividad antibiótica en la época de lluvias (septiembre 1989) mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (17.3 mm) y *S. sonnei* (15.9 mm) con extractos alcohólicos.

Mientras que en la época de estiaje (febrero 1990), se reporta la actividad contra *S. aureus* (2.4 mm) y *S. sonnei* (2.2 mm) con extractos acetónicos.

Dictyota flabellata (F.S. Collins) Setchell & N.L. Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Punta Arena de la Ventana, entre 24° 02' - 24° 08' N y 109° 49' - 109° 53' O; San Juan de la Costa, 24° 21' 31" N, 110° 40' 52" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. Águila-Ramírez et al. (2012) determinaron el potencial de aplicación industrial de algas marinas, a través de la evaluación de la actividad antibacteriana y el potencial antiincrustante, como inhibidores del crecimiento de especies colonizadoras en ambientes marinos (bacterias, hongos y microalgas). Se señala la actividad antibacteriana de la especie, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7.6 mm) con extractos de éter y butanol.

Lobophora variegata (J.V. Lamouroux) Oomersley ex E.C. Oliveira

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O; Punta Brava, 20° 48' 52" N, 86° 54' 41" O, noviembre 1994, abril 1995, mayo 1996. Yucatán: Mpio. Telchac: Telchac, entre 21° 12" - 21° 17" N y 89° 14" - 89° 17" O, enero 2005, octubre 2005, febrero 2006 y mayo 2006.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, *Shigella sonnei* y *Streptococcus pyogenes*, actividad anticoagulante y aglutinante sobre plasma humano y de conejo, actividad antileismania frente a *Leishmania mexicana*, actividad

ictiotóxica frente a *Carassius auratus*, actividad citotóxica contra células de cáncer y su potencial antioxidante. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan que la especie de Punta Brava muestra actividad aglutinante en los tipos sanguíneos: A+ (dilución 2¹), AB+ (dilución 2⁴) y conejo (dilución 2⁸). De Lara-Isassi et al. (1999a) evaluaron la actividad bactericida de los extractos de la especie, realizando tres colectas, dos de ellas en Puerto Morelos, y una en Punta Brava (noviembre 1994), en esta se reporta la actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* con extractos acetónicos (9.8 mm), etanólicos (8.9 mm) y acuosos (12.3 mm); además halos de inhibición en *S. pyogenes* (9.3 mm) con extracto acuoso. Para las colectas de Puerto Morelos, se indica que para la especie colectada en abril 1995, se muestra la actividad antibiótica, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (16 mm) con extracto acuoso y en *S. sonnei* con extractos acetónicos (13 mm) y etanólicos (12 mm). Finalmente, para mayo 1996, se reporta la actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. sonnei* (10 mm) con extracto acuoso. Durante esta misma fecha se colectó nuevamente cerca del área, y se observó nuevamente actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. sonnei*, tanto con extracto acetónico (11 mm), etanólico (11 mm) y acuoso (10 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos, etanólicos y acuosos de la especie de Puerto Morelos, mostraron toxicidad causando la muerte de los peces durante un período de dos horas. De Lara-Isassi et al. (2004) realizaron tres colectas de la especie; la primera (mayo 1996) donde reportan la actividad anticoagulante sobre el plasma humano por períodos superiores de 10 minutos en dos pruebas: trombina y protombina, esto equivale a la actividad de la Heparina; en una segunda colecta (noviembre 1996), se reporta sólo actividad para la prueba de protrombina, donde se obtuvo un tiempo superior a 10 minutos. Finalmente,

en una tercera colecta (abril 2000) se reporta actividad para la prueba de trombina, obteniendo nuevamente, más de 10 minutos. Zubia et al. (2007) analizaron la actividad antioxidante mediante el ensayo DPPH (2, 2 difenil 1-1-picrilhidrazil) y también por el contenido fenólico de los extractos de algas de Telchac. La especie colectada exhibe la actividad barredora de radicales DPPH demostrando un gran potencial antioxidante, que es equivalente a algunos antioxidantes comerciales como alfa tocoferol, ácido ascórbico, BHA y BHT (hidroxibutilanisol y butilhidroxitolueno, respectivamente). Se señala que el contenido fenólico de la especie en peso seco (29.18%) (la más alta en el estudio) que se considera uno de los principales generadores del mecanismo antioxidante. Freile-Pelegrín et al. (2008) reportan que la especie mostró una actividad media con un LC_{50} (concentración letal): 49.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ con extractos orgánicos (diclorometano: metanol, 7:3). Moo-Puc et al. (2009) señalan que la especie de Telchac presenta actividad citotóxica, está mostró una alta actividad frente a la línea celular KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}= 26.2 \mu\text{g mL}^{-1}$), mientras que sobre la línea celular HeLa (células de adenocarcinoma humano de cérvix) una actividad media ($CC_{50}= 31.2 \mu\text{g mL}^{-1}$).

***Padina boergesenii* Allender & Kraft**

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Alto Lucero de Gutiérrez Barrios: Punta Delgada, entre 19° 36' 16"- 19° 39' 22"N y 96° 24' 35"- 96° 21' 35" O, julio 1993; Punta la Litera, 19° 37' 29" N, 96° 44' 03" O, julio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*, actividad ictiotóxica frente *Carassius auratus* y actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) señalan la actividad aglutinante de la especie de Punta la Litera. Se reporta la presencia de aglutinas, por primera vez, en esta especie. La actividad aglutinante se observó en los tipos sanguíneos: B+ y AB+ (dilución 2¹), y de conejo (dilución 2⁶). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad bactericida de los extractos de la especie de Punta Delgada. Se observaron halos de inhibición con extractos acetónicos en *S. aureus* (7.0 mm) y en *S. pyogenes* (13 mm), además de que en esta última cepa se observó la actividad con extracto etanólico (11 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos y etanólicos de la especie fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas.

Padina durvillei Bory Saint-Vincent

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Punta Arena, Isla Santa Margarita, 24° 31' N, 112° 01' O, agosto 1979; Mpio. Loreto: El Juncalito, 26° 02.607' N, 111° 19.757' O, abril 1997; Isla Danzante, 25° 47.597' N, 111° 15.541' O, abril 1997. Guerrero. Nayarit: Mpio. Bahía de Banderas: Sayulita, 20° 52' 10" N, 105° 26' 27" O; Mpio. Compostela: Bahía Monteón, 20° 59.0' N, 105° 19.8' O, abril 1996; Rincón de Guayabitos (Guayabitos), 21° 1' 30.99" N, 105° 16' 9.64" O; Los Ayala, 21° 14' 14" N, 104° 54' 04" O. Oaxaca: Mpio. Santa María Huatulco: Tangolunda, 15° 50' 00" N, 96° 19' 00" O. Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el mesolitoral.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*, empleo en la alimentación animal y el biomonitoreo de metales pesados. De la Lanza et al. (1989) evaluaron los contenidos de seis metales pesados (Hg, Pb, As, Cr, Sr, Cd) de algas de Comondú, con base en los máximos de tolerancia en dietas de animales, con la finalidad de aprovecharlas en la alimentación de animales domésticos (véase texto de *Spirydia filamentosa*). De Lara-Isassi et al. (1993) reportan que la especie mostró halos de inhibición frente a *S. aureus* con extractos acétonicos dependiendo de la localidad: en Sayulita (4.5 mm), Rincón de Guayabitos (3.0 mm) y los Ayala (2.2 mm). De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la acción antibiótica de la especie en dos estados: Guerrero y Oaxaca. Para el primero, se reporta la formación de halos de inhibición en *S. aureus* (5.6 mm) y *S. pyogenes* (5.6 mm) con extractos acetónicos; mientras que en Oaxaca, se reporta en *S. aureus* (5.6 mm), también con extractos acetónicos. De Lara-Isassi et al. (1996) señalan la actividad antibiótica de la especie de Tangolunda. Se indica la formación de halos de inhibición en *S. aureus* (12 mm) con extracto acetónico. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos de la especie fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas. Páez-Osuna et al. (2000) evaluaron la capacidad de las macroalgas como biomonitores de metales pesados en bahía Monteón. Los metales más abundantes fueron el Fe, Mn y Zn, seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Los valores más elevados en la especie son (en peso seco) Fe (487 $\mu\text{g g}^{-1}$) y Zn

(36.7 $\mu\text{g g}^{-1}$). Los autores señalan que las concentraciones más bajas de Cu, Ni y Cr permiten deducir que es un sitio rural no contaminado. En Baja California Sur, Sánchez-Rodríguez et al. (2001) evaluaron los niveles de concentración de una amplia gama de elementos de importancia ambiental y geoquímica (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Ag) de rumbo al Golfo (sic.), Isla Danzante y el Juncalito. Para el primer sitio los valores en peso seco de la especie son: Fe (2000 $\mu\text{g g}^{-1}$), Ba (110 $\mu\text{g g}^{-1}$), Sr (960 $\mu\text{g g}^{-1}$) y el Zn (36 $\mu\text{g g}^{-1}$); mientras que para Isla Danzante: Fe (7200 $\mu\text{g g}^{-1}$), Ba (140 $\mu\text{g g}^{-1}$), Sr (1960 $\mu\text{g g}^{-1}$) y el Zn (81 $\mu\text{g g}^{-1}$) y Ni (30 $\mu\text{g g}^{-1}$). En el Juncalito, los valores obtenidos disminuyeron: Fe (300 $\mu\text{g g}^{-1}$), Ba (86 $\mu\text{g g}^{-1}$), Sr (1365 $\mu\text{g g}^{-1}$) y el Zn (23 $\mu\text{g g}^{-1}$), encambio el Ni se incrementó (40 $\mu\text{g g}^{-1}$). Se concluye que las macroalgas son organismos indicadores de los metales involucrados con ellas y se estima que participan en mecanismos biogeoquímicos que regulan la incorporación, la acumulación y la distribución de diferentes metales traza.

Padina gymnospora (Kützting) Sonder

Localidad: Jalisco: Mpio. La Huerta: Bahía Careyitos, 19° 43" N, 105° 02" O, mayo y noviembre 2009.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antimicótica frente a *Alternaria solani* y como bioestimulante del crecimiento vegetal en *Solanum lycopersicum* (Tomate). Hernández-Herrera et al. (2014a) evaluaron el efecto del extracto líquido de esta especie en el proceso de bioestimulación en la germinación y el crecimiento del tomate en condiciones de laboratorio y de invernadero. Se reporta que las semillas tratadas con el extracto líquido (0.2%), mostraron una mayor germinación. La

aplicación en el suelo fue más eficaz y se reflejó en la altura de la planta (hasta 79 cm), no así en las hojas (75 cm). Las plantas que recibieron los extractos de la especie mostraron una mayor longitud de brotes y peso. Los autores consideran que la especie es una buena candidata para bioestimular y mejorar el desarrollo del crecimiento de las plantas de tomate. Hernández-Herrera et al. (2014b) evaluaron el efecto protector de la especie sobre la planta del tomate contra el hongo necrotrófico *A. solani*. Se reporta que los extractos pueden reducir las lesiones necróticas en las plantas de tomate inducidas por el hongo, además de inducir una protección a través del uso previo y durante la infección contra *A. solani*.

Nota: Hernández-Herrera et al. (2014a) señalan que esta especie tiene una alta concentración (en peso seco) de potasio ($4.27 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y Ca ($3.65 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) pero mínima en P ($0.10 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y Na ($1.81 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Cabe destacar que ha elevadas concentraciones de extracto (1.0%), se ha observado un efecto tóxico en las plántulas de tomate y ha causado efectos perjudiciales, tales como el pardeamiento de la radícula y la desintegración de las plúmulas.

Padina mexicana E.Y. Dawson

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre $24^{\circ} 07'$ - $24^{\circ} 21'$ N y $110^{\circ} 17'$ - $110^{\circ} 40'$ O, febrero y agosto 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. Muñoz-Ochoa et al. (2009) señalan que hubo actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a una temperatura de 80°C .

Padina sanctae-crucis Børgesen

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 46' 07" N, 86° 57' 14" O, invierno 2012.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica y antiproliferativa contra células tumorales.

Caamal-Fuentes et al. (2014) reportan que en pruebas de citotoxicidad se obtuvieron valores medios de efectividad frente a las líneas celulares MCF-7 (adenocarcinoma de mama) ($57.2 \mu\text{g mL}^{-1}$) y LNCaP (carcinoma de próstata) ($38.6 \mu\text{g mL}^{-1}$) con extractos hexánicos; mientras que en la actividad antiproliferativa, se señala una alta actividad frente a la línea celular MCF-7 con extracto etanólico ($29.8 \mu\text{g mL}^{-1}$) y con diclorometano ($26.1 \mu\text{g mL}^{-1}$); así mismo, se presenta actividad media con extracto hexánico ($42.3 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Spatoglossum schroederi (C. Agardh) Kützing

Localidad: Tamaulipas: Mpio. Soto la Marina: La Pesca, 23° 46.22' N, 97° 44.16' O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y

de conejo. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) encontraron que su poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo fue alta (dilución 2^{11}), además presentó actividad aglutinante en los tipos sanguíneos humanos: O+ (dilución 2^4), A+ (dilución 2^8), B+ (dilución 2^3), AB+ (dilución 2^2).

Stypopodium zonale (J.V. Lamouroux) Papenfuss

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal y en sistemas de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Enterobacter aerogenes* y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la acción antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (11 mm) y *E. aerogenes* (10 mm) con extractos acetónicos. De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas.

FUCALES

FUCACEAE

Silvetia compressa (J. Agardh) E. Serrão, T.O. Cho, S.M. Boo & Brawley

Localidad: Baja California: Mpio. Ensenada: Punta San Isidro, 31° 16 ' 41" N, 116° 22' 16" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre de conejo. Guerra-Rivas et al. (2011) analizaron la actividad anticoagulante con extractos acuosos y orgánicos a través de la prueba estandarizada de coagulación del plasma: activación parcial del tiempo de tromboplastina (aPPT) y el tiempo de protrombina (PT) usando plaquetas de plasma de conejo. Se indica la actividad a tres concentraciones en la prueba aPPT con extractos metanólicos: 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (21.47 s), 60 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (21.45 s) y a 90 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (21.30 s); por otra parte, también mostró actividad en la prueba de PT a dos concentraciones, 60 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (11.40 s) y 90 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (11.50 s). Con extractos etanólicos se observa actividad en la prueba aPTT a dos

concentraciones: 90 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (20.55 s) y a 600 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (21.65 s). Finalmente, con extractos acuosos calientes, se reporta la actividad en la prueba aPTT a la concentración de 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (20.70 s). Los extractos metanólicos a dos concentraciones 60 $\mu\text{g mL}^{-1}$ y 90 $\mu\text{g mL}^{-1}$, y en ambas pruebas, confirman la actividad anticoagulante.

Nota: Dentro del estudio de Guerra-Rivas et al. (2011) se cuantificaron el contenido de proteínas (7.94%), fibra cruda (6.47%) y contenido de lípidos (1.46%) de la especie.

SARGASSACEAE

Sargassum acinacifolium Setchell & N.L. Gardner

Localidad: Sonora: Mpio. Puerto Peñasco: Puerto Peñasco, 31° 19' 00" N, 113° 32' 13" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Escherichia coli* y *Micrococcus lysodeikticus*. De Lara-Isassi (1991) reporta que la especie mostró actividad antibiótica con diferentes extractos, formando halos de inhibición en dos cepas bacterianas: con residuo algal en *E. coli* (1.0 mm) y *M. lysodeikticus* (3.0 mm); con cristales secos adicionando 2 mL de metanol en *E. coli* (1.5 mm) y *M. lysodeikticus* (1.0 mm). Y con extractos alcohólicos concentrados, observándose en *E. coli* (1.5 mm) y en *M. lysodeikticus* (1.0 mm); además en las diluciones 10^{-1} en *E. coli* (0.5 mm) y *M. lysodeikticus* (1.0 mm).

Sargassum acinarium (Linnaeus) Setchell

Localidad: Veracruz: Mpio. Tecolutla: Playa Paraíso, entre 19° 34' - 19° 42' N y 96° 23' - 96° 27' O, febrero 1990.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi y Ponce-Márquez (1991) señalan actividad en temporada de estiaje, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (3.5 mm) con extracto acetónico.

***Sargassum cymosum* C. Agardh**

Localidad: Tamaulipas: Mpio. Aldama: Barra del Tordo, 22° 55' 16" N, 98° 04' 23" O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) señalan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. Se observó actividad aglutinante en los tipos sanguíneos: O+ (dilución 2⁵), sangre A+ (dilución 2⁴), B+ (dilución 2⁴), AB+ (dilución 2³) y conejo (dilución 2⁷).

***Sargassum filipendula* C. Agardh**

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Tamaulipas: Mpio. Soto la Marina: La Pesca, 23° 46.22' N, 97° 44.16' O, marzo 1992. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo, Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21°10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*, y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) mencionan la acción antibiótica de la especie de Tamaulipas, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (3.6 mm) con extracto acetónico. De

Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica de la especie de la localidad de la Pesca, observandose halos de inhibición en *S. aureus* (9 mm) con extracto acetónico. De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos etanólicos de algas de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas. Freile-Pelegrín y Morales (2004) señalan actividad antibiótica de la especie de Dzilam, mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* (7.7 mm) con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1).

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

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, invierno 2012.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica y antiproliferativa contra células de cáncer. Caamal-Fuentes et al. (2014) encontraron actividad citotóxica media frente a la línea celular LNCaP (carcinoma de próstata) con extracto etanólico (49.6 $\mu\text{g mL}^{-1}$). Además se reportó actividad antiproliferativa media frente a la línea celular MCF-7 (adenocarcinoma de mama) con extracto de diclorometano (52.2 $\mu\text{g mL}^{-1}$).

***Sargassum herporhizum* Setchell & N.L. Gardner**

Nombres comunes: Xpanáams, xpanáams isojo, sargaso.

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: San Juan de la Costa, 24° 21' 31" N, 110° 40' 52" O, mayo 2012. Sonora.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra adherida sobre rocas y cantos rodados.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal de ganado caprino, uso ornamental, alimento de peces ballesta. Norris (1985) reporta que los peces ballestas se

alimentan de esta alga extensamente, mientras que las tortugas no la comen. Los seris la emplean en balsas, dónde los hombres las ponen en sus rodillas para amortiguar su peso, mientras reman la balsa. También las niñas jugaban con muñecas hechas de malezas del Sargazo. Esta costumbre era todavía común en el principio de los años 80's. Además se reporta que el alga se utilizaba como material de techos para casas de pincel. Casas-Valdez et al. (2006a) determinaron la composición química de especies de *Sargassum* de San Juan de la Costa, además de evaluar el efecto sobre el comportamiento productivo de cabras en crecimiento utilizando como suplemento una ración con un 25% del alga en la siguiente proporción: *S. sinicola* (70%), *S. herporizum* (26%) y *S. lapazeanum* (10%). Se reporta la presencia de ácidos grasos omega. La harina del alga tiene un alto contenido de material inorgánico y de carbohidratos, pero un bajo contenido de extracto etéreo. Se señala que este conglomerado algal es fuente de potasio, sodio, magnesio, calcio y de elementos traza como el hierro, cobre y zinc. Resaltan altas concentraciones de retinol y vitamina C, además de ser una buena fuente de aminoácidos como la lisina, fenilalanina, tirosina y treonina, al mismo tiempo de presentar altas concentraciones de glutamina y asparagina. No se detectó la presencia de factores antinutricios como saponinas, alcaloides o glucósidos cianogénicos. Se señala que durante el período de experimentación el consumo de agua fue mayor por parte de las cabras. Se concluye que es muy recomendable adicionar como suplemento este conglomerado de algas.

Nota: Norris (1985) señala que la especie es poco común en el Canal del Infiernillo, pero bastante común en el norte y la costa oeste de la Isla Tiburón, y al norte de dicho punto, a lo largo de la costa continental. Menciona que por algunos nativos

fue considerada como "el alga marina peligrosa" porque la gente ha sabido de personas que se ahogan tras ser sorprendidos (enredados) por ella, y también debido a que los cuerpos de las personas que se ahogaron, han sido emitidos en tierra enredada de *Sargassum*. Con lo que respecta a los nombres dados por los Seris, "xpanáams" y "xpanáams isoq" son sinónimos. *Sargassum* es el "etnotipo" o modelo de "xpanáams" o algas.

Sargassum horridum Setchell & N.L. Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48"- 24° 47' 25" N y 110° 16' 27"- 110° 33' 38" O, febrero y agosto 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. Muñoz-Ochoa et al. (2009) reportan que la especie mostro actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s extraída a dos temperaturas: 25°C y 80°C.

Sargassum hystrix J. Agardh

Localidad: Oaxaca.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) señalan la actividad anticoagulante de la especie, observandose en la prueba de tiempo de trombina por más de 10 minutos.

Sargassum lapazeanum Setchell & N.L. Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: San Juan de la Costa, 24° 21' 31" N y 110° 40' 52" O, mayo 2012.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en rocas y cantos rodados.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal de ganado caprino. Véase usos en *Sargassum herporhizum* (Casas-Valdez et al., 2006a).

Sargassum liebmannii J. Agardh

Localidad: Colima: Mpio. Manzanillo: Manzanillo, 19° 03' 08" N, 104° 18' 57" O. Guerrero. Jalisco: Mpio. Puerto Vallarta: Puerto Vallarta, 20° 40' 00" N, 105° 16' 00" O. Nayarit: Mpio. Compostela: Rincón de Guayabitos, 21°1' 30.99" N, 105° 16' 9.64" O. Oaxaca: Mpio. San Pedro Pochutla: Zipolite, 15° 39' 45" N, 96° 30' 49" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal y el mesolitoral.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, *Shigella sonnii* y *Streptococcus pyogenes*. De Lara-Isassi et al. (1993) reportan que la especie mostró halos de inhibición en *S. aureus* en diferentes localidades: Manzanillo (4 mm), Puerto Vallarta (3.3 mm) y en Rincón de Guayabitos (5.5 mm) con extractos acéticos. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) estudiaron algas de Guerrero y Oaxaca. Para el primer estado, se reporta la acción antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (16.7 mm) y *S. sonnei* (16.7 mm) con extracto acuoso, mientras que con extracto acetónico, se muestra actividad en *S. sonnei* (4.8 mm); para el segundo estado, la especie mostró halos de inhibición en *S. aureus* (5.6 mm) y *S. pyogenes* (5.6 mm) con extractos acetónicos. De Lara-Isassi et al. (1996) reportan la actividad antibiótica de la especie de Zipolite, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (12 mm) y *S. pyogenes* (11 mm) con extractos acetónicos.

Sargassum pteropleuron Grunow

Localidad: Tamaulipas.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) evaluaron la actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (3.6 mm) con extracto acetónico.

Sargassum sinicola Setchell & N.L. Gardner

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Punta Baja, 29° 57" N, 115° 49" O, abril 1997. Baja California Sur: Mpio. La Paz: San Juan de la Costa, 24° 21' 31" N, 110° 40' 52" O; Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48"- 24° 47' 25" N y 110° 16' 27"- 110° 33' 38" O; Mpio. Loreto: El Juncalito, 26° 02.607' N, 111° 19.757' O, abril 1997; Isla Danzante, 25° 47.597' N, 111° 15.541' O, abril 1997; Isla El Carmen, 25° 55.938' N, 111° 12.684' O, abril 1997.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal del ganado caprino (véase usos en *Sargassum herporhizum*, Casas-Valdez et al., 2006a), su influencia y efecto protector sobre el contenido de EPA (ácido eicosapentaenoico) en el huevo, y en el biomonitoreo de metales pesados. Sánchez-Rodríguez et al. (2001) evaluaron los niveles de una amplia gama de elementos (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Ag) en cuatro localidades: Isla el Carmen, el Juncalito, Punta baja e Isla Danzante. Para el primer sitio los valores que destacan (en peso seco) en la especie son: Fe (1500 µg g⁻¹), Ba (95 µg g⁻¹), Sr (1475 µg g⁻¹), Zn (31 µg g⁻¹) y Zr (30 µg g⁻¹); para el Juncalito: Fe (980 µg g⁻¹), Ba (115 µg g⁻¹), Sr (1080 µg g⁻¹), Zn (36 µg g⁻¹) y Zr (circonio) (10 µg g⁻¹); y en Punta

Baja: Fe ($21400 \mu\text{g g}^{-1}$), Ba ($340 \mu\text{g g}^{-1}$), Sr ($985 \mu\text{g g}^{-1}$), Zn ($75 \mu\text{g g}^{-1}$), Zr ($5 \mu\text{g g}^{-1}$). Además otros elementos traza mostraron su presencia: Ag ($0.34 \mu\text{g g}^{-1}$), Co ($7.19 \mu\text{g g}^{-1}$), Cr ($36.2 \mu\text{g g}^{-1}$), Cs ($9.13 \mu\text{g g}^{-1}$), Hf ($0.55 \mu\text{g g}^{-1}$), Rb ($9.84 \mu\text{g g}^{-1}$), Sb ($0.83 \mu\text{g g}^{-1}$) y Sc ($4.52 \mu\text{g g}^{-1}$). Se concluye que las macroalgas son organismos indicadores de los metales involucrados con ellas. Se estima que participan en mecanismos biogeoquímicos que regulan la incorporación, la acumulación y la distribución de diferentes metales traza. Carrillo et al. (2012a) reportan que el total de lípidos contenidos en la especie de Bahía de la Paz fue 1.93%, mientras que las concentraciones de EPA (3.5%) y ALA (ácido alfa-linolénico) (2.7%) son semejantes, sin embargo, el contenido de DHA (ácido docosahexaenoico) fue el más bajo de las tres macroalgas usadas en el experimento. Se concluye que la inclusión de algas pardas en las dietas de gallinas, resultó en un mayor contenido de EPA en el huevo, así como darle un efecto protector a este.

Nota: Utilizar un suplemento de macroalgas en las dietas de gallinas busca mejorar y/o adicionar ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFAs) en el huevo. En el estudio de Carrillo et al. (2012a) se busco evaluar la influencia de esta macroalga (constituyendo la dieta experimental de un 2% de aceite de sardina + 10% de *S. sinicola*) en el contenido n-3 (PUFAs) en el huevo.

Sargassum sinicola subsp. ***camouii*** (E.Y. Dawson) J.N. Norris & Yensen

Localidad: Sonora: Mpio. Puerto Peñasco: Puerto Peñasco, $31^{\circ} 19' 00''$ N, $113^{\circ} 32' 13''$ O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Escherichia coli* y *Micrococcus lysodeikticus*. De Lara-Isassi (1991) reporta la actividad antibiótica de la especie con diferentes extractos, formando halos de inhibición en dos cepas bacterianas: con cristales secos adicionando 2 mL de metanol en *M. lysodeikticus* (1.0 mm); con extractos alcohólicos concentrados en *E. coli* (1.0 mm) y *M. lysodeikticus* (0.5 mm); mientras que en diluciones 10^{-1} , se observó actividad frente a *E. coli* (0.5 mm) y *M. lysodeikticus* (0.5 mm) y en dilución 10^{-2} solamente en *E. coli* (0.5 mm).

***Sargassum vulgare* C. Agardh**

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Actopan: La Mancha, entre 19° 34' - 19° 36' N y 96° 22' - 96° 24' O, julio 1993; Mpio. Tamiahua: Barra de Corazones, 21° 15' 25" N, 97° 26' 2" O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante y aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo, y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie de la Mancha. Su poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo fue alta (dilución 2^{11}); también mostró actividad en los tipos sanguíneos humanos: O+ (dilución 2^8), A+ (dilución 2^3), B+ (dilución 2^3) y AB+ (dilución 2^5). De Lara-Isassi et al. (1999b) colectaron en Barra de Corazones y reportan que la especie afecto la coagulación de modo similar a la heparina, por más de 10 minutos, en la prueba de tiempo de protombina. De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto

Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas.

***Sargassum* sp.**

Nombres comunes: Sargazos, ta'il k'ak'nab

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: San Juan de la Costa, 24° 21' 31" N, 110° 40' 52" O; Mpio. Mulegé, Bahía Tortugas, 27° 46' 09" N, 114° 59' 09" O. Nayarit: Mpio. Compostela: Rincón de Guayabitos (Guayabitos), 21° 1' 30.99" N, 105° 16' 9.64" O. Yucatán.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona del mesolitoral rocosa, adheriéndose también a cantos rodados.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, como suplemento en alimentación animal (ganado bovino y gallinas) y en la reducción del colesterol en el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*). De Lara-Isassi et al. (1993) colectaron la especie en Guayabitos. Se reporta que *Sargassum* mostró halos de inhibición en *S. aureus* (3.0 mm) con extracto acético. Ortega et al. (1997) reportan que en Yucatán, este género fue usado probablemente por la cultura Maya. Casas-Valdez et al. (2006b) evaluaron la adición del alga (4%) de San Juan de la Costa en la dieta del camarón café (*F. californiensis*) sobre la concentración de colesterol (29%) y triglicéridos (11%). Es posible que gran parte del colesterol de los camarones del grupo experimental haya sido reemplazado por otro tipo de esteroides provenientes de las algas como el ergosterol, condrosterol y fucosterol. La incorporación del alga tiene además, la ventaja de que contiene compuestos con propiedades hipocolesterolémicas. Además esta alga es muy abundante y puede ser cosechada de manera sustentable. Vega-

Villasante et al. (2006) evaluaron la calidad nutricia de dos algas: *M. pyrifera* y *Sargassum* sp., de Bahía Tortugas para compararla con cereales y harinas para la alimentación animal. Se reporta el contenido nutricional de la especie: proteína (11.56%), lípidos (3.0%), fibra bruta (5.2%) y carbohidratos (extracto libre de nitrógeno, 43.39%). Los autores concluyen que el género tienen potencial como suplemento energético y mineral para el ganado, e incluso puede fungir como alimento en ciertas estaciones del año, cuando las gramíneas no están disponibles. Carrillo et al. (2012b) determinaron el efecto de la adición *Sargassum* de Baja California Sur en la dieta de gallinas ponedoras sobre el contenido de colesterol del huevo. Se recomienda adicionar 4%, 6% y 8% de harina del alga, para reducir significativamente el contenido de colesterol en el huevo, además de afectar favorablemente el color de la yema. Sin embargo, la adición del alga en las dietas reduce la producción de huevo. Los autores concluyen que al incluir 6 % del alga en dietas de gallinas, se reduce el contenido de colesterol, sin afectar las variables productivas y la calidad física del huevo.

Nota: Vega-Villasante et al. (2006) señalan que el género tiene un valor económico adicional por que contiene ficocoloides (ácido algínico, laminarina y manitol) y se emplea como fertilizante y suplemento bovino, debido a su alto contenido mineral.

Turbinaria tricostata E.S. Barton

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, invierno 2012.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en sistemas de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica contra células de cáncer y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los

extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas. Caamal-Fuentes et al. (2014) reportan una alta actividad citotóxica de la especie con el extracto etanólico frente a las líneas celulares: HEK-293 (células embrionarias de riñón de humano, $30.9 \mu\text{g mL}^{-1}$) y LNCaP (carcinoma de próstata, $24.4 \mu\text{g mL}^{-1}$); y con extractos hexánicos ($25.2 \mu\text{g mL}^{-1}$) y acetato de etilo ($26.4 \mu\text{g mL}^{-1}$) en la línea celular LNCaP. Cabe destacar, que presenta una alta actividad citotóxica sobre células normales humanas (HEK-293).

Turbinaria turbinata (Linnaeus) Kuntze

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, $20^{\circ} 51' 13''$ N, $86^{\circ} 52' 31''$ O; Mpio. Solidaridad: Playa del Carmen, $20^{\circ} 37' 39''$ N, $87^{\circ} 04' 52''$ O, enero 2005 y mayo 2006.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica contra células de cáncer, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus* y actividad antileismanial frente a *Leishmania mexicana*. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos de la especie fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que los extractos etanólicos resultaron moderadamente tóxicos, mostrando efectos no letales, pero sí efectos etológicos como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período de tiempo. Freile-Pelegrín et al. (2008) reportan que la especie mostró una actividad citotóxica baja en *L. mexicana*, con un LC_{50} (concentración letal): $10.9 \mu\text{g/mL}$ con extractos orgánicos (diclorometano: metanol, 7:3). Moo-Puc et al. (2009) señalan la actividad citotóxica y

antiproliferativa de los extractos de la especie de Playa del Carmen. Se reporta alta actividad frente a la línea celular KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) (CC_{50} (concentración citotóxica) = $23.94 \mu\text{g mL}^{-1}$ e IG_{50} (inhibición de crecimiento) = $29.84 \mu\text{g mL}^{-1}$) y la línea celular HeLa (células de adenocarcinoma de cérvix humano) (CC_{50} = $29.1 \mu\text{g mL}^{-1}$); mientras que frente a la línea celular, Hep-2 (células de adenocarcinoma laríngeo humano) (CC_{50} = $41.2 \mu\text{g mL}^{-1}$) mostró una actividad media; sin embargo, también mostró una alta citotoxicidad contra células normales: MDCK (células normales de riñón canino) (CC_{50} = $23.3 \mu\text{g mL}^{-1}$).

***Turbinaria* sp.**

Localidad: Quintana Roo.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* y *Enterobacter aerogenes*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la acción antibiótica de la especie, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (10 mm), *S. pyogenes* (17 mm) y *E. aerogenes* (11 mm) con extractos acetónicos; y con extractos etanólicos en *S. pyogenes* (13 mm).

LAMINARIALES

LAMINARIACEAE

***Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh**

Nombre común: Sargazo gigante

Localidad: Baja California: Isla Coronado, Bahía Descanso, Xatay, Salsipuedes, San Miguel, Isla Todos Santos, Bahía Soledad, Punta Santo Tomás, Punta China, Punta San José, San Isidro, San Jacinto y San Telmo. Baja California Sur: Mpio.

La Paz: La Paz, 24° 08' 32" N, 110° 18' 39" O; Mpio. Mulegé: Bahía Tortugas, 27° 46' 09" N, 114° 59' 09" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, bentónica; se le encuentra en partes someras como en la zona de mareas. Se reporta que la mayor profundidad a la que se le ha encontrado es de 40.3 metros. Sustrato es rocoso y se encuentra adherida por medio de un rizoide o grapa, ya que la especie es perenne (Guzmán del Prío et al. 1986).

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal, como aditivo o suplemento en dietas de camarón, cerdos en lactancia y ganado bovino y su empleo como materia prima para la extracción de alginatos para la industria alimentaria, farmacológica, textil, de construcción, de fertilizantes y en materiales para impresión dental. Para Baja California Norte y Sur, Guzmán del Prío et al. (1986) reportan la variedad de usos de los alginatos tanto en su forma soluble como insoluble. Los alginatos son utilizados en procesos en los que se requiere algún tipo de agente suspensor, gelificante, emulsificante, formador de películas o que de cuerpo a ciertos compuestos. Los alginatos, ésteres y derivados del ácido algínico se emplean en la industria alimenticia como estabilizador de muchos productos: nieve, crema batida, pudines, gelatinas, purés, frutas congeladas, dulces almibarados, mermeladas, malvaviscos, quesos y productos lácteos, emulsificantes y estabilizantes de salsas para carne. En la industria cervecera y de licores se usa como clarificante. En productos dietéticos, dándoles cuerpo y suavidad a esos productos; en repostería empleados en la elaboración de pasteles, a los que da una textura suave. Mientras que en la industria farmacéutica y de cosméticos se usa en la preparación de emulsiones, cápsulas, tabletas, medicinas, lubricantes y

anticoagulantes principalmente, adicionalmente en la fabricación de hilos quirúrgicos que presentan la ventaja de disolverse después de cierto tiempo; fabricación de dentífricos, desodorantes, cosméticos, lápices labiales, cremas de afeitar, maquillajes, champús, crema o fijadores de pelo. Entre otros están la fabricación de pinturas plásticas y barnices, el vitreado de cerámica, la fabricación de detergentes, lubricantes, insecticidas y productos químicos de limpieza. En lavandería, se usa como sustituto de "almidón" por tener la ventaja de ser más elástico y llenar mejor los tejidos; también en la fabricación de películas y productos para revelado de fotografía, en la elaboración de adhesivos y pegamentos. Mientras que en la industria textil, se recurre a la especie en la fabricación de telas a prueba de fuego, además como apresto (dar consistencia o rigidez a los tejidos) de telas de rayón y algodón. En la construcción de caminos también se le encuentra en forma de emulsiones junto al alquitrán o los asfaltos, esto para dar una mejor adherencia a la grava. Ortega et al. (1997) señalan que en Isla de Todos los Santos, la especie se empleaba para extraer sales de potasio con fines agronómicos. Cruz-Suárez et al. (2000) evaluaron el uso de harina en alimentos para camarón, comparando la especie mexicana con una especie chilena; el estudio buscaba evaluar las capacidades aglutinantes, atractantes (estimulación en el consumo de alimento) y promotoras en la mejor utilización de los nutrientes por parte del camarón blanco. Se reporta que la inclusión de la especie en la alimentación tiende a incrementar los niveles de ceniza y fibra en el alimento, especialmente si se agrega a niveles mayores de 4%. También se observó que se genera el incremento en el consumo del alimento animal (se señala que lo hace un buen attractante y potencializador de sabor), además de

mejorar las tasas de crecimiento, la producción de biomasa y la digestibilidad del alimento del camarón blanco. Rendón et al. (2003) evaluaron la composición química del residuo que queda de la extracción de alginatos, con la finalidad de aprovecharlo como suplemento en la alimentación de gallinas ponedoras. Los residuos fueron colectados en el Centro de Investigaciones en Ciencias Marinas, en la Paz. Se reporta que los componentes químicos que predominan en los lodos son: material inorgánico, carbohidratos, proteína y pigmentos; se recomienda que dichos lodos pueden incorporarse hasta en un 5% en la ración de gallinas, esto sin afectar las variables de producción, calidad y sabor del huevo. Se obtiene además como efecto colateral una coloración amarillo-naranja en la yema. Baeza-López et al. (2004) evaluaron la inclusión de esta alga en dietas a base de trigo con la finalidad de mejorar la producción y composición de leche, además de la ganancia de peso en la camada de cerdos. No se encontraron efectos significativos en ninguna variable de respuesta de la camada, ni en consumo de alimento, producción y contenido proteínico. Sin embargo, en la obtención del coeficiente de correlación, se refleja que la ganancia de peso de los cerditos en la lactancia está más relacionada con la producción de leche en las cerdas que consumieron las dietas con 1.5% o 3.0% de algas marinas en la dieta. Reyes-Tisnado et al. (2004) evaluaron el empleo de los alginatos de sodio y de potasio de la especie para usarse en materiales para impresión dental. Se reporta que el material de impresión preparado con los alginatos de sodio con viscosidades extra bajas y viscosidades bajas no formó geles; mientras que el material preparado a viscosidades medias produjo geles tipo II (fraguado normal) en 70% de 10 formulaciones experimentales; por otro lado, el material preparado con alginatos

de potasio con viscosidad extra baja produjo geles tipo II en 90% de las formulaciones. Usando alginatos de potasio con viscosidad baja, 90 % de las formulaciones fueron de tipo I (fraguado rápido) y usando alginato de potasio con viscosidad media, 80% de las formulaciones fueron de tipo I. Esto lleva a la conclusión de que las formulaciones de alginatos P2 (viscosidad 155 mPa s; pH 8.2; humedad 11.1%), S3 (506 mPa s; pH 7.8; humedad 9.0%), P3 (200 mPa s; pH 7.7; humedad 14.0%) y P1 (48 mPa s; pH 7.6; humedad 12.6%), tienen un buen potencial para usarse en la producción de material de impresión dental comparado con el producto denominado Jeltrate^R. Vega-Villasante et al. (2006) evaluaron la calidad nutricional de dos algas: *M. pyrifera* y *Sargassum* sp. de Bahía Tortugas, para compararla con cereales y harinas para la alimentación animal. Se reporta el contenido nutricional de la especie: proteína (7.17%), lípidos (3.02%), fibra bruta (6.8%) y carbohidratos (extracto libre de nitrógeno, 47.33%). Los autores concluyen que el género tienen potencial como suplemento energético y mineral para el ganado, e incluso puede fungir como alimento en ciertas estaciones del año cuando las gramíneas no están disponibles; sin embargo, no es recomendable el uso de algas marinas por largos períodos de tiempo, como única fuente proteica. Carrillo et al. (2012a) evaluaron la influencia de macroalgas de Bahía de la Paz en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFAs) del huevo, que comercialmente es incluido a través del aceite de sardina en la dieta de las gallinas, para dar ésta cualidad en el huevo. Se reporta que el total de lípidos contenidos en la especie fueron 2.88% y las concentraciones de EPA (4.87%) y ALA (1.51%) son elevadas, sin embargo, el contenido de DHA fue bajo. Se concluye que la inclusión de algas pardas (en este caso *M. pyrifera*) en las

dietas de gallinas, resultó en un mayor contenido de EPA en el huevo, así como darle un efecto protector a éste.

Comercialización: La cosecha del sargazo gigante se inició en 1956 y ha ido en aumento continuo hasta alcanzar en 1977, 41700 toneladas húmedas, por su volumen ocupa el segundo lugar entre los productos marinos que se explotan en Baja California. Nuestro país exporta como materia prima en bruto principalmente a E.U.A., a través de la compañía Kelco de San Diego (Guzmán del Prío et al. 1986). Por su parte Ortega et al. (1997), señalan que para 1984, se obtuvieron 17797 toneladas húmedas.

Notas: Guzmán del Prío et al. (1986) reportan un crecimiento diario de 2 cm del sargazo gigante en aguas más cálidas (20°C), y de menos de 1 cm diario en aguas frías (12.5°C), alcanzando tallas de hasta 50 metros o más; por otra parte es una especie que constituye un microhábitat para una variedad de organismos. Se reporta que los mantos en que se cosecha se encuentran entre las profundidades de 3 y 35 metros.

LESSONIACEAE

Egregia menziesii (Turner) Areschoug

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Punta San Isidro, 31° 16' 41" N, 116° 22' 16" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en plasma de conejo. Guerra-Rivas et al. (2011) señalan que la actividad anticoagulante con extractos acuosos y orgánicos de la especie; señalando que en las pruebas de coagulación el alga mostró actividad en la prueba aPTT (activación parcial del tiempo de

tromboplastina) con extractos etanólicos a $90 \mu\text{g mL}^{-1}$ (19.75 s); mientras que en la prueba PT (tiempo de protombina) a $60 \mu\text{g mL}^{-1}$ (9.13 s). Mientras que con extractos acuosos fríos, se observó actividad en la prueba PT a tres concentraciones: $25 \mu\text{g mL}^{-1}$ (7.50 s), $75 \mu\text{g mL}^{-1}$ (7.35 s) y $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ (7.35 s); mientras que en la prueba aPTT, a una concentración de $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ (20.25 s). Finalmente, con extractos acuosos calientes, se reporta la actividad en la prueba aPTT a dos concentraciones: $750 \mu\text{g mL}^{-1}$ (20.60 s) y $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ (22.83 s); pero también mostró actividad en la prueba PT, a dos concentraciones: $500 \mu\text{g mL}^{-1}$ (8.90 s) y $750 \mu\text{g mL}^{-1}$ (8.83 s). Se concluye que los extractos acuosos fríos a una concentración de $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ y los extractos acuosos calientes a $750 \mu\text{g mL}^{-1}$, confirman la actividad anticoagulante en ambas pruebas.

Nota: Guerra-Rivas et al. (2011) cuantificaron el contenido de proteínas (8.14%) y fibra cruda (7.2%) de la especie.

Eisenia arborea Areschoug

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Mulegé: Punta Eugenia, $27^{\circ} 50' 01''$ N, $115^{\circ} 04' 03''$ O, entre febrero y agosto 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. Muñoz-Ochoa et al. (2009) señalan que la especie mostro actividad en dos pruebas: en la prueba de protombina, extraída a 25°C , se obtuvo más de 300 s; mientras que en la prueba de tromboplastina parcial activada, se obtuvo más de 300 s extraída en dos temperaturas (25°C y 80°C). Por otra parte, el extracto fue elegido para realizar la caracterización de la fracción de polisacáridos activos que generaron el mayor tiempo de coagulación en este ensayo anticoagulante. Se señala que el

compuesto “heterofucan”, es el que presenta la actividad anticoagulante, que sería equivalente a la actividad de la heparina, a una concentración de $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ (en un tiempo de coagulación de más de 300 s).

Lessonia trabeculata Villouta & Santelices

Localidad: Costa Pacífica Mexicana.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal. Ramírez-Higuera et al. (2014) evaluaron el efecto antioxidante e hipertensivo de la especie en ratas con una dieta hipercalórica. Se formaron seis grupos experimentales, de los cuáles las dietas 5 y 6 tenían a la especie (la 5 era dieta estándar + *L. trabeculata*; mientras que la 6, era una dieta en alto contenido de grasa y rica en sacarosa + *L. trabeculata*). Se reporta que uno de los principales efectos de la utilización de la especie es la reducción significativa de la grasa intra-abdominal y una disminución de la presión de 18% en los animales empleados como control en el experimento. Este resultado indica una respuesta favorable a la administración de algas marinas en los animales alimentados con la dieta alta en calorías, no así, en el caso del grupo de dieta estándar. Además, los grupos tratados con la especie mostraron una reducción del 17% de colesterol y 20% de triglicéridos en comparación con la dieta 2 (dieta en alto contenido de grasa y rica en sacarosa). En este estudio, no hubo cambios significativos en el nivel transcripcional en SOD (superóxido dismutasa) y GPx (glutatión peroxidasa) en animales con síndrome metabólico suplementado con algas marinas, mientras que los cambios fueron inducidos en la expresión de CAT (catalasa) en todos los grupos. Se concluye que la adición de la especie a la

dieta, puede reducir significativamente las complicaciones metabólicas que genera la obesidad.

ECTOCARPALES

CHORDARIACEAE

***Kuetzingiella* sp.**

Localidad: Nayarit: Mpio. Compostela: Rincón de Guayabitos (Guayabitos), 21° 1' 30.99" N, 105° 16' 9.64" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona mesolitoral.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi et al. (1993) reportan que la especie mostró halos de inhibición en *S. aureus* (4 mm) con extracto acético.

SCYTOSIPHONACEAE

***Chnoospora implexa* J. Agardh**

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48"- 24° 47' 25" N y 110° 16' 27"- 110° 33' 38" O, entre febrero y agosto 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. Muñoz-Ochoa et al. (2009) señalan que la especie mostró actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a 80°C.

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

Localidad: Oaxaca: Mpio. Asunción Cacalotepec: Cacalotepec, 18° 00' 00" N, 97° 40' 00" O. Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Alto Lucero de Gutiérrez Barrios: Punta la Litera, entre 19° 36' 16"- 19° 39' 22" N y 96° 24' 35"- 96° 21' 35" O, julio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes* y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) menciona la actividad antibiótica de la especie de Oaxaca mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (5.6 mm) y *S. pyogenes* (7.6 mm) con extractos acetónicos. De Lara-Isassi et al. (1996) reportan la actividad antibiótica de la especie de Cacalotepec mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (12 mm) y *S. pyogenes* (13 mm) con extractos acetónicos. De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica del alga de Punta la Litera mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (9.0 mm) con extracto acetónico. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas.

Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbès & Solier

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Punta Arena, Isla Santa Margarita, 24° 31' N, 112° 01' O, agosto 1979. Sinaloa: Mpio. Mazatlán: Mazatlán, 23° 14' 29" N, 106° 24' 35" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Escherichia coli*, su empleo en alimentación animal y como organismo biomonitor de contaminación por metales pesados. De la Lanza et al. (1989) evaluaron los contenidos de seis metales pesados (Hg, Pb, As, Cr, Sr, Cd) con base en los máximos de tolerancia en dietas de animales (véase texto de *Spirydia filamentosa*). De Lara-Isassi (1991) reportan

que la especie mostró actividad antibiótica con diferentes formas de preparar los extractos, formando halos de inhibición en *E. coli*: con el empleo de cristales secos adicionando 2 mL de metanol (0.5 mm), con extractos alcohólicos concentrados (1.0 mm) y en dilución 10^{-1} (0.5 mm).

Colpomenia tuberculata De A. Saunders

Nombres comunes: Hant iteja, xpeetc

Localidad: Sonora

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal baja. Se reporta que es común en las playas en primavera, vista desde diciembre hasta junio (Norris, 1985).

Usos y/o aplicaciones: Elaboración de sombreros para muñecas, además de ser usada de manera de juego por los niños de la comunidad Seri. Norris (1985) reporta que las tortugas marinas no la comen; mientras que los niños de la comunidad jugaban con ella, pensaban que era divertido beber agua en el interior de la especie ya que es hueca, además de que se decía que tenía un sabor dulce. Un pedazo de *Colpomenia* a veces se utiliza como sombrero o gorra sobre un muñeco hecho de algas (véase *Sargassum herporhizum*). Con lo que respecta a los nombres con los que se le asocia a la especie, "hant iteja" significa "vejigas de tierra" y "xpeetc" significa escroto del mar.

Hydroclathrus clathratus (C. Agardh) M.A. Howe in N.L. Britton & C.F. Millspaugh

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Punta Arena, Isla Santa Margarita, 24° 31' N, 112° 01' O; Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48"- 24° 47' 25" N y 110° 16' 27"- 110° 33' 38" O, entre febrero y agosto 1979.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana, su empleo en alimentación animal y en el biomonitoreo de metales pesados. De la Lanza et al. (1989) evaluaron los contenidos de seis metales pesados en algas de Comandú con base en los máximos de tolerancia en dietas de animales, con la finalidad de aprovecharlas en la alimentación de animales domésticos (véase texto de *Spyridia filamentosa*). Muñoz-Ochoa et al. (2009) reportan que la especie de Bahía de la Paz, mostró actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a dos temperaturas: 25°C y 80°C.

Rosenvingea intricata (J. Agardh) Børgesen

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48"- 24° 47' 25" N y 110° 16' 27"- 110° 33' 38" O, entre febrero y agosto 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. Muñoz-Ochoa et al. (2009) señalan que la especie mostro actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a una temperatura de 80°C.

SCYTOTHAMNALES

ASTERONEMATACEAE

Asteronema breviarticulatum (J. Agardh) Ouriques & Bouzon

Sinónimo: *Hincksia breviarticulata* (J. Agardh) P.C. Silva

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Alto Lucero de Gutiérrez Barrios: Punta la Litera, 19° 37' 29" N, 96° 44' 03" O, julio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. Se observa actividad aglutinante en tipo de sangre AB+ (dilución 2²) y en plasma de conejo (dilución 2²). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos y acuosos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas.

RHODOPHYTA

BANGIOPHYCEAE

BANGIALES

BANGIACEAE

Pyropia perforata (J. Agardh) S.C. Lindstrom

Sinónimo: Porphyra perforata J. Agardh

Nombre común: Lechuguilla

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Punta Baja, 29° 57' N, 115° 49' O, Punta San Isidro, 31° 16' 41" N, 116° 22' 16" O; Mpio. Playas de Rosarito: Punta Descanso, 32° 20' 32" N, 117° 03' 22" O. Baja California Sur.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: En la industria alimentaria y como anticoagulante en plasma de conejo. Guzmán del Prío et al. (1986) reportan a esta especie como objeto de explotación. Su interés comercial radica en el aporte de vitaminas y minerales al organismo humano, entre ellos el yodo. En Japón se conoce como "nori". Guerra-Rivas et al. (2011) evaluaron la actividad anticoagulante de algas colectadas en Punta San Isidro. La actividad anticoagulante fue evaluada in vitro con extractos

acuosos y orgánicos a través de la prueba estandarizada de coagulación del plasma: activación parcial del tiempo de tromboplastina (aPTT) y el tiempo de protrombina (PT) usando plaquetas de plasma de conejo. Se reporta que en las pruebas de coagulación la especie mostró actividad en la prueba aPTT con extractos metanólicos usando la fronda de la especie, a una concentración de $180 \mu\text{g mL}^{-1}$ (19.73 s). También se observó actividad en la prueba PT, mostrando actividad a dos concentraciones con extractos metanólicos usando el talo de la especie: $60 \mu\text{g mL}^{-1}$ (9.68 s) y a $90 \mu\text{g mL}^{-1}$ (9.08 s). Se observa actividad en la prueba PT a cuatro concentraciones: $30 \mu\text{g mL}^{-1}$ (8.60 s), $60 \mu\text{g mL}^{-1}$ (9.70 s), $90 \mu\text{g mL}^{-1}$ (9.20 s) y $300 \mu\text{g mL}^{-1}$ (8.95 s); mientras que en la prueba aPTT, se reporta actividad a $90 \mu\text{g mL}^{-1}$ (16.70 s). En los extractos acuosos fríos se observó actividad en la prueba PT a dos concentraciones: $750 \mu\text{g mL}^{-1}$ (9.13 s) y $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ (9.00 s); mientras que también en la prueba aPTT a la concentración de $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ (17.25 s). Finalmente con extractos acuosos calientes, se reporta la actividad en la prueba aPTT a tres concentraciones: $250 \mu\text{g mL}^{-1}$ (16.48 s), $500 \mu\text{g mL}^{-1}$ (15.98 s) y $750 \mu\text{g mL}^{-1}$ (16.43 s); pero también se mostró actividad en la prueba PT, a una concentración de $750 \mu\text{g mL}^{-1}$ (8.58 s). Se concluye que los extractos etanólicos a la concentración de $90 \mu\text{g mL}^{-1}$, los extractos acuosos fríos a la concentración de $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ y los extractos acuosos calientes a la concentración de $750 \mu\text{g mL}^{-1}$, confirman actividad anticoagulante de la especie.

Comercialización: Guzmán del Prío et al. (1986) reportan que el alga se explota en las áreas cercanas a la ciudad de Ensenada, desde Punta Descanso hasta Punta Baja. Se estima una cosecha de 130 toneladas en 10 años. La cosecha se exporta a Japón. Ortega et al. (1997) señalan que la especie es cosechada a mano entre

otoño e invierno; además de ser apreciada como ingrediente de diversos platillos orientales.

Nota: Dentro del estudio de Guerra-Rivas et al. (2011) se cuantificaron el contenido de proteínas (13.92%) y señalan que es un valor alto de proteína, con respecto a otras algas.

FLORIDEOPHYCEAE

CORALLINALES

CORALLINACEAE

Amphiroa beauvoisii J.V. Lamouroux

Sinónimo: *Amphiroa mexicana* W.R. Taylor

Localidad: Oaxaca: Mpio. Asunción Cacalotepec: Cacalotepec, 18° 00' 00" N, 97° 40' 00" O; Mpio. Santa María Colotepec: Zicatela, 19° 49' 39" N, 99° 12' 11" O; Mpio. Santa María Huatulco: Tangolunda, 15° 50' N, 96° 19' O. Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, zona intermareal arrecifal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus* y antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) señalaron que la especie manifestó acción antibiótica de los extractos acetónicos mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7.6 mm) y *S. pyogenes* (7.6 mm). De Lara-Isassi et al. (1996) reportan actividad antibiótica de extractos acetónicos en diferentes localidades de Oaxaca frente a diferentes cepas bacterianas: de las algas de Cacalotepec se reporta actividad mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (14 mm) y en *S. pyogenes* (12 mm); en Zicatela se reportan halos de inhibición en *S. aureus* (14 mm) y *S. pyogenes* (14 mm), y en

Tangolunda se reportan halos de inhibición en *S. aureus* (12 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que con extracto acetónico, se mostró actividad moderadamente tóxica, es decir efectos no letales, pero si se observaron efectos etológicos como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis, durante el mismo período de tiempo.

***Fosliella* sp.**

Localidad: Veracruz: Mpio. Veracruz: Puerto de Veracruz, 19°11' 25" N, 96°09' 12 " O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Se emplea con fines ornamentales. Ortega et al. (1997) mencionan que en el mercado de artesanías del Puerto de Veracruz se venden botellas de vidrio con el crecimiento de estas algas.

***Jania* sp.**

Localidad: Quintana Roo.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Se emplea con fines decorativos en árboles navideños. Ortega et al. (1997) señalan que el alga se seca y se blanquea en el sol.

***Jania cubensis* Montagne ex Kützing**

Sinónimo: *Haliptilon cubensis* (Montagne ex Kützing) Garbary & H.W.Johansen

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Tuxpan: Escollera de Tuxpan, 20° 57" 30" N, 97° 23" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en zonas rocosas en el intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en sangre humana y de conejo y, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) evaluaron la actividad aglutinante de extractos acetónicos en sangre humana tipo O+, A+, B+ y AB+ y de conejo. Se reporta la presencia de aglutinas (anticuerpos que hacen que los glóbulos rojos se agrupen), por primera vez, en la especie. Su poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo fue alta (dilución 2⁹). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, frente a *Carassius auratus*, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que con los extractos etanólicos, se mostró actividad moderadamente tóxica con efectos no letales, pero si efectos etológicos como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis, durante el mismo período de tiempo.

Jania pacifica Areschoug

Sinónimo: *Jania mexicana* W. R. Taylor

Localidad: Sinaloa: Mpio. Mazatlán: Mazatlán, 23° 14' 29" N, 106° 24' 35" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Micrococcus lysodeikticus*. De Lara-Isassi (1991) evaluó la actividad antibiótica de los extractos del alga, formándose halos de inhibición en *M. lysodeikticus*; con cristales secos adicionando 2 mL de metanol (1 mm); con extractos acuosos (0.5 mm); con extractos alcohólicos concentrados (1 mm) y en dilución 10⁻¹ (1 mm).

Jania tenella (Kützinger) Grunow

Localidad: Oaxaca: Mpio. Santa María Huatulco: Tangolunda, 15°50' N, 96°19' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se localiza en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*. De Lara-Isassi et al. (1996) reportan actividad antibiótica con extractos acetónicos mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (22 mm) y en *S. pyogenes* (18 mm). Esto es equivalente a los halos de inhibición producidos por discos de 5 unidades de penicilina.

***Lithophyllum* sp.**

Nombres comunes: Jospeyamasi, flor de mayo

Localidad: Sonora: al sur del estado.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Usos medicinales como vermífugo y purgante por los Mayos.

Formas de preparar: Ortega et al. (1997) reportan que los Mayos tomaban el alga, la trituraban y la disolvían en el agua.

NEMALIALES

LIAGORACEAE

Ganonema farinosum (J.V. Lamouroux) K.C. Fan & Yung C. Wang

Sinónimo: *Liagora farinosa* J.V. Lamouroux.

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48" - 24° 47' 25" N y 110° 16' 27" - 110° 33' 88" O, febrero y agosto, 2004. Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, junio 1997.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le puede encontrar en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante sobre plasma humano y actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Shigella sonnei*. De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan que la especie de Puerto Morelos muestra actividad formando

halos de inhibición en *S. aureus* con extracto acetónico (14 mm) y con extracto acuoso (17 mm). Mientras que frente a *S. sonnei*, con extracto acetónico (22 mm), con extracto etanólico (15 mm) y con extracto acuoso (27 mm). De Lara-Isassi et al. (2004) identifican la actividad de coagulación de plasma humano mediante dos pruebas estandarizadas de coagulación (trombina y protrombina). Los autores reportan actividad anticoagulante por períodos superiores de 10 minutos en ambas pruebas. Se concluye que su acción es equivalente a la heparina. Por su parte, Muñoz-Ochoa et al. (2009) corrobora la actividad anticoagulante de la especie de Bahía de la Paz, con extractos acuosos, a través de la prueba de protrombina y tromboplastina parcial activada, mostrando un tiempo de más de 300 s en ambas pruebas, extraída a 80°C.

GALAXAURACEAE

***Galaxaura* sp.**

Localidad: Quintana Roo.

Usos y/o aplicaciones: Se emplea con fines decorativos en árboles navideños.

Formas de preparar: Ortega et al. (1997) señalan que el alga se pone a secar y es blanqueada por el sol.

BONNEMAISONIALES

BONNEMAISONIACEAE

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

Nombres comunes: Moosníil ihaquéepe, moosn-oohit, taca imas, ziih hant cpatj oohit

Localidad: Sonora.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona submareal rocosa y en zonas intermareales protegidas.

Usos y/o aplicaciones: Los pobladores de la etnia de los Seris muestran conocimiento sobre el alga como alimento de los peces ballesta y la tortuga azul. Norris (1985) realiza una investigación etnoficológica de las algas marinas por parte de la etnia de los Seris. Reporta que el nombre "Moosníil" indica que fue comido por la tortuga azul. Se señala que la especie contiene compuestos halogenados (bromos), y esto puede explicar parte del misterio relacionado con la tortuga azul. Dicho misterio hace alusión a una coloración azulada que fue observada cuándo un arpón lastimo a la tortuga azul, y tiñó de azul el arpón. Adicionalmente, varias personas comentan que es alimento de la tortuga verde. Norris (1985) señala que el alga se deteriora rápidamente después de la exposición al aire. Los nombres "moosníil ihaquéepe" significa: lo que les gusta a las tortugas azules; "moosnoohit" significa lo que la tortuga come; "taca imas" significa vello corporal de los peces ballesta y "ziix hant cpatj oohit" significa lo que la platija (peces planos) come.

CERAMIALES

CERAMIACEAE

Centroceras clavulatum (C. Agardh) Montagne

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Actopan: La Mancha, entre los 19° 34' - 19° 36' N y 96° 22" - 96° 24' O, julio 1993; Mpio. Alto Lucero de Gutiérrez Barrios: Punta Delgada, entre 19° 36' 16" - 19° 39' 22" N y 96° 24' 35" - 96° 21' 35" O, junio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en tipos sanguíneos humanos y de conejo, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus* y actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) evaluaron la actividad aglutinante de extractos de la especie, de la localidad de la Mancha. Emplearon eritrocitos de sangre humana de tipo O+, A+, B+ y AB+ y de conejo. Se reporta el poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo (dilución 2⁵) y en los tipos sanguíneos humanos: O+ (dilución 2¹), A+ (dilución 2²), B+ (dilución 2¹⁰), AB+ (dilución 2³). De Lara-Isassi et al. (1999a) evaluaron la actividad bactericida de extractos acetónicos de algas de Punta Delgada. Se reporta halos de inhibición en *S. aureus* (9 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos y acetónicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

Ceramium nitens (C. Agardh) J. Agardh

Localidad: Yucatán: Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10" N, 90° 02" O; Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23" N - 88° 57" O, febrero 2001.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis* y *Micrococcus luteus*. Freile-Pelegrín y Morales (2004) señalan la formación de halos de inhibición con extractos etanólicos en *B. subtilis* (10.0 mm) y *M. luteus* (10.6 mm); mientras que con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1), se observaron halos de inhibición en *B. subtilis* (22.3 mm) y en *M. luteus* (23.0 mm).

RHODOMELACEAE

Acanthophora spicifera (M. Vahl) Børgesen

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, agosto 1995.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan actividad aglutinante en sangre de conejo (dilución 2⁹) y en los tipos sanguíneos O+ (dilución 2²) y A+ (dilución 2⁶).

Bryocladia cuspidata (J. Agardh) De Toni

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Tuxpan: Escollera Tuxpan, 20° 57' 30" N, 97° 23' 00" O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en sangre de conejo y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan por primera vez, la presencia de aglutinas en la especie. Esta actividad aglutinante se observó en sangre de conejo (dilución 2⁴). De Lara-Isassi et al. (2000) indican que los extractos etanólicos y acetónicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

Bryocladia thyrsigera (J. Agardh) F. Schmitz

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. San Andrés Tuxtla: Arroyo de Oro (Costa de Oro), 18° 41' 22" N – 95° 10' 36" O, julio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en sangre humana y de conejo y, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas por primera vez, en la especie. Se presentó aglutinación en la sangre de conejo (dilución 2²) y en el tipo sanguíneo A+ (dilución 2⁴). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos y acetónicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

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

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, noviembre, 1994. Veracruz: Mpio. Tecolutla: Playa Paraíso, entre 19° 34' - 19° 42' N y 96° 23' - 96° 27' O, febrero 1990. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' 33" N, 88° 53' 29" O, febrero, 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10" N, 90° 02" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*, actividad aglutinante en sangre de conejo, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus* y actividad citotóxica contra células de cáncer. De Lara-Isassi y Ponce-Márquez (1991) reportan que la especie de Playa Paraíso mostró actividad antibiótica en extracto etanólico con halos de inhibición en *S. aureus* (12.5 mm). De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la actividad aglutinante en eritrocitos de conejo (dilución 2⁴). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que

causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que con extractos acetónicos, se mostró actividad moderadamente tóxica, con efectos no letales, pero sí efectos etológicos como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis por el mismo período. Freile-Pelegri y Morales (2004) señalan que los extractos etanólicos de la especie de Yucatán, mostró halos de inhibición en *B. subtilis* (7.7 mm); mientras que también, con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol. 2:1) (9.3 mm). Moo-Puc et al. (2009) evaluaron los extractos de la especie colectada en Dzilam de Bravo, realizando ensayos colorimétricos con 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-bromuro de difeniltetrazolio (MTT) y sulforodamina B (SRB) sobre células tumorales, observando alta actividad y selectiva contra las células Hep-2 (células de carcinoma humano laríngeo) ($CC_{50}=8.29 \mu\text{g mL}^{-1}$), así como una actividad media contra las líneas celulares KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}=32.57 \mu\text{g mL}^{-1}$) y HeLa (células de adenocarcinoma humano de cérvix) ($CC_{50}=48.45 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Chondria baileyana (Montagne) Harvey

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Cancún, 21° 09' 38" N, 86° 50' 51" O, entre octubre 2005 y febrero 2006.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Potencial antioxidante (anión súper-óxido de barrido de radicales libres, reducción de la actividad y la inhibición de la peroxidación lipídica). Zubia et al. (2007) reportan de la especie la actividad barredora de radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), demostrando un gran potencial antioxidante, equivalente a algunos antioxidantes comerciales como alfa tocoferol, ácido ascórbico, BHA y

BHT. Se reporta el contenido fenólico de la especie en peso seco (7.30%), que se considera uno de los principales generadores del mecanismo antioxidante.

Chondria nidifica Harvey

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Bahía Magdalena: Estero Banderitas, entre 24° 50"- 25° 00" N y 112° 08" O, noviembre, 2004, febrero y abril del 2005.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: *Bioacumuladora* de metales pesados. Biomonitorio de la contaminación. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) dividieron el Estero Banderitas en tres áreas: superior, medio e inferior, además se colectó en tres estaciones del año. Se reportan: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Destacan el Ni ($9.3 \mu\text{g g}^{-1}$), Fe ($291.5 \mu\text{g g}^{-1}$) y Zn ($9.1 \mu\text{g g}^{-1}$) en la especie. Se señala que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa del estado metabólico y ciclo de vida de las especies pueden influir en la absorción de metales y la acumulación.

Digenea simplex (Wulfen) C. Agardh

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, agosto, 1995. Veracruz: Mpio. Alto Lucero de Gutiérrez Barrios: Punta el Morro, 19° 51' 0" N, 96° 27' 0" O; Mpio. Tecolutla: Playa Paraíso, entre 19° 34" - 19° 42" N y 96° 23" - 96° 27" O, febrero, 1990. Yucatán: Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10" N, 90° 02" O, febrero, 2001.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*, actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo y, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Ponce-Márquez (1991) reportan actividad antibiótica del extracto acetónico con halos de inhibición en *S. aureus* (11.7 mm). De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) evaluaron la actividad aglutinante de los extractos del alga de Puerto Morelos; se reporta la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. Esta actividad aglutinante se observa en sangre de conejo (dilución 2³) y en el grupo sanguíneo O+ (dilución 2⁵). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica de la especie de Puerto Morelos, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (9 mm), tanto con extracto acetónico, acuoso y etanólico. Para Punta el Morro reportan actividad antibiótica con extractos acetónicos formando halos de inhibición en *S. aureus* (7 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos de etanólicos y acetónicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan que los extractos etanólicos de la especie de Yucatán mostró halos de inhibición en *B. subtilis* (7.3 mm); mientras que con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1) (7 mm).

Laurencia intricata J.V. Lamouroux

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, agosto, 1995.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, actividad aglutinante en sangre de conejo y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) señalan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. Se observó esta actividad aglutinante en sangre de conejo (dilución 2³). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica tanto con extractos acetónicos como etanólicos, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (8 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) mencionan que los extractos etanólicos y acetónicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

Laurencia johnstonii Setchell & Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Punta Arena de la Ventana, entre 24° 02' - 24° 08' N y 109° 49' -109° 53' O, San Juan de la Costa, 24° 21' 31" N, 110° 40' 52" O; Mpio. Loreto: Isla El Carmen.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica y antiincrustante frente a las cepas bacterianas, algales y fúngicas; y biomonitoreo de metales pesados. Sánchez-Rodríguez et al. (2001) evaluaron los niveles de concentración de una amplia gama de elementos de importancia ambiental y geoquímica (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Ag). Para la especie de Isla El Carmen, destacan (en peso seco): Br (18.5 µg g⁻¹) y Zn (29 µg g⁻¹). Se concluye que las macroalgas son organismos indicadores de los metales involucrados con ellas y se estima que participan en mecanismos biogeoquímicos que regulan la incorporación, la acumulación y la distribución de diferentes metales traza. Águila-Ramírez et al. (2012) determinaron la actividad

antibacteriana con extractos de éter y butanol del alga de Punta Arena de la Ventana, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (18.7 mm). Con los extractos de éter etílico se presenta antibiosis bacteriana frente a las especies de *Polaribacter irgensii*, *Pseudoalteromonas elyakovii*, *Vibrio aestuarianus*, *Vibrio anguillarum* y *Vibrio pomeroy* ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$) y, en *Halomonas marina* y *Rosevarius tolerans* ($0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$). Para las microalgas marinas tropicales se encontró una concentración mínima inhibitoria: *Rhodorus magnei*, *Neorhodella cyanea*, *Prymnesium calathiferum* y *Ochrosphaera neapolitana* ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$), mientras que en *G. toxicus* ($0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$). Por otra parte, frente a cepas de hongos marinos, la concentración mínima inhibitoria fue: *Halosphaeriopsis mediosetigera*, *Asteromyces cruciatus* y *Monodictys pelágica* ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$), *Zalerion* sp. ($0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$) y *Lulworthia uniseptata* ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Nota: Águila-Ramírez et al. (2012) señalan que el extracto de éter etílico, tiene una alta actividad de inhibición, que es comparable con el antibiótico comercial eritromicina.

***Laurencia microcladia* Kützing**

Localidad: Yucatán.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antileismanial frente a *Leishmania mexicana*. Freile-Peigrín et al. (2008) observaron que los extractos de diclorometano: metanol (7:3) mostraron una actividad media frente al parásito, con un LC_{50} (concentración letal): $16.3 \mu\text{g/mL}$.

Laurencia obtusa (Hudson) J.V. Lamouroux

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, junio, 1997; Mpio. Solidaridad: Chemuyil, 20° 20' 55" N, 87° 21' 11" O, noviembre, 1994. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo, Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero, 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Shigella sonnei*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*, actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo, y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la actividad aglutinante de la especie de Chemuyil, en los tipos sanguíneos B+ (dilución 2²) y AB+ (dilución 2⁴). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica del alga de Puerto Morelos, mostrando halos de inhibición con extracto acetónico en *S. sonnei* (14 mm) y con extracto etanólico (12 mm) (junio 1997). Mientras que una segunda colecta de la especie de Chemuyil en noviembre 1994, muestra actividad en *S. aureus* (8.3 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) observaron que los extractos extractos etanólicos, acetónicos y acuosos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas. Freile-Peegrín y Morales (2004) reportan actividad antibiótica de la especie de Yucatán, mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1) (9.3 mm) y con extractos etanólicos (7.3 mm).

Laurencia pacifica Kylin

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Bahía Magdalena: Estero Banderitas, entre 24° 50' - 25° 00' N y 112° 08' O, noviembre, 2004, febrero y abril, 2005.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Biomonitorio de la contaminación. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) dividieron el estuario en tres áreas: superior, medio e inferior. La especie se reporta en dos temporadas (febrero y abril) y en una sola área (inferior). Se reportan los siguientes metales pesados: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Destacan en febrero: Fe (195.8 $\mu\text{g g}^{-1}$) y Mn (25.2 $\mu\text{g g}^{-1}$), mientras que en abril, los valores de Fe se elevaron (497.6 $\mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn disminuyó (22.9 $\mu\text{g g}^{-1}$). Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies, podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

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

Sinónimo: *Laurencia papillosa* (C. Agardh) Greville

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Loreto: El Juncalito, julio, 1997. Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O; Mpio. Lázaro Cárdenas: Predio San Francisco, 20° 49' 16" N, 87° 30' 17" O, noviembre, 1994. Veracruz: Mpio. Alto Lucero de Gutiérrez Barrios: Punta la Litera, 19° 37' 29" N, 96° 44' 03" O, julio, 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus* y su empleo en el biomonitoreo de la contaminación. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la actividad aglutinante de la especie de Punta Litera sobre eritrocitos de conejo (dilución 2^2) y en los tipos sanguíneos humanos O+ (dilución 2^4), A+ (dilución 2^1), B+ (dilución 2^7), AB+ (dilución 2^{10}). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica del alga de San Francisco, mostrando halos de inhibición de *S. aureus* con extracto acetónico (10 mm) y etanólico (9.4 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que los extractos etanólicos se mostraron moderadamente tóxicos, produciendo efectos no letales, pero sí efectos etológicos, como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período de tiempo. Sánchez-Rodríguez et al. (2001) evaluaron la concentración de una amplia gama de elementos de importancia ambiental y geoquímica (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Ag) en macroalgas del Juncalito. Los valores más altos reportados en la especie (en peso seco) son: Fe ($1900 \mu\text{g g}^{-1}$), Ni ($100 \mu\text{g g}^{-1}$) y Ta ($0.35 \mu\text{g g}^{-1}$). Se concluye que las macroalgas son organismos indicadores de los metales involucrados con ellas, y se estima que participan en mecanismos biogeoquímicos que regulan la incorporación, la acumulación y la distribución de diferentes metales traza.

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

Sinónimo: Laurencia poiteaui (J.V. Lamouroux) M.A. Howe

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, julio, 1992. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo, Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero, 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica en *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus subtilis* y *Micrococcus luteus*. Propiedades antibióticas, anticoagulantes y aglutinantes. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la acción antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (11 mm) tanto con extractos acetónicos y etanólicos; mientras que en *E. aerogenes* con extracto acetónico (10.5 mm). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica de los extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (11 mm). Freile-Pelegrín y Morales (2004) señalan actividad antibiótica en extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1) de algas de Yucatán, observándose halos de inhibición en *B. subtilis* (14 mm) y con extractos etanólicos (8.0 mm); y para *M. luteus* se observaron halos de inhibición con extractos lipídicos solubles (14.7 mm) y con extractos etanólicos (8.0 mm).

SPYRIDIACEAE

Spyridia filamentosa (Wulfen) Harvey

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Punta Arena, Isla Santa Margarita, 24° 31' N, 112° 01' O, agosto, 1979. Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto

Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, agosto, 1995. Sinaloa: Mpio. Navolato:
Laguna Altata, 24° 29.4" N, 107° 42.6" O, abril, 1996. Sonora: Mpio. Puerto
Peñasco: Puerto Peñasco, 31° 19' 00" N, 113° 32' 13" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Micrococcus lysodeikticus*, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*, biomonitoreo de la contaminación (metales pesados) y uso en la alimentación animal. De la Lanza et al. (1989) evaluaron la concentración de metales pesados para sugerirlo en la dieta de animales, utilizando una mezcla de algas con *S. filamentosa* (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha clathrata*, *Padina durvillaei*, *Colpomenia sinuosa*, *Hydroclathrus clathratus*, *Codium magnum* y *Codium cuneatum*). Se obtuvieron los siguientes valores: Hg (no detectado), Pb (1.19 ppm), Cd (0.5 ppm), As (0.8), Cr (1.4 ppm) y Sr (208.0 ppm). Estos valores están en los intervalos que recomiendan para una dieta de animales (Prosi, 1979): Pb de 2 a 3 ppm, con un mínimo de 0.5 ppm y en los máximos de tolerancia de elementos traza en la dieta de animales domésticos, el plomo puede ser aceptado hasta 30 ppm; Cd de 1 a 2 ppm; Cr de 2 a 3 ppm con fluctuaciones de 1 a 13 ppm; Sr como máximo 2000-3000 ppm y en gallinas ponedoras es de 30,000 ppm. Los metales cuantificados en esta muestra reflejan que el área de estudio no ha sido impactada por estos elementos, y que dichas especies pueden ser consumidas en la dieta animal. De Lara-Isassi (1991) evaluó la actividad antibiótica de la especie de Puerto Peñasco con diferentes extractos, formándose halos de inhibición en dos cepas bacterianas: obteniendo tanto con cristales secos (adicionando 2 mL de metanol),

y con extractos alcohólicos concentrados halos en *E. coli* (1.0 mm) y *M. lysodeikticus* (1 mm). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica de extractos acetónicos y etanólicos del alga de Puerto Morelos, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos y etanólicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas. Páez-Osuna et al. (2000) evaluaron la capacidad de las macroalgas como biomonitores de metales pesados en la Laguna Altata. Los elementos más abundantes presentes en las macroalgas estudiadas fueron Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Señalan que el Fe ($1318 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($288 \mu\text{g g}^{-1}$) (ambos elementos en peso seco) en la especie tuvieron los valores más elevados. Los autores concluyen que las macroalgas son biomonitores eficientes, que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por el incremento en la abundancia de los metales.

GELIDIALES

GELIDIACEAE

Gelidium crinale (Hare ex Turner) Gaillon

Localidad: Tamaulipas: Mpio. Soto la Marina: La Pesca, 23° 46.22" N, 97° 44.16" O, junio, 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en sangre de conejo. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan su poder de aglutinación en eritrocitos de conejo (dilución 2^8).

Gelidium robustum (N.L. Gardner) Hollenberg & I.A. Abbott

Nombres comunes: Gelidio, sargazo rojo

Localidad: Baja California Norte. Baja California Sur. Se localiza desde Punta Descanso (B.C.) hasta Isla Margarita (B.C.S.) (Guzmán del Prío et al., 1986).

Hábitat: Especie de ambiente marino, bentónica. Se localizan desde la línea de más baja marea hasta una profundidad de 15 a 16 m, existen reportes que la citan hasta 20 m de profundidad, en fondos rocosos irregulares, con oleajes de gran intensidad y en continuo movimiento, confinada principalmente al piso infralitoral (Guzmán del Prío et al., 1986).

Usos y/o aplicaciones: Se ha empleado en la industria alimenticia y farmacológica. Guzmán del Prío et al. (1986) reportan a la especie como objeto de explotación. Se le emplea en la industria farmacológica y alimentaria como gelificante, espesante y estabilizante. En el primer caso, se emplea para generar agar bacteriológico, pero también para hacer geles de electroforesis y cromatografía, para prótesis dentales, como base para laxantes o emulsiones fotográficas. Mientras que en la industria alimentaria tiene usos en pastelería, bollería, confitería, productos lácteos y cárnicos enlatados. Ortega et al. (1997) corroboran que esta especie es usada como materia prima para la industria del agar, principalmente para medios microbiológicos.

Comercialización: Guzmán del Prío et al. (1986) mencionan que en el mercado la especie se exporta como materia prima para la industria del agar y otra pequeña fracción se destina a la compañía Agar-Mex de Ensenada, en donde se procesa hasta obtener agar dos tipos de geles: bacteriológico y alimenticio. En el caso de Agar-Mex, los precios reportados son \$9,178 el Kg de agar bacteriológico y \$770

el kg de agar alimenticio. Se cosecha principalmente de mayo a septiembre, coincidiendo con las épocas de mar calmo. Se señala que su cosecha se realiza desde 1956, manteniéndose durante 20 años en producciones promedio de 400 a 500 toneladas secas, a excepción de 1967, que fue un año de gran demanda en el mercado y se produjeron 1500 toneladas secas. Por su parte, Ortega et al. (1997) reportan que el alga se empezó a explotar en 1941 por la compañía Alga-Mex y posteriormente por diversas empresas como Industrial de Ensenada, Compañía Mexicana de Agar, Agar-Mex y Gel-Mex. La especie es recolectada por buceo y se cosecha desde 1956 por Productos del Pacífico; se reporta una cosecha de 1297 toneladas para 1984. Se exporta principalmente a Estados Unidos de América, Dinamarca, Noruega y Japón. Se ha estimado que el alga tiene una elongación de 9 cm a 17 cm por año y una altura promedio de 31 a 37 cm, pero se han encontrado especímenes de hasta 1 m.

Nota: Guzmán del Prío et al. (1986) mencionan Baja California Norte como áreas de cosecha, particularmente Isla San Jerónimo, Punta Canoas, Camalú, Ejido Eréndira, El Rosario, El Socorro, Isla San Martín (La Chorera), Islas Todos Santos, La Colorada (Isla Cedros), Noroeste de Punta San Carlos, Punta Baja, Punta Cabras, Punta China, Punta Colnett (Colonet), Punta San Miguel, San Juan de las Pulgas, San Quintín, San Telmo, Santo Tomás, Suroeste de Punta Piedra, Jatay (Xatay), Punta San José, San José Sur, El Campito, Punta Descanso; mientras que para Baja California Sur: San Isidro, Bahía Tortugas (El Rincón), Isla Natividad, Isla San Roque, Punta Eugenia, Punta Quebrada, Sureste de Punta San Fernando.

GELIDIELLACEAE

Gelidiella acerosa (Forsskål) Feldmann & G. Hamel

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Tamiahua: Barra Corazones, 21° 15' 25" N, 97° 26' 2" O, junio, 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en sangre humana y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan que aglutinó eritrocitos humanos del grupo sanguíneo O+ (dilución 2¹). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos y etanólicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

PTEROCLADIACEAE

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

Sinónimos: *Pterocladia capillacea* (S.G.Gmelin) Bornet,

Pterocladia pinnata (Hudson) Papenfuss

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Tamaulipas: Mpio. Soto la Marina: Soto la Marina, 27° 47' N, 90° 12' O, junio 1994. Veracruz: Mpio. Cazonos de Herrera: Barra Cazonos, 20° 42' N, 97° 18' O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante y anticoagulante en sangre de conejo, actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y actividad ictiotóxica frente a

Carassius auratus. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. La actividad se mostró en la sangre de conejo (dilución 2⁵). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus* con extractos acetónicos (8 mm) y etanólicos (8 mm) del alga de Soto la Marina. De Lara-Isassi et al. (1999b) reportan la actividad anticoagulante de la especie de Barra de Cazones; se señala que la especie afecto la coagulación de modo similar a la heparina, por más de 10 minutos, en la prueba de tiempo de protombina. De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos y etanólicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

GIGARTINALES

CYSTOCLONIACEAE

Hypnea johnstonii Setchell & Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Bahía Magdalena: Estero Banderitas, entre 24° 50' - 25° 00' N y 112° 08' O, noviembre 2004, febrero y abril 2005.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Biomonitorio de la contaminación. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) dividieron el Estero Banderitas en tres áreas: superior, medio e inferior, además se colectó en tres estaciones del año. Se reportan: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Los valores que destacan en la especie en noviembre son: Fe (263.9 µg g⁻¹) y Mn (26.7 µg g⁻¹); para febrero los valores en el Fe se elevan (567.5 µg g⁻¹) y en el Mn disminuyen (20.6 µg g⁻¹); mientras que para abril, los valores de Fe se elevaron nuevamente (774.5 µg g⁻¹) y del Mn también (41.9 µg g⁻¹). Los resultados

sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

Hypnea musciformis (Wulfen) J.V. Lamouroux

Localidad: Tamaulipas.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la formación de halos de inhibición en *S. aureus* (3.6 mm) con extracto acetónico.

Hypnea pannosa J. Agardh

Localidad: Baja California Sur: rumbo al Golfo, 25° 55.107" N, 111° 20.556" O, abril 1997.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: *Biomonitoreo* de metales pesados. Sánchez-Rodríguez et al. (2001) evaluaron varios metales (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Ag), destacan en la especie (en peso seco): Ca ($1.24 \times 10^5 \mu\text{g g}^{-1}$), Fe ($2800 \mu\text{g g}^{-1}$) y Sr ($1390 \mu\text{g g}^{-1}$). Se estima que las algas participan en mecanismos biogeoquímicos que regulan la incorporación, la acumulación y la distribución de diferentes metales traza y/o los asimilan por ser necesarios en su metabolismo.

Hypnea spinella (C. Agardh) Kützing

Localidad: Oaxaca: Mpio. San Pedro Pochutla: Zipolite, 15° 39' 45" N, 96° 30' 49" O.

Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O.

Veracruz: Mpio. San Andrés Tuxtla: Arroyo de Oro (Costa de Oro), 18° 41' 22" N, 95° 10' 36" O, julio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: *Actividad* antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*, actividad aglutinante en sangre humana y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) señalan que de la especie de Zipolite muestra actividad aglutinante frente a tres tipos sanguíneos: O+ (dilución 2⁸), A+ (dilución 2⁷) y B+ (dilución 2⁶). Además se reporta actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (5.6 mm) con extracto acetónico. De Lara-Isassi et al. (1996) evaluaron la actividad antibacteriana de la especie de la localidad señalada anteriormente, reportando la formación de halos de inhibición en *S. pyogenes* (12 mm) con extracto acetónico. De Lara-Isassi et al. (1999a) evaluaron la actividad bactericida del extracto acetónico de la especie de Costa de Oro, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (14 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que los extractos etanólicos fueron moderadamente tóxicos, observándose efectos no letales, pero sí efectos etológicos, como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período señalado.

DUMONTIACEAE

Dudresnaya colombiana W.R. Taylor

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48" - 24° 47' 25" N y 110° 16' 27"- 110° 33' 38" O, febrero y agosto 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. Muñoz-Ochoa et al. (2009) reportan la actividad anticoagulante de la especie con extractos acuosos, señalando actividad en la prueba de tromboplastina, obteniendo más de 300 s, extraída a dos temperaturas: 25°C y 80°C.

Weeksia coccinea (Harvey) S.C. Lindstrom

Sinónimos: *Halymenia coccinea* (Harvey) I. A. Abbott

Nombre común: Moosni ipnáil

Localidad: Sonora.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal. Se presenta en primavera a la deriva de la playa (Norris, 1985).

Usos y/o aplicaciones: Alimento de tortuga y como juguete. Norris (1985) reporta que: "Rosa Flores dice que hay diferentes (tipos de) "moosni ipnáil" y que se ven similares pero en diferentes colores. "Moosni ipnáil" se distinguió por ser rojo; sin embargo, rojo no parece ser parte del nombre". "Moosni ipnáil" significa "falda de las tortugas marinas". Se señala que la tortuga verde comía esta alga. El autor menciona que las niñas se ponen las hojas del alga en la cabeza y a veces las usan como bufandas. Así mismo, las niñas juegan con una muñeca de algas que colocan en una cuna portátil, hecha a partir de un trozo de caparazón de tortuga y cubren la muñeca con un pedazo de esta alga que funciona como manta.

GIGARTINACEAE

Chondracanthus canaliculatus (Harvey) Guiry

Sinónimo: Gigartina canaliculata Harvey

Nombres comunes: Pelo de cochi, Gigartina

Localidad: Baja California: El Campo Viejo, La Calavera, Morro Santo Domingo, Punta Canoas, Punta Negra, San Jerónimo, Barranco Bajo, Camalú, Campo de en medio, El Rosario, El Socorro, La Chorera, La Lobera, Punta Baja, Punta Banda, Punta Campo, Punta China, Punta Colonet (Colnett), Punta Morro, Punta Piedra, Punta Rocosa, Punta San Quintín, San Juan de las Pulgas, San Quintín, Santa Rosalita, Santa Catarina, Santo Tomás, Jatay (Xatay); mientras que para Baja California Sur: San José, El Campito, Popotla, Punta Rosarito, Salsipuedes, El Descanso, Rancho Viejo, Cerro Bola, La Salina, Punta María (Santa María), San Carlos, San Isidro, Soledad, Arbolitos, San Antonio, San Jacinto, El Volcán, El Dátil, Punta Blanca, Isla Magdalena (Guzmán del Prío et al., 1986).

Hábitat: Especie de ambiente marino, bentónica, crece en la zona entre mareas, entre 30 y 210 cm de profundidad (Guzmán del Prío et al., 1986). Los autores reportan que el talo generalmente llega a medir entre 10 y 44 cm de altura a una temperatura óptima de crecimiento de 16°C.

Usos y/o aplicaciones: Industria alimentaria. Guzmán del Prío et al. (1986) reportan que la especie se emplea para la extracción de carragenina, que se usa principalmente en la industria de los alimentos como estabilizador de cremas, helados, pudines, jarabe, helados, además como espesante de pay de frutas, jaleas, conservas, etc.

Comercialización: Guzmán del Prío et al. (1986) señalan que de mayo a octubre se obtenían los mayores volúmenes de producción. A partir de 1973, se observó un

incremento en la producción de *Gigartina* en nuestro país, pero toda la producción es exportada íntegramente al extranjero. Después del alginato de sodio, la carragenina ocupa el segundo lugar en los volúmenes que se importan de productos derivados de las algas marinas. Ortega et al. (1997) señalan que esta especie es recolectada manualmente (bajamar), por diversas cooperativas de Baja California, su producción en 1984 fue de 195 toneladas.

Chondracanthus squarulosus (Setchell & N.L. Gardner) J.R. Hughey

P.C. Silva & Hommersand

Sinónimo: Gigartina johnstonii E.Y. Dawson

Nombre común: Tacj-anóosc

Localidad: Sonora.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y a la deriva en la playa. Se observa con mayor incidencia en primavera (Norris, 1985).

Usos y/o aplicaciones: Alimento de la tortuga verde, uso ornamental y como juguete. Norris (1985) reporta que en un collar colgaban un pedazo del alga. Además señala que las tortugas verdes se alimentan de ella, especialmente las tortugas de lugares distintos del Canal del Infiernillo. Así mismo, fue muy utilizada en los juegos por los niños, ya que colgaban piezas de las algas en las ramas y fingían que estas eran pescado o carne de tortuga. Las niñas utilizaban piezas del alga como pendientes o las ponían alrededor de sus oídos. También la utilizaron como ropa para las muñecas. Seri "tacj-anóosc" significa "papilas de marsopa".

SOLIERIACEAE

***Agardhiella* sp.**

Localidad: Campeche.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Industria alimentaria. Guzmán del Prío et al. (1986) reportan que el alga tiene un compuesto denominado "carragenina", que se usa principalmente en la industria de los alimentos como estabilizador de cremas, helados, pudines, jarabe para helados, y como espesante de pay de frutas, jaleas, conservas, etc.

Comercialización: Guzmán del Prío et al. (1986) señalan que la especie se explotó en pequeñas cantidades por algunos meses en 1977 y 1978. Esta era secada y exportada a productores de carragenina en Dinamarca.

Nota: Este género es válido actualmente, sin embargo, muchas de las especies contenidas en él, han sido reorganizadas en diferentes géneros.

Tacanoosca uncinata (Setchell & N.L. Gardner) J.N. Norris,

P.W. Gabrielson & D.P. Cheney

Sinónimo: *Eucheuma uncinatum* Setchell & Gardner

Nombres comunes: Taca-noosc, xepe ol caitic

Localidad: Baja California: Bahía de las Animas, Bahía de los Ángeles, Bahía de Todos Santos, Bahía San Francisquito, Isla Ángel de la Guarda, Bahía San Carlos. Baja California Sur. Sonora: norte de Isla Tiburón, Guaymas. Sinaloa. Se encuentra en todo el Golfo de California, desde Puerto Libertad hasta Mazatlán (Guzmán del Prío et al., 1986).

Hábitat: Especie de ambiente marino, bentónica. Crece en la zona intermareal baja y a la deriva de la playa. Se adhiere en el piso infralitoral en fondos constituidos por

guijarros y cantos rodados, que se encuentran mezclados con arena y es encontrada a menudo en los meses fríos (Norris, 1985). La especie presenta un talo de 15 a 50 cm de largo. Su presencia a diferentes profundidades depende de la cantidad de luz que penetre en el medio (Guzmán del Prío et al., 1986).

Usos y/o aplicaciones: Industria alimentaria. Elaboración de collares, juguetes y como alimento de la tortuga verde. Norris (1985) señala que los Seris usan el alga por sus ramas carnosas y gruesas, las cuales son cortadas en trozos pequeños y amarrados como un collar. Se señala que es alimento de las tortugas verdes. Además los niños jugaban con las algas a que era comida. Rompían el alga en trozos pequeños y la servían en platos de concha, y en broma, comían pequeños fragmentos de ella. Guzmán del Prío et al. (1986) indican que de la especie se extrae la carragenina, que se usa principalmente en la industria de los alimentos como estabilizador de cremas, helados, pudines, jarabe para helados y como espesante de tartas de frutas, jaleas, conservas, etc.

GRACILARIALES

GRACILARIACEAE

***Gracilaria blodgettii* Harvey**

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Tamaulipas: Mpio. Soto la Marina: La Pesca, 23° 46.22" N, 97° 44.16" O, junio 1994.

Hábitat: Especie de hábitat marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: *Actividad* aglutinante en sangre humana y de conejo y, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. Su poder de

aglutinación sobre los eritrocitos de conejo fue alta (dilución 2^{10}), además de presentar actividad en el grupo sanguíneo O+ (dilución 2^5). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos de la especie colectados en Puerto Morelos son tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que los extractos etanólicos, fueron moderadamente tóxicos con efectos no letales, pero sí efectos etológicos, como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período señalado anteriormente.

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

Sinónimo: Gracilaria compressa (C. Agardh) Greville

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, $20^{\circ} 51' 13''$ N, $86^{\circ} 52' 31''$ O. Tabasco: Mpio. Jalpa de Méndez: Mecoacán, entre $18^{\circ} 16' - 18^{\circ} 28'$ N y $93^{\circ} 04' - 93^{\circ} 14'$ O, enero, abril 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*, actividad aglutinante en sangre humana y de conejo, actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus* y su empleo medicinal en el tratamiento de afecciones respiratorias. Ortega et al. (1997) reportan que el alga se prepara en forma de infusión y es recomendada para el tratamiento de afecciones respiratorias como la tos, bronquitis, asma y catarro. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la actividad aglutinante de la especie con un poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo (dilución 2^7), además en los tipos sanguíneos humanos: O+ (dilución 2^8), A+ (dilución 2^8) y AB+ (dilución 2^7).

De Lara-Isassi et al. (1999a) señalan la actividad bactericida de los extractos acetónicos elaborados con la especie, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (9 mm) y *S. pyogenes* (11 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos etanólicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que los extractos acetónicos fueron moderadamente tóxicos, observándose efectos no letales, pero si efectos etológicos, como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, perdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período de tiempo).

Comercialización: Ortega et al. (1997) reportan la venta de la especie en el mercado de Sonora y el pasaje Catedral en el Distrito Federal, y que es conocida como "liquen de Islandia", pese a que el original liquen de Islandia, corresponde a la especie *Chondrus crispus*.

Gracilaria cervicornis (Turner) J. Agardh

Localidad: Veracruz: Mpio. Tamiahua: Barra Corazones, 21° 15' 26" N, 97° 26' 2" O, junio 1994; Mpio. Tuxpan: Escollera Tuxpan, 20° 57' 30" N, 97° 23' 00" O, junio 1994. Yucatán: Mpio. Telchac: Telchac, entre 21° 12" - 21° 17" N y 89° 14" - 89° 17" O, junio 1994, enero 2005 y mayo 2006.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, actividad aglutinante y anticoagulante en sangre humana y de conejo, y actividad citotóxica contra células de cáncer. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan el poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo (dilución 2⁵), y además en los tipos sanguíneos humanos: O+ (dilución 2⁷) y AB+ (dilución 2³). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica de la especie de Barra de Corazones,

mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (8 mm) tanto con extractos acetónicos, como etanólicos. Para la misma localidad, De Lara-Isassi et al. (1999b) evaluaron la actividad anticoagulante, se indica que el extracto afectó la coagulación de un modo similar a la heparina, por más de 10 minutos, en la prueba de tiempo de trombina. Moo-Puc et al. (2009) reportan que la especie de Yucatán mostró una alta actividad citotóxica contra la línea celular KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50} = 19.23 \mu\text{g mL}^{-1}$); sin embargo, también presentó citotoxicidad actividad citotóxica media en células normales ($CC_{50} = 48.64 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Gracilaria crispata Setchell & Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Bahía Magdalena: Estero Banderitas, entre 24° 50' - 25° 00' N y 112° 08' O, noviembre 2004, febrero y abril 2005.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Biomonitorio de la contaminación. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) dividieron el Estero Banderitas en tres áreas: superior, medio e inferior, además se colectó en tres estaciones del año. Se reportan: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. La especie se reporta en abril y en la estación inferior. En la especie destacan el Fe ($576.8 \mu\text{g g}^{-1}$) y Mn ($40.3 \mu\text{g g}^{-1}$) en abril. Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

Gracilaria mammillaris (Montagne) M.A. Howe

Localidad: Veracruz: Mpio. Tamiahua: Barra Corazones, 21° 15' 25" N, 97° 26' 2" O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en sangre humana y de conejo. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas por primera vez en la especie; se manifestó la actividad de aglutinación sobre eritrocitos de conejo (dilución 2⁷) y en el tipo sanguíneo humano: O+ (dilución 2⁴).

Gracilaria pachydermatica Setchell & N.L. Gardner

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Punta Baja, 29°57" N, 115°49" O, abril 1997.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Biomonitordeo de metales pesados. Sánchez-Rodríguez et al. (2001) evaluaron los niveles de concentración de una amplia gama de elementos de importancia ambiental y geoquímica (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Ag). Destacan en la especie (en peso seco): Fe (4500 µg g⁻¹), Ni (200 µg g⁻¹), Se (0.86 µg g⁻¹) y Th (0.41 µg g⁻¹). Se concluye que las macroalgas son organismos indicadores de los metales involucrados con ellas se estima que participan en mecanismos biogeoquímicos que regulan la incorporación, la acumulación y la distribución de diferentes metales traza y/o los asimilan por ser necesarios en su metabolismo.

Gracilaria subsecundata Setchell & N.L. Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 21' 48" - 24° 47' 25" N y 110° 16' 27" - 110° 33' 38" O, febrero y agosto 2004. Sinaloa: Mpio. Elota: Laguna Ceuta, 24° 2.8' N, 107° 70' O, abril 1996.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal y se adhiere a las raíces de mangle.

Usos y/o aplicaciones: *Biomonitoreo* de metales pesados y actividad anticoagulante en sangre humana. Páez-Osuna et al. (2000) reportan que en Laguna Ceuta se detectaron metales como Fe, Mn y Zn, seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Los valores más altos reportados para la especie corresponden (en peso seco) al Fe (607 u/g) y Mn (163 u/g). Los autores concluyen que las macroalgas son biomonitores eficientes, que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por los incrementos en la abundancia de los metales. Cabe destacar, que esta especie se encuentra en una localidad designada como Humedal de importancia internacional. Muñoz-Ochoa et al. (2009) reportan la actividad anticoagulante de extractos acuosos del alga de Bahía de la Paz, mostrando actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a dos temperaturas: 25 °C y 80 °C.

Gracilaria textorii (Suringar) De Toni

Localidad: Baja California Sur. Mpio. Comondú: Bahía Magdalena, Estero Banderitas, entre 24° 50' - 25° 00' N, 112° 08' O, noviembre 2004, febrero y abril 2005.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: *Bioacumuladores* de metales pesados. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) dividieron el Estero Banderitas en tres áreas: superior, medio e inferior,

además se colectó en tres estaciones del año. Se reportan: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Para la especie destacan el Fe ($325 \mu\text{g g}^{-1}$) y Mn ($48.5 \mu\text{g g}^{-1}$) en noviembre; y para febrero disminuye el Fe ($139.9 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($49.1 \mu\text{g g}^{-1}$) se incrementa; en abril el Fe ($579 \mu\text{g g}^{-1}$) se incrementa y el Mn ($41.5 \mu\text{g g}^{-1}$) disminuye. Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

Gracilaria venezuelensis W.R. Taylor

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, $20^{\circ} 51' 13''$ N, $86^{\circ} 52' 31''$ O. Veracruz: Mpio. San Andrés Tuxtla: Arroyo de Oro (Costa de Oro), $18^{\circ} 41' 22''$ N, $95^{\circ} 10' 36''$ O, julio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, actividad aglutinante y anticoagulante en sangre humana y de conejo y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie; se indica que muestra un efecto aglutinante sobre los eritrocitos de conejo (dilución 2^7), y además, en los tipos sanguíneos humanos: O+ (dilución 2^2), A+ (dilución 2^{11}) y B+ (dilución 2^4). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7.0 mm) con extracto acetónico. De Lara-Isassi et al.

(2000) señalan que los extractos etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas.

Gracilaria vermiculophylla (Ohmi) Papenfuss

Localidad: Baja California Sur. Mpio. Comondú: Bahía Magdalena, Estero Banderitas, entre 24° 50" - 25° 00" N y 112° 08" O, noviembre, 2004 febrero y abril 2005. Sinaloa: Mpio. Guasave: Bahía de Navachiste, entre 24° 30' - 24° 41' N y 107° 27' - 108° O, mayo 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra entre la zona intermareal rocosa baja, hasta una profundidad aproximada de 3 m (Orduña-Rojas et al., 2008).

Usos y/o aplicaciones: *Mejoramiento* de la calidad del agar industrial, y bioacumulación de metales pesados. Orduña-Rojas et al. (2008) estudiaron el efecto del tratamiento alcalino sobre las propiedades físicas y químicas del agar obtenido por *G. vermiculophyta* de Bahía de Navachiste. La especie mostró un rendimiento de agar del 25.2%, en el agar nativo de 9.6% con tratamiento de 9% de NaOH. El contenido de sulfatos del agar nativo fue el doble (7.8%) que el encontrado en *G. longissima* y disminuyó hasta 5.8% con el tratamiento de mayor concentración de NaOH. El contenido en sulfatos decreció al incrementarse la concentración de NaOH. Los menores contenidos de 3,6 AG (3,6 anhydro-galactosa) se obtuvieron en el agar nativo (6.7%); con lo que respecta a la muestra tratada con OH, los contenidos aumentaron (43.0%). Las mayores fuerzas de gel, temperaturas de fusión y de gelificación se obtuvieron en el agar obtenido con la mayor concentración álcali. Los autores concluyen que el agar nativo y el tratado podrían ser utilizados en mezclas con otros agares para dar una mejor calidad al agar industrial. En Bahía Magdalena, Riosmena-Rodríguez et al. (2010) dividieron en

tres áreas: superior, medio e inferior, además se colectó en tres estaciones del año. Se reportan: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Destacan en la especie el Fe ($302 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($22.4 \mu\text{g g}^{-1}$) en noviembre; para febrero disminuyen tanto el Fe ($206.2 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($19.3 \mu\text{g g}^{-1}$); y para abril el Fe se incrementa ($236.2 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn disminuye ($18.1 \mu\text{g g}^{-1}$). Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies podría influir en la absorción de metales y su acumulación.

Gracilariopsis andersonii (Grunow) E.Y. Dawson

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Bahía Magdalena, Estero Banderitas, entre $24^{\circ} 50''$ - $25^{\circ} 00''$ N y $112^{\circ} 08''$ O, noviembre 2004, febrero y abril 2005.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: *Bioacumuladores* de metales pesados. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) dividieron el Estero Banderitas en tres áreas: superior, medio e inferior, además se colectó en tres estaciones del año. Se reportan: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Destacan en la especie (en peso seco) el Fe ($195.2 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($28.5 \mu\text{g g}^{-1}$) en noviembre; para febrero disminuyen, tanto el Fe ($160.4 \mu\text{g g}^{-1}$) como el Mn ($23.5 \mu\text{g g}^{-1}$); finalmente, en abril se incrementan: Fe ($322.3 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($25.5 \mu\text{g g}^{-1}$). Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las

diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

Gracilariopsis lemaneiformis (Bory de Saint-Vincent) E.Y.Dawson, Acleto & Foldvik

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Bahía de las Animas, entre 28° 48" - 28° 53" N y 113° 15" - 113° 23" O, agosto, noviembre, 1995, febrero y mayo 1996.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en el piso infralitoral a 3 m de profundidad (Arellano-Carbajal et al., 1999).

Usos y/o aplicaciones: Agarofita para uso industrial. Arellano-Carbajal et al. (1999) evaluaron la variación estacional del agar de la especie. Se encontró una correlación positiva entre la fuerza del gel, el contenido de 3,6-AG (3,6 anhydrogalactosa) y la temperatura de fusión de verano a invierno para la temperatura de gelificación. En agosto, se reporta el menor rendimiento de agar (8.2%) y la mínima temperatura de fusión (92°C); en noviembre, se señala el mayor rendimiento de agar (15.4%), pero la fuerza del gel fue mínima (217 g cm⁻²) y el menor contenido de 3,6-AG (35.5%). El mayor contenido de sulfatos (2.7%); en febrero 1996, se obtuvo el mayor contenido de 3,6-AG (47.8%), el mínimo contenido de sulfatos (0.8%) con una temperatura máxima de gelificación de 37° C; finalmente, en mayo 1996, se reporta la máxima fuerza del gel (892 g cm⁻²) con la máxima temperatura de fusión de 98°C. Se concluye que se encontró una correlación positiva de verano a invierno entre la fuerza del gel, el contenido de 3,6-AG y la temperatura de fusión. Esto lleva a indicar que el agar de febrero (invierno) y mayo (primavera) presentan las especificaciones de agar comercial.

Gracilariopsis longissima (S.G. Gmelin) M. Steentoft, L.M. Irvine & W.F. Farnham

Localidad: Sinaloa: Mpio. Guasave: Bahía de Navachiste, entre 24° 30' - 24° 41' N y 107° 27' - 108° O, mayo 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en zonas lodosas de poca profundidad de 1 a 1.5 m, adherida a rocas o fragmentos de conchas de moluscos.

Usos y/o aplicaciones: *Mejoramiento* de la calidad del agar industrial. Orduña-Rojas et al. (2008) estudiaron el efecto del tratamiento alcalino sobre las propiedades físicas y químicas del agar de *G. longissima*. Se reporta que el rendimiento de agar de la especie varió de 13.2% en el agar nativo a 5.4% con el tratamiento con 5% de NaOH. El contenido en sulfatos decreció al incrementarse la concentración de NaOH. Los menores contenidos de 3,6 AG se obtuvieron en el agar nativo (10.9%), pero en la muestra tratada con OH, los contenidos de 3,6 AG aumentaron (40.9%). Las mayores fuerzas de gel y temperaturas de fusión y de gelificación se obtuvieron en el agar obtenido de los tratamientos con mayor concentración álcali. Los rendimientos de agar obtenidos de los tratamientos alcalinos de esta especie siempre fueron menores al 8%, porcentaje mínimo requerido por la industria. Los autores señalan que el agar nativo y el tratado podrían ser utilizados en mezclas con otros agares para dar una mejor calidad al agar industrial.

Gracilariopsis tenuifrons (C.J. Bird & E.C. Oliveira) Fredericq & Hommersand

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Solidaridad: Playa de Carmen, 20° 37' 39" N, 87° 04' 52" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona infralitoral.

Usos y/o aplicaciones: *Antioxidantes* y pigmentos. Zubia et al. (2014) evaluaron la actividad fotosintética, la composición de pigmentos y la actividad antioxidante

bajo diferentes condiciones de cultivo. Este estudio permitió ver la importancia del nitrógeno para la especie, ya que pudo soportar el estrés generado de la radiación UV-B mediante el aumento de sus defensas antioxidantes que implican compuestos nitrogenados (aminoácidos, glutatión, peroxidasa, catalasa, superóxido dismutasa). Las concentraciones de carotenoides se incrementaron después de la exposición de UV-B acoplado a PAR alta. Este estudio ha demostrado que el alto potencial de fotoprotección contra el factor de estrés, está directamente relacionado con la disponibilidad de N.

Hydropuntia caudata (J. Agardh) Gurgel & Fredericq

Sinónimo: Gracilaria caudata J. Agardh

Localidad: Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo, Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O:

Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O, febrero 2001.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis*. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan la actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* (10.0 mm) con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1); y además, con extractos etanólicos (12.3 mm).

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

Sinónimo: Gracilaria cornea J. Agardh

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52'

31" O, agosto 1995. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo, Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, *Shigella sonnei* y *Bacillus subtilis*, y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. Para Puerto Morelos, De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica de la especie, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* con extractos acetónicos (7.0 mm) y etanólicos (8.0 mm); mientras que con extractos acetónicos y etanólicos, se reporta la actividad en *S. sonnei* (10 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos y acetónicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas. Freile-Pelegrín y Morales (2004) evaluaron la actividad antibiótica de algas de Yucatán, mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* (8.7 mm) con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1), y con extractos etanólicos (8.3 mm).

HALYMENIALES

HALYMENIACEAE

Cryptonemia obovata J. Agardh

Nombre común: Moosni pnáii

Localidad: Sonora.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Elaboración de ropa de muñecas y alimento de la tortuga verde.

Norris (1985) reporta que: "Rosa Flores dice que hay diferentes (tipos de) "moosni ipnáil" y que se ven similares pero en diferentes colores. "Moosni ipnáil" se distinguió por ser rojo; sin embargo, rojo no parece ser parte del nombre". Se señala que la tortuga verde comía esta alga. Se menciona a su vez que las niñas se ponen las hojas del alga en la cabeza y a veces las usan como bufandas. Además, juegan con una muñeca de algas que colocan en una cuna portátil, que

es hecha a partir de un trozo de caparazón de tortuga marina, y cubren la muñeca con un pedazo del alga que funciona como manta. Con lo que respecta al nombre "Moosni ipnáil" significa "falda de las tortugas marinas".

Grateloupia doryphora (Montagne) M.A. Howe

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Tamiahua: Barra Corazones, 21° 15' 25" N, 97° 26' 2" O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: *Actividad* aglutinante y anticoagulante en sangre humana y de conejo, y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. Su poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo fue alta (dilución 2¹⁰), además en el tipo sanguíneo humano O+ (dilución 2⁵). De Lara-Isassi et al. (1999b) evaluaron la actividad anticoagulante del extracto algal, donde se observó una coagulación similar a la heparina, por más de 10 minutos en la prueba de tiempo de trombina. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos y acetónicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

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

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Tamaulipas: Mpio. Tampico: Escollera Tampico, 22° 15' 19" N, 97° 52' 07" O, junio 1994. Veracruz: Mpio. San Andrés Tuxtla: Arroyo de Oro (Costa de Oro), 18° 41' 22" N, 95° 10' 36" O, julio 1993; Mpio. Cazones de Herrera: Barra Cazones, 20° 42' N, 97° 18' O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: *Actividad* antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, actividad aglutinante y anticoagulante en sangre humana y de conejo, y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) señalan que en la especie de Costa de Oro, hay presencia de aglutinas, y por primera vez, se reporta esta actividad en la especie. Su poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo fue alta (dilución 2^{11}), además de que también presentó actividad en los tipos sanguíneos humanos: O+ (dilución 2^2), A+ (dilución 2^3), B+ (dilución 2^7) y AB+ (dilución 2^3). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan que la especie de Escollera (Tampico), forma halos de inhibición en *S. aureus*, tanto con extractos acetónicos (7.0 mm), como etanólicos (7.0 mm). De Lara-Isassi et al. (1999b) reportan que la especie de Barra Cazonas afectó la coagulación de modo similar a la heparina, por más de 10 minutos en la prueba de tiempo de trombina. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos y acetónicos del alga de Puerto Morelos, fueron tóxicos, ya que causaron la muerte de los peces durante un período de dos horas.

Grateloupia prolongata J. Agardh

Localidad: Sinaloa: Mpio. Mazatlán: Mazatlán, 23° 14' 29" N, 106° 24' 35" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: *Actividad* antibiótica frente a *Escherichia coli* y *Micrococcus lysodeikticus*. De Lara-Isassi (1991) reportan la actividad antibiótica con diferentes extractos, formándose halos de inhibición en dos cepas bacterianas: empleando cristales secos (adicionando 2 mL de metanol) en *E. coli* (0.5 mm) y *M.*

lysodeikticus (0.5 mm); con extractos alcohólicos concentrados, en *E. coli* (1.0 mm); mientras que en diluciones 10^{-1} y 10^{-2} , se observó actividad sólo frente a *E. coli* (0.5 mm).

Grateloupia pterocladina (M.J. Wynne) S. Kawaguchi & H.W. Wang

Sinónimo: Prionitis pterocladina M.J. Wynne

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Veracruz: Mpio. Cazonos de Herrera: Barra Cazonos, 20° 42' N, 97° 18' O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus*, tanto con extractos acetónicos (8.0 mm), como etanólicos (8.0 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) mencionan que los extractos etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que los extractos acétonicos, fueron moderadamente tóxicos, observándose efectos no letales, pero si etológicos, como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período de tiempo.

CHLOROPHYTA

ULVOPHYCEAE

ULVALES

ULVACEAE

Ulva acanthophora (Kützinger) Hayden, Blomster, Maggs, P.C. Silva, Stanhope & J.R.

Waaland

Sinónimo: Enteromorpha acanthophora Kützinger

Nombres comunes: Xpanáamscoil, xpanéezj

Localidad: Sonora.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se reporta que es encontrada a menudo en invierno y primavera, en la zona intermareal (Norris, 1985).

Usos y/o aplicaciones: Ornamental. Se elaboran muñecas con la especie. Norris (1985) reporta que las niñas de la comunidad jugaban con muñecas elaboradas con esta alga. Con lo que respecta a los nombres, "xpanáamscoil" significa algas verdes y "xpanéezj" significa membrana de mar.

Ulva clathrata (Roth) C. Agardh

Sinónimo: Enteromorpha clathrata (Roth) Greville

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Punta Arena, Isla Santa Margarita, 24°31' N, 112°01' O, agosto 1979. Sinaloa: Mpio. Ahome: Laguna Ohuira, 25° 39' N, 108° 57' O. Sonora: Mpio. Guaymas: Puerto de Guaymas, 27° 55' N, 110° 53' O; Mpio. Huatabampo: Laguna Yávaros, 26° 41' N, 109° 32' O, abril 1996.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa en sedimentos y pilotes de madera en muelles.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación humana y su empleo en el biomonitorio de metales pesados. De la Lanza et al. (1989) evaluaron los contenidos de seis metales pesados en algas de Comandú con base en los máximos de tolerancia en dietas de animales, con la finalidad de aprovecharlas en la alimentación de animales domésticos (véase texto de *Spirydia filamentosa*). Páez-Osuna et al. (2000) evaluaron la capacidad de las macroalgas de Laguna Ohuira, Puerto de Guaymas y Laguna Yávaros como biomonitores de metales pesados. En este estudio los elementos más abundantes presentes en las macroalgas estudiadas fueron Fe, Mn y Zn, seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Para la laguna de Ohuira, se reporta se da la pesca y actividad intensa de agricultura, los valores más elevados reportados en la especie (en peso seco) corresponden al Fe ($673 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($131 \mu\text{g g}^{-1}$); mientras que en la especie colectada en el Puerto de Guaymas, los metales encontrados corresponden también al Fe ($1862 \mu\text{g g}^{-1}$) seguido del Zn ($85.2 \mu\text{g g}^{-1}$). Finalmente, en la laguna Yávaros, los valores más elevados están representados por el Mn ($4204 \mu\text{g g}^{-1}$), seguido del Fe ($1909 \mu\text{g g}^{-1}$). Los autores señalan que los niveles altos que se encontraron en Fe y Mn están posiblemente relacionados con efluentes provenientes de la agricultura, ya que contienen residuos de fertilizantes y pesticidas, incluyendo los fungicidas metálicos. Los autores concluyen que las macroalgas son biomonitores eficientes, que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por los incrementos en la abundancia de metales.

***Ulva flexuosa* Wulfen**

Sinónimo: Enteromorpha flexuosa (Wulfen) J. Agardh

Localidad: Jalisco: Mpio. Puerto Vallarta: Puerto Vallarta, 20° 37.6' N, 105° 14.2' O, abril 1996.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: *Biomonitora* de metales pesados. Páez-Osuna et al. (2000) señalan que los elementos más abundantes son el Fe, Mn y Zn, seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. En el sitio de colecta y sus alrededores se reporta que existe vertido de aguas residuales y un puerto de operaciones. Los valores más elevados reportados en la especie (en peso seco) son Fe (443 $\mu\text{g g}^{-1}$) seguido del Zn (25.6 $\mu\text{g g}^{-1}$). Los autores concluyen que las macroalgas son biomonitores eficientes, que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por los incrementos en la abundancia de los metales.

***Ulva intestinalis* Linnaeus**

Sinónimo: Enteromorpha intestinalis (Linnaeus) Nees

Localidad: Baja California Sur. Entre Punta Tarabillas y la Isla Espíritu Santo, 24° 08' 04" N, 110° 21' 00" O. Nayarit: Mpio. San Blas: San Blas, 21° 32' 23" N, 105° 17' 08" O. Oaxaca: Mpio. Asunción Cacalotepec: Cacalotepec, 18° 00' 00" N, 97° 40' 00" O; Mpio. San Pedro Pochutla: Zipolite, 15° 39' 45" N, 96° 30' 49" O. Sinaloa: Mpio. Mazatlán: Puerto de Mazatlán, 23° 12.6' N, 106° 23.3' O, abril 1996. Veracruz: Mpio. Cazones de Herrera: Barra Cazones, 20° 42' N, 97° 18' O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona mesolitoral e intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Shigella sonnei*, *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*, actividad ictiotóxica frente al pez *Carassius auratus* y biomonitoreo de metales pesados. De Lara-Isassi et al. (1993) reportan actividad antibiótica con extractos alcohólicos de San Blas, mostrando halos de inhibición en *S. sonnei* (13.1 mm). De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) mencionan acción antibiótica de la especie de Oaxaca, mostrando halos de inhibición con extractos acetónicos en *S. aureus* (5.6 mm) y *S. pyogenes* (7.6 mm). De Lara-Isassi et al. (1996) evaluaron la actividad antibacteriana con extractos acetónicos de la especie de Cacalotepec en *S. aureus* (12 mm) y *S. pyogenes* (14 mm); mientras que en la localidad de Zipolite, se observó actividad en *S. aureus* (12 mm). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (9.0 mm) con extracto etanólico, la especie fue colectada en Barra de Cazonas. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos de la especie de la localidad señalada anteriormente, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que con los extractos etanólicos, fueron efectos moderadamente tóxicos (efectos no letales, pero sí efectos etológicos como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis, durante el mismo período de tiempo). Páez-Osuna et al. (2000) reportan que en Mazatlán se encuentran fábricas de pescado y camarón, que existe vertido de aguas residuales y hay cultivo de camarón en astilleros. Los elementos más abundantes reportados en el estudio fueron Fe, Mn y Zn, seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Los valores más altos encontrados en el alga (en peso seco) corresponden al Fe (4030 $\mu\text{g g}^{-1}$) seguido del Mn (114 $\mu\text{g g}^{-1}$). Los autores concluyen que las macroalgas son

biomonitores eficientes que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por los incrementos en la abundancia de los metales. Rodríguez-Castañeda et al. (2006) evaluaron la concentración de elementos inorgánicos en la Bahía de la Paz. El área fue dividida en 19 estaciones, entre Punta Tarabillas y la Isla Espíritu Santo. Se reporta que las macroalgas más extendidas en siete estaciones fueron *E. intestinalis* y *C. sertularioides*, estas mostraron una gran variedad en el contenido de metales pesados acumulados (Na, K, Ca, Fe, Rb, Cs, Th, Sr, Ba, Sc, U, Zr, Hf, Ta, Cr, Co, Zn, As, Sb, Se, Br). En agosto 1998 la especie mostró una elevada concentración de Fe (1.4%) y K (3.1%) en la estación 8 (sur de San Juan de la Costa). En general, también se notaron altas concentraciones de elementos traza (Cr, Hf, Rb, Sc, Se, Ta, Th, U y Zn) en las especies colectadas en la estación 8 y 9, cerca de San Juan de la Costa. Se reporta la presencia de altas concentraciones en la especie de U (33 mg kg⁻¹), Cr (80 mg kg⁻¹) y Ba (425 mg kg⁻¹) en la estación 9. Mientras que en la estación 6 (parte semicerrada de la laguna la Paz) se registraron niveles elevados de Co (4.7 mg kg⁻¹). Se concluyen que las concentraciones mayores de los elementos varían dependiendo las especies y el sitio de muestreo y que el área no ha sufrido graves impactos por actividad humana.

***Ulva lactuca* Linnaeus**

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Punta Arena, Isla Santa Margarita, 24° 31' N, 112° 01' O, agosto 1979; Mpio. La Paz: Punta Arena de la Ventana, entre 24° 02' - 24° 08' N y 109° 49' - 109° 53' O; San Juan de la Costa, entre 24° 22' - 24° 29' N y 110° 40' - 110° 45" O. Colima: Mpio. Manzanillo: Puerto de Manzanillo, 19° 04.5' N y 104° 17.9' O, abril 1996. Jalisco: Mpio. La Huerta: Bahía Tenacatita, 19°

28' N, 104° 84' O, mayo y noviembre 2009; Careyes, 19° 29' 00" N, 104° 39' 00" O. Oaxaca. Sinaloa: Mpio. Mazatlán: Puerto de Mazatlán, 23° 12.6' N, 106° 23.3' O, abril 1996. Sonora: Mpio. Huatabampo: Laguna Yávaros, 26° 41' N, 109° 32' O, abril 1996.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el mesolitoral, adherida a raíces de los manglares y a pilotes de madera en los muelles.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica y antiincrustante frente a cepas bacterianas, algales y fúngicas, actividad aglutinante en sangre humana, propiedades bioestimulantes en el crecimiento vegetal de *Solanum lycopersicum* (Tomate), uso en la alimentación animal y empleo en el biomonitoreo de metales pesados. De la Lanza et al. (1989) evaluaron los contenidos de seis metales pesados de algas de Comondú con base en los máximos de tolerancia en dietas de animales, con la finalidad de aprovecharlas en la alimentación de animales domésticos (véase texto de *Spirydia filamentosa*). De Lara-Isassi et al. (1993) reportan la actividad antibiótica de la especie de Careyes mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (2.5 mm) con extracto acetónico. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan actividad aglutinante de la especie frente a tres tipos sanguíneos: O+ (dilución 2⁸), A+ (dilución 2³) y B+ (dilución 2¹). Páez-Osuna et al. (2000) reportan que para la Laguna Yávaros, se encontraron valores elevados (en peso seco) de metales, en la especie: Mn (2515 µg g⁻¹), Fe (458 µg g⁻¹) y Zn (20.6 µg g⁻¹); mientras que para el Puerto de Mazatlán, los valores más elevados corresponden, de igual manera, al Fe (670 µg g⁻¹), Mn (58 µg g⁻¹) y Zn (8.8 µg g⁻¹); finalmente, para Manzanillo, los valores más elevados encontrados corresponden al Fe (2532

$\mu\text{g g}^{-1}$), Mn ($65 \mu\text{g g}^{-1}$) y Zn ($29.9 \mu\text{g g}^{-1}$). Los autores concluyen con que los altos niveles presentados principalmente en Fe, Mn y Cu en mencionadas áreas, están posiblemente relacionados con los efluentes provenientes de la agricultura, que contienen residuos de fertilizantes y pesticidas, incluyendo los fungicidas metálicos; además de señalar que las macroalgas son biomonitores eficientes, que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por los incrementos en la abundancia de los metales. Águila-Ramírez et al. (2012) reportan la actividad antibacteriana y el potencial anti-incrustante de la especie, colectada en San Juan de la Costa y Punta Arena de la Ventana. Se reporta la actividad antibacteriana con extractos orgánicos (éter etílico), mostrando halos de inhibición en especies marinas (concentración mínima inhibitoria): *Halomonas marina*, *Pseudoalteromonas elyakovii*, *Rosevarius tolerans*, *Vibrio anguillarum*, *Vibrio pomeroyri* ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$); y en *Polaribacter irgensii* y *Vibrio aestuarianus* ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$); para microalgas marinas templadas (concentración mínima inhibitoria): *Halamphora coffeaformis*, *Cylindrotheca closterium*, *Navicula jeffreyae*, *Pleurochrysis roscoffensis*, *Exanthemachrysi gayraliae* ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$); y para *Chlorarachnion globosum* ($25 \mu\text{g mL}^{-1}$); mientras que para microalgas marinas tropicales (concentración mínima inhibitoria): *Rhodorus magnei*, *Prymnesium calathiferum* y *Ochrosphaera neapolitana* ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$); y para *Neorhodella cyanea* y *Gambierdiscus toxicus* ($0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$). Finalmente, se registró actividad frente a cepas de hongos marinos (concentración mínima inhibitoria): *Halosphaeriopsis mediosetigera*, *Asteromyces cruciatus*, *Zalerion* sp., *Monodictys pelagica* ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$) y en *Lulworthia uniseptata* ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$). Hernández-Herrera et al. (2014a) señalan el efecto del extracto líquido de la especie de Bahía Tenacatita, en el

proceso de bioestimulación de la germinación y el crecimiento del tomate. Se reporta que las semillas tratadas con el extracto líquido a una concentración de 1.0% mostraron una mayor germinación, además de que su aplicación en el suelo fue más eficaz reflejado en la altura de la planta (hasta 79 cm), mientras que con la aplicación foliar (75 cm) los resultados no fueron óptimos. Los autores consideran que la especie algal es un buen bioestimulador para mejorar el desarrollo del crecimiento de las plantas de tomate. Hernández-Herrera et al. (2014b) reportan el efecto protector de la especie sobre la planta del tomate, contra el hongo necrotrófico *Alternaria solani*. Se indica que los extractos de la especie algal lograron reducir las lesiones necróticas inducidas por el hongo, así mismo, los extractos de *U. lactuca*, pueden inducir la expresión de genes SWRP, incluyendo la defensa, camino de la señal y los genes de la proteasa.

Nota: Hernández-Herrera et al. (2014a) señalan que la especie tiene una alta concentración (en peso seco) de Na ($5.57 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), pero mínima de Ca ($1.88 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), K ($1.85 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y P ($0.10 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

***Ulva linza* Linnaeus**

Sinónimo: Enteromorpha linza (Linnaeus) J. Agardh

Localidad: Sinaloa: Mpio. Navolato: Laguna Altata, 24° 29.4' N, 107° 42.6' O, abril 1996.

Sinaloa-Sonora: Laguna Agiabampo, 26° 21.8' N, 109° 10.0' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal teniendo como sustrato, pilotes de madera en los muelles y los sedimentos.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal y biomonitoreo de metales pesados. Páez-Osuna et al. (2000) señalan que los elementos más abundantes presentes en las macroalgas de laguna Altata y la laguna Agiabampo fueron el Fe, Mn y Zn,

seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Para la primera Laguna y sus alrededores se reporta que se da la pesca y existe una alta actividad en la agricultura, el cultivo de camarón y el vertido de aguas residuales. Los valores más altos reportados para la especie (en peso seco) son el Fe ($274 \mu\text{g g}^{-1}$), Mn ($70 \mu\text{g g}^{-1}$) y Zn ($23.2 \mu\text{g g}^{-1}$). Para la Laguna Agiabampo, se reporta que en el sitio de colecta se da la pesca y existen comunidades rurales. El valor más alto reportado en el alga fue el Fe ($594 \mu\text{g g}^{-1}$), seguido del Mn ($25 \mu\text{g g}^{-1}$) y Zn ($13.5 \mu\text{g g}^{-1}$). Para la Laguna de Altata, los autores señalan que los niveles presentados con el Fe y Mn, están posiblemente relacionados con efluentes provenientes de la agricultura que contienen residuos de fertilizantes y pesticidas, incluyendo los fungicidas metálicos. Ramírez-Higuera et al. (2014) evaluaron el efecto antioxidante e hipertensivo de la especie en dietas hipercalóricas para ratas. Las dietas 3 (dieta estándar + *U. linza*) y 4 (dieta en alto contenido de grasa y rica en sacarosa + *U. linza*) mostraron la reducción significativa de la grasa intra-abdominal y una disminución de la presión de 35%, en comparación con el grupo estándar (18%). Además, los grupos tratados con la especie mostraron una reducción del 17% de colesterol y 20% de triglicéridos, en comparación con la dieta en alto contenido de grasa y rica en sacarosa.

Ulva nematoidea Bory de Saint-Vincent

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Punta San Isidro, $31^{\circ} 16' 41''$ N, $116^{\circ} 22' 16''$ O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre de conejo. Guerra-Rivas et al. (2011) reportan actividad anticoagulante con extractos acuosos y orgánicos de la especie. Señalan que en las pruebas de coagulación el alga mostró actividad en

la prueba aPTT (activación parcial del tiempo de tromboplastina) con extractos metanólicos, a una concentración de $90 \mu\text{g mL}^{-1}$ (20.63 s) y $3000 \mu\text{g mL}^{-1}$ (21.08 s); también, se observó actividad en la prueba PT (tiempo de protombina), mostrando actividad a una concentración de $30 \mu\text{g mL}^{-1}$ (10.95 s). Con respecto a extractos etanólicos, se observa actividad en la prueba aPTT a las concentraciones de $60 \mu\text{g mL}^{-1}$ (19.55 s) y $90 \mu\text{g mL}^{-1}$ (19.50 s), mientras que en la prueba PT, se reporta actividad a $30 \mu\text{g mL}^{-1}$ (8.78 s) y a $900 \mu\text{g mL}^{-1}$ (8.30 s). Finalmente, con extractos acuosos calientes, se reporta la actividad en la prueba aPTT a tres concentraciones: $500 \mu\text{g mL}^{-1}$ (25.63 s), $750 \mu\text{g mL}^{-1}$ (25.45 s) y $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ (26.63 s).

Notas: Dentro del estudio de Guerra-Rivas et al. (2011) se cuantificaron el contenido de proteínas (12.34%), fibra (2.2%) y lípidos (0.53%).

***Ulva* sp.**

Sinónimo: *Enteromorpha* Link

Nombres comunes: Chonak, choonakil, ucho" nakilha, ova de agua.

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía de la Paz, entre $24^{\circ} 07'$ - $24^{\circ} 21'$ N y $110^{\circ} 17'$ - $110^{\circ} 40'$ O. Sinaloa: Mpio. Mazatlán: Mazatlán, $23^{\circ} 14' 29''$ N, $106^{\circ} 24' 35''$ O. Veracruz: Mpio. Coatzacoalcos: Coatzacoalcos, $18^{\circ} 08' 56''$ N, $94^{\circ} 24' 41''$ O. Yucatán.

Hábitat: Especie de ambiente marino, bentónica y se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Escherichia coli* y *Micrococcus lysodeikticus*, uso medicinal en afectaciones de la piel y efecto protector en el contenido de DHA en el huevo de gallina. De Lara-Isassi (1991) señala actividad

antibiótica del alga de Mazatlán, con diferentes extractos, formándose halos de inhibición en dos cepas bacterianas: con cristales secos (adicionando 2 mL de metanol) en *E. coli* (1.0 mm) y *M. lysodeikticus* (1.0 mm); con extractos alcohólicos concentrados en *E. coli* (0.5 mm) y *M. lysodeikticus* (0.5 mm); y en dilución 10^{-1} en *E. coli* (0.5 mm). Ortega et al. (1997) reportan el uso medicinal de la especie de Coatzacoalcos, empleada en la eliminación de algunas alteraciones de la piel, como el acné. Godínez et al. (2001) reportan que quizás en Yucatán, se haga alusión al género, con el término “ova marina” que significa *Ulva marina*. Carrillo et al. (2012a) evaluaron la influencia de macroalgas en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFAs) en el huevo, que comercialmente es incluido a través del aceite de sardina en las dietas de las gallinas, para dar esta cualidad en el huevo. Se reporta que el total de lípidos contenidos en la especie de Bahía de la Paz fue de 2.27 %, mientras que las concentraciones de ALA, fueron las más altas reportadas en el estudio (6.4%). Se concluye que la inclusión del género en las dietas de gallinas, eleva el contenido de DHA y le da un efecto protector a éste (constituido por 2% de aceite de sardina + 10% de *Enteromorpha* sp. en la dieta).

CLADOPHORALES

ANADYOMENACEAE

Anadyomene stellata (Wulfen) C. Agardh

Localidad: Yucatán: Mpio. Celestún: Celestún, 20° 48' 30" N, 90° 27' O, junio 1998.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante sobre sangre humana. De Lara-Isassi et al. (2004) señalan la actividad anticoagulante del alga sobre plasma humano, en dos pruebas estandarizadas de coagulación del plasma humano: de trombina y

protrombina, por períodos superiores de 10 minutos. Los autores concluyen que su acción podría ser equivalente a la actividad de la heparina,

CLADOPHORACEAE

Chaetomorpha antennina (Bory de Saint-Vincent) Kützing

Localidad: Guerrero. Oaxaca: Mpio. Asunción Cacalotepec: Cacalotepec, 18° 00' 00" N, 97° 40' 00" O; Mpio. Santa María Colotepec: Zicatela, 19° 49' 39" N, 99° 12' 11" O. Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O. Tamaulipas: Mpio. Soto la Marina: La Pesca, 23° 46.22' N, 97° 44.16' O, junio 1994.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y su actividad ictiotóxica frente al pez *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) mencionan la acción antibiótica de la especie en Guerrero y Oaxaca. Para el primer estado, se reporta actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (3.8 mm) con extractos etanólicos; mientras que en Oaxaca, se reportó la acción antibiótica en *S. aureus* (5.6 mm) con extractos acetónicos. De Lara-Isassi et al. (1996) reportan la actividad antibiótica de extractos de acetónicos, de las localidades de Cacalotepec y Zicatela, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (12 mm) en ambas localidades. De Lara-Isassi et al. (1999a) señalan la actividad antibiótica de la especie de Soto la Marina, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7 mm) tanto con extractos etanólicos como acetónicos. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas; mientras que los extractos acetónicos, fueron

moderadamente tóxicos, generando efectos no letales, pero si efectos etológicos, como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis durante el mismo período de tiempo.

Cladophora sericea (Hudson) Kützing

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre 24° 07' - 24° 21' N y 110° 17' - 110° 40' O, febrero y agosto 2004. Nayarit: Mpio. San Blas: San Blas, 21° 32' 23" N, 105° 17' 08" O. Veracruz: Mpio. San Andrés Tuxtla: Arroyo de Oro (Costa de Oro), 18° 41' 22" N, 95° 10' 36" O, julio 1993.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el mesolitoral.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante y aglutinante en tipos sanguíneos humanos y de conejo, y actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi et al. (1993) reportan actividad antibiótica de la especie de San Blas, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (4.0 mm) con extracto acétonico. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie; el alga fue colectada en Costa de Oro. Se observó actividad aglutinante en los tipos sanguíneos: O+ (dilución 2²), A+ (dilución 2¹), B+ (dilución 2⁴) y de conejo (dilución 2⁷). Para la localidad anterior, De Lara-Isassi et al. (1999a) señalan la actividad antibiótica de la especie, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* con extractos acetónicos (11 mm), etanólicos (8 mm) y acuosos (8 mm). Muñoz-Ochoa et al. (2009) señalan que la especie de Bahía de la Paz mostro actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a una temperatura de 25°C.

BRYOPSIDALES

CODIACEAE

Codium amplivesiculatum Setchell & N.L. Gardner

Sinónimo: Codium magnum E.Y. Dawson

Localidad: Baja California Sur: Mpio. Comondú: Bahía Magdalena: Estero Banderitas, entre 24° 50' - 25° 00' N, 112° 08' O, noviembre, 2004, febrero y abril 2005; Punta Arena, Isla Santa Margarita, 24° 31' N, 112° 01' O, agosto 1979. Sinaloa: Mpio. Guasave: Laguna Navachiste, 25° 33.5' N, 108° 52.5' O, abril 1996. Sonora: Mpio. San Ignacio Río Muerto: Laguna Lobos, 27° 23.1' N, 110° 33.0' O, abril 1996.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal teniendo como sustrato los sedimentos.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal y biomonitoreo de metales pesados. De la Lanza et al. (1989) evaluaron los contenidos de seis metales pesados de algas de Comondú con base en los máximos de tolerancia en dietas de animales, con la finalidad de aprovecharlas en la alimentación de animales domésticos (véase *Spirydia filamentosa*). Páez-Osuna et al. (2000) evaluaron los elementos más abundantes presentes en macroalgas de Lobos y Laguna de Navachiste, destacando Fe, Mn y Zn, seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Para la primera laguna se reporta que existe actividad pesquera y agricultura intensa. Se indica que los valores más elevados en la especie (en peso seco) corresponden al Fe ($259 \mu\text{g g}^{-1}$), seguido del Mn ($34 \mu\text{g g}^{-1}$) y Zn ($10.5 \mu\text{g g}^{-1}$); mientras que, para la laguna de Navachiste, se reporta que hay pesca, agricultura y cultivo de camarón. Los valores más elevados corresponden nuevamente al Fe ($454 \mu\text{g g}^{-1}$), seguido del Mn ($37 \mu\text{g g}^{-1}$) y Zn ($22.8 \mu\text{g g}^{-1}$). En función de los resultados obtenidos, los

autores concluyen que las macroalgas son biomonitores eficientes, que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por los incrementos en la abundancia de los metales. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) determinaron la concentración de metales pesados en algas y pastos marinos en bahía Magdalena, describiendo la variación de dichas concentraciones en el espacio y el tiempo. Los autores dividieron el estuario en tres áreas: superior, medio e inferior, tres temporadas y tres estaciones. Se reportan: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Para la especie destacan en noviembre (en peso seco) el Fe ($362.2 \mu\text{g g}^{-1}$), Ni ($8 \mu\text{g g}^{-1}$), Mn ($52.9 \mu\text{g g}^{-1}$) y Zn ($7 \mu\text{g g}^{-1}$); para febrero, se registra una disminución en el Fe ($190.2 \mu\text{g g}^{-1}$), Mn ($12.6 \mu\text{g g}^{-1}$) y Ni ($6.6 \mu\text{g g}^{-1}$), pero un aumento en el Zn ($15 \mu\text{g g}^{-1}$). Finalmente para abril, los valores de los mismos elementos aumentan nuevamente: Fe ($399.2 \mu\text{g g}^{-1}$), Ni ($7.8 \mu\text{g g}^{-1}$) y Mn ($18.7 \mu\text{g g}^{-1}$), mientras que el Zn disminuye ($9.7 \mu\text{g g}^{-1}$). Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

Codium brandegeei Setchell & N.L.Gardner

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre $24^{\circ} 07'$ - $24^{\circ} 21'$ N y $110^{\circ} 17'$ - $110^{\circ} 40'$ O, febrero y agosto 2004.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. Muñoz-Ochoa et al. (2009) observan actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a una temperatura de 80°C.

Codium fragile (Suringar) Hariot

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Punta San Isidro, 31° 16' 41" N, 116° 22' 16" O. Baja California Sur: Mpio. Comondú: Punta Arena de la Ventana, entre 24° 02' - 24° 08' N y 109° 49' - 109° 53' O; Mpio. La Paz: San Juan de la Costa, entre 24° 22' - 24° 29' N y 110° 40' - 110° 45' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante sobre sangre de conejo y actividad antialgal. Guerra-Rivas et al. (2011) observaron actividad anticoagulante con extractos acuosos y orgánicos de Punta San Isidro, se reporta que en las pruebas de coagulación la especie mostró actividad en la prueba aPTT (activación parcial del tiempo de tromboplastina) con extractos metanólicos a tres concentraciones: 150 µg mL⁻¹ (22.40 s), 200 µg mL⁻¹ (22.95 s) y 250 µg mL⁻¹ (24.90 s). También se observó actividad con extractos acuosos fríos, en la prueba aPTT a dos concentraciones: 7.5 µg mL⁻¹ (28.13 s) y 10 µg mL⁻¹ (28.85 s), así mismo, en la prueba PT (tiempo de protrombina) a las mismas concentraciones: 7.5 µg mL⁻¹ (6.33 s) y 10 µg mL⁻¹ (7.15 s). Finalmente, con extractos acuosos calientes, se reporta la actividad en la prueba aPTT a dos concentraciones: 5 µg mL⁻¹ (14.38 s) y 10 µg mL⁻¹ (14.78 s), además en la prueba PT, a la concentración de 20 µg mL⁻¹ (8.68 s). Se concluye que los extractos fríos a las concentraciones de 7.5 µg mL⁻¹ y 10 µg mL⁻¹, confirman la actividad anticoagulante de la especie. Águila-Ramírez et al. (2012) observan actividad antialgal frente a las cepas de microalgas

tropicales (concentración mínima inhibitoria): *Neorhodella cyanea* y *Prymnesium calathiferum* ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$), y en *Rhodorus magnei* ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Nota: Dentro del estudio de Guerra-Rivas et al. (2011) se cuantificaron el contenido de proteínas (8.25%), lípidos (0.5%), fibra (5.1%) y carbohidratos (39.4%).

Codium giraffa P.C. Silva

Localidad: Oaxaca.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante y anticoagulante en sangre humana. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) determinaron las propiedad aglutinante en los tipos sanguíneos: O+, A+, B+ (dilución 2^7 en los tres tipos sanguíneos); también se reporta actividad anticoagulante en la prueba de tiempo de trombina (más de 10 minutos).

Codium isabellae W.R. Taylor

Localidad: Jalisco: Mpio. Puerto Vallarta: Puerto Vallarta, $20^{\circ} 37.6' \text{ N}$, $105^{\circ} 14.2' \text{ O}$, abril 1996. Nayarit: Mpio. Compostela: Guayabitos (Rincón de Guayabitos), $21^{\circ} 1' 30.99'' \text{ N}$ - $105^{\circ} 16' 9.64'' \text{ O}$.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el mesolitoral.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y biomonitoreo de metales pesados. De Lara-Isassi et al. (1993) reportan la actividad antibiótica de la especie de Rincón de Guayabitos mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7.5 mm) con extracto acetónico. Páez-Osuna et al. (2000) reportan que en Puerto Vallarta existe vertido de aguas residuales y hay un puerto de operaciones. Los elementos más abundantes presentes en las macroalgas

estudiadas fueron: Fe, Mn y Zn, seguidos por Cu, Ni, Co, Cr y Cd. Se reporta que los valores más elevados en la especie (en peso seco) son el Fe ($895 \mu\text{g g}^{-1}$), seguido del Zn ($87.7 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($36 \mu\text{g g}^{-1}$). Los autores concluyen que las macroalgas son biomonitores eficientes, que pueden reflejar la sospecha o el sitio de contaminación por los incrementos en la abundancia de los metales.

***Codium isthmocladum* Vickers**

Localidad: Quintana Roo. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, $21^{\circ} 23' \text{ N}$, $88^{\circ} 57' \text{ O}$, febrero 2001; Mpio. Sisal: Sisal, $21^{\circ} 10' \text{ N}$, $90^{\circ} 02' \text{ O}$.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante en sangre humana y actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan actividad aglutinante frente al tipo sanguíneo O+ (dilución 2^2). Freile-Pelegrín y Morales (2004) observaron actividad antibiótica de la especie de Dzilam, mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* (7 mm) con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1).

***Codium simulans* Setchell & N.L. Gardner**

Sinónimo: *Codium cuneatum* Setchell & N.L. Gardner

Nombres comunes: Taca oomas, tacj oomas

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Tijuana: Isla Coronados, $26^{\circ} 00.880' \text{ N}$, $111^{\circ} 19.989' \text{ O}$. Baja California Sur: Mpio. Comondú: Bahía Magdalena, Estero Banderitas, entre $24^{\circ} 50' - 25^{\circ} 00' \text{ N}$, $112^{\circ} 08' \text{ O}$, noviembre 2004, febrero y abril 2005; Punta Arena, Isla Santa Margarita, $24^{\circ} 31' \text{ N}$, $112^{\circ} 01' \text{ O}$, agosto 1979; Mpio. La Paz: Bahía la Paz, entre $24^{\circ} 21' 48'' - 24^{\circ} 47' 25'' \text{ N}$ y $110^{\circ} 16' 27'' - 110^{\circ} 33'$

38" O, febrero y agosto 2004; Mpio. Loreto: Isla Danzante, 25° 47.597' N, 111° 15.541' O, abril 1997. Sonora.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana, bioacumuladora de metales pesados y su uso en el juego de los niños de la comunidad Seri. Norris (1985) reporta que los niños de la comunidad juegan con esta alga, y esto se debe a su carnosidad, asemejando que es carne de pescado o tortuga. Con respecto a los nombres "taca oomas" significa "el cordón torcido de los peces ballesta" y "taci oomas" el cordón que la marsopa entrelazó. De la Lanza et al. (1989) evaluaron los contenidos de seis metales pesados de algas de Comondú con base en los máximos de tolerancia en dietas de animales, con la finalidad de aprovecharlas en la alimentación de animales domésticos (véase *Spirydia filamentosa*). Ortega et al. (1997) reportan que la tribu Seri empleaba el alga para elaborar pelotas. Sánchez-Rodríguez et al. (2001) evaluaron los niveles de concentración de una amplia gama de elementos de importancia ambiental y geoquímica (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Ag) en macroalgas marinas de Isla Danzante, Rumbo al Golfo e Isla Coronado. Para la primera localidad, se encontraron los siguientes valores en la especie (en peso seco): As ($26.3 \mu\text{g g}^{-1}$), Ca ($2.74 \times 10^4 \mu\text{g g}^{-1}$), Fe ($210 \mu\text{g g}^{-1}$), Sr ($165 \mu\text{g g}^{-1}$); para la segunda localidad, los elementos tendieron a incrementarse: As ($41.4 \mu\text{g g}^{-1}$), Ca ($3.45 \times 10^4 \mu\text{g g}^{-1}$) y Fe ($350 \mu\text{g g}^{-1}$), mientras que el Sr disminuyó ($120 \mu\text{g g}^{-1}$); finalmente, en Isla Coronado, los elementos fueron los más bajos de las tres colectas: As ($17.9 \mu\text{g g}^{-1}$), Ca ($2.29 \times 10^4 \mu\text{g g}^{-1}$), Fe ($120 \mu\text{g g}^{-1}$), Sr ($140 \mu\text{g g}^{-1}$). Se concluye que la especie parece tener una acumulación selectiva de arsénico y

este parece ser un proceso natural, ya que no hay fuentes antropogénicas evidentes de este elemento. Se señala que es importante ampliar el número de especies de macroalgas utilizados como organismos indicadores, así como de los metales involucrados con ellas. Además de intentar dilucidar algunos de los mecanismos biogeoquímicos que regulan la incorporación, la acumulación y la distribución de diferentes metales traza en las algas marinas, ya que, estas participan activamente en los procesos biogeoquímicos. Muñoz-Ochoa et al. (2009) observaron actividad de coagulación del alga, se indica que la especie de Bahía de la Paz mostro actividad en la prueba de tromboplastina parcial activada, obteniendo más de 300 s, extraída a dos temperaturas: 25°C y 80°C. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) buscaron determinar la concentración de metales pesados en algas y pastos marinos en Bahía Magdalena, describiendo la variación de dichas concentraciones en el espacio y el tiempo. Todos los metales pesados analizados se reportan en la especie: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu. Destacan para febrero (en peso seco) el Fe ($241.7 \mu\text{g g}^{-1}$) y el Mn ($17.2 \mu\text{g g}^{-1}$); mientras que para abril, se reporta un incremento del Fe ($284.3 \mu\text{g g}^{-1}$) y una disminución del Mn ($7.1 \mu\text{g g}^{-1}$). Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies, podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

Codium sp.

Localidad: Veracruz: Mpio. Veracruz: Playa Paraíso, entre 19° 34' - 19° 42' N y 96° 23' - 96° 27' O, septiembre 1989.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Larassassi y Ponce-Márquez (1991) señalan actividad de la especie en la temporada de lluvias, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7.3 mm) con extracto acetónico.

CAULERPACEAE

Caulerpa ashmeadii Harvey

Localidad: Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O, febrero 2001.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis*, *Streptococcus faecalis* y *Micrococcus luteus*. Freile-Pelegrín y Morales (2004) evaluaron la actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* (10.3 mm), *S. faecalis* (10.3 mm) y *M. luteus* (8.6 mm) con extractos etanólicos; mientras que con extractos lipídicos solubles, se observaron halos de inhibición en *B. subtilis* (11.3 mm), *S. faecalis* (11.0 mm) y *M. luteus* (8.0 mm). Los resultados indicaron que los extractos de los estolones tuvieron la mayor actividad antibacteriana. Los autores consideran que esta actividad puede estar relacionada con el crecimiento de *Caulerpa*, que se produce en la punta del estolón.

***Caulerpa cupressoides* (Vahl) C. Agardh**

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, junio y agosto 1995, junio 1997. Yucatán: Mpio. Progreso: Chelem, 21° 16' 00" N, 89° 45' 00" O, mayo 1997; Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa, en la franja submareal y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad aglutinante y anticoagulante en diferentes tipos sanguíneos humanos y de conejo, actividad antibiótica frente a *Shigella sonnei* y *Bacillus subtilis*, y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan actividad aglutinante en tipo de sangre humano A+ (dilución 2⁵) y en sangre de conejo (dilución 2⁷) de extractos del alga de Puerto Morelos. De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. sonnei* con extracto acetónico (13 mm) y con extracto etanólico (11 mm) de Puerto Morelos. De Lara-Isassi et al. (1999b) reportan que la especie de Puerto Morelos, muestra actividad significativa en la prueba de protrombina (más 10 minutos). De Lara-Isassi et al. (2000) señalan que los extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, son tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas. De la misma localidad anterior De Lara-Isassi et al. (2004) observan actividad anticoagulante del plasma humano por períodos superiores de 10 minutos en la prueba de trombina; por otra parte, la especie se colectó en Chelem, presenta actividad anticoagulante sobre plasma humano por períodos superiores a los 10 minutos. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan actividad antibiótica de la

especie de Dzilam, mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* (11.0 mm) con extractos etanólicos.

Caulerpa mexicana Sonder ex Kützing

Localidad: Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88°57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis*. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan que la especie mostró halos de inhibición en *B. subtilis* (9.3 mm) con extractos etanólicos; y con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1) (7 mm).

Caulerpa paspaloides (Bory de Saint-Vincent) Greville

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 87' N, 86° 87' O, julio 1997. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N 88° 57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis*, *Streptococcus faecalis* y *Micrococcus luteus*, y actividad anticoagulante sobre sangre humana. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan que la especie de Dzilam, mostró halos de inhibición en *B. subtilis* (8.6 mm), *S. faecalis* (7.3 mm) y *M. luteus* (7.0 mm) con extractos etanólicos; con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1), se observaron halos de inhibición en *B. subtilis* (8.3 mm) y *S. faecalis* (7.3 mm). Los resultados indicaron que los extractos de los estolones de *Caulerpa* tuvieron la mayor actividad antibacteriana. Se concluye que esta actividad puede estar relacionada con el crecimiento apical de *Caulerpa*. De Lara-Isassi et al. (2004)

reportan la actividad anticoagulante de la especie de Puerto Morelos sobre plasma humano, en la prueba de trombina por más de 10 minutos.

Caulerpa prolifera (Forsskål) J.V. Lamouroux

Localidad: Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis*, *Streptococcus faecalis* y *Micrococcus luteus*. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan que la especie de Dzilam, mostró halos de inhibición en *B. subtilis* (9.6 mm), *S. faecalis* (10.7 mm) y *M. luteus* (9.3 mm) con extractos etanólicos; mientras que con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1), se observaron halos de inhibición en *B. subtilis* (10.0 mm), *S. faecalis* (11.3 mm) y *M. luteus* (7.7 mm). Los resultados indicaron que los extractos de los estolones de *Caulerpa* tuvieron la mayor actividad antibacteriana. Se concluye que esta actividad puede estar relacionada con el crecimiento apical del estolón de *Caulerpa*.

Caulerpa racemosa (Forsskål) J. Agardh

Localidad: Veracruz: Mpio. Tecolutla: Playa Paraíso, entre 19° 34' - 19° 42' N y 96° 23' - 96° 27' O, septiembre 1989. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N y 88° 57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N y 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*. De Lara-Isassi y Ponce-Márquez (1991) reportan que la especie de Playa Paraíso mostró actividad antibiótica en la época de lluvias, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (7.6 mm) con extracto acetónico, mientras que con extracto

alcohólico, se observó actividad frente a la misma cepa (7.0 mm). Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan que la especie de Dzilam, mostró halos de inhibición en *B. subtilis* (7.3 mm) con extractos etanólicos, mientras que, con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1) (7.0 mm).

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

Localidad: Baja California Sur: Entre Punta Tarabillas y Isla Espíritu Santo (Bahía de la Paz), 24° 08' 04" N, 110° 21' 00" O, agosto 1998; Mpio. Comondú: Bahía Magdalena, Estero Banderitas, entre 24° 50' - 25° 00' N, 112° 08' O, 2004, febrero y abril 2005. Nayarit: Mpio. San Blas: San Blas, 21° 32' 23" N, 105° 17' 08" O. Veracruz: Mpio. Tecolutla: Playa Paraíso, entre 19° 34' - 19° 42' N y 96° 23' - 96° 27' O, septiembre 1989.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona mesolitoral.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, bioacumuladora de metales pesados y posible uso alimenticio. De Lara-Isassi y Ponce-Márquez (1991) reportan que la especie de playa Paraíso mostró actividad antibiótica en la época de lluvias, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* (8.4 mm) con extracto acetónico, mientras que, con extracto alcohólico se presenta halos de 7.0 mm. De Lara-Isassi et al. (1993) reportan que la especie de San Blas, mostró halos de inhibición en *S. aureus* (4.0 mm) con extracto acetónico. Rodríguez-Castañeda et al. (2006) evaluaron la concentración de metales pesados las algas de Bahía de la Paz. Se reporta que las macroalgas más extendidas del estudio, en siete de diecinueve estaciones, fueron *Ulva intestinalis* y *Caulerpa sertularioides*; estas mostraron una gran variedad en el contenido de metales pesados acumulados (Na, K, Ca, Fe, Rb, Cs, Th, Sr, Ba, Sc, U, Zr, Hf, Ta,

Cr, Co, Zn, As, Sb, Se, Br). La especie mostró la presencia de muchos de los elementos en varias de las estaciones, sin embargo, ninguno en altas concentraciones a excepción del Sr (1160 mg kg⁻¹ peso seco). Se concluyen que las concentraciones mayores de los elementos en las muestras varían dependiendo las especies y el sitio de muestreo, y que el área no ha sufrido graves impactos por actividad humana, sino que la característica geológica de la región alienta el aumento natural en los sedimentos y por tanto también en la bioacumulación de las algas. Riosmena-Rodríguez et al. (2010) buscaron determinar la concentración de metales pesados en algas y pastos marinos en Bahía Magdalena, describiendo la variación de dichas concentraciones en el espacio y el tiempo. La especie se reporta en una temporada (abril) y en dos estaciones (baja y media). Se indican los metales pesados analizados: Cd, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn y Cu (en peso seco); destacando en la especie el Fe (374 µg g⁻¹), siendo un valor bajo, si se compara con otras algas en el estudio. Los resultados sugieren que los metales pesados pueden ser incorporados regularmente en la dieta de muchos animales herbívoros con graves consecuencias para su salud. Este trabajo permite deducir junto con las diferencias entre especies observadas, que la etapa de estado metabólico y ciclo de vida de las especies podría influir en la absorción de metales y la acumulación.

DICHOTOMOSIPHONACEAE

Avrainvillea digitata D.S. Littler & M.M. Littler

Localidad: Yucatán: Mpio. Río Lagartos: Río Lagartos, 21° 35' 51" N, 88° 09' 28" O, enero 2005 y mayo 2006.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica y antiproliferativa contra células tumorales.

Moo-Puc et al. (2009) reportan que la especie mostró alta actividad citotóxica frente a la línea KB (carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}=19.7 \mu\text{g mL}^{-1}$); mientras que en las líneas celulares Hep-2 (células de carcinoma laríngeo humano) ($CC_{50}=49.4 \mu\text{g mL}^{-1}$) y HeLa (células de adenocarcinoma humano de la cervix) ($CC_{50}=51.5 \mu\text{g mL}^{-1}$) una actividad media. Con respecto a la actividad antiproliferativa, se observó una actividad baja en la línea celular KB ($CC_{50}=73.8 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Avrainvillea longicaulis (Kützing) G. Murray & Boodle

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, mayo 1996 y junio 1997, entre octubre 2005 y febrero 2006.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Shigella sonnei*, y actividad antioxidante. De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan que la especie de Puerto Morelos colectada en 1996, muestra halos de inhibición en *S. aureus* (10 mm) con extractos etanólicos; mientras que para 1997, muestra halos de inhibición en *S. sonnei* con extractos acetónicos (11 mm) y etanólicos (15 mm). Zubia et al. (2007) reportan que la especie exhibe actividad barredora de radicales DPPH demostrando un gran potencial antioxidante, equivalente a algunos antioxidantes comerciales como alfa tocoferol, ácido ascórbico, BHA y BHT. Se reporta que el contenido fenólico de los extractos (3.36%, en peso seco), este extracto se considera uno de los principales generadores del mecanismo antioxidante, con un índice de oxidación muy bajo ($EC_{50}=1.44 \text{ mg mL}^{-1}$).

HALIMEDACEAE

Halimeda discoidea Decaisne

Localidad: Oaxaca.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad anticoagulante en sangre humana. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la actividad anticoagulante en la prueba de trombina y de protrombina, mostrando el efecto de retardar la coagulación del plasma sanguíneo, por períodos superiores a 10 minutos. Se concluye que su acción es equivalente a la heparina.

Halimeda incrassata (J. Ellis) J.V. Lamouroux

Localidad: Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero, 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis* y su actividad citotóxica contra células tumorales. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan actividad antibiótica de la especie de Dzilam, mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* (7.3 mm) con extractos etanólicos; y con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1) (8.7 mm). Moo-Puc et al. (2009) señalan una actividad alta de la especie sobre células tumorales, mostrando una actividad alta sobre la línea celular HeLa (células de adenocarcinoma humano de la cervix) ($CC_{50}=29.8 \mu\text{g mL}^{-1}$); mientras que sobre las líneas celulares Hep-2 (células de carcinoma laríngeo humano) ($CC_{50}=34.6 \mu\text{g mL}^{-1}$) y KB (células de carcinoma nasofaríngeo humano) ($CC_{50}=39.1 \mu\text{g mL}^{-1}$) una actividad media.

Halimeda opuntia (Linnaeus) J.V. Lamouroux

Localidad: Quintana Roo.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* y *Enterobacter aerogenes*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la acción antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* tanto con extractos etanólicos (11 mm) como acetónicos (13 mm); mientras que frente a *S. pyogenes*, se observaron halos de inhibición con extractos etanólicos (13 mm) y acetónicos (14 mm); y en a *E. aerogenes* (9 mm) con extracto acetónico.

Halimeda tuna (J.Ellis & Solander) J.V. Lamouroux

Localidad: Quintana Roo.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan la acción antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *S. aureus* tanto con extractos etanólicos (11 mm) como acetónicos (12.5 mm).

Halimeda sp.

Localidad: Quintana Roo.

Usos y/o aplicaciones: Se emplea con fines decorativos en árboles navideños.

Formas de preparar: Ortega et al. (1997) reportan que el género se pone a secar, es blanqueado por el sol y usado como adorno navideño.

UDOTEACEAE

Penicillus capitatus Lamarck

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, agosto 1995, junio 1997. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O, febrero 2001; Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal, en la franja submareal y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente *Bacillus subtilis* y *Shigella sonnei*, actividad anticoagulante en sangre humana y de conejo, y su actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie. Su poder de aglutinación sobre los eritrocitos de conejo fue alta (dilución 2¹²), además aglutinó los tipos sanguíneos: 0+ (dilución 2⁶), A+ (dilución 2⁸), B+ (dilución 2⁴) y AB+ (dilución 2⁵). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan la actividad antibiótica de la especie de Puerto Morelos, mostrando halos de inhibición en *S. sonnei* con extracto acético (11 mm) y con extracto etanólico (8.0 mm). En la especie de la localidad anterior, De Lara-Isassi et al. (1999b) reportan actividad anticoagulante para la prueba de tiempo de protombina, por más de 10 minutos. De Lara-Isassi et al. (2000) reportan que los extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan la actividad antibiótica de la especie de Dzilam, mostrando halos de inhibición en *B. subtilis* con extractos etanólicos (8.3 mm) y con extractos lipídicos solubles (cloroformo/metanol, 2:1) (8.7 mm).

Penicillus dumetosus (J.V. Lamouroux) Blainville

Localidad: Yucatán. Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' 33" N, 88° 53' 29"

O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica contra células tumorales. Moo-Puc et al. (2009) reportan una alta actividad del extracto del especie, sobre las líneas celulares Hep-2 (células de adenocarcinoma laríngeo humano) ($CC_{50}=21.6 \mu\text{g mL}^{-1}$) y KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}=25.5 \mu\text{g mL}^{-1}$), y una actividad media sobre la línea HeLa (células de adenocarcinoma humano de cérvix) ($CC_{50}=38.3 \mu\text{g mL}^{-1}$). Moo-Puc et al. (2011b) evaluaron la actividad antiproliferativa de los extractos orgánicos crudos del cultivo de *Penicillum dumetosus* de la costa de Yucatán, sobre cuatro líneas celulares malignas de humano (HeLa, Hep-2, SiHa y KB) y la influencia de la luz y el tiempo, en los tratamientos. Se reporta que los extractos obtenidos después de 10 días en condiciones de cultivo mostraron un incremento de la actividad antiproliferativa sobre las líneas celulares probadas. Los autores concluyen que en el metabolismo de la especie, existen una cantidad de compuestos y sustancias activas que son influidas por el tiempo de cultivo, y no por la luz. Consideran que los fenoles y el contenido lipídico, son los componentes responsables de dicha actividad.

Penicillus lamourouxii Decaisne

Localidad: Yucatán. Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' 33" N, 88° 53' 29"

O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica contra células tumorales. Moo-Puc et al. (2009) reportan que la especie mostro una alta actividad sobre células tumorales de las líneas celulares KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}=20.6 \mu\text{g mL}^{-1}$) y HeLa (células de adenocarcinoma humano de la cérvix) ($CC_{50}=27.9 \mu\text{g mL}^{-1}$); además de una actividad media sobre las línea celular Hep-2 (células de carcinoma laríngeo humano) ($CC_{50}=50.8 \mu\text{g mL}^{-1}$). Sin embargo, también mostró una actividad media frente a células normales de riñón canino (MDCK - $CC_{50}=67.8 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Rhypocephalus Phoenix* f. *brevifolius A. Gepp & E.S. Gepp

Localidad: Yucatán: Mpio. Telchac: Telchac, entre 21° 12" - 21° 17" N y 89° 14" - 89° 17" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica contra células tumorales. Moo-Puc et al. (2009) reportan que la especie mostró una alta actividad sobre células tumorales de la línea celular KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}=29.9 \mu\text{g mL}^{-1}$), una actividad media frente a las líneas celulares Hep-2 (células de carcinoma laríngeo humano) ($CC_{50}=41.1 \mu\text{g mL}^{-1}$) y HeLa (células de adenocarcinoma humano de cérvix) ($CC_{50}=62.3 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Udotea conglutinata (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux

Localidad: Yucatán: Mpio. Telchac: Telchac, entre 21° 12" - 21° 17" N y 89° 14" - 89° 17" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad citotóxica y antiproliferativa contra células tumorales. Moo-Puc et al. (2009) reportan que la especie mostró una alta actividad sobre

células tumorales frente a tres líneas celulares: KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}=18.1 \mu\text{g mL}^{-1}$), Hep-2 (células de carcinoma laríngeo humano) ($CC_{50}=22.2 \mu\text{g mL}^{-1}$) y HeLa (células de adenocarcinoma humano de la cervix) ($CC_{50}=27.7 \mu\text{g mL}^{-1}$); sin embargo, también presentó una actividad media sobre la línea celular normal de riñón canino (MDCK: $CC_{50}=50.7 \mu\text{g mL}^{-1}$). Con respecto a la actividad antiproliferativa, se observó actividad media sobre dos líneas celulares: KB ($CC_{50}=60.8 \mu\text{g mL}^{-1}$) y HeLa ($CC_{50}=66.3 \mu\text{g mL}^{-1}$).

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

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, agosto 1995. Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' 33" N, 88° 53' 29" O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal, franja submareal y en el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*, actividad anticoagulante en sangre humana, actividad citotóxica y antiproliferativa contra células tumorales y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1994) reportan acción antibiótica de la especie de Puerto Morelos, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* tanto con extractos etanólicos (9.0 mm) como acetónicos (11 mm); mientras que en *S. pyogenes*, se observaron halos de inhibición tanto con extractos etanólicos (9.0 mm) y acetónicos (10.5 mm). De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica de la especie de Puerto Morelos, mostrando halos de inhibición en *S. aureus* con extractos acetónicos (12.5 mm), etanólicos (11 mm) y acuosos (9.0 mm). En la localidad anterior, De Lara-Isassi et al. (1999b)

observaron un efecto de coagulación en la prueba de protombina por más de 10 minutos en la especie. De Lara-Isassi et al. (2000) observaron que extractos acetónicos y etanólicos de la especie de Puerto Morelos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de dos horas. Moo-Puc et al. (2009) reportan que la especie de Dzilam, mostró una alta actividad sobre células tumorales, frente a tres líneas celulares: KB (células de carcinoma humano nasofaríngeo) ($CC_{50}=10.5 \mu\text{g mL}^{-1}$), HeLa (células de adenocarcinoma humano de la cervix) ($CC_{50}=20.4 \mu\text{g mL}^{-1}$) y Hep-2 (células de carcinoma laríngeo humano) ($CC_{50}=22.5 \mu\text{g mL}^{-1}$); sin embargo, también presentó una actividad media sobre la línea celular normal de riñón canino (MDCK- $CC_{50}=57.7 \mu\text{g mL}^{-1}$). En cuanto a la actividad antiproliferativa, se reporta una actividad media en las líneas celulares KB ($CC_{50}=45.5 \mu\text{g mL}^{-1}$) y HeLa ($CC_{50}=47.5 \mu\text{g mL}^{-1}$). Moo-Puc et al. (2011a) evaluaron la actividad antiproliferativa de los extractos orgánicos crudos del cultivo de *Udotea flabellum* de la costa de Yucatán, sobre cuatro líneas celulares cancerosas (HeLa, Hep-2, SiHa y KB) y la influencia de la luz y el tiempo en los tratamientos. Se reporta que los extractos orgánicos en tiempo 0 mostraron actividad antiproliferativa sobre las líneas celulares, pero después de 10 días de cultivo, la actividad antiproliferativa de los extractos de las líneas celulares mejoró significativamente, con el aumento de actividad entre 85-95% y de 63-77% después de 20 días de cultivo. Los autores concluyen que en el metabolismo de la especie existen una cantidad de compuestos y sustancias activas que son influidas por el tiempo de cultivo. Se considera que los fenoles y el contenido lipídico son los componentes responsables de dicha actividad.

Udotea occidentalis A. Gepp & E.S. Gepp

Localidad: Yucatán: Mpio. Dzilam de Bravo: Dzilam de Bravo, 21° 23' N, 88° 57' O;

Mpio. Hunucmá: Sisal, 21° 10' N, 90° 02' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Bacillus subtilis*. Freile-Pelegrín y Morales (2004) reportan actividad antibiótica de la especie mostrando halos de inhibición en *B. subtilis*, tanto con extracto etanólico (12 mm), como extracto lipídico soluble (cloroformo/metanol, 2:1) (14 mm).

DASYCLADALES

DASYCLADACEAE

Cymopolia barbata (Linnaeus) J.V. Lamouroux

Localidad: Veracruz: Mpio. Actopan: La Mancha, entre 19° 34' - 19° 36' N y 96° 22' - 96°

24' O, julio 1993; Mpio. Cazonos de Herrera: Barra Cazonos, 20° 42' N, 97° 18' O.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y en sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus*, actividad aglutinante en sangre humana y actividad ictiotóxica frente a *Carassius auratus*. De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998) reportan la presencia de aglutinas, por primera vez, en la especie de la Mancha. Su poder de aglutinación se observó en el tipo sanguíneo humano O+ (dilución 2³). En la localidad anterior, De Lara-Isassi et al. (1999a) reportan actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus*, tanto con extracto acetónico, como etanólico (8.0 mm). De Lara-Isassi et al. (2000) observaron que los extractos acetónicos de la especie de Barra de Cazonos, fueron tóxicos, causando la muerte de los peces durante un período de

dos horas; mientras que los extractos etanólicos fueron moderadamente tóxicos, presentando efectos etológicos, como movimientos rápidos, estrés, cambio en la coloración, pérdida del equilibrio, nado lento, parálisis, durante el mismo período de tiempo.

Dasycladus vermicularis (Scopoli) Krasser

Localidad: Quintana Roo: Mpio. Benito Juárez: Puerto Morelos, 20° 51' 13" N, 86° 52' 31" O, junio 1997.

Hábitat: Especie de ambiente marino, se le encuentra en la zona intermareal rocosa y el sistema de arrecifes.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* y *Shigella sonnei*. De Lara-Isassi et al. (1999a) señalan actividad antibiótica mostrando halos de inhibición en *S. aureus*, con extracto acetónico (13 mm) y etanólico (15 mm); mientras que para *S. sonnei*, con extracto acetónico (15 mm) y extracto etanólico (16 mm).

TREBOUXIOPHYCEAE

CHLORELLALES

CHLORELLACEAE

Chlorella vulgaris Beyerinck [Beijerinck]

Localidad: Michoacán: Mpio. Cuitzeo: Lago de Cuitzeo, 19° 56' 00" N, 101° 05' 00" O.
Veracruz: Mpio. Los Tuxtlas: Lago Chalchoapan, 18° 25' 2" N, 97° 26' 2" O.

Hábitat: Especie de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Incremento de biomasa y capacidad para acumular lípidos y biorremediación de agua. Hernández-Reyes et al. (2012) evaluaron la capacidad de remoción de nutrientes (amonio y ortofosfatos) residuales de tipo municipal e

industrial. Además determinaron la capacidad de remoción en cultivos libres e inmovilizados en soportes de lufa y polietileno. La especie tiene una mejor capacidad de remoción en el soporte de lufa: amonio (99.9%) y ortofosfatos (72.1%), mientras que en el soporte de polietileno es mas baja: amonio (99.0%) y ortofosfatos (49.2%). Se concluye que la especie, posee una óptima capacidad de remoción de ortofosfatos y amonio de aguas residuales. Sacristán-De Alva et al. (2014) señala que la especie tiene una mayor capacidad de remoción en agua residual (hasta el 60% para fosfatos, nitratos y nitrógeno orgánico); mientras que en los cultivos de aguas residuales con cribado (reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos), hubo una alta remoción de compuestos. En el cultivo de la especie con agua residual cruda después del cribado, se obtuvo una productividad de biomasa seca ($69.8 \text{ mgL}^{-1} \text{ d}^{-1}$) mayor, que en las otras microalgas del estudio. Bajo el sistema de cribado, se alcanzó una mayor remoción de fosforo (más del 60%), lo mismo ocurrió con la degradación de los nitratos y el nitrógeno orgánico y amoniacal (más de 90%). En función del análisis, los autores concluyen que el agua residual con cribado, dará mejores resultados para el incremento de biomasa y una mayor capacidad para acumular lípidos, además de mejorar la capacidad de remoción de los nutrientes.

***Chlorella* sp.**

Nombre común: Algafil

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Iztapalapa: Efluente del reactor UASB que trata aguas residuales de la UAM Iztapalapa, 19° 21' 30" N, 99° 05' 35" O.

Hábitat: Género de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Actividad en el incremento del pigmento de las yemas de huevo de gallinas Leghorn y su empleo en la biorremediación de agua (Hernández-Reyes et al., 2012), véase *Euglena* sp. Godínez et al. (2001) reportan que la especie se empleaba para incrementar el pigmento de las yemas de huevo en gallinas Leghorn, además, se menciona que es un bioproducto originado de la fermentación.

Comercialización: Godínez et al. (2001) señalan que el producto era preparado comercialmente por laboratorios Abbott de México, S.A.; actualmente ya no es producido en México.

***Nannochloris* sp.**

Localidad: Baja California Sur: Mpio. La Paz: Oasis de San Pedrito, 23° 23' 24" N, 110° 12' 32" O, verano 1985. Estado de México: Texcoco.

Hábitat: Género de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Alimentación animal en acuicultura. Hernández-Ceballos y Martínez-Díaz (2001) reportan que la cepa C2 (Oasis de San Pedrito), presenta un mayor crecimiento y un mayor contenido de lípidos, por tanto, se propone como una especie potencial en acuicultura. Se observó también, que esta cepa tiene una mayor capacidad de adaptación a los distintos medios, además observaron que las deficiencias de nitrógeno inducen a un incremento de lípidos. Se concluye que el género puede ser usado en acuicultura para mejorar el cultivo masivo del rofífero *Brachionus plicatilis*.

PRASIOLALES

PRASIOLACEAE

Prasiola mexicana J. Agardh

Nombre común: Nitla

Localidad: Estado de México: Mpio. Ocuilan de Arteaga: Río La Cañada, 18° 56' 37" N, 99° 25' 34" O, Col. G. Garduño, 4 febrero 1981 (IZTA 106), agosto 1982 (IZTA 68), noviembre 1983 (IZTA 67), 7 noviembre 1983 (IZTA 120) y 24 octubre 1986 (IZTA 84).

Hábitat: Especie de ambiente continental, crece sobre las rocas de ríos.

Usos y/o aplicaciones: Actividad medicinal. Godínez et al. (2001) reportan uso medicinal, como supresor de la tos y para detener las hemorragias nasales.

Formas de preparar: Para la tos se colocan algunos pedacitos de alga en un litro de agua. Para hemorragias nasales, se pone el alga directamente sobre la frente (Godínez et al., 2001).

CHLOROPHYCEAE

OEDOGONIALES

OEDOGONIACEAE

Oedogonium capillare Kützing ex Hirn

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Xochimilco, estanque de cultivo de ranas, del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuáticas, 19° 16' 30" N, 99° 08' 20" O.

Hábitat: Especie de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Actividad antibacteriana frente a *Vibrio fluvialis*. López et al. (2007) evaluaron la actividad antibacteriana de la especie contra *V. fluvialis* en el pez dorado *Carassius auratus*. Se reporta la administración del alga a través de

tres vías: intramuscular, alimento seco y baños. Se propone a la especie como tratamiento mediante dos vías: una profiláctica, basada en el alga seca molida y adicionada al alimento y la otra de orden terapéutico, con base en el tratamiento del uso de un extracto alcohólico adicionado al alimento.

Notas: López, R. et al. (2007) señalan que hasta no comprobarse la capacidad para generar plásmidos resistentes a *O. capillare*, no se recomienda su uso como profilaxis, pero sí, de forma terapéutica, por tanto, se recomienda específicamente el tratamiento de la extracción alcohólica adicionada en el alimento, como control de infecciones provocadas por bacterias del género *Vibrio*.

SPHAEROPLEALES

SELENASTRACEAE

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Cuauhtémoc: Lago de Chapultepec, 19° 25' 14" N, 99° 10' 54" O.

Hábitat: Especie de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Biondicadores biológicos y su posible empleo en la biorremediación. Martínez-Tabche et al. (1996) evaluaron los efectos fisiológicos que producen el plomo y el carbaril en la especie los cuales influyen sobre la producción de lípidos, clorofila y azúcares. Se reporta que el efecto tóxico de contaminantes fue mayor cuándo el alga se expuso a los xenobióticos aisladamente, esto sugiere reconsiderar la existencia de un efecto sinérgico significativo entre los mismos para establecer los límites permitidos de estos contaminantes. Con respecto al Pb, hasta después de 72 hrs. se observó una

disminución en la concentración de clorofila, lo cual disminuyen la concentración de lípidos en la biomasa y el crecimiento del alga.

HYDRODICTYACEAE

***Pediastrum* sp.**

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Iztapalapa: Efluente del reactor UASB que trata aguas residuales de la UAM Iztapalapa, 19° 21' 30" N, 99° 05' 35" O.

Hábitat: Género de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Biorremediación del agua (Hernández-Reyes et al., 2012), véase *Euglena* sp.

SCENEDESMACEAE

***Acutodesmus obliquus* (Turpin) Hegewald & Hanagata**

Sinónimos: *Scenedesmus obliquus* (Turpin) Kützing, *Scenedesmus acutus* Meyen.

Localidad: Baja California Norte: Mpio. Ensenada: Ensenada, 31° 51' 28" N y 116° 36' 21" O. Distrito Federal: Mpio. Xochimilco: Canales de Xochimilco, 19° 17' 06" N y 99° 06' 07" O.

Hábitat: Especie de ambiente continental, particularmente la especie fue aislada en Ensenada, en un suelo hipereutrófico.

Usos y/o aplicaciones: Biorremediación de agua y empleo en la generación de biodisel. Ruiz-Marín et al. (2013) evaluaron la biodegradación de contaminantes en aguas residuales por lodos activados inmovilizados con *Scenedesmus obliquus*. Se reporta que la densidad de células inmovilizadas fue mayor en los reactores con luz continua. Este trabajo sugiere que la microalga tiene una mayor capacidad de crecimiento cuándo se expone a este tipo de luz. El número de bacterias aumentó rápidamente con respecto a la microalga, lo que sugiere que el contenido de

oxígeno durante la fase exponencial era suficiente para sostener el crecimiento bacteriano. Así mismo, la coinmovilización bajo luz continua fue beneficiosa para las bacterias, ya que, el número de colonias aumento. Este estudio nos muestra que la asociación entre las poblaciones de bacterias y organismos fotosintéticos produce en cierta medida, el intercambio de nutrientes y gases (oxígeno y dióxido de carbono) y, esto permite eliminar simultáneamente los nutrientes de las aguas residuales. La eliminación de nitrógeno por la especie de forma inmovilizada fue de 92%, mientras que, coinmovilizada (60%). No se eliminó carbono orgánico en los sistemas. La coinmovilización (como una asociación positiva entre dos organismos) eliminó simultáneamente grandes cantidades de nitrógeno y DBO en los reactores con iluminación continua. Se concluye que la especie puede ser empleada para el tratamiento de aguas residuales, junto con los lodos activados en un sistema de coinmovilización para la eliminación simultánea de materia orgánica y nitrógeno en una sola etapa de tratamiento. Sacristán-De Alva et al. (2014) reportan que la productividad mayor de biomasa de *S. acutus* se obtuvo en medio de agua residual cruda con tratamiento de cribado. Esto se explica porque en el agua residual la microalga crece de forma heterótrofa y mixótrofa. Se observó en los organismos del experimento, que los cultivos con medio enriquecido los porcentajes de remoción son inferiores al 50% para fosfatos, nitratos y nitrógeno orgánico y amoniacal, mientras que en los medios de agua residual la remoción se dio arriba del 60% en todos los casos. En los cultivos de agua residual con cribado hubo una alta remoción de compuestos químicamente oxidables medidos como DQO (77%), lo que indica un crecimiento en condiciones heterotróficas. La acumulación de lípidos siguió el mismo patrón, ya que, los

cultivos mostraron los porcentajes mayores de acumulación en los cultivos de agua residual con cribado, y esta especie alcanzo el mayor porcentaje de acumulación de lípidos y fue significativamente diferente. En función del análisis, se puede decir que el agua residual con cribado dará mejores resultados para el incremento de biomasa y capacidad para acumular lípidos, además en la remoción de los nutrientes. A partir de esto, se puede decir que está especie (*S. acutus*) es la mejor opción para ser materia prima en la producción de biodisel.

***Scenedesmus* sp.**

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Iztapalapa: Efluente del reactor UASB que trata aguas residuales de la UAM Iztapalapa, 19° 21' 30" N, 99° 05' 35" O.

Hábitat: Género de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Actividad en la biorremediación de agua (Hernández-Reyes et al., 2012), véase *Euglena* sp.

CHLAMYDOMONADALES

CHLAMYDOMONADACEAE

***Chlamydomonas* sp.**

Localidad: Distrito Federal: Mpio. Iztapalapa: Efluente del reactor UASB que trata aguas residuales de la UAM Iztapalapa, 19° 21' 30" N, 99° 05' 35" O.

Hábitat: Género de ambiente continental.

Usos y/o aplicaciones: Actividad en la biorremediación de agua (Hernández-Reyes et al., 2012), véase *Euglena* sp.

CHAROPHYTA

CHAROPHYCEAE

CHARALES

CHARACEAE

Chara zeylanica Willdenow

Sinónimo: Chara gymnopus A. Braun

Nombre común: Iximha

Localidad: Veracruz. Yucatán: Mpio. Izamal: Izamal, 20° 55' 53" N, 89° 01' 04" O.

Hábitat: Especie de ambiente continental, se encuentra en estanques naturales profundos y otros depósitos naturales de agua permanente.

Usos y/o aplicaciones: Actividad insecticida sobre mosquitos. Godínez et al. (2001) reportan la acción insecticida de la especie. Se señala que se ha encontrado una relación entre algunas algas y las larvas de organismos tales como *Anopheles pseudopunctipenis* y *A. albimanus*, que son vectores de la malaria en las regiones de Oaxaca, Veracruz y Yucatán. Se observa la presencia de un ingrediente activo en *C. gymnopus*, que destruye las larvas de los mosquitos en barricas y tanques.

DISCUSIÓN

Se procesaron 549 registros, cuya riqueza taxonómica integró 179 taxa y 1 subespecie (*Sargassum sinicola* subsp. *camouii*), repartidos en 92 géneros, 44 familias, 29 órdenes, 12 clases y 6 phyla: Cyanobacteria, Euglenozoa, Rhodophyta, Ochrophyta, Chlorophyta y Charophyta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Riqueza específica mexicana dentro de las categorías taxonómicas.

Phyllum	Clases	Órdenes	Familias	Géneros	Especies	%
Cyanobacteria	1	3	4	5	6	3
Euglenozoa	1	1	1	1	1	0.5
Rhodophyta	2	9	17	34	63	36
Ochrophyta	4	6	9	29	56	31
Chlorophyta	3	9	16	22	52	29
Charophyta	1	1	1	1	1	0.5
TOTAL	12	29	44	92	179	100

Entre los principales usos y/o aplicaciones de las algas mexicanas encontramos: la actividad antibiótica y antiincrustante (166 registros), actividad aglutinante en diferentes tipos sanguíneos (52 registros), biorremediación, tolerancia y resistencia de las especies frente a los metales pesados y contaminantes acuáticos (39 registros), actividad ictiotóxica (39 registros), actividad anticoagulante en sangre humana (28 registros) y su empleo en la alimentación animal (24 registros) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Usos y aplicaciones de las algas de México.

No.	Uso o aplicación	Cyano	Eugleno	Rho	Ochro	Chloro	Charo	Total
1	Alimentación humana y suplementos	4		1		1		6
2	Alimentación animal	2		6	11	5		24
3	Usos ornamentales y decorativos			7	2	3		12
4	Materia prima en la Industria			8	6			14
5	Actividad medicinal sobre afecciones respiratorias y hemorragias nasales			1		1		2
6	Actividad medicinal sobre alteraciones de la piel					1		1
7	Actividad anticolestérica y efecto protector en ácidos grasos				2	1		3
8	Actividad antileismanial			1	3			4
9	Actividad vermífuga y purgante			1				1
10	Actividad anticoagulante en sangre de conejo			6	5	4		15
11	Actividad anticoagulante sobre sangre humana			7	10	11		28
12	Actividad aglutinante en sangre de conejo			19	5	2		26
13	Actividad aglutinante sobre sangre humana			15	5	6		26
14	Actividad citotóxica contra células cancerosas			2	7	7		16
15	Actividad antiproliferativa contra células cancerosas				2	4		6
16	Actividad antioxidante			2	1	1		4
17	Biorremediación, tolerancia y resistencia de las especies	1	1	13	11	16		42
18	Bioestimulares del crecimiento vegetal	1			1	1		3
19	Actividad ictiotóxica			21	12	6		39
20	Actividad insecticida						1	1
21	Moléculas bioactivas con estudios pendientes			1				1
22	Actividad antibiótica y antincrustante (vs bacterias, hongos, microalgas)			60	37	69		166

Alimentación humana y animal. El uso de las algas en la alimentación humana y animal es extendido principalmente en el medio oriente, dónde son consumidas por su alto valor nutrimental relacionado con proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. Dentro de este trabajo, el consumo tradicional y actual de algunas cianobacterias destacó, junto con el consumo de algunas macroalgas en la ingesta

humana como *Pyropia* y *Ulva*, y microalgas como *Chlorella*; mientras que también son ampliamente usadas en la alimentación de animales de granja y en acuicultura, entre las que destacan *Sargassum*, *Macrocystis*, *Scenedesmus* y *Nannochloris*.

En las Cyanobacterias reportadas destaca el empleo en alimentación humana y la elaboración de suplementos, por ejemplo la familia Phormidiaceae, con el género *Arthrospira*. Se tiene bien documentada la elaboración de una infinidad de productos alimenticios y suplementos por su contenido mineralógico, vitamínico y proteico; por ejemplo, un kilogramo de su polvo equivale, en proteínas, a cinco kilogramos de carne, a cuatro y medio kilogramos de pescado y a ocho litros de leche. El aminograma que presenta es similar al del huevo, que es considerado por la FAO, como el aminograma tipo, si bien es deficiente en metionina, cisteína y triptófano, pero combinado en dietas con cereales, se logra un buen balance de aminoácidos, además de presentar el ácido gamma linoleico (AGL), que rara vez está presente en la dieta diaria, y un contenido de vitaminas A, E y las del complejo B, además de minerales como el hierro, que es altamente asimilable por el organismo. Dichas características hacen de esta alga una fuente alimenticia formidable, además de reforzar el sistema inmune y presentar propiedades antivirales, antibacterianas, antitumorales, antioxidantes y hepatoprotectoras. En el caso de *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*), sus polisacáridos sulfatados, conocidos como "calcium spirulan" y sus ficocianinas, proveen de una alta actividad antiviral y antitumoral; siendo además, un gran suplemento para larvas de camarón blanco por la calidad de aminoácidos esenciales que les brinda. El consumo de "espirulina" durante cuatro semanas reduce los niveles de colesterol en seres humanos en 4.5%. (Romay et al., 2001; Barbarito et al., 2005; Arenas, 2009).

Cabe señalar que se creía que muchos de estos productos eran elaborados con el género *Spirulina*, pero actualmente se sabe que el género que posee estas cualidades es realmente *Arthrospira*, sin embargo, el nombre común “espirulina” ha quedado arraigado, y muchos productos siguen siendo llamados de esta manera, citando varios productos como ejemplo: “Spirulina microalgas azul verdes” (Argentina), “Spirulina proteína vegetal” (Brasil), “Alga espirulina” (México), “Espirulina-Control natural del apetito” (España) y “Spiralga” (Hawai) (Arenas, 2009).

Otra cianobacteria que destaca por su empleo en alimentación es *Nostoc*. Se sabe del uso tradicional en México como “amoxtle” y como referencia de su potencial uso, se citan las propiedades que se le da en Perú, donde es conocida como “Llayta, Llullucha, murmunta o cushuro”, entre las especies asociadas con estos nombres destacan *Nostoc sphaericum*, *N. verrucosum*, *N. commune* y *N. parmelioides*. Esta especie es usada en la alimentación andina durante la época de lluvias (enero-marzo), por ser una fuente proteica. Se puede emplear tanto fresca como deshidratada para alimentos (refrescos, sopas, platos de fondo, postres) y usos medicinales. En el tiempo de los Incas se creía que ayudaba a la formación, constitución y fortaleza de los huesos y dientes, y para alimento del ganado. Por otro lado, también se conoce su empleo en China, con especies como *Nostoc flagelligorme*, *N. commune* y el popularmente conocido Ge-Xian-Mi (*N. commune* o *N. sphaeroides*) que son especies comestibles, consideradas verdaderas exquisiteces, así como elementos de valor terapéutico en la medicina tradicional de ese país (Arenas, 2009).

Con respecto a las algas verdes destacan, *Chlorella* y *Scenedesmus*, por su efecto hipocolesterolémico; además se sabe que *Caulerpa prolifera* (28.15%), *Ulva lactuca* (17.89%) y *Ulva fasciata* (12.55%) presentan valores elevados de proteína, esto

en contraste con la cantidad de proteínas contenidas en el grano del trigo (10.6%) y de maíz (8.3%), siendo estos granos básicos en la alimentación de la población mexicana. Por otra parte, se conoce que la especie *Codium fragile* es una especie comestible, aunque se le emplea comúnmente como aditiva en medicamentos veterinarios. Por tanto, se debe promover el aumento del consumo de estas algas ya que repercuten de una manera favorable, en el aporte nutricional y en la salud humana, y que hasta hoy, no son consumidas con frecuencia (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Huerta-Muzquiz y Espinoza, 2000; Arenas, 2009).

Finalmente, las diatomeas no fueron reportadas dentro de este trabajo con uso en acuicultura, valdría la pena destacar que son empleadas como alimento vivo para estadios larvarios de peces, moluscos y crustáceos o en forma de productos de cultivo como el denominado Shellfish Diet 1800, que consiste en una mezcla de 4 microalgas marinas, una de ellas, diatomea (*Thalassiosira weissflogii* siendo un 35% del componente total) (Ilana, 2008; Oliva et al., 2008; Graham et al., 2009).

Antibióticos y antivirales. Entre los compuestos que generan la bioactividad en las algas, encontramos principalmente al agar, a la carragenina y a los alginatos, sin embargo, existen otras moléculas que intervienen de forma más concreta en algunos procesos.

Se sabe que muchas de las algas rojas producen terpenoides halogenados que han mostrado actividad antimicrobiana, en contraste con las algas verdes y pardas, que no producen metabolitos halogenados. Se sabe que el género que produce mayor cantidad de sustancias antibióticas es *Laurencia* (familia Rhodomelaceae), ya que producen sesquiterpenos aromáticos, denominados Laurinterol y debromolaurinterol, con un potente efecto antibiótico. En este trabajo, se reportaron cinco especies de este

género: *L. intricata*, *L. johnstonii*, *L. microcladia*, *L. obtusa* y *L. pacifica*, todas ellas mostraron una amplia actividad antimicrobiana frente a cepas bacterianas, algales y fúngicas. En el caso de *Laurencia pacifica*, se ha aislado el paciferol, que se cree el responsable directo de la actividad antimicrobiana (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992). Además, cabe señalar, que *Palisada perforata* (antes *Laurencia papillosa*), también presenta actividad antibacteriana.

Existe evidencia de actividad antimicrobiana en *Asparagopsis taxiformis*, *Centroceras clavulatum*, *Ceramium sp.*, *Chondria sp.*, *Digenea sp.*, *Gelidiella acerosa*, *Gelidium sp.*, *Gracilaria blodgettii*, *G. bursa-pastoris*, *G. cervicornis*, *Grateloupia sp.*, *H. musciformis* y *Pterocladia pinnata* (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992), todas ellas reportadas en el catálogo, confirmando dicha actividad. En el caso de *A. taxiformis*, se reporta aquí a la especie con uso en la alimentación animal, sin embargo, valdría la pena investigar la actividad antimicrobiana de la especie; y en el caso del género *Chondria*, se esperaría que el denominado complejo “chonalgín” aislado de *Chondria littoralis*, ha demostrado una acción antibiótica más fuerte que la penicilina, la estreptomicina y la clortetraciclina (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Romay et al., 2001).

Sobre la actividad antiviral, no se reportaron especies dentro del catálogo, pero se sugiere realizar estudios de este tipo con *Centroceras clavulatum* y *Laurencia obtusa*, que presentan esta actividad según la literatura (Caccamese et al., 1981).

Digenea simplex es reportada en este trabajo con actividad antibiótica, aglutinante e ictiotóxica, pero se sugiere que deben de realizarse estudios relacionados con el ácido kaínico, que se extrae de ella y que es usado como un antihelmíntico en el Extremo Oriente (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992).

Entre las algas pardas, buscadas principalmente para la explotación de sus polisacáridos, se encuentran metabolitos “antibióticos”, que van desde la complejidad de los florotaninos a la simplicidad de algunos lípidos. Se conoce que la familia Dictyotaceae constituye una fuente rica en terpenoides bioactivos, que posiblemente constituyen una fuente que actúa como repelente alimentario contra animales marinos herbívoros, por ejemplo el “spathol”, una citotoxina que se encuentra en *Spatoglossum shmittii*, en la que se ha descubierto un terpenoide denominado spantane. Mientras que de *Sargassum natans* se ha aislado el “complejo sarganin” que ha demostrado una acción antibiótica más fuerte que la penicilina, la estreptomicina y la clortetraciclina (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Romay et al., 2001).

Se conoce que *Dictyota* sp., *Egregia menziesii*, *Eisenia arborea*, *Lobophora variegata*, *Macrocystis* sp., *Padina gymnospora* y *Sargassum* sp. presentan actividad antimicrobiana (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Ríos et al., 2009). En este trabajo se reportan seis especies de *Dictyota*, de las cuáles cuatro, presentan mencionada actividad: *D. bartayresiana*, *D. crenulata*, *D. dichotoma* y *D. flabellata*, además de *L. variegata*, *P. gymnospora* y el género *Sargassum*, con seis especies, de 14 reportadas en el catálogo: *S. acinacifolium*, *S. acinarium*, *S. filipendula*, *S. liebmannii*, *S. pteropleuron*, *S. sinicola* subsp. *camouii*, frente a las cepas bacterianas *B. subtilis*, *E. coli*, *M. lysodeikticus*, *S. aureus* y *S. sonnei*. Cabe señalar, que esta actividad también se reporta para *Canistrocarpus cervicornis* (antes *Dictyota cervicornis*). Se sugiere, realizar estudios de actividad antifúngica en los géneros del orden Dictyotales, particularmente *Dictyota*, ya que se sabe que inhiben el crecimiento de un amplio rango de hongos patógenos humanos (levaduras, mohos y dermatofitos) (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992).

Así mismo, se conoce que las algas del orden Laminariales producen la laminina, que tiene efecto antihelmíntico (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992). Por tanto, se sugiere que se realicen estudios a detalle en *M. pyrifera*.

Con respecto a algunos metabolitos conocidos en algas verdes, se conoce que de las familias Caulerpáceae y Udoteáceae, se han aislado metabolitos que abarcan sustancias como los terpenos, esteroides, esqualenos, pigmentos (caulerpina) y la caulerpicina. De las especies pertenecientes a la familia Udoteáceae, la especie del caribe, *Udotea flabellum* sintetiza el “udoteal”, que ha sido obtenida únicamente en extractos etanólicos, pero se le encuentra de forma natural como “udoteofurane”. Se reporta que las dos sustancias, tienen acción antimicótica frente a *Candida albicans*, *Rhizopus sp.*, *Aspergillus niger* y *Cryptococcus neoformans*. Mientras que, de *Avrainvillea longicaulis* se ha obtenido un derivado difenilmetano bromurado denominado “avrainvilleol”, que ha mostrado actividad antibiótica frente a *V. anguillarum* (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992).

En las algas verdes, *Caulerpa cupressoides*, *C. mexicana*, *C. prolifera*, *C. racemosa*, *C. sertularioides*, *Cladophora sp.*, *Cymopolia barbata*, *Enteromorpha intestinalis*, *Halimeda discoidea*, *H. incrassata*, *H. opuntia*, *H. tuna*, *Penicillus capitatus*, *Udotea flabellum* y *Ulva lactuca*, se sabe que poseen actividad antimicrobiana (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Ríos et al., 2009), estas especies se encuentran reportadas en el trabajo, confirmando mencionada actividad, faltaría adicionar algunas especies del género *Caulerpa* que dentro de este trabajo presentan efectos antimicrobianos: *C. ashmeadii*, *C. paspaloides* y *C. prolifera*, además del género *Codium*. A partir de la información recabada, se podría esperar, que dicha actividad de *Caulerpa*, se presente a nivel de género. Se ha demostrado que *Caulerpa prolifera*, *Codium sp.*, *Enteromorpha*

intestinalis y *Ulva lactuca* tienen acción sobre los virus del tabaco y el virus *Herpes simplex* (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992), por tanto, se sugiere realizar investigaciones al respecto, ya que estas especies están reportadas dentro del catálogo.

En el caso del género *Halimeda*, se conoce la producción de un trialdehído halimedatrial, que muestra actividad inhibitoria frente a bacterias y hongos, además de una actividad citotóxica e ictiotóxica (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992). Las 4 especies reportadas en el trabajo, *H. discoidea*, *H. incrassata*, *H. opuntia* y *H. tuna*, corroboran la actividad antibiótica.

Finalmente la carácea, *Chara zeylanica*, se señala dentro de este trabajo como una especie con actividad insecticida. Cabe señalar, que dentro de las culturas precolombinas, existen reportes sobre la utilización de las caráceas, que van desde el uso como zacate para la limpieza de utensilios de cocina, como abonos de suelos con bajas concentraciones de carbonatos, y su empleo en estudios paleontológicos, por sus oogonios calcificados, que se han encontrado en el Silúrico, y su actividad antibiótica (Garduño et al., 2010). En este caso particular, se sugiere caracterizar las sustancias que ejercen este efecto sobre los insectos, para generar productos menos agresivos y más amigables con el medio ambiente.

Anticancerígenos, citotóxicos y antiproliferativos. Los agentes antitumorales más activos de origen marino han sido aislados a partir de invertebrados. Los tunicados, que comprenden más de 2000 especies, son particularmente ricos en sustancias bioactivas. Se sabe de sólo dos compuestos marinos que han sido comercializados: didemnina B y el arabinósido de citosina (Cytarabine^R). Ciertas algas fueron ya empleadas en la medicina tradicional China, para el tratamiento del cáncer.

Se sabe que el principio activo consta, básicamente, de un polisacárido. El mecanismo de la acción antitumoral no ha sido descrito, aunque se ha observado que ciertas algas comestibles brindan un efecto protector. La actividad anticancerígena se encuentra relacionada con compuestos como los fucoidanos, carragenanos, porfiranos, lípidos, fenoles y ficocianina, que actúan de distinta manera, inhibiendo el crecimiento de células cancerígenas o bien mejorando el sistema inmune (Arenas, 2009).

En el caso de *Eisenia bicyclis*, se sabe que el extracto crudo de fucoidano actuó como inmunopotenciador en animales con tumores, aumentando la eficacia del antitumoral. También se sabe que *Bifurcaria galapagensis* y *B. bifurcata*, han mostrado actividad anticancerígena, obtenido de un compuesto llamado “bifurcarenon”, mientras que de *Stypopodium zonale*, se ha obtenido el “stylpodione” (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992).

En este catálogo se reporta la actividad citotóxica y antiproliferativa contra células tumorales de los géneros *Dictyota*, *Lobophora*, *Padina* y *Turbinaria*. Mientras que en la actividad anticancerígena en algas rojas, se sabe que los géneros *Eucheuma* sp. y *Porphyra* sp. (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992), poseen dicha actividad, sin embargo, en este trabajo sólo hubo un estudio relacionado con esta, reportado para el género *Gracilaria*. En algas verdes, se sabe que el género *Halimeda* produce el compuesto denominado trialdehído halimedatrial, que muestra actividad inhibitoria frente a bacterias y hongos, además de una actividad citotóxica contra tumores e actividad ictiotóxica. Dentro de este trabajo se reportan *H. discoidea*, *H. incrassata*, *H. opuntia* y *H. tuna*, que podrían corroborar la acción de dicha molécula (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992).

Anticoagulantes y aglutinantes. Con lo que respecta a la actividad aglutinante, se conoce que las algas marinas poseen aglutininas, capaces de aglutinar diversos tipos de eritrocitos. Entre las especies que poseen dichas moléculas se encuentran: *Ceramium* sp., *Chondria* sp., *Gracilaria bursa-pastoris*, *G. textorii*, *Laurencia* sp. y *Spyridia filamentosa* (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992), todas ellas reportadas en este catálogo, además de *Agardhiella* sp., *Gelidium* sp., *Grateloupia filicina*. Esto podría sugerir, que el orden Ceramiales posee dicha actividad.

En las algas pardas se han realizado estudios sobre la presencia de aglutinas y lecitinas, en *Dictyota* sp., *Fucus* sp., *Sargassum* sp. y *Turbinaria turbinata* (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992) además de *Lobophora* y *Spatoglossum*. En este trabajo se corrobora dicha información. Se sabe que dentro de las Fucales la fucoidina (especialmente del género *Fucus*) genera una actividad anticoagulante más energética que la heparina y la laminarina, que se utiliza como anticoagulante y antilipémico (reducir el nivel de colesterol en la sangre de algunos animales). Faltaría realizar estudios más precisos sobre los metabolitos responsables en las especies mexicanas (Zajic, 1970; Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Romay et al., 2001). También se reportan *Egregia menziesii* y *Eisenia arborea* como especies con actividad anticoagulante y *Sargassum cymosum*, *S. fluitans*, *S. herporhizum*, *S. horridum*, *S. hystrix*, *S. lapazeanum*, *S. sinicola* y *S. vulgare*, presentando actividad aglutinante, anticoagulante y actividad ictiotóxica frente a células cancerosas en este trabajo. Cabe destacar, que en esta tesis, se reporta a la especie *Eisenia arborea* con una alta actividad anticoagulante, en este caso, los autores señalan que dicho efecto puede ser producido por un compuesto denominado heterofucan, por tanto, se podrían realizar

estudios con esta especie bajo esta línea de investigación, aunque aún no se haya dilucidado por completo que moléculas ejercen este efecto.

En las algas verdes también se han reportado aglutininas y lecitinas, por ejemplo en *Caulerpa sertularioides*, *Codium fragile*, *C. isthmocladum*, *Enteromorpha* sp. y *Ulva* sp. (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992). En el catálogo se reportan estas especies, sin embargo, sólo en los géneros *Caulerpa* y *Codium* se ha estudiado dicha actividad, además en los géneros *Cladophora* y *Cymopolia*. Por tanto, se sugiere realizar más estudios de actividad aglutinante en las Ulvaceae. *Udotea flabellum* se reporta en esta tesis con actividad citotóxica y antiproliferativa contra células cancerosas, por lo que faltaría corroborar la actividad antimicrobiana que reporta la literatura.

Actividad antioxidante. En este trabajo se reporta dicha actividad en *Lobophora variegata*. Se sabe que los extractos de *Laminaria digitata* e *Himanthalia elongata* son antioxidantes muy eficaces e, incluso, ejercen un efecto sinérgico con la vitamina E (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992). Así mismo, se conoce que la ficocianina, provee de actividad antioxidante (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Romay et al., 2001; Arenas, 2009). Por tanto, se sugiere realizar mayores estudios de este tipo, dentro del grupo de las algas pardas y cianobacterias.

Bioestimulación vegetal. Los extractos líquidos elaborados con algas proporcionan al suelo minerales y sustancias orgánicas; estos incrementan el crecimiento y la actividad metabólica de numerosas plantas, potencian la resistencia a las heladas, a la parasitosis por hongos y a los pesticidas. Pero presentan el inconveniente de que pueden aumentar el porcentaje de sales en el suelo. Su capacidad fertilizadora y acondicionadora, se atribuye a la presencia de minerales y hormonas vegetales como auxinas, citokininas y giberelinas. Algunas de las especies

usadas tradicionalmente son *Fucus vesiculosus* y *Ascophyllum nodosum* (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Canales-López, 1997; Arenas, 2009). En este trabajo, se reporta el uso del género *Padina*, como un bioestimulante del crecimiento vegetal. Pero cabe señalar, que sería conveniente realizar mayores estudios de aprovechamiento de las macroalgas arrojadas por el oleaje a la playa, para poder utilizarlas como abono orgánico, en áreas del país donde puedan optimizar y mejorar la calidad de los suelos, y los sembradíos de cultivos de plantas de consumo humano.

Estudios de respuesta fisiológica y biorremediación. Las algas presentan características fisiológicas que las convierten en organismos ideales como bioindicadores, ya que algunas especies son muy sensibles a sustancias tóxicas como herbicidas y metales, mientras que otras, son altamente tolerantes a amplios rangos de variación en los elementos del agua, tales como los nutrientes.

En general para Latinoamérica y en particular para México los estudios de biorremediación, bioacumulación y empleando a las algas en el monitoreo de la contaminación son escasos (Robledo y Freile-Pelegrín, 2014). Son mejor conocidos los procesos de remoción de nutrientes y algunos metales por especies de microalgas (Cañizares y Casas, 1991). Para el caso de las macroalgas, aún no se conoce con exactitud los procesos de biotransformación y bioacumulación de las especies. Las macroalgas poseen ciertas ventajas para ser seleccionadas como bioindicadores de contaminación, puesto que muchas especies están unidas al sustrato, pero a su vez tienen frondas que se extienden hacia la superficie del mar, reflejando los efectos de ambos ambientes en sus tejidos. Pueden reflejar los efectos de los contaminantes en el agua de mar a través de su presencia, ausencia o estado fisiológico. Hasta ahora, la marcada tendencia a acumular metales pesados parece estar relacionada por la

afinidad de estos hacia los polisacáridos sulfatados cargados negativamente, esto confiere la capacidad para eliminar metales pesados como método de remoción, tanto de manera activa, como lo es la bioacumulación (células vivas), o de forma pasiva, como lo es la biosorción (células vivas y/o muertas). Estos mecanismos aún no se analizan a profundidad, pero de lo que si se tiene certeza, es de que las algas emplean, por ejemplo, algunos elementos como el Zn, Ca, Fe, Mn, S, P y Al, para cumplir algunas funciones metabólicas en su organismo y, participar activamente en los ciclos biogeoquímicos (Peña et al. 2005; Robledo y Freile-Pelegrián, 2014).

Para las algas rojas se mencionan a *Gracilaria textorii* y *Spyridia filamentosa*, como bioacumuladoras de metales pesados pero, faltaría investigar a detalle, la actividad aglutinante de ambas especies reportada en la literatura.

Las algas verdes, por excelencia, son indicadores sobre las condiciones del medio donde se desarrollan, algunas como *Cladophora* sp., *Ulva* sp. y *Enteromorpha* sp. son cosmopolitas y pueden ser empleadas como indicadores de contaminación en todo el mundo. En las costas de México es común encontrar especies de algas verdes, principalmente del género *Ulva*, que puedan ser utilizadas como indicadores de contaminación (Robledo y Freile-Pelegrián, 2014). En este catálogo, los géneros relacionados con estudios del biomonitoreo y la bioacumulación de metales pesados son: *Ulva*, *Codium*, *Chlorella*, *Pediastrum* y *Ankistrodesmus* (en algas verdes); *Chondria*, *Laurencia*, *Palisada*, *Hypnea* y *Gracilaria* (en algas rojas). En el caso de las algas rojas, es posible que esto se deba a su contenido de agar o carragenanos, ya que existen algas rojas que han sido cultivadas en efluentes de desecho diluidos con agua de mar y han permitido bioacumular o transformar dichos compuestos, pero es muy improbable que la industria de extracción sea capaz de utilizar toda la producción

potencial de agar y carragenanos en el tratamiento de aguas de esta manera (Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Robledo y Freile-Pelegrín, 2014). Con respecto a Euglenozoa, sólo se reporta un género, este es empleado en la biorremediación de aguas residuales, a través de procesos fisiológicos que permiten la remoción de nutrientes del agua; la literatura nos reporta dos principales usos de los euglenoideos: uno, como bioindicadores de ambientes acuáticos contaminados, esto por su resistencia a los metales pesados, aceites, herbicidas, insecticidas y a la falta del oxígeno y, un segundo uso, como alimento en acuicultura debido a su contenido de ácidos grasos no saturados (Garduño et al., 2008). Se sugiere ampliar los estudios relacionados con euglenoideos, tanto en el rubro de acuicultura, como en el de la remoción de metales pesados o radioactivos en los sistemas acuáticos.

Uso Industrial. Una aplicación fundamental que tienen las algas es el uso de su biomasa o componentes estructurales, como materia prima para la industria de los ficocoloides, que son empleados por empresas dedicadas a la alimentación y la farmacología principalmente. En este trabajo, se reporta el uso como materia prima de *Macrocystis* y *Gelidium*, que en general son exportadas para la elaboración de una amplia gama de productos (Zajic, 1970; Guzmán del Prío et al., 1986; Muñoz-Prego y López-Cruz, 1992; Romay et al., 2001). También existen otros productos extraídos de las algas pardas como el fucosterol, que se utiliza en la obtención de hormonas y el manitol, utilizado para elaborar tabletas y goma de mascar.

Las diatomeas también tienen uso industrial, en el producto denominado “tierra de diatomeas”, que se emplea en la construcción de edificios, frigoríficos, hornos y muflas, así como aislante de temperatura, humedad y sonido; como abrasivo en pulidores de óptica, pastas dentífricas y metales. Además de ser usado industrialmente

en la clarificación, refinamiento y filtrado de bebidas y sueros. Cabe señalar, que los mayores yacimientos comerciales en México se localizan en la región minera “El Barqueño” en Zacoalco, Jalisco, y pertenecen al corporativo World Minerals Inc., líder productor mundial de diatomita (Oliva et al., 2008).

Biocombustibles. Los estudios reportados de biocombustibles en este trabajo son prácticamente nulos, esto se puede deber a la alta capacidad de biomasa que se requiere, y a que los costos de su producción, no compiten aún, con los precios del petróleo. Por lo que es de suma importancia iniciar estudios detallados para la obtención de lípidos e hidrocarburos a través de estos organismos (Garibay et al., 2009; Fernández-Linares et al., 2012).

Consideraciones finales. Esta obra permite destacar los usos y/o aplicaciones de las especies algales en el país, sin embargo, vale la pena señalar que el territorio nacional alberga un complejo mosaico de biodiversidad, que en gran medida, es aún desconocida. Por eso es urgente realizar inventarios ficoflorísticos, pero aunados a estudios ecológicos, etnobiológicos y biotecnológicos, que nos permitan conocer de una manera más completa, los recursos que existen en México. Esto conducirá a explotar de una manera más integral los recursos ficológicos del país, ya que conociendo las condiciones ambientales propicias para su desarrollo y, el comportamiento de algunas de sus poblaciones, se pueden establecer y desarrollar granjas productoras de especies ricas en proteínas, lípidos o ficocoloides, para su utilización en acuicultura, alimentación humana y animal, por tanto reconocer la importancia económica de algunas algas, es una tarea urgente. Por ejemplo, *Gelidium*, *Hypnea*, *Gracilaria*, *Gracilariopsis*, *Laurencia* y *Sargassum*, que se emplean en la industria para generar infinidad de productos, como fertilizantes naturales y alimento de animales de corral, sin

dejar de lado, los procesos bioremediadores que se generan en los sistemas acuáticos donde se encuentran (Robledo y Freile-Pelegrín, 1998; Novelo, 2013; Sentíes y Dreckmann, 2013). En este trabajo se reportaron 20 entidades del país que cuentan con algunos estudios referentes a usos y/o aplicaciones.

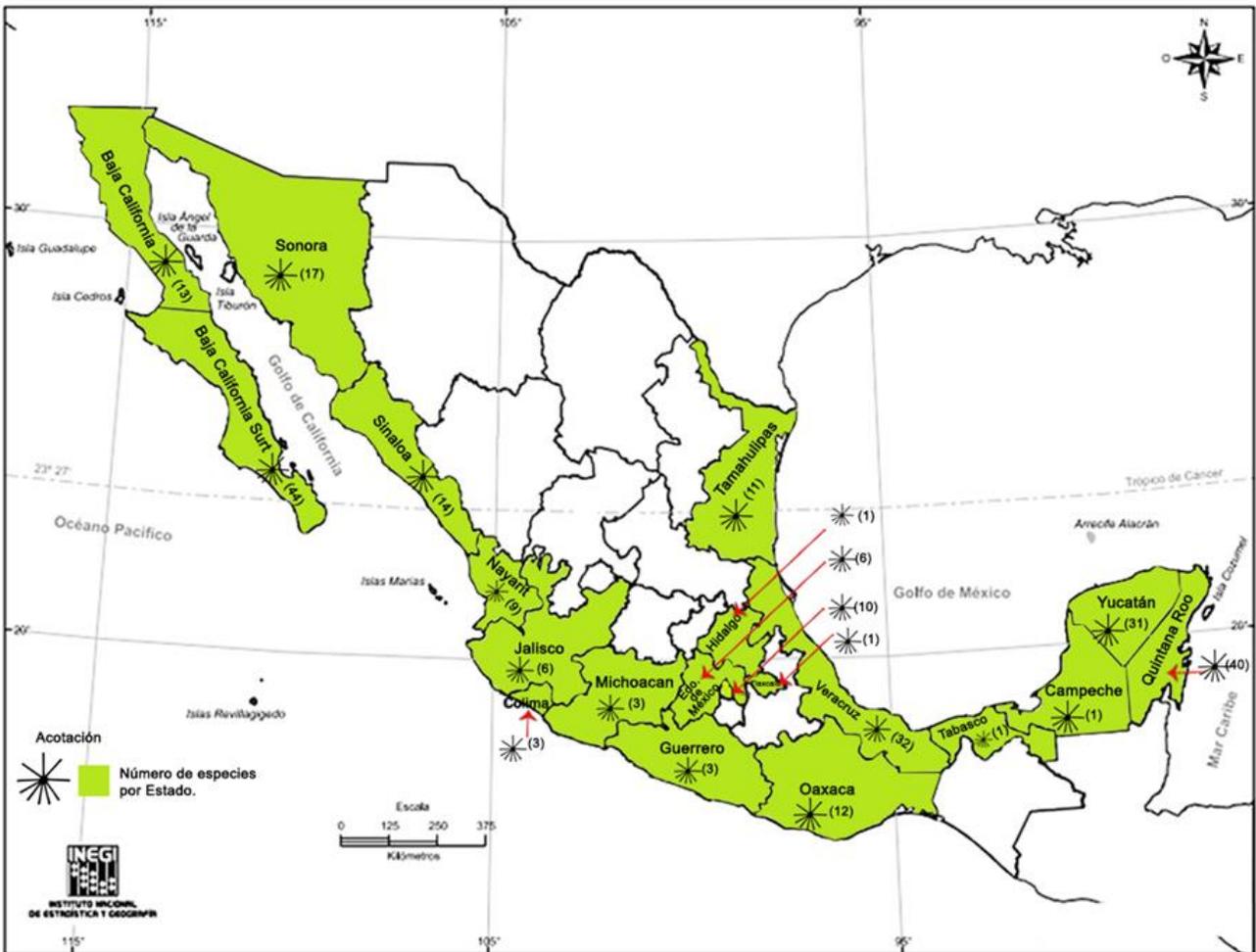


Figura 3. Especies reportadas con uso y/o aplicación por entidad federativas.

En la figura 3 se observan los estados que cuentan con más estudios en el país, referentes a usos y/o aplicaciones de las algas en México, destacando dos penínsulas: Yucatán y Baja California. Así mismo, esta tesis concuerda con el trabajo bibliográfico de Novelo (2003), donde reporta 86 trabajos (que incluye la tesis y memorias) referentes a los usos y aplicaciones de las algas entre el período de 1974-2002. Entre

los tópicos de dichos trabajos se encuentran: alimentación animal, escalamiento comercial, biorremediación, tolerancia y resistencia de las especies, usos tradicionales y caracterización de moléculas bioactivas.

Las recopilaciones bibliográficas de Pedroche et al. (2003) para el Pacífico y Godínez et al. (2003) para el Atlántico de México, también coinciden con los grandes temas de esta tesis. En el Pacífico (1847-2002) señalan 85 trabajos referentes a usos, y para el Atlántico (1822-2002) solo 21, en ambos trabajos, los rubros son: Taxonomía y especies de importancia económica (16), biorremediación, tolerancia y resistencia de las especies (10), alimentación animal (2), escalamiento comercial (44), caracterización de moléculas bioactivas (26), propiedades antibióticas (4), propiedades anticoagulantes (2), conocimiento tradicional (1).

Los rubros reportados en los trabajos de algas mexicanas, realizados por Godínez (2003), Pedroche et al. (2003) y Novelo (2003) se encuentran presentes dentro de este catálogo, lo que permite señalar que las 52 citas originales y seleccionadas, son el eje de estudio en el rubro de los usos y/o aplicaciones en México (cuadro 2). En la figura 4 observamos una tendencia hacia el aumento de trabajos enfocados a los usos de las algas.

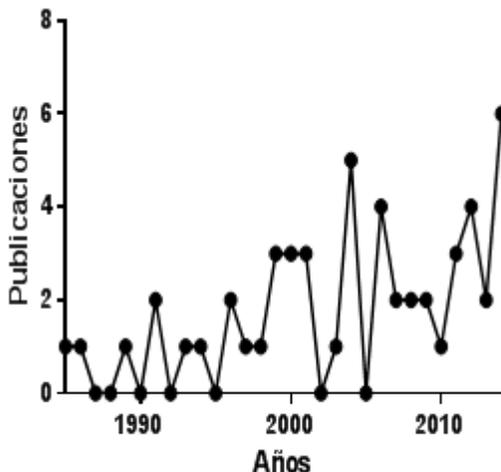


Figura 4. Tendencia de las publicaciones respecto a usos y/o aplicaciones de las algas en México, en el período comprendido de 1985 a 2014.

También estos grandes temas de las aplicaciones de las algas en México vienen a ser corroborados por el último congreso nacional de Ficología (VII Congreso, 2013), en dónde Garduño et al. (2013) reportan 127 trabajos, de los cuáles, 40 se encuentran dentro del rubro de biotecnología, y 29 corresponden a usos y/o aplicaciones: biocombustibles (2), biorremediación, tolerancia y resistencia de las especies (15), alimentación animal (5), caracterización de moléculas bioactivas (3), propiedades antioxidantes e hipoglucémicas (2) y promotores del crecimiento vegetal (2). Trabajos que se verán publicados en el futuro cercano, lo cual ejemplifica como será el panorama dentro de estos temas en el país.

CONCLUSIONES

1.- De los 549 registros se reportan 179 especies y una subespecie, distribuidos en 92 géneros, 44 familias, 29 órdenes, 12 clases, y 6 grandes phyla.

2.- La mayoría de los trabajos aquí citados corresponden a usos y/o aplicaciones de las macroalgas marinas, particularmente se dan a la búsqueda de sustancias bioactivas con efectos antimicrobianos, anticoagulantes, aglutinantes, citotóxicas y antiproliferativas, frente a líneas celulares cancerígenas. Además de que algunas especies, son empleadas como materia prima, por sus componentes que son de alto valor agregado.

3.- Las algas continentales corresponden a las microalgas con usos, tanto en la alimentación humana, la acuacultura y los procesos de biorremediación del agua. Mientras que las algas marinas, han sido usadas mayormente en alimentación, extracción de ficocoloides, acuacultura, bioactividad, biorremediación, bioindicadores y usos étnicos.

4.- La fase de investigación dentro de la ficoquímica en México, es aún incipiente, ya que sólo se prueba el efecto, pero no se explica a profundidad el mecanismo o la elucidación de las moléculas, que generan dicha actividad.

5.- Los estudios de usos y/o aplicaciones en el país reportados, se distribuyen en 19 entidades federativas, sin embargo, los estudios recaen principalmente en el Golfo de California, el Golfo de México y la región del Caribe.

6.- Existe un incremento gradual en los estudios de usos y/o aplicaciones en México, sin embargo, todavía falta mucho por hacer si tomamos en cuenta la gran biodiversidad de México.

SUGERENCIAS

1.- Un gran porcentaje de los trabajos reportados dentro del catálogo, no identifican las posibles moléculas o metabolitos secundarios, por tanto es necesario fomentar la realización de estudios más integrales que nos permitan conocer con mayor profundidad la biología de las especies.

2.- En relación con las cianobacterias, *Arthrospira* destacó por su empleo en la alimentación humana y animal, que ha través de suplementos alimenticios, se distribuye actualmente. Se sugiere una mayor difusión para su consumo, por las propiedades nutricionales que se conocen de está.

3.- Para los Euglenozoa, sólo se reporta un estudio sobre biorremediación de agua, y se ha sugerido, realizar mayores investigaciones en el rubro de la acuicultura, por la presencia de ácidos grasos no saturados.

4.- En las Rhodophyta destacaron los géneros *Laurencia*, *Jania*, *Spyridia*, *Hypnea*, *Gracilaria* y *Grateloupia*, en estudios de actividad antibiótica, actividad aglutinante y anticoagulante, y en estudios de biorremediación. En este grupo se expone la necesidad de realizar estudios más detallados sobre las moléculas que se manifiestan en los estudios citados anteriormente; además de realizar una evaluación integral del este phylum, y reconocer las potencialidades de algunos de sus géneros, para la obtención de productos de valor agregado.

5.- En Ochrophyta, los géneros con mayores estudios fueron *Dictyota*, *Lobophora*, *Padina*, *Sargassum* y *Turbinaria*, en estudios de actividad antibiótica, actividad aglutinante y anticoagulante, y alimentación animal, además de que algunas de las algas pardas en el estudio, son materia prima para la industria, por sus

sustancias de alto valor agregado como los ficocoloides. Por tanto, es indispensable conocer a detalle la biología de estas especies.

6.- En el caso de las Chlorophyta, los principales usos y/o aplicaciones radicaron en el biomonitorio y la bioacumulación de metales pesados, la actividad antibiótica y la actividad citotóxica y antiproliferativa frente a líneas celulares cancerígenas. Los géneros más empleados en dichos estudios fueron *Ulva*, *Codium*, *Caulerpa*, *Penicillus*, *Halimeda* y *Udotea*. Se sugiere ampliar los estudios citotóxicos y antiproliferativos sobre líneas cancerígenas, dentro de este grupo.

7.- En Charophyta, sólo se reportó la actividad insecticida del género *Chara*. Se sugiere caracterizar las moléculas implicadas en esta actividad; además de evaluar su posible aplicación en otros campos, como por ejemplo, la actividad antibiótica.

8.- Se advierte sobre la necesidad de realizar mayores investigaciones en el campo de la biorremediación, especialmente con las algas marinas, para buscar dilucidar los mecanismos de bioacumulación y de biotransformación de los metales pesados y los contaminantes.

9.- Se insiste en la necesidad de buscar especies capaces de proveer de lípidos de buena calidad, para promover el uso de tecnologías menos agresivas, con el medio ambiente, como el biodiesel.

LITERATURA CITADA

- Águila-Ramírez, R. N., A. Arenas-González, C. J. Hernández-Guerrero, B. González-Acosta, J. M. Borges-Souza, B. Véron, J. Pope y C. Hellio. 2012. Antimicrobial and antifouling activities achieved by extracts of seaweeds from Gulf of California, Mexico. *Hidrobiológica* 22 (1): 8-15.
- Álvarez-Cobelas, M. y T. Gallardo. 1989. Una revisión sobre la Biotecnología de Algas. *Botánica Complutensis. Universidad Complutense. No.15:* 9-60.
- Arellano-Carbajal, F., I. Pacheco-Ruíz y F. Correa-Díaz. 1999. Variación estacional del rendimiento y calidad de agar de *Gracilariopsis lemaneiformis* del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas* 25 (1): 51-62.
- Arenas, P. M. (ed). 2009. Etnoficología aplicada: Estudios de casos en relación a la salud y la alimentación en ambientes rurales y urbanos. Red Iberoamericana de saberes y prácticas locales sobre el entorno vegetal. Argentina. 187 p.
- Bachofen, R. 1982. The production of hydrocabons by *Botryococcus braunii*. *Experientia* 38: 47-49.
- Baeza-López, J., M. Cervantes-Ramírez, J. L. Figueroa-Velasco y M. Cuca-García. 2004. Uso de una alga marina (*Macrocystis pyrifera*) en dietas con base en trigo para cerdas en lactancia. *Agrociencia* 38: 181-189.
- Barbarito, J. H. V., T. García, L. Pérez-Jar y E. Alfonso. 2005. Effect of *Spirulina platensis* meal as feed additive on growth, survival and development in *Litopenaeus schmitti* shrimp larvae. *Revista de Investigaciones Marinas* 26(3): 235-241.
- Bashan, Y., L. E. De-Bashan, S. R. Prabhu y J. P. Hernández. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998-2013). *A Marschner Review. Plant and Soil* 378: 1-33.
- Ben-Amotz, A., I. Sussman y M. Avron. 1982. Glycerol production by *Dunaliella*. *Experientia* 38: 49-52.
- Boonchum, W., Y. Peerapornpisal, D. Kanjanapothi, J. Pekkoh, C. Pumas, U. Jamjai, D. Amornlerdpison, T. Noiraksar y P. Vacharapiyasophon. 2011. Antioxidant activity of some seaweed from the Gulf of Thailand. *International Journal of Agriculture and Biology* 13: 95-99.
- Bonilla, S. (Ed.) 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Documento técnico Programa Hidrológico Internacional, UNESCO N°16, Montevideo, Uruguay. 94 p.
- Bonilla, S., L. Aubriot y C. Piccini. 2013. Cianobacterias y cianotoxinas. *Ciencia* N°16. 26-28 p.
- Caamal-Fuentes, E., J. Chale-Dzul, R. Moo-Puc, Y. Freile-Pelegrín y D. Robledo. 2014. Bioprospecting of brown seaweed from the Yucatan Peninsula: cytotoxic, antiproliferative, and antiprotozoal activities. *Journal Applied Phycology* 26: 1009-1017.
- Caccamese, S., R. Azzolina, G. Furnari, M. Cormaci y S. Grasso. 1981. Antimicrobial and antiviral activities of some marine algae from Eastern Sicily. *Botanica Marina*, 24: 365-367.
- Canales-López, B. 1998. Las algas en la agricultura orgánica. Consejo editorial del Estado de Coahuila, México. 322 p.
- Canales-López, B. 1999. Enzimas-Algas. Posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra* 7 (3): 271-276.
- Cantoral-Uriza, E. A. 2012. La tierra de diatomita para la eliminación de metales pesados en cuerpos de agua continentales. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Ficología* 2: 8-13.
- Cañizares, R. O. y C. Casas. 1991. El papel de las microalgas en el tratamiento terciario de aguas residuales. Cuadernos sobre Biotecnología. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. México. 52 p.

- Carmona, J., M.A. Hernández y M. Ramírez. 2004. Algas, Glosario Ilustrado. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Las prensas de Ciencias, México. 82 p.
- Carrillo, S., V. H. Ríos, C. Calvo, M. E. Carranco, M. Casas y F. Pérez-Gil. 2012a. n-3 Fatty acid content in eggs laid by hens fed with marine algae and sardine oil and stored at different times and temperatures. *Journal Applied Phycology* 24: 593-599.
- Carrillo, S., A. Bahena, M. Casas, C. C. Calvo, E. Ávila y F. Pérez-Gil. 2012b. El alga *Sargassum* como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46 (2): 181-186.
- Casas-Váldez, M., H. Hernández-Contreras, A. Marín-Álvarez, R. N. Águila-Ramírez, C.J. Hernández-Carrillo, I. Sánchez-Rodríguez y S. Carrillo-Domínguez. 2006a. El alga marina *Sargassum*: una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Revista de Biología Tropical* 54 (1): 83-92.
- Casas-Váldez, M. G. Portillo-Clark, N. Águila-Ramírez, S. Rodríguez-Astudillo, I. Sánchez Rodríguez y S. Carrillo-Domínguez. 2006b. Efecto del alga marina *Sargassum* sp. sobre las variables productivas y la concentración de colesterol en el camarón café, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41 (1): 97-105.
- Castellotti, C. 2008. Algas. Su uso terapéutico y nutricional. Editorial Dilema. Madrid, España. 250 p.
- Chapman, V. J. 1970. Seaweeds and their uses. The Camelot Press Ltd. Gran Bretaña. 304 p.
- Cruz-Suárez, L. E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar y C. Guajardo-Barbosa. 2000. Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. En: Avances en nutrición acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cruz-Suárez, L. E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. A. Olvera-Novoa y R. Civera-Cerecedo (Eds). México. 227-266 pp.
- Darnall, D. W., B. Greene, J. M. Hosea, R. A. Mc Pherson, M. T. Henzl y M. D. Alexander. 1986. Selective recovery of gold and other metal ions from algal biomass. *Environmental Science & Technology* 20: 206-208.
- De Bashan, L. E. y Y. Bashan. 2003. Bacterias promotoras de crecimiento de microalgas: una nueva aproximación al tratamiento de aguas residuales. *Revista Colombiana de Biotecnología* (2): 85-90.
- De Clerk, O., M. Guiry, F. Leliaert, Y. Samyn y H. Verbruggen. 2013. Algal Taxonomy: A road to nowhere? *Journal of Phycology* 49: 215-225.
- De la Lanza, G., M. M. Ortega, J. L. Laparra, R. M. Carrillo y J. L. Godínez. 1989. Análisis químico de metales pesados (Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr) en algas marinas de Baja California. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 59 (1): 89-102.
- De Lara-Issasi, G. 1991. Propiedades antibióticas de algunas especies de algas marinas bentónicas. *Hidrobiológica* 1 (2): 21-28.
- De Lara-Issasi, G. y M. E. Ponce-Márquez. 1991. Detección de la actividad antibacteriana de algunas algas de la Playa Paraíso, Veracruz, México. *BIOTAM* 3 (1): 20-26.
- De Lara-Issasi, G., M. E. Ponce, N. Hernández y A. Aguilar. 1993. Actividad antibiótica de las algas marinas de las costas de Nayarit, Jalisco y Colima, México. *Serie Ocasional, Facultad de Ciencias del Mar* 2: 43-46.
- De Lara-Issasi y S. Álvarez-Hernández. 1994. Actividad Biológica de las Macroalgas Marinas Mexicanas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 45: 51-60.
- De Lara-Issasi, G., S. Álvarez-Hernández y C. Lozano-Ramírez. 1996. Actividad antibacteriana de algas marinas de Oaxaca, Pacífico Tropical Mexicano. *Revista de Biología Tropical* 44 (2): 895-898.

- De Lara-Isassi, G. y S. Álvarez-Hernández. 1998. Evaluación de la actividad aglutinante de extractos de macroalgas presentes en las costas del Atlántico Mexicano. *Hidrobiológica* 8 (1): 67-72.
- De Lara-Isassi, G., S. Álvarez-Hernández, C. Lozano-Ramírez y N. Hernández-Soto. 1999a. Nuevas adiciones al conocimiento de la actividad antibiótica de macroalgas marinas mexicanas. *Hidrobiológica* 9 (2): 159-169.
- De Lara-Isassi, G. y S. Álvarez-Hernández. 1999b. Evaluación de la actividad anticoagulante de las algas marinas presentes en las costas del Golfo de México y Caribe Mexicano. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 49: 75-82.
- De Lara-Isassi, G., S. Álvarez-Hernández y L. Collado-Vides. 2000. Ichthyotoxic activity of extracts from Mexican marine macroalgae. *Journal Applied Phycology* 12: 45-52.
- De Lara-Isassi, G., S. Álvarez-Hernández y A. Quintana-Pimentel. 2004. Screening for anticoagulant substances in some marine macroalgae. *Hidrobiológica* 14 (1): 47-54.
- De Pauw, N. 1981. Use and production of microalgae as food for nursery bivalves. En: *Nursery Culturing of Bivalve Mollusc*. Claus, C, N. de Pauw y E. Jaspers (eds). E.M.S. Special Publication 7. Bredene. 35-69 pp.
- Espinosa, D. y S. Ocegueda. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natura. En: *Capital natural de México*. Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 33-65 pp.
- Fernández-Linares, L.C., J. Montiel-Montoya., A. Millán-Oropeza y J.A. Badillo-Corona. 2012. Producción de biocombustibles a partir de microalgas. *Ra-Ximhai* 8 (3): 101-115.
- Freile-Peigrín, Y. y J. L. Morales. 2004. Antibacterial activity in marine algae from the coast of Yucatan, Mexico. *Botanica Marina* 47: 140-146.
- Freile-Peigrín, Y., D. Robledo, M. J. Chan-Bacab y B. O. Ortega-Morales. 2008 Antileishmanial properties of tropical marine algae extracts. *Fitoterapia* 79: 374-377.
- García-Amador, E. M. 2014. Técnicas de remediación de suelos. Vol. II. Tratamientos Biológicos: biorremediación y fitorremediación. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. 160 p.
- Garduño, G., M.G. Oliva y M.A. García. 2005. Ficología básica. Manual teórico práctico. 3ra. reimpresión. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Estado de México. 88 p.
- Garduño, G., M. G. Oliva, V. Conforti, M. A. García, A. Pliego y M. M. Ortega. 2008. Euglenoideos. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 52 p.
- Garduño, G., M. G. Cartajena, M. G. Oliva, M. A. García. 2010. Caráceas. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 73 p.
- Garduño, G., O. Angeles y A. Cruz. 2013. Ficología: VII Congreso Nacional memorias 15-18 Octubre. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 325 p.
- Garibay, A., R., R. Vázquez-Duhalt, M. Sánchez., L. Serrano y A. Martínez. 2009. Biodisel a partir de microalgas. *BioTecnología* 13 (3): 38-60.
- Graham, L., J. Graham y L. Wilcox. 2009. *Algae*. Pearson Benjamin Cummings, San Francisco. 616 p.
- Godínez, J.L., M. M. Ortega, G. Garduño, M. G. Oliva y G. Villaclara. 2001. Traditional knowledge of Mexican continental algae. *Journal of Ethnobiology* 21 (1): 57-88.
- Godínez, J. L. M. M. Ortega, G. Garduño. 2003. Bibliografía de las algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. En: *Contribuciones Ficológicas de México*. Robledo, D., J. L. Godínez y Y. Freile-Peigrín (Eds). Sociedad Ficológica de México. 129-139 pp.

- González-González, J. 1994. Las algas. Sistemática de un grupo filofenético. En: B.J. Llorente y V. I. Luna (Comps.). Taxonomía biológica. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México. 299-332 pp.
- Guerra-Rivas, G., C. M. Gómez-Gutiérrez, G. Alarcón-Arteaga, I. E. Soria-Mercado y N. E. Ayala-Sánchez. 2011. Screening for anticoagulant activity in marine algae from the Northwest Mexican Pacific Coast. *Journal Applied Phycology* 23: 495-503.
- Guzmán Del Proó, S. A., M. Casas, A. Díaz, M. L. Díaz, J. Pineda y M. E. Sánchez. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 3 (2): 1-63.
- Hallmann, A. 2007. Algal Transgenics and Biotechnology. *Transgenic Plant Journal* 1 (1): 81-98.
- Hernández-Ceballos, D. E. y S. F. Martínez-Díaz. 2001. Effect of the culture conditions on the growth and lipid contents of two strains of *Nannochloris* sp. to be used in aquaculture. *Hidrobiológica* 11 (2): 163-168.
- Hernández-Herrera, R. M., F. Santacruz-Ruvalcaba, M. A. Ruíz-López, J. Norrie y G. Hernández-Carmona. 2014a. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum*). *Journal Applied Phycology* 26: 619-628.
- Hernández-Herrera, R. M., G. Virgen-Calleros, M. Ruíz-López, J. Zañudo-Hernández, J. P. Délano-Frier y C. Sánchez-Hernández. 2014b. Extracts from green and brown seaweeds protect tomato (*Solanum lycopersicum*) against the necrotrophic fungus *Alternaria solani*. *Journal Applied Phycology* 26: 1607-1614.
- Hernández-Reyes, B. M., M. C. Rodríguez-Palacio, C. Lozano-Ramírez y P. Castilla-Hernández. 2012. Remoción de nutrientes por tres cultivos de microalgas libres e inmovilizados. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* 3 (1): 80-94.
- Hoffmann, L., J. Komárek y J. Kastovsky. 2005. System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) state in 2004. *Algological Studies* 117 (cianobacterial research 6): 95-115.
- Huerta-Múzquiz, L. y D. Espinosa. 2000. Algas marinas bentónicas de la Península de Yucatán y uso potencial de especies selectas. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto No. M039. México, D.F.
- Ilana, C. 2008. Usos industriales de las algas diatomeas. *Quercus* 267. Mayo. Madrid, España.
- John, D. M., B. A. Whitton y A. J. Brook. 2002. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge University Press. Reino Unido. 703 p.
- Krejci, M. R., L. Finney, S. Vogt y D. Joester. 2011. Selective sequestration of strontium in desmid Green algae by biogenic co-precipitation with barite. *ChemSusChem* 4 (4): 470-473.
- Lara-Lara, J. R., L. E. Calderón, V. F. Camacho, G. de la Lanza-Espino, A. Escofet, M.I. Espejel, M. Guzmán, L. Ladah, M. López, E. Meling, P. Moreno, H. Reyes, E. Ríos y J.A. Zertuche. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En: *Capital natural de México. Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 109-134 pp.
- Lebsky, V. K. 2004. Lipid defense response of *Chlorella* as theoretical background in wastewater treatment for pollutants. *Revista Mexicana de Física* 50 (1): 4-6.
- Lee, R. E. 2008. *Phycology*. 4th ed. Edit. Cambridge University Press. New York, USA. 547 p.
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México. Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 283-322 pp.
- López, R., P. Negrete y J. Romero. 2007. Comprobación in vivo de la capacidad antibacterial de *Oedogonium capillare* contra *Vibrio fluvialis* en pez dorado *Carassius auratus*. *Veterinaria México* 38 (4): 439-454.
- Margulis, L. 2002. *Planeta Simbiótico*. Debate. Madrid, España. 161 p.

- Martínez-Tabche, L., C. Germán-Faz, I. Galar-Castelán, B. Ramírez-Mora y G. Cardona-Hinojosa. 1996. Efecto tóxico del carbaril y del plomo sobre los lípidos, la clorofila y los azúcares reductores de la microalga *Ankistrodesmus falcatus*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 12 (2): 61-67.
- McConnaughey, E. 1985. *Sea Vegetables. Harvesting guide & Cookbook*. Naturegraph Publishers, Inc., California, U.S.A. 239 p.
- Medina, A., P. Piña, M. Nieves, J.F. Arzola y M. Guerrero. 2012. La importancia de las microalgas. *Biodiversitas* 103: 1-5.
- Mhadhebi, L., A. Laroche-Clary, J. Robert y A. Bouraoui. 2011. Anti-inflammatory, anti-proliferative and antioxidant activities of organic extracts from the Mediterranean seaweed, *Cystoseira crinita*. *African Journal of Biotechnology* 10 (73): 16682-16690.
- Moo-Puc, R., D. Robledo y Y. Freile-Peigrín. 2009. Actividad citotóxica y antiproliferativa in vitro de macroalgas marinas de Yucatán, México. *Ciencias Marinas* 35 (4): 345-358.
- Moo-Puc, R., D. Robledo y Y. Freile-Peigrín. 2011a. Enhanced antitumoral activity of extracts derived from cultured *Udotea flabellum*. *Evidence-Based complementary and Alternative Medicine*: 1-7.
- Moo-Puc, R., D. Robledo y Y. Freile-Peigrín. 2011b. Improved antitumoral activity of extracts derived from culture *Penicillium dumetosus*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 10 (2): 177-185.
- Moulton, T. P., L. J. Borowitzka y D. J. Vincent. 1987. The mass culture of *Dunaliella salina* for B-carotene: from pilot plant to production plant. *Hydrobiologia* 151/152: 99-105.
- Muñoz-Crego, A. y A. López-Cruz. 1992. *Drogas del mar: sustancias biomédicas de algas marinas*. Universidad de Santiago de Compostela. 188 p.
- Muñoz-Ochoa, M., J. I. Murillo-Álvarez, Y. E. Rodríguez-Montesinos, G. Hernández-Carmona, D. L. Arvizu-Higuera, J. Peralta-Cruz y J. Lizardi-Mendoza. 2009. Anticoagulant screening of marine algae from Mexico, and partial characterization of the active sulfated polysaccharide from *Eisenia arborea*. *CICIMAR Océánides* 24 (1): 41-51.
- Nishino, T., H. Kiyohara, H. Yamada y T. Nagumo. 1991. An anticoagulant fucoidan from the Brown seaweed *Ecklonia kurome*. *Phytochemistry* 30(2): 535-539.
- Norris, J. N. 1985. Marine algae. En: *People of the Desert and Sea: Ethnobotany of the Seri Indians*. Felger, R. S. y M. B. Moser (eds). Tucson: University Arizona Press, U.S.A. 207-216 pp.
- Novelo, E. 2003. Bibliografía sobre algas de aguas continentales de México 1974-2002. En: *Contribuciones Ficológicas de México*. Robledo, D., J. L. Godínez y Y. Freile-Peigrín (eds). Sociedad Ficológica de México. 63-88 pp.
- Novelo, E. y R. Tavera. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21 (3): 333-341.
- Novelo, E. 2013. Diversidad de algas dulceacuícolas. Una riqueza y un potencial por descubrir. En: *La Biodiversidad de Chiapas: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y el Gobierno del Estado de Chiapas, México. 97-102 pp.
- Oliva, M. G. G. Garduño, G. Vilaclara, M. M. Ortega, M. A. García y A. Pliego. 2008. *Diatomeas*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 110 p.
- Orduña-Rojas, J., R. Suárez-Castro, E. S. López-Álvarez, R. Riosmena-Rodríguez, I. Pacheco-Ruíz, J. A. Zertuche-González y A. E. Meling-López. 2008. Influencia del tratamiento alcalino en el agar de *Gracilariopsis longissima* y *Gracilaria vermiculophylla* del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas* 34 (4): 503-511.
- Ortega, M. M., J. L. Godínez, H. Schlichting y M. Schlichting. 1989. *Plantas que nadan, plantas que vuelan. El maravilloso mundo de las algas*. Pangea Editores y UAM Xochimilco, México. 48 p.

- Ortega, M. M. y J. L. Godínez. 1994. Perspectivas de la Ficología en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 55: 115-122.
- Ortega, M. M., J. L. Godínez, G. Garduño, y M. G. Oliva. 1994. Ficología de México. Algas continentales. AGT Editor, México. 221 p.
- Ortega, M. M., J. L. Godínez, G. Garduño, M. G. Oliva y G. Vileclara. 1997. Uso tradicional de las algas marinas en México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 3 (2): 161-163.
- Páez-Osuna, F., M. J. Ochoa-Izaguirre, H. Bojórquez-Leyva, I. L. Michel-Reynoso. 2000. Macroalgae as biomonitors of heavy metal availability in coastal Lagoons from the Subtropical Pacific of Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 64: 846-851.
- Palmer, M.C. 1962. Algas en abastecimientos de agua. Editorial Interamericana, S.A. México. 91 p.
- Pardhasaradhi, B.V.V, Ali, A.M. Kumari, A. L., Reddanna, P. y A. Khar. 2003. Phycocyanin-mediated apoptosis in AK-5 tumor cells involves down-regulation of Bcl-2 and generation of ROS. Molecular Cancer Therapeutics (2): 1165-1170.
- Pedroche, F. F., K.M. Dreckmann y R. Margain-Hernández. 1993. Diversidad Algal en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 44: 69-92.
- Pedroche, F. F. y A. Sentíes. 2003. Ficología Marina Mexicana. Diversidad y Problemática actual. Hidrobiológica 13 (1): 23-32.
- Pedroche, F. F., P. C. Silva, L. E. Aguilar, K. M. Dreckmann, R. Aguilar Rosas. 2003. Macroalgas marinas bénticas del Pacífico. Referencias bibliográficas selectas (1847-2002). 97-126 pp. En: Contribuciones Ficológicas de México. Robledo, D., J. L. Godínez y Y. Freile-Pelegrín (Eds). Sociedad Ficológica de México.
- Pellón, A., M. C. Espinosa, R. O. Cañizares, J. Frades, A. Chacón, E. Pérez, A. Oña, C. Ramos-Alvariño, R. Mayari y R. Escobedo. 2008. Eliminación de cromo (III) y cadmio (II) mediante el uso de un bio-reactor utilizando *Scenedesmus obliquus* inmovilizado. Ingeniería Hidráulica en México. 23 (3): 139-150.
- Peña, E., M. Palacios y N. Ospina-Álvarez. 2005. Algas como indicadores de contaminación. Universidad del Valle, Colombia. 162 p.
- Pitaloka, M. K., V. Petcharat, S. Arikity y A. Sunpapao. 2015. *Cephaleuros virescens*, the cause of an algal leaf spot on Pararubber in Thailand. Australasian Plant Disease Notes. 10 (4): 01-04.
- Radmer, R.J. y B.C. Parker. 1994. Commercial applications of algae: opportunities and constraints. Journal of Applied Phycology 6: 93-98.
- Ramírez-Higuera, A., L. Quevedo-Corona, N. Paniagua-Castro, G. Chamorro-Ceballos, A. Milliar-García y M. E. Jaramillo-Flores. 2014. Antioxidant enzymes gene expression and antihypertensive effects of seaweeds *Ulva linza* and *Lessonia trabeculata* in rats fed a high-fat and high-sucrose diet. Journal Applied Phycology 26: 597-605.
- Ramírez-Rodríguez, A., R. Blanco-Pérez y Y. D. Okolodkov. 2011. Diversidad de especies de algas epífitas marinas. En: La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Vol. II. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y el Gobierno del Estado de Chiapas, México. 71-76 pp.
- Rendón, U., S. Carrillo, L. G. Arellano, M. Casas, F. Pérez y E. Ávila. 2003. Composición química del residuo de la extracción de alginatos (*Macrocystis pyrifera*). Su aprovechamiento en la alimentación de gallinas ponedoras. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 37 (3): 291-297.
- Reyes-Tisnado, R., G. Hernández-Carmona, F. López-Gutiérrez, E. J. Vernon-Carter y P. Castro-Moroyoqui. 2004. Alginatos de sodio y potasio extraídos del alga *Macrocystis pyrifera* para usos en materiales para impresión dental. Ciencias Marinas 30(1B): 189-199.

- Ríos, N., G. Medina, J. Jiménez, C. Yañez, M. Y. García, M. L. Di Bernardo y M. Gualtieri. 2009. Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. *Revista Peruana de Biología* 16 (1): 097-100.
- Riosmena-Rodríguez, R., A. Talavera-Sáenz, B. Acosta-Vargas y S. C. Gardner. 2010. Heavy metals dynamics in seaweeds and seagrasses in Bahía Magdalena, B. C. S., México. *Journal Applied Phycology* 22: 283-291.
- Robledo, D. 1997. Las algas y la biodiversidad. *Biodiversitas* 13:1-4.
- Robledo, D y Y. Freile-Pelegrín. 1998. Macroflora marina de interés económico de las costas de Yucatán. En: Aspectos económicos de la Biodiversidad en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad e Instituto Nacional de Ecología. México. 167-179.
- Robledo, D. y Y. Freile-Pelegrín. 2014. Algas marinas como bioindicadores de calidad ambiental y su uso en estudios toxicológicos. En: Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental. Gónzález-Zuarth, C. A., A. Vallarino, J. C. Pérez-Jiménez y A. M. Low-Pfeng (Eds.) El Colegio de la Frontera Sur e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. 535-552 pp.
- Rodríguez-Castañeda, A. P., I. Sánchez-Rodríguez, E. N. Shumilin y D. Sapozhnikov. 2006. Element concentrations in some species of seaweeds from la Paz Bay and La Paz lagoon, south-western Baja California, Mexico. *Journal Applied Phycology* 18: 399-408.
- Romay, C., D. Ramírez y R. González. 2001. Actividad antioxidante de la ficocianina frente a radicales peroxílicos y la peroxidación lípida microsomal. *Revista Cubana de Investigación Biomédica* 20(1): 38-41.
- Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann. 1990. The Diatoms. Biology & Morphology of the genera. Cambridge University Press. USA. 117-129 pp.
- Ruíz-Marín, A., Y. Canedo-López, S. C. Campos-García, M. Y. Sabido-Pérez y J. C. Zavala-Loria. 2013. Biodegradación de contaminantes de aguas residuales por lodos activados coinmovilizado con *Scenedesmus obliquus*. *Agrociencia* 47: 429-441.
- Sacristán-De Alva, M., V. M. Luna-Pabello, E. Cadena-Martínez y A. F. Alva-Martínez. 2014. Producción de biodiesel a partir de microalgas y una cianobacteria cultivadas en diferentes calidades de agua. *Agrociencia* 48: 271-284.
- Sánchez-Rodríguez, I., M. A. Huerta-Díaz, E. Choumiline, O. Olgún-Quñones y J. A. Zertuche-González. 2001. Elemental concentrations in different species of seaweeds from Loreto Bay, Baja California Sur, Mexico: implications for the geochemical control of metals in algal tissue. *Environmental Pollution* 114: 145-160.
- Sentíes, A. y K. M. Dreckmann. 2013. Macroalgas. En: La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Campeche, México. 198-203 pp.
- Soong, P. 1980. Production and development of *Chlorella* and *Spirulina* in Taiwan. En: Algae Biomass. Shelef G. y C. J. Soeder (eds). Elsevier North Holland Biomedical Press. Amsterdam. 097-113 pp.
- Stevenson, C. S., E. A. Capper, A. K. Roshak, B. Márquez, C. Eichman, J. R. Jackson, M. Mattern, W. H. Gerwick, R. S. Jacobs y L. Marshall. 2002. The identification and characterization of the marine natural product Scytonemin as a Novel antiproliferative pharmacophore. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 303: 858-866
- Van Den Hoek, C., D. G. Mann y H. M. Jahns. 1995. Algae: An introduction to phycology. Cambridge University Press. Cambridge. 623 p.
- Vega-Villasante, F., A. Cupul-Magaña, H. Nolasco-Soria y O. Carrillo-Farnés. 2006. Las algas marinas *Sargassum* spp y *Macrocystis pyrifera*: ¿una alternativa para el forraje del ganado bovino en la península de Baja California? *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40 (4): 439-448.

- Vijayabaskar, P. y Shiyamala, V. 2011. Antibacterial activities of Brown marine algae (*Sargassum wightii* and *Turbinaria ornata*) from the Gulf of Mannar biosphere reserve. *Advances in Biological Research* 5(2): 99-102.
- Warrand, J. 2006. Healthy polysaccharides. *Food Technology and Biotechnology* 44 (3): 355-370.
- Wynne, M. 2011. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: third revision. *Nova Hedwigia Beiheft* 140. 166 p.
- Xiaojun, Y., Y. Chuda, M. Susuki y T. Nagata. 1999. Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hijikia fusiformis* a common edible seaweed. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 63 (3): 605-607.
- Yamamoto, I. M. Takahashi, E. Tamura y H. Maruyama. 1982. Antitumor activity of crude extracts from edible marine algae against L-1210 leukemia. *Botanica Marina* 25: 455-457.
- Zajic, J. E. (Ed.) 1970. *Properties and Products of Algae*. Plenum Press. New York. 154 p.
- Zubia, M., D. Robledo y Y. Freile-Pelegrín. 2007. Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal Applied Phycology* 19: 449-458.
- Zubia, M., Y. Freile-Pelegrín y D. Robledo. 2014. Photosynthesis, pigment composition and antioxidant defences in the red alga *Gracilariaopsis tenuifrons* (Gracilariales, Rhodophyta) under environmental stress. *Journal Applied Phycology* 26: 2001-2010.

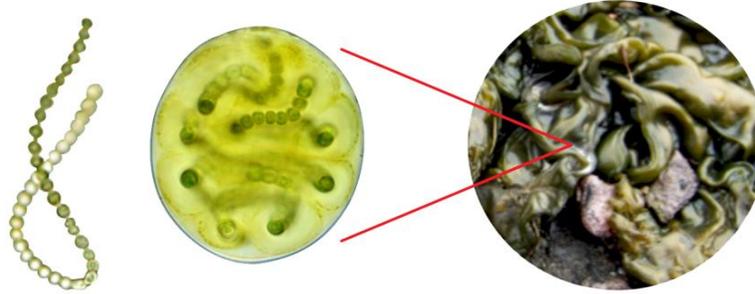
APÉNDICE 1

REGISTROS DE NOMBRES VERNÁCULOS, SIN ESTUDIOS DE APLICACIÓN.

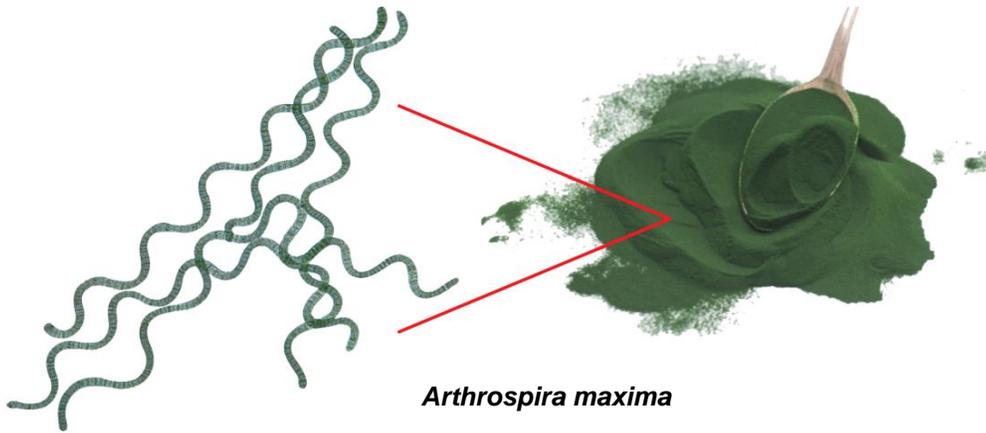
Nombre vernáculo	Entidad federativa	Identidad taxonómica
Chonak, choonakil, ucho" nakilha, ova de agua (de río o marina)*	Yucatán	<i>Cladophora</i> o <i>Ulva</i>
Diatoma de copos*	Oaxaca	<i>Fragilaria pectinalis</i>
Diatoma erguida*	Oaxaca	<i>Fragilaria striatula</i>
Hast iti coteja**	Sonora	<i>Colpomenia phaeodactyla</i>
Lama de comanjilla*	Guanajuato	<i>Spirulina labyrinthiformis</i>
Lama larga*	Oaxaca	<i>Spyrogira flavescens</i>
Lama "Limo"*	Guanajuato, Hidalgo.	<i>Hapalosiphon pumilus</i> , <i>Cladophora rivularis</i> , <i>Cladophora</i> <i>glomerata</i> var. <i>crassior</i> , <i>Fragilaria pectinalis</i> , <i>Fragilaria</i> <i>striatula</i> , <i>Dolichospermum</i> <i>flosaquae</i> , <i>Spirogyra flavescens</i> .
Lama del topo*	Nuevo León	<i>Microcoleus calidus</i>
Mancha de la hoja*	Chiapas, Tabasco	<i>Cephaleuros virescens</i>
Tachak, tzau*	Yucatán	
Tripilla*	Michoacán	<i>Nitella</i> sp
Tsil, ts" il, luk, mum*	Yucatán	
Verdín, surrupa, conferva*	Sinaloa	<i>Lemanea fluviatilis</i> identificación taxonómica dudosa
Xkomha*	Yucatán	<i>Microspora amoena</i>
Yaxkoxmal, ya "xk" oxmal*	Yucatán	

*Godínez et al. (2001), **Norris (1985)

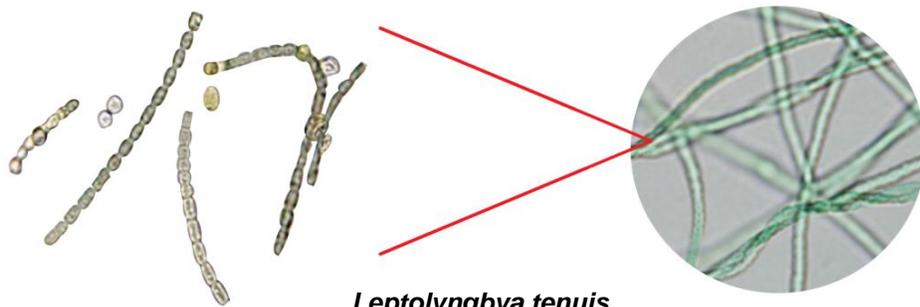
LÁMINA 1. CYANOBACTERIA (ALGAS VERDE-AZULES)



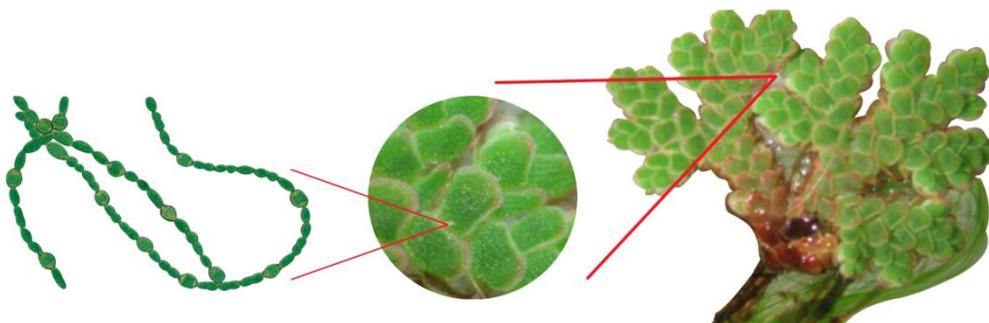
Nostoc commune



Arthrospira maxima



Leptolyngbya tenuis



Trichormus azollae

LÁMINA 2. EUGLENOZOA



Euglena sp.

LÁMINA 3. OCHROPHYTA



Colpomenia sp.



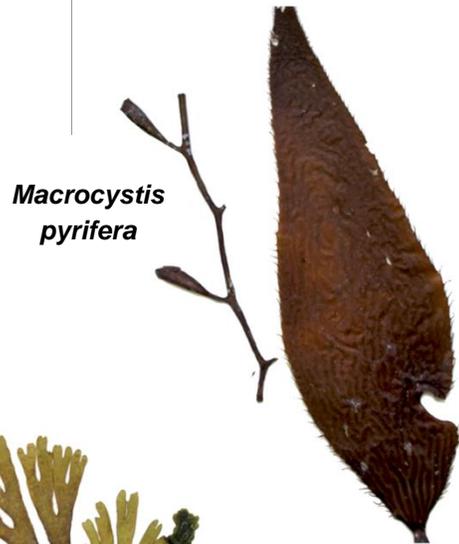
Cymbella sp.



Spatoglossum schroederi



Chnoospora minima



Macrocystis pyrifera

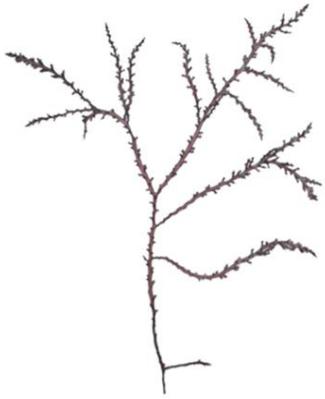


Sargassum sinicola

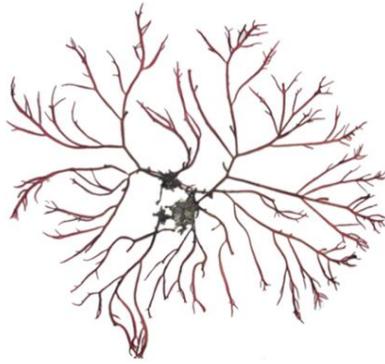


Dictyota sp. y
Padina sp.
acompañadas por
Caulerpa sp. y
Corallina sp.

LÁMINA 4A. RHODOPHYTA



Acanthophora spicifera



Agardhiella tenera



Bryothamnion triquetrum



Centroceras clavulatum



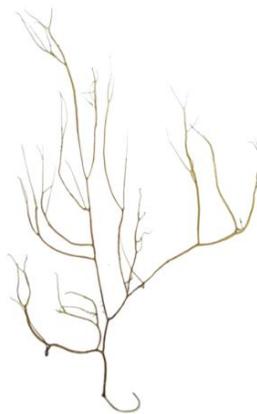
Galaxaura rugosa



Gelidiella acerosa



Gelidium purpurascens



Gracilaria blodgettii



Gracilaria bursa-pastoris

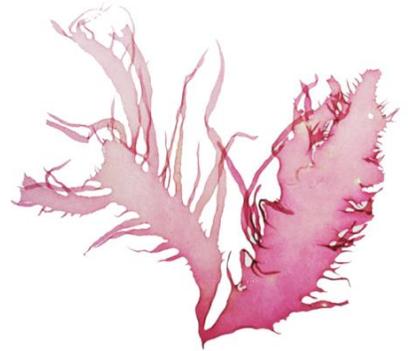
LÁMINA 4B. RHODOPHYTA



Grateloupia sp.



Hydropuntia cornea



Halymenia sp.



Gracilaria mammillaris



Jania adhaerens



Laurencia obtusa



Laurencia pacifica



Pyropia perforata



Spyridia filamentosa

LÁMINA 5A. CHLOROPHYTA



Penicillus dumetosus



Prasiola mexicana



Avrainvillea longicaulis



Caulerpa ashmeadii



Caulerpa mexicana



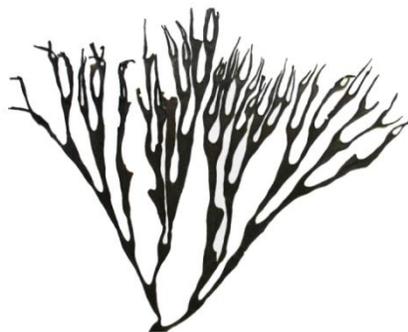
Caulerpa prolifera



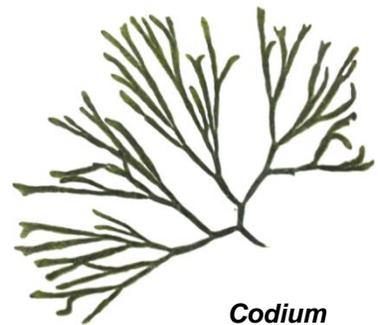
Chaetomorpha antennina



Codium giraffa



Codium simulans



Codium isthmocladum

LÁMINA 5B. CHLOROPHYTA



Cymopolia barbata



Dasycladus vermicularis



Halimeda discoidea



Halimeda incrassata



Halimeda opuntia



Udotea flabellum



Udotea occidentalis



Ulva sp.



Ulva lactuca



Ulva intestinalis

LÁMINA 6. CHAROPHYTA



Chara zeylanica

