

**Atlas**  
de las  
**Macroalgas**  
del **Caribe**  
**panameño,**  
su **auto**  
**fluorescencia**  
y **usos**

**Gloria Batista de Vega**

Jorge Ceballos  
Raineldo Urriola  
Oscar G. López Ch.

**Atlas de las Macroalgas  
del Caribe panameño,  
su autofluorescencia y usos**

# Atlas de las Macroalgas del Caribe panameño, su auto fluorescencia y usos

Gloria Batista de Vega<sup>1</sup>  
Jorge Ceballos A.<sup>2a</sup>  
Raineldo Urriola<sup>2b</sup>  
Oscar G. López Ch.<sup>3</sup>

1. Dirección de Investigación y Desarrollo, Laboratorio Marino de Rodman, Gracilarias de Panamá, S. A.
- 2a. Laboratorio de Microscopía Electrónica y Confocal del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá
- 2b. Coordinación Científica, Centro de Investigación y Conferencias Earl S. Tupper del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá.
3. Colección de Aves del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá.

ISBN: 978-9962-13-405-3

Gloria Batista de Vega.

Jorge Ceballos.

Raineldo Urriola.

Oscar G. López Ch.

© Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna, ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso de los autores.

Editora: Gloria Batista de Vega.

Concepto gráfico y diagramación de textos: Raúl Alegre.

# Sobre la Autora



**G**loria Batista de Vega ha unido voluntades, conocimientos y dedicación de científicos e investigadores de instituciones tan diversas como el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian en Washington DC, el Laboratorio de Fluorescencia Dinámica de la Universidad de California en Irvine, el Centro Regional Universitario de la Universidad de Panamá en Colón, el Instituto de Investigaciones Tropicales de Smithsonian en Pa-

namá y la Autoridad de Recursos Marítimos de Panamá, quienes apoyaron de múltiples formas para la realización del *“Atlas de las Macroalgas del Caribe panameño, su autofluorescencia y usos”* que ahora presentamos. Sin embargo, nada de esto hubiera sido posible sin el apoyo permanente de la Familia Liberman y su equipo de SLI.

La Dra. Gloria Batista de Vega hereda una notable vocación científica de su padre el Prof. José Manuel Batista C. fundador de la Escuela de Meteorología de la Universidad de Panamá. Gloria, desde sus años juveniles, se enamora de las costas colonenses y como bióloga marina dedica su vida al estudio de estas áreas.

Posterior a recibir su título de Licenciada en Biología por la Universidad de Panamá, obtiene, con honores, su maestría en Manejo Costero en la Universidad de California en Berkeley y, finalmente, la calificación sobresaliente “Cum Laude”, en su PhD en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Gloria ha representado a la República de Panamá en numerosos eventos científicos en varios países de América, Europa y Asia.

El presente trabajo trae a la luz pública sus hallazgos sobre el potencial de las células de las algas marinas de las costas colonenses para generar fluorescencia, y lo que esto debe significar para futuros investigadores en términos de desarrollo de nuevas aplicaciones en la medicina y creación energías eficientes.

*Es un gusto para mí presentarles este trabajo de investigación liderado por la Dra. Gloria Batista de Vega, quien ha dado un lugar privilegiado en su vida al estudio de las algas marinas. He sido testigo de su pasión al enseñar a los estudiantes y al compartir los hallazgos de su investigación científica.*

*Este Atlas es el fruto de la contribución de científicos de distintas instituciones comprometidos con la investigación científica y la difusión del conocimiento.*

**Guillermo Liberman.**

*Presidente de Global SLI.*

# Agradecimientos

La idea de publicar el presente estudio de plantas marinas y el conocimiento de la autofluorescencia que producen, surgió de mi interacción con los estudiantes de la Universidad de Panamá en Colón y gracias al permanente apoyo de los señores Samuel y Guillermo Liberman, mecenas indiscutibles de la investigación científica en Panamá.

Deseo agradecer la colaboración de la Dra. Oris Sanjur, Directora Asociada del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá (STRI) y del Dr. Ira Rubinoff, quien se desempeñó por más de treinta años como director del (STRI). Además agradezco el apoyo incondicional de reconocidos científicos del Museo Nacional de Historia Natural del Smithsonian en Washington D.C.: Dr. James Norris, científico emérito, Dr. David Louis Ballantine, Investigador Asociado, Mr. Barret Brooks, Investigador y Asistente de Colecciones de algas marinas y la participación en este trabajo de renombrados investigadores del LFD, Laboratorio de Fluorescencia Dinámica de la Universidad de California en Irvine.

Gracias a mis colegas y amigos: Judith Connor, John West, John Cubit, Stanley Yankowski, Enrico Gratton, Michelle Digman, por haberme facilitado el entendimiento de las algas marinas, lo que me llevó a descubrir uno de los misterios característicos en sus células, como es la fluorescencia y sus manifestaciones.

Una mención especial, para quien se desempeñó como asistente del Laboratorio Marino de Gracilarias, la licenciada Jeimy Góndola; al equipo de operaciones en el mar Caribe, liderado por Chris Shields; a Raúl Alegre Latorre por su implicación y atinadas sugerencias en la edición de este Atlas, a Clelia de Arango; y al personal de la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP) por su permanente apoyo para el desarrollo de nuestras actividades.

## **Gloria Batista de Vega.**

*Directora de Investigación y Desarrollo  
de Gracilarias de Panamá.*

# Dedicatoria

*Dedico este trabajo, con mi eterno amor y agradecimiento, a mi padre, José Manuel Batista (qdep), y a mi madre, Betha Libia; a mi esposo, José Francisco Vega; a mis hijos, Carmen Rosa y Víctor Manuel; a mi futuro: Xianna, Lucas, Gabriela, Dekang; a mi sobrino, Raúl Yee y sus hijos, para quienes anhelo dejar océanos llenos de vida.*

*A las personas que han colaborado con la elaboración del Atlas, especialmente a Amanda Burgueño, por enseñarme a crecer con su constante guía, y al grupo de Gracilarias de Panamá S.A.*

# Prólogo

El presente Atlas de plantas marinas del Caribe panameño nos introduce en las propiedades de autofluorescencia que sus células poseen en las varias etapas de la fotosíntesis, y en los hidrocoloides que ellas producen. También nos brinda información sobre el uso de las plantas marinas por los pescadores que viven en el Caribe panameño próximo a la entrada norte del canal de Panamá. Las utilizan para la alimentación, la etnobotánica y la elaboración de diversos productos.

Por otra parte, este Atlas nos permite apreciar las plantas marinas en su medio ambiente y cómo las nuevas técnicas de microscopía confocal, por medio de imágenes 3D, nos dejan ver la variedad de colores que nos indican los hidrocoloides que ellas generan.

Para el desarrollo del presente trabajo, hemos contado con el apoyo del equipo del Departamento de Botánica del Museo de Historia Natural del Smithsonian en Washington D.C., destacando la participación del Dr. David Ballantine, Barrett Brooks, y Stanley Yankowski, quienes cooperaron arduamente en la identificación de las muestras usando técnicas histológicas y microscopía láser. El herbario del Museo de Historia Natural del Smithsonian en Washington D.C. alberga la colección de algas del Herbario Nacional de los Estados Unidos, que es una de las colecciones más grandes del mundo sobre especies tropicales de algas marinas, con gran atención en el Atlántico occidental. Actualmente, posee la colección más grande de algas de Panamá y del Caribe, incluyendo especímenes relevantes para esta investigación.

El Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales Panamá (STRI), colaboró permanentemente con los proyectos de cultivo ecosostenible de algas marinas y sus aplicaciones, a través de la Dra. Oris Sanjur, directora asociada para la Administración Científica, y con el apoyo logístico del licenciado Rainerdo Urriola, director de los Laboratorios del STRI. Las imágenes confocales fueron analizadas por el licenciado Jorge Ceballos, técnico del Laboratorio Láser y Microscopía Confocal, y por el licenciado Oscar López, técnico en investigación en fotografías en 3D.

En California, Estados Unidos, trabajamos con la Universidad de California, Irvine (UCI) y el *Laboratory for Fluorescence Dynamics (LFD)*, que es un centro nacional de recursos de investigación para espectroscopía de fluorescencia

biomédica. Como resultado de este trabajo conjunto logramos, con el fundador e investigador principal del LFD, Dr. Enrico Gratton y con la Dra. Michelle Digman, el primer estudio con la implementación de una nueva técnica, que facilitará el entendimiento de la detección de los hidrocoloides que producen las algas marinas utilizando la microscopía confocal láser. Es una técnica no agresiva para las células vivas, que permite la detección y diferenciación de tipos de coloides en las células de las algas.

**Raúl Yee.**

*Cofundador de  
Gracilarias de Panamá.*

# Indice

|  |     |
|--|-----|
| 1. Introducción.....   | 17  |
| 2. Las plantas marinas.....  | 21  |
| 2.1 ¿Qué son las plantas marinas?.....   | 21  |
| 2.2 Clasificación general de las plantas marinas, según su división .....      | 22  |
| A. CHLOROPHYTAS (Algas Verdes) microscópicas y macroscópicas.....              | 22  |
| B. CYANOPHYTA (Algas Verdeazules) microscópicas y macroscópicas .....          | 23  |
| C. OCROPHYTA (Algas Pardas) macroscópicas.....                                 | 23  |
| D. RHODOPHYTA (Algas Rojas) microscópicas y macroscópicas .....                | 24  |
| E. MAGNOLIOPHYTA (Fanerógamas Marinas) macroscópicas .....                     | 26  |
| 2.3 Ficocoloides - hidocoloides.....   | 26  |
| 3. Fotosíntesis .....  | 29  |
| 3.1 La primera fase: luminosa.....   | 29  |
| 3.2 La segunda fase: oscura .....  | 30  |
| 3.3 ¿Qué es la energía lumínica?.....  | 30  |
| 3.4 Fluorescencia .....  | 33  |
| A. Fluorocromos.....   | 34  |
| B. Fluoróforo.....   | 34  |
| 4. La microscopía confocal .....   | 39  |
| 5. Metodología de la investigación .....                                       | 41  |
| 5.1 Área de estudio.....   | 41  |
| 5.2 Estudio fotográfico en 3D de especies elegidas para análisis confocal..... | 42  |
| 5.3 Preparación, observación de muestra y obtención de imágenes confocales..   | 42  |
| 5.4 Configuración de trabajo del microscopio confocal de barrido láser .....   | 43  |
| 6. Resultados.....   | 47  |
| 7. Conclusiones y recomendaciones .....  | 115 |
| 8. Anexos.....   | 117 |
| 9. Glosario .....  | 121 |
| 10. Referencias.....   | 129 |
| 11. Índice taxonómico .....  | 135 |

# 1. Introducción

Los seres humanos hemos aprendido a conocer las plantas marinas cosechándolas y utilizándolas de muchas maneras, tanto las microalgas como las macroalgas y fanerógamas marinas. El informe más antiguo sobre el uso de algas marinas se remonta a tiempos prehistóricos, datados entre 14.220 y 13.980 a.C. (-12 310 y 12 290 de 14C) en Monte Verde (Chile). Dillehay, 2004, en su libro Monte Verde: un asentamiento del Pleistoceno tardío en el sur de Chile, presentó una lista de especies de flora y las clasificó de acuerdo con los estudios etnobotánicos actuales de uso económico de la región. Las interpretaciones arqueológicas de estas excavaciones, comenzadas en 1977, identificaron nueve especies de algas que fueron usadas como alimento y medicina por los habitantes (Dillehay et al. 2008). Las especies *Durvillaea antarctica*, *Porphyra sp.* y *Gracilaria sp.*, fueron clasificadas como de uso alimenticio, mientras *Sargassum sp.* fue catalogado tanto de uso alimenticio como medicinal. Así se encontraron piezas de unas estructuras parecidas a tortas, muy bien preservadas, y que se elaboraron con *D. antarctica*, *Porphyra sp.*, *Gracilaria sp.*, y *Sargassum sp.*

Considerando que algunas tortas mostraban mordidas de humanos del Pleistoceno tardío en el sur de Chile (Rossen & Ramírez, 1997, Fiedel, 1999), podría suponerse que las algas marinas le permitían a la comunidad satisfacer una deficiencia estacional de las vitaminas del complejo A y B y de yodo, muy común entre las poblaciones que distaban del mar.

El consumo humano de las macroalgas como medicina y alimento ha sido documentado en el Caribe desde el siglo XIX, al menos, en ocho diferentes islas y también en Panamá (Michanek, 1975). Algunas especies fueron clasificadas taxonómicamente por Taylor, 1960, 1985. Las investigaciones etnobotánicas sobre los usos de plantas terrestres en Panamá, han sido razonablemente documentadas; sin embargo, la utilización de las plantas marinas por la población panameña se ha pasado por alto (Batista G, 2009; Hurtado A, Critchley A, Neish, 2017) Al menos dos diferentes grupos de humanos, históricamente radicados en Panamá, los gunas y la comunidad afroantillana, utilizan tradicionalmente especies de *Gracilaria sp.* y *Sargassum sp.* de diferentes maneras. Por ejemplo, los afroantillanos usan especies de *Gracilaria* para alimentos en sopas, cereal para los niños y bebidas vigorizantes,

mientras que los gunas las utilizan en sus actividades de etnobotánica, para curar desordenes psicológicos, como los emocionales en la mujer durante sus cambios hormonales y algunas afecciones físicas como dolor de muela. Algunas especies de *Sargassum sp.* son utilizadas por los afroantillanos para tratamiento de los riñones y para fertilizante en palmas de coco, y por otro lado, los gunas utilizan estas especies para curar orzuelos, golpes en la cabeza y contusiones en la piel (Batista de Yee & Connor, 1982).

Las especies de algas rojas de importancia comercial, localizadas en el Caribe panameño, fueron muy bien documentadas en artículos científicos a finales de los años 80 por James Norris e Isabella A. Abbott, del Departamento de Botánica del Instituto Smithsonian y la Universidad de Hawai, contando con la participación de científicos colaboradores del Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencia China en Qingdao, (IOCAS), quienes participaron en varios talleres para la identificación de estas especies. Se publicaron ocho volúmenes sobre taxonomía de las macroalgas de importancia comercial del Caribe: *Taxonomy of Economic Seaweeds: with Reference to some Pacific and Caribbean species.*

De 1976 a 1980, en el Laboratorio Marino de Punta Galeta, del Instituto Smithsonian, localizado próximo a la entrada norte del canal de Panamá en el Caribe, se realizaron estudios sobre algas marinas en los que se presentaron listas de especies de macroalgas elaboradas por diferentes científicos al hacer sus tesis doctorales. Entre ellos están Judith Connor, Mark Hay y John Killar. Mark Hay reportó, entre los años 1977, 1979 y 1980, muestras de algas rojas como género *Eucheuma*, adherida a fondos arenosos en el área del laboratorio de Punta Galeta (Hay & Norris, 1984). Hay publicó, en su tesis doctoral, la identificación de cinco individuos del género *Eucheuma* a profundidades entre 1.5 a 4.5 metros en la temporada lluviosa (Hay, 1980).

En las costas del distrito de Colón se ha desarrollado un área de cultivo de algas marinas por medio del proyecto Cultivo Ecosostenible de Algas Marinas y sus Aplicaciones. Para su desarrollo, nos hemos guiado por las experiencias obtenidas en los primeros cultivos del género *Eucheuma* en el mundo (Deveau & Castle, 1976; Doty, 1971 a; Doty, 1971 b; Doty, 1973; Doty & Alvarez, 1975; Doty & Alvarez, 1981; Doty & Alvarez, 1973; Glenn & Doty, 1981; Glenn & Doty, 1990; Glenn & Doty, 1992; Lim, et al. 1982; Lim & Porse, 1981; Parker, 1974); además de contar con las experiencias en la identificación y manejo del género *Eucheuma* en los hábitats naturales del Caribe, alrededor del laboratorio marino de Punta Galeta (Hay, 1980; Connor, 1984; Doty & Norris, 1984).

Desde el año 2000, existen en nuestro país cultivos productivos de macroalgas de los géneros *Gracilaria* y *Eucheuma*. Esos cultivos se desarrollaron en dos etapas. Primero, el cultivo *in situ* (en el mar y en tanques) y, posteriormente, el cultivo *in vitro* (en el laboratorio y en aclimatación en tanques y acuarios). Ambos cultivos tienen como objetivo obtener un desarrollo

sostenible en la zona costera y un producto atractivo para la industria que dé oportunidades económicas a los cultivadores. Las técnicas de los cultivos *in vitro* permiten el mantenimiento de semillas en el laboratorio y su aclimatación posterior en tanques y acuarios (Loureiro et al. 2009; Vega, 2009).

La empresa Gracilarias de Panamá S.A. fue la primera en nuestro medio que desarrolló alternativas productivas para obtener productos importantes como agar, carragena y alginatos para la industria mundial, respetuosas con el medio ambiente y que refuerzan la necesidad de asegurar la conservación de los manglares en la zona costera del distrito de Colón. Más recientemente, Panama Sea Farms se ha sumado positivamente a este esfuerzo. El cultivo de algas marinas viene a llenar un profundo vacío, particularmente en las poblaciones costeras, que son muchas veces marginadas de los avances socioeconómicos de los comercios locales.

A pesar de la gran demanda mundial para la obtención de agar, carragenas y alginatos, que producen las algas rojas y pardas, ni los cultivadores de algas ni los científicos han tenido instrumentos asequible para obtener una mejor comprensión de estos hidrocoloides.

Desde el 2016, Batista de Vega y colaboradores han iniciado una nueva técnica que facilita el entendimiento de la detección de hidrocoloides, estudiando la autofluorescencia que las células de las algas producen, por medio de la microscopía confocal láser, técnica no agresiva para las células vivas que permite la detección y diferenciación de los distintos tipos de carragena, en las células de las algas cultivadas. Estas especies tienen propiedades autofluorescentes, lo que ha permitido un análisis rápido y eficiente.

Este atlas presenta historias de pescadores locales que nos cuentan al entregarnos las algas. Por otra parte, resaltamos las informaciones obtenidas como resultado de investigaciones científicas desarrolladas en el área durante varias décadas. Hacemos hincapié en la importancia de las especies de macroalgas marinas que se cultivan en el Caribe panameño, presentando a la luz pública, por primera vez, sus propiedades de autofluorescencia y las diferencias entre ellas, como indicadores de su capacidad de producir nuevas energías.

## 2. Las plantas marinas

Iniciaremos con una breve descripción de las plantas marinas y sus clasificaciones, antes de presentar el listado de las que regularmente son recolectadas por los pescadores. Incluiremos su fotosíntesis, ya que este es el proceso que transforma la luz del sol en diversas energías, incluyendo la fluorescencia, que vamos a mostrar en las imágenes de este estudio.

### 2.1 ¿Qué son las plantas marinas?

Las plantas marinas son organismos fotoautótrofos fotosintéticos, de una gran variedad de formas, colores y tamaños. Pueden ser organismos simples como las microalgas y macroalgas, que no poseen verdaderas raíces, tallos y frutos. También existen fanerógamas marinas, que son plantas con raíces, tallos y hojas adaptadas a vivir en el mar. Los últimos datos publicados nos indican que las algas rojas son, genealógicamente, muy cercanas a las algas verdes; por lo tanto, pueden ser consideradas como verdaderas plantas.

Las algas son organismos que tienen pigmentos que realizan procesos bioquímicos, lo que da la oportunidad de agruparlas y formar divisiones por el color que se observa.

- Rojas.
- Choclates.
- Verdes.
- Verdeazul Cianobacterias.
- Amarillas verdes.

Las algas están en nuestro planeta desde hace 3.5 billones de años. Las primeras algas de las que se tiene información son las algas verdeazules o cianobacterias. Estas tienen pigmentos y empezaron a realizar fotosíntesis y a producir oxígeno. Así empezó la vida que conocemos. Se estima que las algas verdes conquistaron las áreas terrestres hace 475 millones de años, «evento histórico» que permitió la posterior existencia de animales y plantas en nuestro planeta. Esto nos incluye a nosotros mismos.

## 2.2 Clasificación general de las plantas marinas, según su división

CHLOROPHYTA (Algas Verdes) microscópicas y macroscópicas  
 CYANOPHYTA (Algas Verdeazules) microscópicas y macroscópicas  
 OCROPHYTA (Algas Pardas) macroscópicas  
 RHODOPHYTA (Algas Rojas) microscópicas y macroscópicas  
 MAGNOLIOPHYTA (Fanerógamas Marinas) macroscópicas

### A. CHLOROPHYTAS (Algas Verdes)

Se tiene información de la existencia de más de 8000 especies de algas verdes. Sin embargo, este número puede cambiar. En su mayoría son unicelulares o filamentos simples de agua dulce; sin embargo, también existen en diversos hábitats marinos.

El 90% son de agua dulce. Esto es interesante, pues nos recuerda que las algas verdes conquistaron la Tierra. Aunque se encuentran también en los mares, son más diversas en aguas continentales, abarcando una amplia variedad de hábitats. Muchas son unicelulares, frecuentemente flageladas, pero otras desarrollan talos pluricelulares que no llegan a ser muy complejos.

Hay características interesantes en algunas especies de algas verdes. Muchas son muy pequeñas y solo se ven en microscopios. Las algas macroscópicas de los géneros *Acetabularia* y *Caulerpa* son unicelulares. La *Caulerpa sertularoide* ha sido una peste en el Mediterráneo. Sin embargo, en áreas tropicales como el Caribe no se ha manifestado como un problema.

Al igual que las plantas terrestres, tienen clorofila A y B, así como pigmentos secundarios: los carotenos y luteína. El retículo endoplasmático está ausente en las algas verdes, sus paredes celulares están compuestas de celulosa, hidroxiprolina, glucósidos, xilenos y mánanos. Algunas son coralinas compuestas de carbonato de calcio (Tabla 1).

| CARACTERÍSTICAS DE LAS ALGAS VERDES (CHLOROPHYTA)                                  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| DIVISIÓN   | HABITAT  | UNICELULARES O PLURICELULARES  | TALOS  | PIGMENTOS  |
| CHLOROPHYTA (Algas Verdes). Uno de los mayores grupos de algas en formas y número. | Se encuentran en medios de vida muy diversos: aguas continentales como ríos, lagos y ecosistemas acuáticos de agua dulce, también en aguas saladas y suelos húmedos. De aproximadamente 7,000 especies solo 800 son marinas. | Pocas especies son unicelulares. Células uninucleadas o puede haber una estructura cenocítica ( <i>Caulerpale</i> ). | Tipo de talo muy variable, desde unicelular hasta formas talosas complejas, pasando por colonias con o sin flagelos, filamentos, cenobios, etc. Unicelulares sin o con flagelos, estos últimos son móviles. Puede ser parenquimatosas de una o dos filas de espesor. | Clorofila a y b<br>Caroteno y xantofila.<br>Alfa, beta y gamma caroteno<br>Xantofilas: equinenona, cantaxantina, astaceno<br>-carotenoides secundarios, lugeina, violaxantina, neoxantina carotenoides dominantes. |

## CARACTERÍSTICAS DE LAS ALGAS VERDES (CHLOROPHYTA)

| ESTRUCTURA CELULAR   | NÚCLEO                      | PARED CELULAR  | CLOROPLASTOS  | FLAGELOS   | REPRODUCCIÓN                               |
|--|-----------------------------|--|---|--|--|
| Eucariota (micro y macro algas) incluyen algunos miembros calcáreos, que son más propensos a dejar huellas en el registro fósil que los órganos blandos de las algas pardas. | Uninucleada multinucleadas. | Celulosa y/o polímero de xilosa o mananos o también pectina. Puede tener depósito de sílice, quitina, esporo, polenima y calcio. | Presencia de clorofila a en los cloroplastos y otros pigmentos accesorios adheridos a los tilacoides. Tamaño y forma variada. | Existen las especies móviles y las no móviles. Las Móviles poseen flagelos isocontos: igual forma y tamaño sin mastigonemas. | Asexual vegetativa y fragmentación sexual. |

### B. CYANOPHYTA (Algas Verdeazules)

El número de especies conocidas de cianobacterias ronda las dos mil especies. Una cantidad importante de ellas son unicelulares. Las cianobacterias son conocidas como algas verdeazules o verdeazuladas; también como clorobacterias, debido tanto a la presencia de pigmentos clorofílicos que le confieren ese tono característico, como a su similitud con la morfología y el funcionamiento de las algas. Una parte importante de ellas son unicelulares, *Dermocarpa*, que con frecuencia forman masas de miles de ellas que son visibles en la naturaleza, *Merismopedia*. En este aspecto colonial, las células son independientes unas de otras, aunque en algunos casos puedan estar unidas por la misma pared materna *Chlorococcus*. El resto de las cianobacterias son pluricelulares, constituyendo filamentos simples entre cuyas células existe intercambio de sustancias a través de estructuras similares a los plasmodesmos. Los filamentos también se unen entre sí para formar agregados de forma y color característicos. Las especies filamentosas son las únicas que pueden presentar células especializadas. En las cianofíceas se han observado algunas especies constituidas por filamentos ramificados por cambio del eje de división celular, como el género *Hapalosiphon*.

### C. OCROPHYTA (Algas Pardas)

Las más de dos mil doscientas especies de algas pardas que existen se encuentran en hábitats marinos. Generalmente son muy grandes, pudiendo llegar a varios metros de longitud. En sentido estricto, estas algas no se consideran plantas, sin embargo existe el alga gigante llamada Kelp que ha evolucionado anatómicamente como planta y se comporta como un árbol. La mayoría de las algas pardas son macro y gigantes, forman bosques en el mar. Aun así, es necesario señalar que también existen microalgas entre ellas, aunque muy pocas. La pared celular de las Kelps y *Macrocystis* está compuesta de ácido algínico. Estas algas son muy utilizadas en el mundo industrial para la fabricación de una amplia gama de productos, inclusive medicamentos. El *ácido algínico* es un

polisacárido natural extraído principalmente de algas pardas. Se compone de ácido manurónico y ácido glucurónico. Las algas pardas tienen clorofila A y C, así como los carotenos y xantofilas. En la mayoría de las algas pardas, sus células tienen flagelos (zoosporas y gametos, o ambos) (Tabla 2).

| CARACTERÍSTICAS DE LAS ALGAS PARDAS (OCROPHYTA)  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
| DIVISION   | HABITAT  | UNICELULARES O PLURICELULARES  | PIGMENTOS   | ESTRUCTURA CELULAR   |
| OCROPHYTA (Algas Pardas). En sentido estricto, estas algas no se consideran plantas, sin embargo existe el alga gigante llamada Kelp que ha evolucionado anatómicamente como planta y se comporta como un árbol. Todas son marinas si encuentras un alga parda en agua dulce habrás realizado un descubrimiento. | Se desarrollan en aguas templadas y frías. Pueden vivir fijadas al fondo o a otras algas.  | Desarrollan organismos multicelulares con tejidos diferenciados. Las especies más sencillas suelen tener aspecto filamentosos y ramificado, mientras que las más evolucionadas presentan estructuras más complejas como talos laminares (hojas) que presentan ramificaciones para adherirse al sustrato. | Clorofila a, c, Fucoxantina b-caroteno.   | Eucariota (macroalgas).                                      |
| NÚCLEO   | PARED CELULAR  | CLOROPLASTOS   | FLAGELOS  | REPRODUCCIÓN   |
| Multinucleadas.  | Firme con dos capas. La interior con microfibrillas y la exterior con ácido algénico y fusínico. Las algas pardas aparecen en el registro fósil en el Mesozoico, posiblemente ya en el Jurásico. Su presencia como fósil es extraña, debido a su cuerpo generalmente blando. | Se distinguen por poseer cloroplastos rodeados por cuatro membranas, lo que sugiere un origen de relación simbiótica entre un eucarionte basal y un eucarionte fotosintético. Algunas especies contienen células con abundantes cloroplastos en forma de disco y sin pirenoides.                         | Todas las algas pardas, en algún momento de su desarrollo, tienen células reproductoras móviles (biflageladas). | Reproducción sexual y asexual por multiplicación vegetativa. |

#### D. RHODOPHYTA (Algas Rojas)

Entre seis mil a ocho mil especies, el 90% están en los hábitats marinos; muchas son calcificadas y son el principal componente de los corales.

Los últimos datos publicados nos indican que estas algas son, genealógicamente, muy cercanas a las algas verdes por lo tanto pueden ser consideradas como verdaderas plantas.

Las algas rojas son un grupo amplio de eucariotas uni y multicelulares, y muestran una gran variedad de morfologías y ciclos de vida. Además, es im-

portante resaltar que, aunque carecen de flagelos, han logrado esta diversidad sin haber evolucionado sus tejidos.

El agar y la carragena procedentes de estas algas son importantes componentes comerciales usados en la industria como emulsificantes y estabilizadores. Gran cantidad de especies de algas rojas son la base para la fabricación de un sinnúmero de productos farmacéuticos, incluyendo diversos medicamentos que se están experimentando como anticancerígenos y antiviruses.

El alga roja *Porphyrium* es una célula. Se utiliza en procesos de investigación científica para comparar la fotosíntesis entre el alga roja y el alga verde. Los pigmentos de las algas rojas son ficobiliproteínas clorofilas A y D, ficoeritrina roja (a menudo el pigmento dominante) y ficocianina azul, así como los carotenos, luteína y zeaxantina. La mayoría de estas algas tienen un ciclo vital complejo con tres fases: tetrasporófito, gametófito y carposporófito (Tabla 3).

| CARACTERÍSTICAS DE LAS ALGAS ROJAS (RHODOPHYTAS)  |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| DIVISIÓN  | HABITAT   | UNICELULARES O PLURICELULARES   | PIGMENTOS  | ESTRUCTURA CELULAR   |
| RHODOPHYTA (Algas Rojas). Los últimos datos publicados nos indican que estas algas son, genealógicamente, muy cercanas a las algas verdes por lo tanto pueden ser consideradas como verdaderas plantas. | La mayoría de las especies crecen cerca de las costas tropicales y subtropicales debajo de la línea intermareal; no obstante, algunas de agua dulce.                                  | Todas multinucleadas. Son organismos pluricelulares que en general tienen un tamaño pequeño o mediano. El talo de algunas de estas algas pueden ser complejos. El aspecto de las algas rojas es muy variado: en forma de lámina o coralina (parecida al coral), como un caparazón, corrosa como el cuero, y en forma de plumas. Las especies coralinas forman cúmulos de carbonato de calcio en las membranas celulares, el cual da a estas algas cierto aspecto de dureza. | Clorofila a, d, ficobiliproteínas color rojizo resultante de la dominancia de los pigmentos y ficocianina, que enmascaran la clorofila a, el beta caroteno y otras xantofilas. | Las algas rojas son un grupo amplio de eucariotas uní y multicelulares y muestran una gran variedad de morfologías y ciclos de vida. |
| NÚCLEO  | PARED CELULAR   | CLOROPLASTOS  | FLAGELOS   | REPRODUCCIÓN   |
| Multinucleadas.   | Las paredes celulares están compuestas de celulosa agar y carraginosos, los dos últimos con importante uso comercial. Algunas son capaces de producir depósitos de carbonato cálcico. | Las principales sustancias de reserva son el almidón de florídeas y un polisacárido llamado floridósido.  | Sin flagelos   | Reproducción sexual y asexual. La sexual: Alternancia de generaciones.   |

## E. MAGNOLIOPHYTA (Fanerógamas Marinas)

Los ecosistemas de pastos y prados marinos son plantas con flores que crecen en ambientes marinos, resistentes a la sal. Los ecosistemas de pastos marinos forman grandes camas y praderas. Las praderas marinas son ecosistemas altamente diversos y productivos. Pueden albergar cientos de especies asociadas de todos los filos, larvas de peces, algas, microalgas, moluscos, poliquetos y nematodos. Algunas especies se alimentan directamente de las hojas de los pastos marinos (en parte debido a su contenido nutricional bajo), incluyendo tortugas verdes, dugongos, manatíes, peces, gansos, cisnes, erizos de mar y cangrejos. Existen cinco géneros: *Cymodocea*, *Halophila*, *Thalassia*, *Rupia* y *Dilantha* (Edwards, 1976).

Las praderas marinas son a veces llamadas «ingenieros de ecosistemas», porque en parte crean su propio hábitat: las hojas frenan las corrientes de agua aumentando la sedimentación, y las raíces y rizomas de pastos marinos estabilizan el fondo marino. Su importancia para las especies asociadas se debe, principalmente, a la provisión de refugio (a través de su estructura tridimensional en la columna de agua), y a su tasa extraordinariamente alta de producción primaria. Como resultado, los pastos de algas marinas proporcionan zonas costeras con un número amplio de bienes y servicios para los ecosistemas; por ejemplo, zonas de pesca, protección de olas, producción de oxígeno y protección contra la erosión costera.

## 2.3 Ficoloides - hidrocoloides

Los hidrocoloides son polisacáridos producidos por las células de las algas rojas y pardas. Se originan, principalmente, en la fase oscura de la fotosíntesis en el ciclo de Calvin. A partir de seis moléculas de CO<sub>2</sub> se producen dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato (GAP), que son transportadas al citosol. A partir de estas moléculas también se sintetizan el almidón, la celulosa y otros compuestos orgánicos. El proceso completo desde la captura de la energía luminosa hasta la producción de azúcar termina en el citosol de las células fotosintéticas. Los iones del citosol pueden ser, por ejemplo, calcio, potasio o sodio. Las moléculas que podemos encontrar en el citosol pueden ser azúcares, polisacáridos, aminoácidos, ácidos nucleicos y ácidos grasos.

Una vez formados, los polisacáridos son transportados hacia las diferentes partes de las células de las plantas marinas, ya sea moviéndose entre las paredes celulares (transporte apoplástico) o alrededor del citoplasma de las células (transporte simplástico). Este movimiento está modelado por la teoría de presión-flujo, una parte de la cual dice que el fluido que contiene el hidrocoloide, se mueve a través de tubos cribosos por la presión de fluido. Por este medio, los nutrientes se pueden mover desde el lugar de la fotosíntesis

(la fuente), pared celular, al lugar donde se utiliza el hidrocoloide (el sumidero), ya sea hacia el centro o a la matriz de las células.

Entre los hidrocoloides se encuentran la carragenina, alginato y agar. Las algas rojas son productoras de carragenina y agar. La carragenina presenta propiedades naturales que pueden utilizarse como vehículos magnéticos para el suministro de agentes terapéuticos, ya que se logra dirigirlos a lugares específicos en el cuerpo humano a través de la aplicación de un gradiente de campo magnético. Esto deberá permitir el uso de la propiedad de autofluorescencia de estas algas para monitorear el efecto de agentes terapéuticos (Batista de Vega et al. 2017).

Los hidrocoloides son ampliamente utilizados en la industria debido a sus características fisicoquímicas, que les confieren singularidad y versatilidad en sus aplicaciones y en las formulaciones de diferentes productos, como alimenticios, fármacos, cosméticos y pinturas, entre otros.

*La carragenina* son polisacáridos que están presentes en la estructura de ciertas variedades de algas rojas. Forman geles y aportan viscosidad en medios acuosos y lácteos.

*El alginato* se encuentra principalmente en las algas pardas, es un polímero biodegradable y biocompatible que forma geles con facilidad en presencia de iones de calcio.

El agar se encuentra en algunas algas rojas. Es una mezcla de polisacáridos complejos, básicamente agarosa (polímeros de galactosa) y agaropectina (constituida por galactosa y ácido urónico, y galactosa esterificada con ácido sulfúrico). Es un compuesto insoluble en agua fría y soluble en agua caliente. Al enfriarse queda una masa gelatinosa que forma un coloide. Se extrae principalmente de las algas marinas del género *Gelidium* y *Gracilaria*.

# 3. Fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso que ocurre en plantas, algas y otros organismos autótrofos, capaz de sintetizar materia orgánica a través de la luz. Es decir, es la transformación de energía lumínica en energía química.

La molécula de excelencia es el trifosfato de adenosina (ATP) (del inglés Adenosin Triphosphate ATP). Es un nucleótido fundamental en la obtención de energía celular. Es la principal fuente de energía para la mayoría de las funciones celulares. Va a ser utilizado para la síntesis de materia orgánica.

Las algas, así mismo, como las plantas terrestres, gracias al proceso de fotosíntesis que captura la energía de la luz solar, forman moléculas de alimentos orgánicos a partir del dióxido de carbono y el agua. Se encuentran en la base de la cadena alimenticia. Este hecho, junto con su presencia en los océanos, impulsa la vida marina (corales, ballenas, focas, peces, tortugas, camarones, langostas, almejas, pulpos, estrellas de mar y gusanos). Igualmente, elaboran oxígeno como subproducto.

Es importante notar que esta transición solo es posible gracias a la incidencia de la luz del sol, que se incluye dentro de la fórmula de esta manera, puesto que no constituye una sustancia en sí. Por otro lado, la manera de formular esta ecuación químicamente sería por medio del siguiente balance:



Donde  $\text{CO}_2$  = dióxido de carbono;  $\text{H}_2\text{O}$  = agua; con la acción de la luz se obtiene  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  = Glucosa;  $\text{O}_2$  = oxígeno.

El proceso de fotosíntesis ocurre en los cloroplastos de las células y podemos dividirlo en dos fases. (Fig. 1).

## 3.1 La primera fase: luminosa

Ocurre en los tilacoides. Sobre estos se encuentran las clorofilas, las cuales tienen la función de capturar la energía y de almacenarla en dos moléculas orgánicas muy simples.

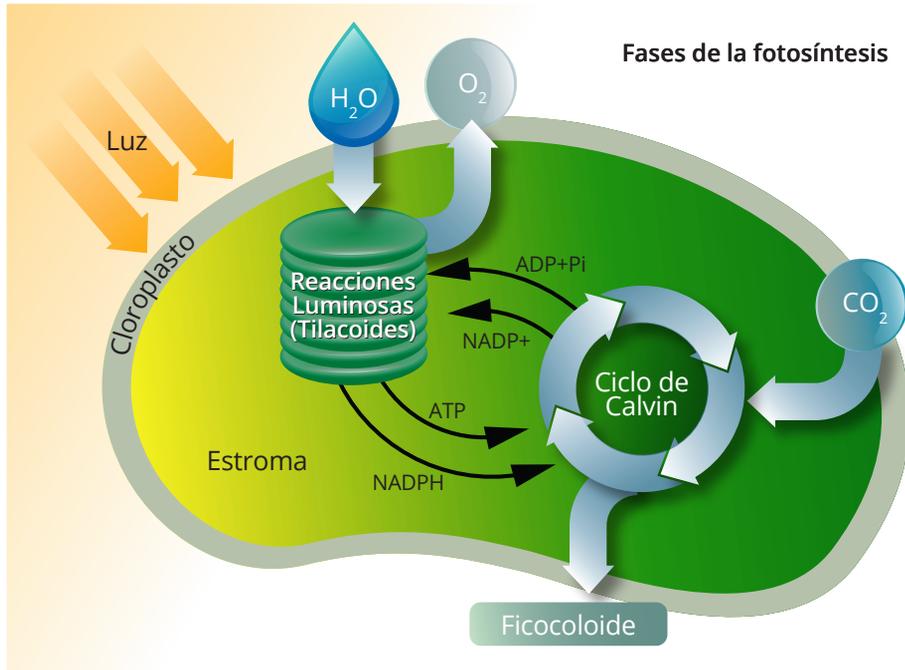


Fig. 1  
Fase luminosa y  
oscura de la  
fotosíntesis.

### 3.2 La segunda fase: oscura

Tiene lugar en el estroma. Dentro de éste se encuentran los tilacoides. En el estroma se producen los hidratos de carbono.

Con el transcurso de los años, y luego de distintos cambios semánticos, la comunidad científica convino en denominar estas fases como *fase fotoquímica* y *fase de fijación de dióxido de carbono*.

### 3.3 ¿Qué es la energía lumínica?

La energía lumínica o luminosa es la que generan y transportan las ondas de luz. Cuando la luz se traslada puede actuar como una onda electromagnética o como una partícula, ya que puede interactuar con otras materias. Esas partículas se denominan fotones. El lumen es la unidad de estudio de la energía lumínica que determina la energía lumínica durante un periodo, así como la sensibilidad variable del ojo con respecto a las ondas de luz. La energía lumínica se desplaza a través de ondas y a la velocidad de la luz, por ello no se puede almacenar.

El sol es la principal fuente de luz que existe, y transmite una importante cantidad de energía luminosa capaz de mantener el desarrollo de la vida en el planeta Tierra. Sin embargo, existen otras fuentes de energía luminosa, como el fuego o los rayos láser.

El sol emite gran cantidad de energía en forma de radiación electromagnética (energía solar) que se mide como longitudes de ondas ( $\lambda$ ). Cada una de estas radiaciones son características. Se trata de la luz visible que los humanos podemos apreciar (Fig. 2). El espectro de la radiación solar es solo una fracción de energía dentro del espectro de la radiación. La energía lumínica se incorpora al proceso de la fotosíntesis cuando los pigmentos absorben la luz. En las plantas, estos absorben la luz visible que vemos como blanca (compuesta por un arco iris de colores conocido como el espectro de la luz visible), entre 400-700 nm para realizar la fotosíntesis (Fig. 3).

Las interacciones con los pigmentos o moléculas de las algas y la luz solar, son aprovechadas para los procesos fotosintéticos (absorción de la luz por la clorofila); pero parte de esta energía se disipa como calor y otra es emitida en forma de fotones en un proceso conocido como fluorescencia que, dependiendo de las moléculas que intervengan, va a emitir un fotón de acuerdo con una longitud de onda específica.

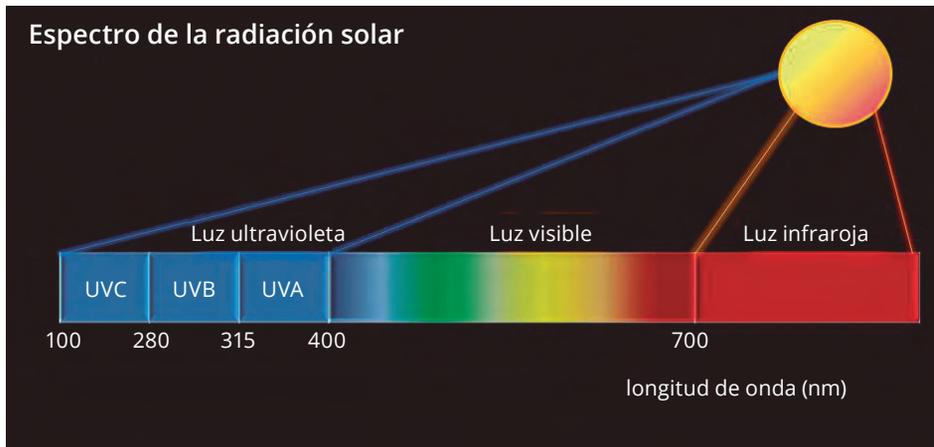


Fig. 2 Energía en forma de radiación electromagnética (energía solar) que se mide como longitudes de ondas en nanómetros ( $\lambda$ ).

### Absorción de la luz en las algas

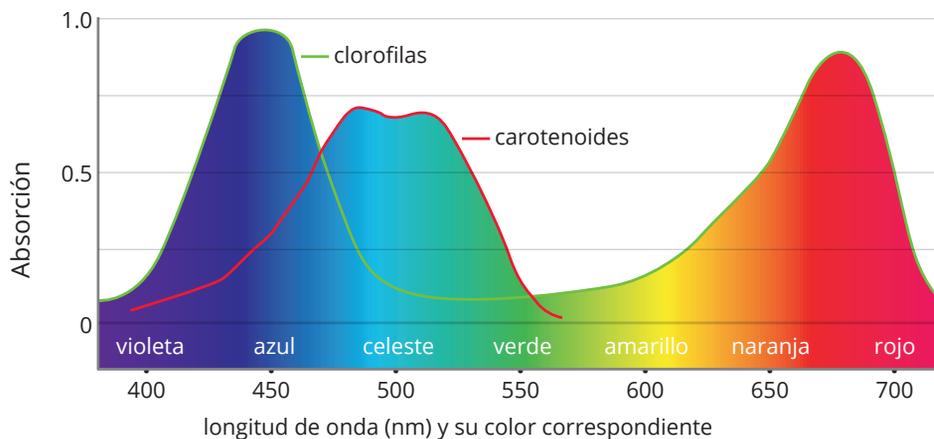


Fig. 3 La clorofila «a» absorbe el color azul violeta y luego el rojo naranja. La clorofila «b» absorbe azul y rojo naranja, pero ambos no absorben el verde.

La fluorescencia de las plantas es utilizada para medir la eficiencia de un organismo fotosintético de acuerdo con el estrés ambiental o artificial que se genere en su entorno (Khan & Academy, 2019).

Por ejemplo, en las clorofilas a, b, c, d, xantofilas, carotenos, etcétera, la clorofila a, absorbe el color azul violeta y luego el rojo naranja. La clorofila b absorbe azul y rojo naranja, pero ambos no absorben el verde. Precisamente el pigmento refleja el color verde. La clorofila a, que se encuentra en todos los organismos fotosintéticos (Fig.3), nos muestra la absorción de la luz por las clorofilas y los carotenoides.

*Las moléculas de clorofila tienen tres funciones:*

1. Sirven como antenas para absorber el «cuanto de luz», que es, según la hipótesis de Planck, toda la radiación electromagnética que está cuantificada y se produce en finitos «paquetes» de energía que llamamos fotones.
2. Transmiten esta energía de una clorofila a otra mediante un proceso de “transferencia de resonancia”.
3. Están en estrecha asociación con las enzimas; sufren una oxidación química, es decir, un electrón de alto potencial se expulsa de la molécula y se puede utilizar para reducir otro compuesto. De esta manera, la energía de los cuantos de luz se convierte en energía química.

Con esta introducción podemos entender cómo la energía luminosa, proveniente del sol en forma de fotones, es atrapada por los sistemas de enlaces dobles conjugados de los pigmentos vegetales. Esto es debido a que cada pigmento en particular, solo puede atrapar fotones cuya cantidad de energía sea exactamente igual a la requerida para elevar uno de sus electrones a un estado excitado, teniendo en cuenta que cada pigmento tiene un color característico.

Tanto las clorofilas como los carotenoides de las plantas marinas son sintetizados a través de rutas metabólicas que producen también otras biomoléculas importantes. La Tabla 4 muestra la clasificación de las algas y sus pigmentos. Las clorofilas y los carotenoides se encuentran organizados en dos fotosistemas dentro de las membranas internas de los cloroplastos.

Tabla 4 Clasificación de las algas recolectadas por pigmentos

| Clasificación | Nombre común   | Cantidad | Pigmentos   | Ejemplos  |
|---------------|----------------|----------|---|---|
| RHODOPHYTA    | Algas Rojas    | 32       | Ficoeritrina, Ficobilina, Clorofila a y d                                       | <i>Crassiphycus crassissimus</i> , <i>Solieria sp.</i> ,<br><i>Alsidium triquetrum</i> , <i>Galaxaura sp.</i> |
| OCROPHYTA     | Algas Pardas   | 10       | Xantófilas (fucoxantina y flavoxantina) y Clorofila a y c                       | <i>Padina boergesenii</i> ,<br><i>Sargassum sp.</i> , <i>Dictyota sp.</i>                                     |
| CHLOROPHYTA   | Algas Verdes   | 4        | Clorofila a y b, Xantófilas (luteína, violaxantina, neoxantina y enteroxantina) | <i>Codium sp.</i> , <i>Halimeda monile</i> ,<br><i>Acetabularia crenulata</i> , <i>Chaetomorpha sp.</i>       |
| MAGNOLIOPHYTA | Pastos Marinos | 3        | Clorofila a y b, Xatófilas, Carotenos.  | <i>Syringoidium filiforme</i> , <i>Thalassia testudinum</i> .   |
| TOTAL         |                | 49       |   |   |

En cada fotosistema, la mayor parte de los pigmentos actúa como antenas para capturar energía luminosa. Solo una pequeña porción de pigmentos especializados forma lo que se conoce como centros de reacción y toman parte en la transferencia fotosintética de electrones. La absorción de luz en los dos fotosistemas (Fig.1) eleva el nivel de energía de los electrones en dos fases consecutivas, para transferirlos del agua al NADP<sup>+</sup>. La nicotinamida adenina dinucleótido fosfato en su forma oxidada y NADPH<sup>+</sup> en su forma reducida, son una coenzima. Ambos fotosistemas son necesarios, ya que la diferencia de energía entre los electrones del agua y los del NADPH es mayor que la energía contenida en un solo fotón. De manera simultánea a la transferencia de electrones, los protones (H<sup>+</sup>) acumulados en el interior de los tilacoides, son movidos hacia la parte exterior o estroma por la ATPasa, lo cual provee la energía necesaria para la síntesis de ATP.

Con un abastecimiento adecuado de NADPH y ATP, los cloroplastos son capaces de completar el proceso de la fotosíntesis. Esta puede ser detectada por varios equipos, como los microscopios confocales láser de barrido o por los monocromadores para encontrar emisiones típicas de compuestos presentes en una cromatografía líquida de alta eficacia, si los compuestos o los reactivos de reveladores son fluorescentes.

Por medio de microscopios confocales podemos captar las longitudes de ondas, en las que los spectrums nos muestran manifestaciones de luz fluorescentes en luz visible e inclusive en ultravioleta o infrarrojo no visible. Diferentes pigmentos, entre estos los fotosintéticos y diversas moléculas de alta energía, tienen la capacidad de emitir fluorescencia cuando son impactados por fuentes energéticas que pueden ser detectadas mediante varias técnicas espectrofotométricas; entre estas, la microscopía de fluorescencia y la microscopía confocal.

La energía lumínica absorbida por las moléculas de clorofila en las hojas, tiene tres posibles destinos: la mayor parte se usa en la fotosíntesis, que es la energía fotoquímica. Otra parte de la energía, la que no puede emplearse en fotosíntesis, se disipa en forma de calor. Finalmente, una parte de la energía puede ser reemitida, como luz, en forma de fluorescencia.

### 3.4 Fluorescencia

La fluorescencia es un proceso de interacción entre la radiación y la materia, en el cual un material absorbe energía de una fuente específica y muy rápidamente emite luz, cuya energía es menor que la de la radiación que ha absorbido. La emisión de luz ocurre dentro del orden de los nanosegundos después de la absorción de luz, que es típicamente de longitud de onda corta. La diferencia entre la longitud de onda de excitación y la emitida, hace que la fluorescencia sea tan potente. Cuando filtramos completamente la luz

de excitación, sin bloquear la fluorescencia emitida, solo es posible ver los objetos que son fluorescentes (Lichtman & Conchello, 2006).

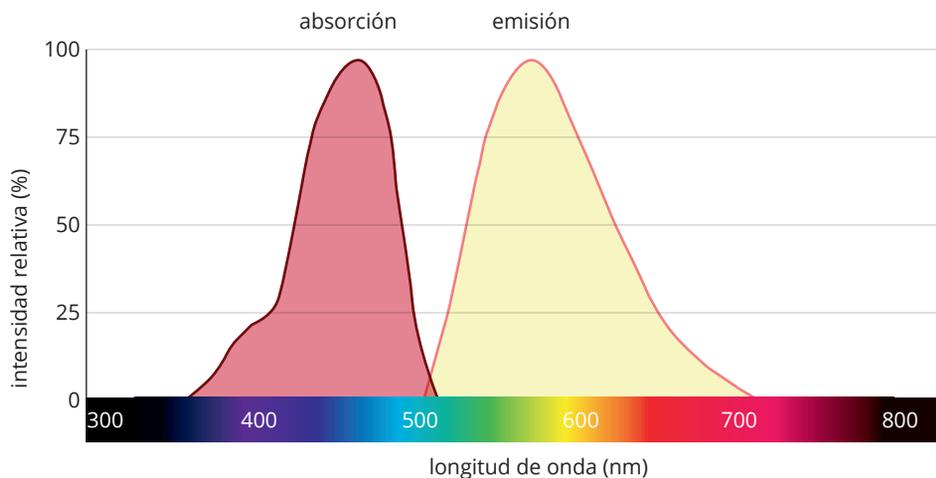
Este proceso, que se produce en moléculas conocidas como fluoró cromos, y más específicamente en los fluoróforos, que son sus partes activas, consta de tres pasos:

1. Excitación por un fotón.
2. Conversión interna de energía.
3. Emisión de un fotón de menor energía, que puede repetirse indefinidamente mientras la molécula conserve su estructura original.

La emisión de luz ocurre dentro del orden de los nanosegundos después de la absorción de luz, que es típicamente de longitud de onda corta. La (Fig.4), muestra la absorción y emisión de luz por un fluoró cromos.

**Absorción y emisión de luz por un fluoró cromos**

Fig. 4  
Para que se produzca la emisión de fluorescencia es necesario que el fluoró cromos absorba energía de una longitud de onda específica. Esta fuente de energía es siempre menor en el espectro de radiación y más energética que la luz que emite con longitud de onda mayor, pero menor nivel energético.



## A. Fluoró cromos

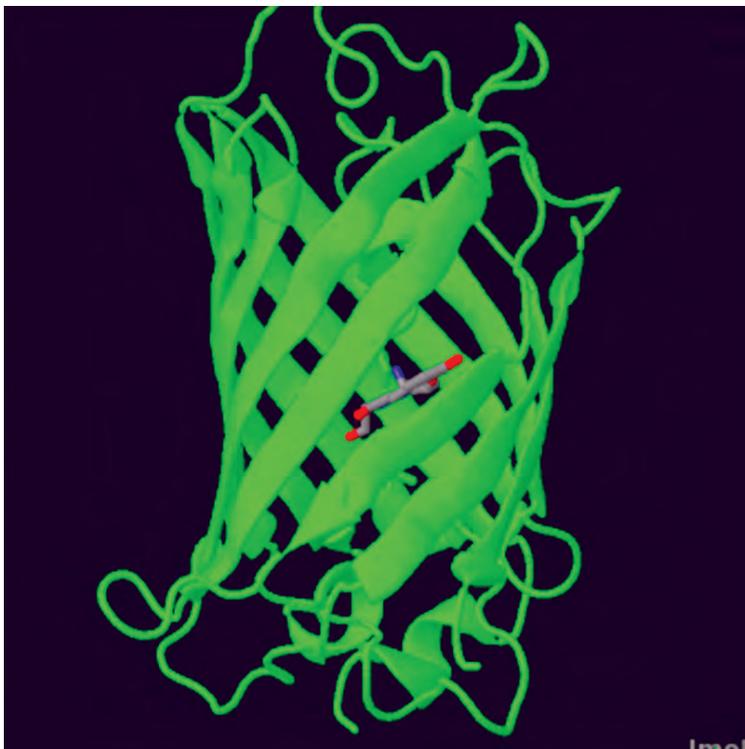
Los fluoró cromos son moléculas capaces de producir fluorescencia cuando absorben radiación de longitud de onda específica. En algunos casos suelen ser proteínas, con péptidos inestables o fluoróforos. Estos son responsables de la respuesta de la proteína a la absorción de energía y emisión de fluorescencia. Son moléculas heterocíclicas polinucleares que contienen nitrógeno, azufre y, u oxígeno, con sistemas de electrones deslocalizados que les permiten unirse a una especie biológica.

## B. Fluoróforo

Es el dominio estructural o región específica del fluoró cromos que es capaz de exhibir fluorescencia (Olympus, 2012). El electrón del orbital más externo en la molécula, determina su eficiencia como compuesto fluorescente y la

longitud de onda de la absorción y la emisión. Cuando un compuesto fluorescente, en su estado fundamental, absorbe energía de la luz, pueden ocurrir alteraciones en los estados electrónicos, vibracionales y rotacionales de las moléculas. Esta energía a veces mueve un electrón a un orbital que está, en promedio, más alejado del núcleo. Esta transición, y la excitación, ocurren muy rápidamente (en femtosegundos). Por lo general, el estado de excitación también pone en movimiento vibraciones moleculares en las que las distancias internucleares varían con el tiempo, de manera que toda esta energía absorbida se elimina finalmente. La relajación vibratoria y la emisión de fluorescencia son las principales formas en que el fluoróforo regresa a su estado fundamental de baja energía (Lichtman & Conchello, 2006).

Un buen ejemplo de esto son las proteínas verdes fluorescentes (GFP)—  
FFig. 5, Modelo tridimensional de la proteína verde fluorescente (GFP)—. La GFP es un polipéptido bioluminiscente que consiste en 238 residuos aislados del cuerpo de la medusa *Aequorea victoria*. La GFP convierte la quimio luminiscente azul de la aequorina en las medusas, en luz verde fluorescente. No está claro por qué estas medusas usan la fluorescencia, por qué el verde es mejor que el azul, o por qué producen una proteína separada para la fluorescencia verde en lugar de simplemente mutar la aequorina presente para cambiar su longitud de onda; pero, en el laboratorio, la GFP puede ser incorporada a una variedad de sistemas biológicos para funcionar como una proteína marcadora.



**Modelo tridimensional de la proteína verde fluorescente (GFP)**

Fig. 5. Modelo tridimensional de la proteína verde fluorescente (GFP). Imagen tridimensional de la proteína verde fluorescente y la estructura molecular del fluoróforo. Tomado de (Hodis et al. 2013. "Green Fluorescent Protein", Proteopedia, DOI: <https://dx.doi.org/10.14576/100139.1834778>)

Desde su descubrimiento en 1962, la GFP ha desempeñado un papel importante en la investigación como una herramienta para monitorear la expresión de genes, la localización celular, la movilidad de proteínas, el tráfico intracelular y las interacciones entre varias proteínas de membrana y citoplásmicas, así como muchas otras. La ubicación del cromóforo (Fig. 6) consistente de un péptido o cromóforo resultante de la ciclación espontánea y la oxidación de la secuencia -Ser65 (o Thr65) -Tyr66-Gly67-, requiere el pliegue de la proteína nativa tanto para la formación como para la emisión de fluorescencia (Hodis et al. 2013).

**Ubicación del cromóforo en la proteína verde**

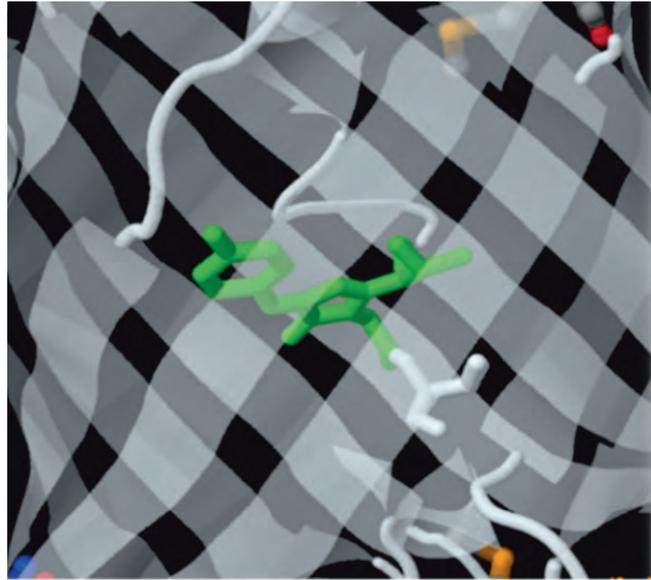
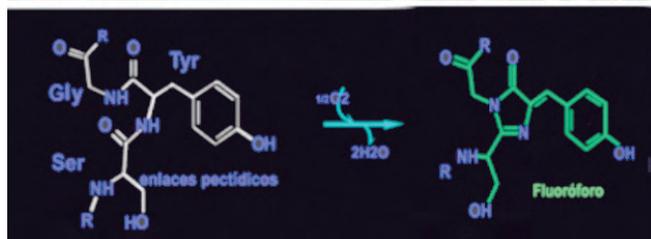


Fig. 6. Ubicación del cromóforo en la GFP. Vista superior: representación esquemática de la ubicación del fluoróforo 4-(p-hidroxibenciliden)-imidazolidin-5-ona.



Dentro del sistema de barril de la proteína verde fluorescente (GFP). Vista inferior: el fluoróforo está formado por tres residuos amino (Ser65Tyr66Gly67) de (Hodis et al. 2013).

**Los fluoró cromos se dividen en dos clases:**

Los fluoró cromos naturales y los artificiales. Los fluoró cromos naturales se encuentran en estructuras biológicas y otros materiales. Los artificiales, o sintéticos, se agregan a una muestra que no posee la propiedad de fluorescencia. En la figura 7 vemos, en el tejido vegetal, autofluorescencia producida

## Autofluorescencia en tejidos vegetales / Fluoróchromos naturales y artificiales

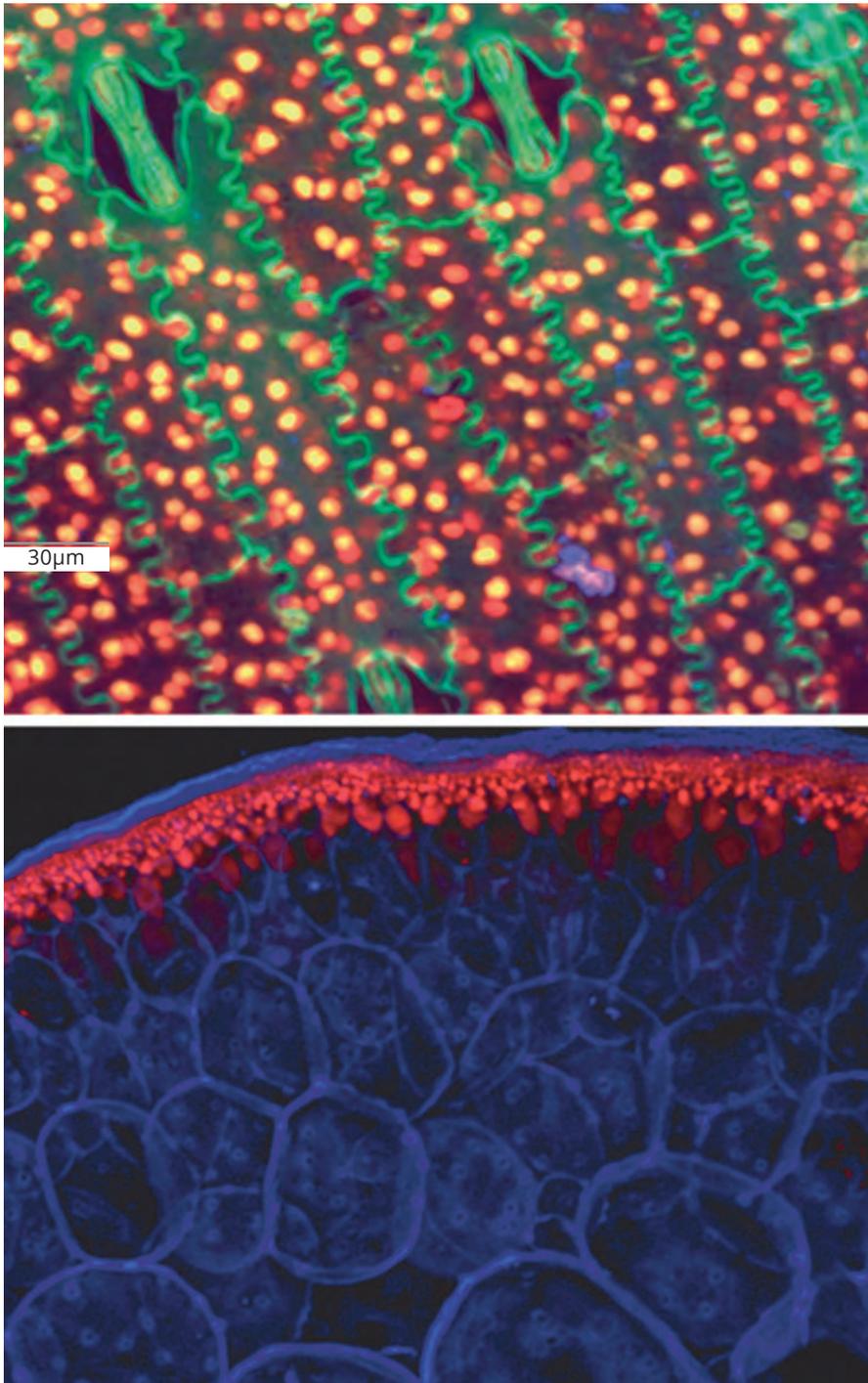


Fig. 7. Fluoróchromos naturales y artificiales. Corte transversal de un alga roja, *Eucheuma* sp. El color rojo es natural e indica la autofluorescencia producida en los plastidios ubicados en la capa más externa de la pared del alga. El color azul es artificial, indica la matriz teñida con Dapi, un tinte fluorescente desarrollado para acoplarse a ácidos nucleicos. Fotografías tomadas con un microscopio confocal Olympus FV 1000. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales-Panamá.

por fluoróchromos naturales y artificiales. Observamos un corte transversal de un alga roja, *Eucheuma sp.* En rojo natural podemos ver la autofluorescencia de plastidios ubicados en la capa más externa de la pared del alga, y en azul vemos la fluorescencia artificial en la matriz que ha sido teñida con Dapi, un tinte fluorescente desarrollado para acoplarse a ácidos nucleicos. Los ejemplos típicos de fluoróchromos artificiales incluyen naranja de acridina, fluoresceína y tetrapirrol en clorofila (Olympus, 2012).

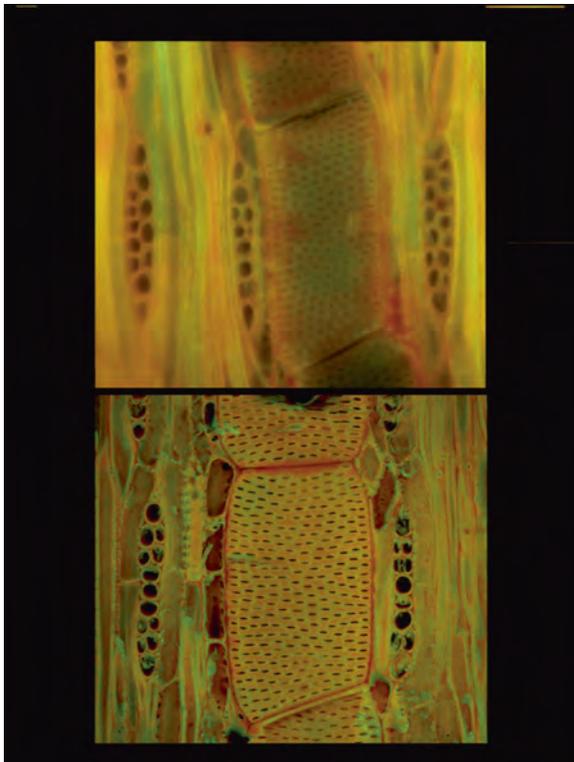
El fenómeno de la fluorescencia ha sido bien empleado en estudios del funcionamiento de sistemas biológicos. Por ejemplo, a partir de la fluorescencia de las clorofilas, se han desarrollado técnicas que permiten hacer un seguimiento al proceso de fotosíntesis en general y evaluar daños por estrés que pueden causar pérdida de productividad en plantas cultivadas. Además, la fluorescencia se emplea en diferentes estudios, como fisiología de la fotosíntesis, ecofisiología, biología marina y acuática, horticultura, agricultura, fisiología de poscosecha y genética (Hernández, 2013).

Las técnicas en fluorescencia mejoran el contraste en muestras para microscopía. También, por su sensibilidad, han reemplazado las técnicas basadas en el uso de marcadores radiactivos para la mayoría de las mediciones bioquímicas. Igualmente, permiten el análisis de imágenes a nivel celular y molecular, donde se pueden ubicar y cuantificar moléculas intracelulares, en algunos casos, hasta el nivel de detección de solo una molécula (Lakowicz, 2006).

La propiedad de la fluorescencia en determinados compuestos ha servido para desarrollar metodologías en el área de la microscopía, tales como la microscopía de fluorescencia y la microscopía confocal de barrido láser.

## 4. La microscopía confocal

La microscopía confocal es una tecnología derivada de la microscopía de fluorescencia que agrega, además de un poderoso software, el uso de luz láser de diferentes longitudes de onda; aperturas (pinole) con dispositivos concentradores de luz que la direccionan hacia el punto focal de observación. Esto permite obtener imágenes solo en foco. La luz láser (fuente de iluminación) induce la fluorescencia en la muestra, que es capturada por detectores y procesada mediante el software que permite, además, generar una o varias imágenes de alta resolución y reconstruirlas como una imagen 3D. La proyección será una imagen totalmente en foco, a diferencia del microscopio de fluorescencia, que recoge la fluorescencia proveniente tanto del punto de foco como de los puntos fuera de foco en el plano lateral y axial, y da como resultado una imagen sin definición o desenfocada (Fig. 8).



**Microscopía de fluorescencia y confocal láser**

Fig.8. Comparación de dos imágenes de una muestra de madera. En la vista superior, imagen obtenida mediante un microscopio Nikon E600 con lámpara de mercurio, y en la vista inferior, con un microscopio confocal Olympus FV1000, láser 473nm y 561nm. Obsérvese la diferencia en cuanto a la resolución de las imágenes (Instituto Smithsonian, Panamá).

El microscopio confocal fue desarrollado en la década del 50 por Marvin L. Minsky, considerado el padre de la inteligencia artificial, quien pensaba que podía ser una herramienta para sus estudios. Para Minsky, el cerebro humano era un computador; los seres humanos, máquinas evolucionadas, y la inteligencia humana, el resultado del devenir natural de las cosas. Pensaba que al conocer mejor el funcionamiento del cerebro, construiríamos máquinas más inteligentes que, a su vez, nos ayudarían a entender mejor el cerebro.

Minsky quería obtener imágenes de redes neuronales de tejido cerebral en preparaciones no teñidas, en momentos en que ocurrían los eventos biológicos en los sistemas vivos. El microscopio confocal no generó el impacto esperado inmediatamente, debido al poco desarrollo tecnológico que existía en ese momento para dar soporte al invento, tales como la falta de fuentes de iluminación y software. Posteriormente, con la aparición de softwares poderosos, el descubrimiento de las proteínas fluorescentes y los avances en el área de la inmunología, se convierte en una verdadera herramienta en el área de la medicina y diferentes ramas de la biología. En la actualidad, se logran imágenes de alta resolución de estructuras biológicas marcadas con fluorocromos específicos y para la aplicación de métodos de naturaleza no invasiva, conservando las muestras sus características originales.

La resolución se alcanza mediante técnicas de filtrado que eliminan la luz que proviene de planos fuera de foco. Esto permite controlar la profundidad de campo y, además, obtener series de imágenes del espécimen cambiando el plano del foco. Son visibles las regiones que quedan enfocadas; el resto del preparado aparece en negro. Por lo tanto, la aplicación de este tipo de microscopía no está limitada a muestras delgadas (Claxton et al. 2006).

# 5. Metodología de la investigación

## 5.1 Área de estudio

Entre mayo y junio de 2018, Gloria Batista de Vega dirigió un equipo de científicos que llevó a cabo una colección de plantas marinas cerca de la entrada norte del canal de Panamá, (ANEXO 1. Permiso de Recolecta otorgado por Mi Ambiente, Panamá). La intención del equipo fue recolectar algunas muestras de la flora: plantas y algas marinas de importancia comercial que habitan en los ecosistemas de manglares y arrecifes de coral, para posteriormente analizar la autofluorescencia que esta flora manifiesta, usando equipos de microscopía confocal. Estas áreas han sido visitadas y se han realizado diferentes recolecciones de algas marinas ya referenciadas en varias publicaciones desde 1962 (Batista, 2009). Están ubicadas cerca de un gran conjunto de ecosistemas de arrecifes de coral y hábitats de manglares entre Bahía Margarita, cerca de la ciudad de Colón y María Chiquita (Fig. 9).

### Entrada del Canal de Panamá en el lado caribeño



Fig. 9. Existe un gran conjunto de ecosistemas de arrecifes de coral y manglares entre Bahía Margarita, cerca de la ciudad de Colón, y María Chiquita.

El estudio cubrió más de 11 kilómetros de costa. Algunos sitios visitados han sido denominados por los géneros de coral, tales como *Agaricia* y *Porites*. Se pudo comprobar que eran abundantes y saludables, además de no presentar indicios de blanqueamiento. Las algas coralinas, por ejemplo *Peyssonnelia* y otras algas que viven en la corteza de algunos corales, están presentes, en un gran porcentaje, en los arrecifes del área (Brooks, 2016).

A cada macroalga recolectada en este estudio se le dió un número de colección por muestra recolectada, sin tener en cuenta las categorías fundamentales taxonómicas de las algas, con el propósito de que los análisis de fluorescencias fueran lo más auténticos posibles. Las muestras fueron separadas en cuatro réplicas llevando el mismo número de recolecta. Las muestras de la primera réplica se colocaron vivas en incubadoras, en el laboratorio marino de Rodman, de Gracilarias de Panamá S.A. para su posterior análisis en el Microscopio de fluorescencia. En la segunda réplica, las muestras fueron colocadas en monturas conservando el mismo número de recolecta para conservarlas como parte del banco genético de algas marinas del laboratorio. La tercera réplica fue exportada al "Departamento de Botánica, Museo Nacional de Historia Natural, Smithsonian Institution, Washington D.C." de conformidad con los permisos de exportación concedidos por el Ministerio de Ambiente de la República de Panamá (Anexo 2, Permiso de Recolecta otorgado por Mi Ambiente, Panamá; Anexo 3, Carta de confirmación de la participación del Atlas número AG-902-17 de la ARAP en el Atlas y Anexo 4, Permiso de Importación PCIP-18-00026 por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, (USDA). Por último, las muestras de la cuarta réplica se secaron en gel de sílice para futuros códigos de barras de ADN.

Para armar las figuras, fotos e imágenes en los resultados las separamos por divisiones taxonómicas siguiendo el orden por número de cada alga recolectada.

## **5.2 Estudio fotográfico en 3D de especies elegidas para análisis confocal**

Las fotografías de las algas fueron tomadas en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá, con una cámara Canon EOS 6D, con un sistema integrado que toma las fotografías con diferentes distancias de enfoque. Con ello se obtuvo una serie de varias fotografías. Se utilizó el lente Canon Compact-macrolens EF50mm 1:25, en combinación con un Tamron SP AF Tele-converter (140F-CA 1.4x). Luego de tener la serie de fotos, se utilizó el software Helicon Focus, para reconstruir una imagen 3D que fue editada posteriormente con el software Adobe Photoshop Elements, 2018.

## **5.3 Preparación, observación de muestra y obtención de imágenes confocales**

Se obtuvieron cortes transversales de 2 a 3 mm de grosor. Las micrografías fueron tomadas, esencialmente, del borde o pared del alga, que es la zona con la mayor cantidad de células con fluoró cromos. Se utilizó un microscopio

Si desea adquirir el Atlas completo por  
favor contactar a Gloria Batista de Vega  
Gloriaebvega@gmail.com  
Teléfono +507 66137844  
[www.algasdelcaribedepanama.org](http://www.algasdelcaribedepanama.org)

## 6. Resultados

El equipo recolectó más de 300 ejemplares de plantas marinas que representan un estimado de 100 especies. Se recolectaron muestras en 13 transeptos con *snorkel*. Todas las muestras fueron colocadas en acuarios a 20°C, con agua de mar, para posteriormente ser fotografiadas en vivo y llevadas al laboratorio de Microscopía Confocal Láser. Se seleccionó un total de 45 muestras de algas marinas silvestres, identificadas por el Dr. David Ballentine, del Departamento de Botánica del Museo de Historia Natural del Smithsonian, en Washington D.C. Se trata de 31 Rhodophyta, 7 Ocrophyta, 4 Chlorophyta, 2 Magnoliophyta y 1 Cyanophyta. Se registraron en una base de datos por número de muestras colectada (índice taxonómico).

A continuación, presentaremos imágenes confocales y fotografías de cada especie seleccionada, con su respectivo número de recolecta, información, descripciones taxonómicas y sus usos. Resaltaremos las propiedades de autofluorescencia de las más significativas.

## División Rhodophyta

### *Crassiphycus crassissimus*

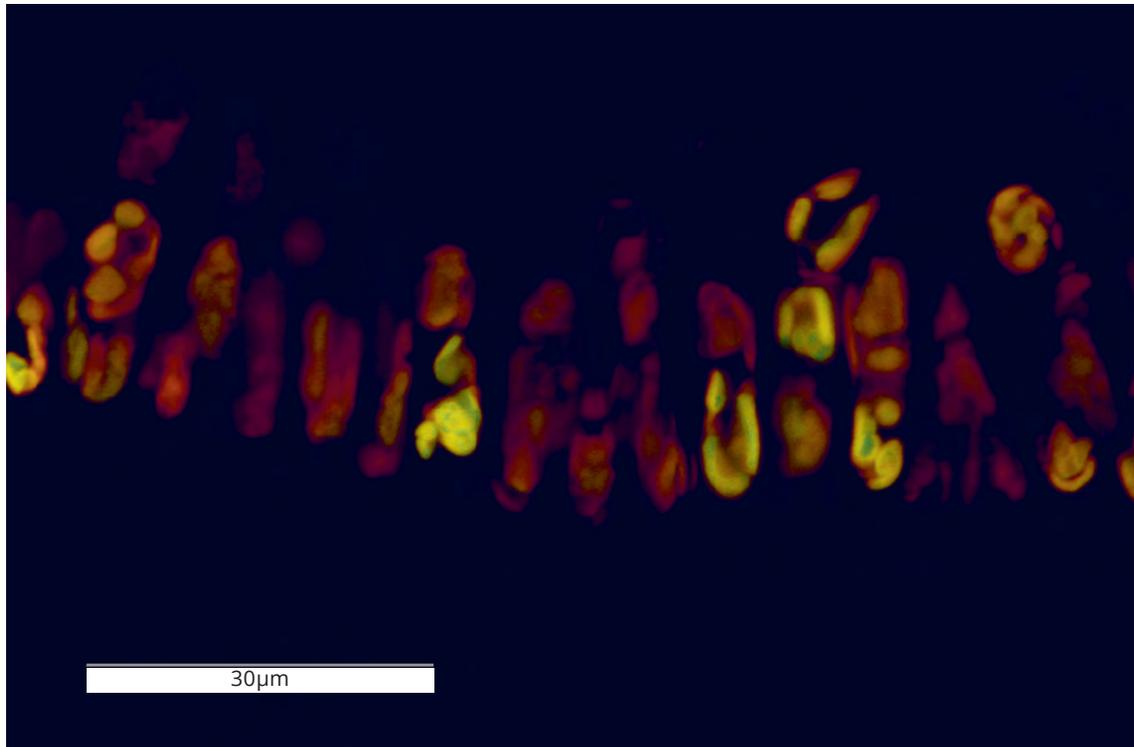
| Nombre Taxonómico   | Recolector             | Lugar de colecta            | Fecha de colecta | Número de colección<br>Gracilaria de Panamá | Referencia taxonomía<br>previa en el área        |
|---|------------------------|-----------------------------|------------------|---|--|
| <i>Crassiphycus crassissimus</i><br>(P. Crouan & H. Crouan)<br>Gurgel, J.N.Norris & Fredericq<br>(= <i>Gracilaria crassissima</i> ) | Christopher<br>Shields | Largo Remo<br>Colón, Panamá | Marzo 16, 2018   | 0001  | (Batista de Yee & Connor, 1982;<br>Connor, 1984) |

### **Descripción**

División Rhodophyta de la familia Gracilareaceae, *Crassiphycus crassissimus* (P. Crouan & H. Crouan) Gurgel, J.N.Norris & Fredericq (= *Gracilaria crassissima*). Es un alga roja de color verde oscuro, con textura fuerte y multiaxial.

Las especies tiene talos erectos, carnosos, cilíndricos o aplanados. Esta especie se caracteriza por presentar ramificaciones irregulares muy carnosas que crecen en forma de nido.

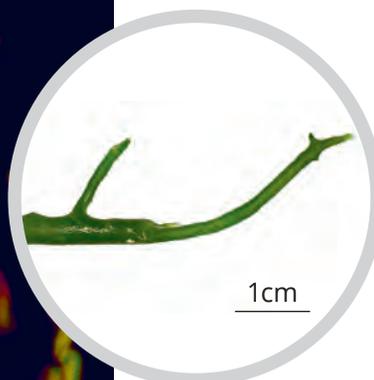
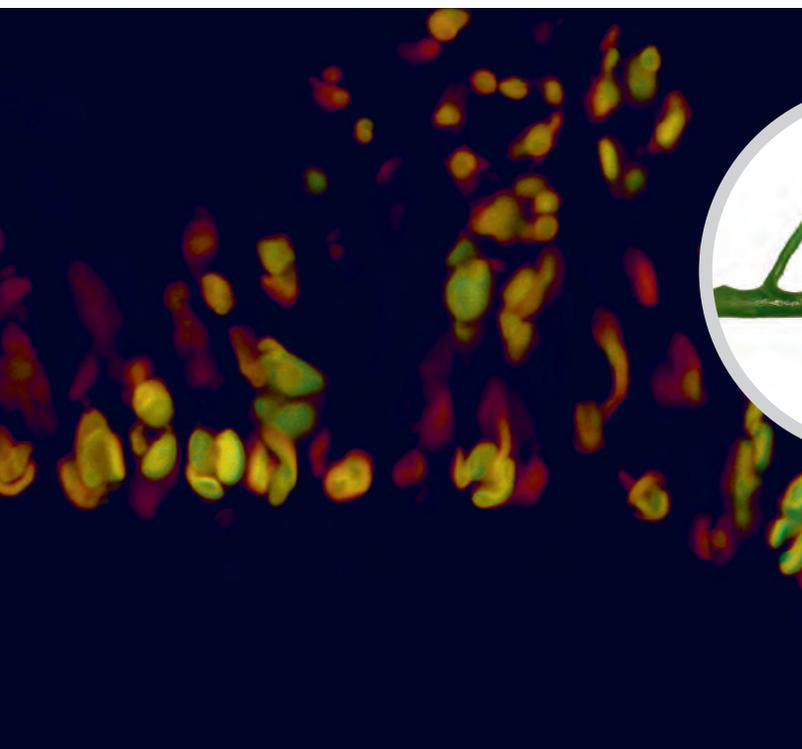
La recolectamos en las granjas marinas de Panama Seafarms, polígono 12. Muestra donada por Panama Seafarms, de color verde con certificado de importación N°339524 del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá - MIDA.





### ***Usos en Panamá y el Caribe***

La especie *Gracilaria crassissima*, en idioma guna «canacua», se utiliza para tratar afecciones físicas, como el dolor leve de muelas, preparando un té gelatinoso. En caso de dolor fuerte, se colocan compresas calientes en el lugar del dolor. *Gracilaria crassissima*, con la *Dictyota divaricata*, en idioma guna «disamo», se utiliza para tratar afecciones psicológicas de la mujer guna, como la enfermedad llamada «sirena». Esta afección es tratada realizando baños de tina o regadera con *Gracilaria crassissima* y *Dictyota divaricata* vivas (Batista de Yee & Connor 1982).

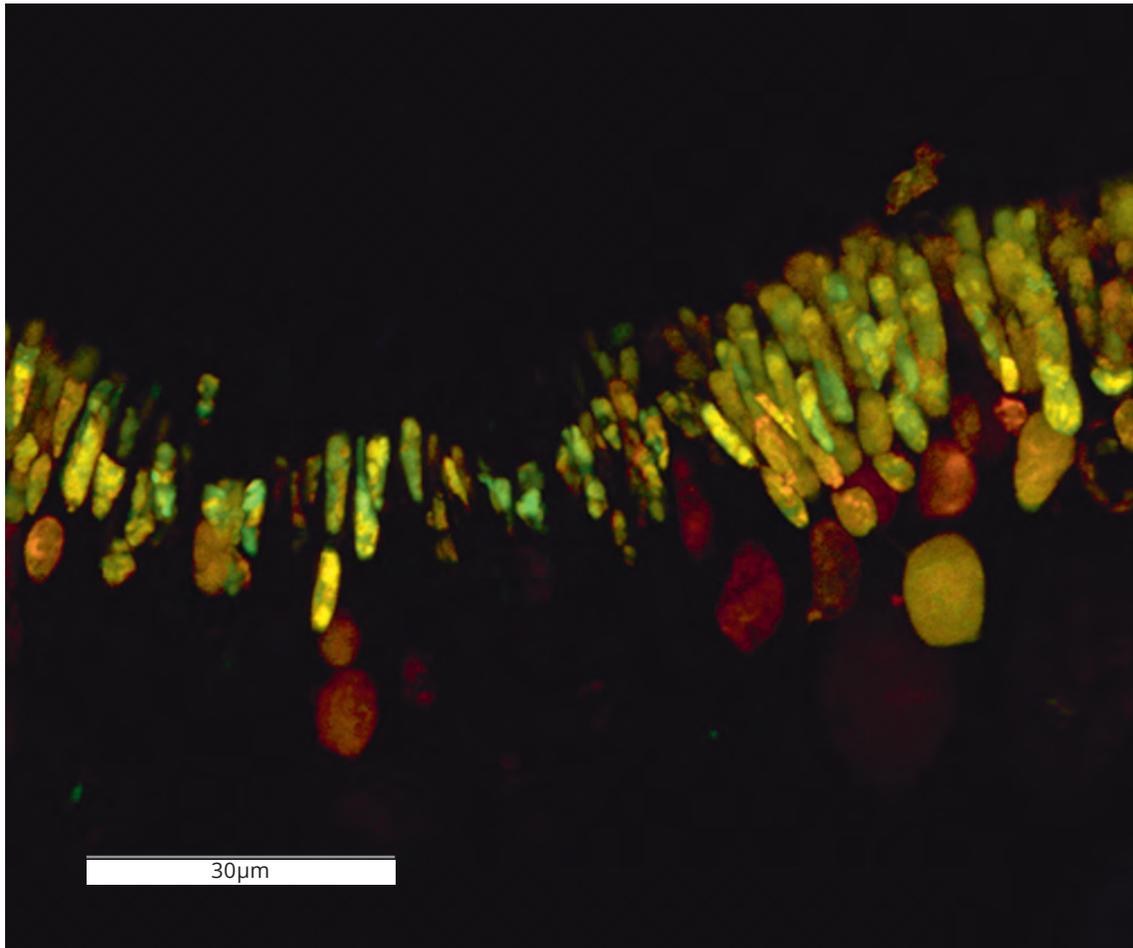


División Rhodophyta  
*Crassiphucus crassissimus*

| Nombre Taxonómico  | Recolector             | Lugar de colecta      | Fecha de colecta                | Número de colección<br>Gracilaria de Panamá | Referencia taxonomía<br>previa en el área |
|--|------------------------|-----------------------|---------------------------------|---|---|
| <i>Crassiphucus crassissimus</i><br>P. Crouan & H. Crouan) Gurgel,<br>J.N.Norris & Fredericq<br>(= <i>Gracilaria crassissima</i> ) | Christopher<br>Gurgel, | Largo Remo<br>Shields | Marzo 16, 2018<br>Colón, Panamá | 0002  | (Connor, 1984)                            |

### **Descripción**

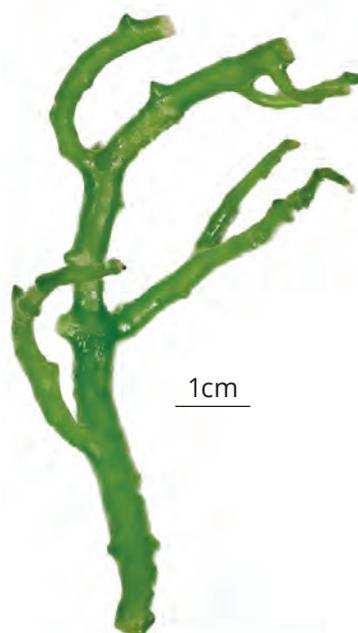
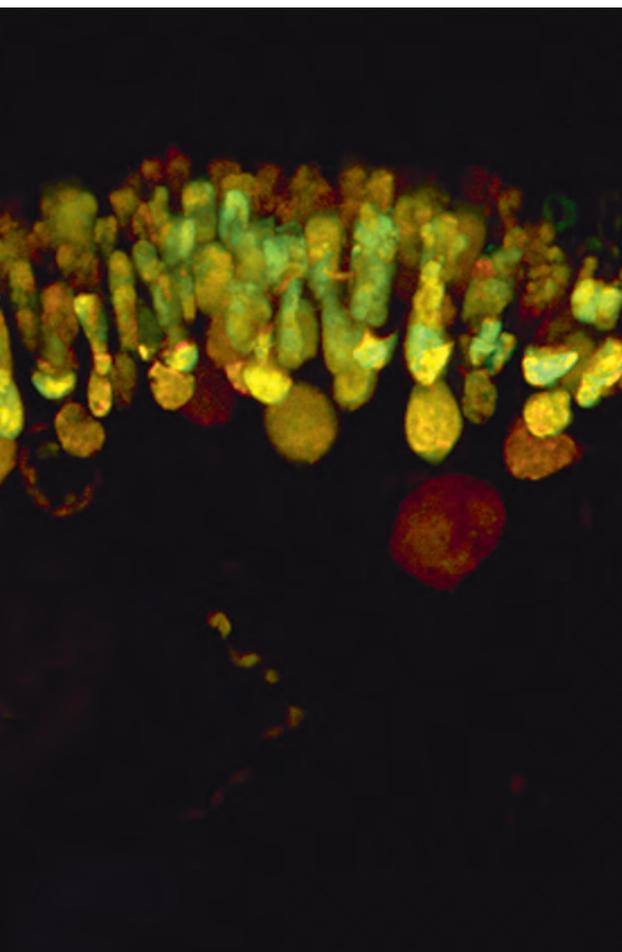
División Rhodophyta de la familia Gracilareaceae, *Crassiphucus crassissimus* (P. Crouan & H. Crouan) Gurgel, J.N.Norris & Fredericq (= *Gracilaria crassissima*). Es un alga roja de color chocolate. La recolectamos, adherida a corales muertos, en el polígono 12 de la granja Seafarms. Presenta un talo rígido, flexible y



resbaladizo al tacto. Muestra donada por Panama Seafarms, de color marrón, con certificado de importación N°339524 del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá - MIDA. Esta muestra de alga es la misma especie del alga #1, sin embargo, tienen diferencias en color y en fluorescencia muy evidentes.

### ***Usos en Panamá y el Caribe***

Esta alga es reconocida por los pescadores de la costa caribeña de Colón, la comunidad afroantillana. Los nativos del área la utilizan para la fabricación de una bebida vigorizante llamada «issinglass», también para elaborar postres gelatinosos o como sustituto de cereales y, previamente hervidas, para hacer sopas. Además, el alga seca se utiliza para hacer un té de vitaminas, que se cree que actúa como tónico vigorizante.



Si desea adquirir el Atlas completo por  
favor contactar a Gloria Batista de Vega  
Gloriaebvega@gmail.com  
Teléfono +507 66137844  
[www.algasdelcaribedepanama.org](http://www.algasdelcaribedepanama.org)

## 7. Conclusiones y recomendaciones

El descubrimiento de la fluorescencia ha sido de gran valor en estudios del funcionamiento de sistemas biológicos. Por ejemplo, a partir de la fluorescencia de las clorofilas, se han desarrollado técnicas que permiten hacer un seguimiento al proceso de fotosíntesis en general y evaluar daños por estrés como casos de ataques por endófitas que pueden causar pérdida de productividad en plantas cultivadas. Por lo tanto, recomendamos continuar la implementación de las prácticas de seguimiento llevadas a cabo con estas técnicas, aplicándolas al mejoramiento y control de calidad de las semillas de macroalgas marinas cultivadas en laboratorio, que luego serán transferidas al mar para su desarrollo final en plantaciones de producción. Es de mucho valor esta herramienta para asegurar la materia prima al final de la extracción de los hidrocoloides importantes para la industria.

Además, la fluorescencia se emplea en diferentes estudios, como Fisiología de la fotosíntesis, Ecofisiología, Acuicultura y Maricultura, Horticultura, Agricultura, Fisiología de Postcosecha y Genética (Hernandez, 2013).

Por otra parte, tenemos que el desarrollo de diodos emisores de luz orgánica (OLED) que contienen las clorofilas a y b, como materiales emisores, sugiere fuertemente que el uso de los pigmentos extraídos de plantas marinas podría conducir a una amplia producción de bajo costo, utilizando materia prima orgánica de las algas marinas. Las clorofilas a y b emiten luz roja; por lo tanto, es necesario encontrar otros pigmentos emisores de la luz azul y verde, provenientes de plantas marinas como las algas rojas, que contienen la clorofila D y otros pigmentos que se puedan aplicar a los OLED.

Los dispositivos semiconductores orgánicos, fabricados por proceso en húmedo, han sido investigados como conductores en la aplicación de fármacos. Sin embargo, los materiales orgánicos refinados por las compañías farmacéuticas son comúnmente caros. Esto abre la posibilidad de explorar el uso de la capacidad de la fluorescencia como conductor farmacéutico de bajo costo.

# 8. Anexos

## Anexo 1. Permiso de Recolecta otorgado por Mi Ambiente, Panamá.

|   |  |  |   |   |  |
|---|--|--|---|---|--|
|  <p>REPUBLICA DE PANAMA<br/>GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE PANAMA</p>   |  |  <p>MINISTERIO DE AMBIENTE<br/>Apartado C, Zona 0843, Balboa, Ancón, Panamá<br/>Albrook, Calle Diego Domínguez, Edificio 804<br/>www.mambiente.gob.pa</p> |   | <p>PERMISO CIENTÍFICO<br/>SCIENTIFIC PERMIT<br/>No. <u>SC/P-12-17</u><br/>VALIDO HASTA: <u>11 julio 2018</u><br/>VALID UNTIL</p> <p>FAUNA / FLORA / HONGOS / BACTERIAS<br/>/ OTROS ORGANISMOS<br/><b>FLORA</b></p>  |  |
| <p>INVESTIGADOR RESPONSABLE<br/>MAIN RESEARCHER<br/>GLORIA BATISTA DE VEGA</p>  |  | <p>IDENTIFICATION<br/>I.D.<br/>Pas. PE-8-2209-PMA</p>  |   | <p>COLECTA OBSERVACION<br/>COLLECT OBSERVATION<br/>MARCADO OTROS<br/>MARKING OTHERS</p>   |  |
| <p>ASISTENTE (S)<br/>ASSISTANT (S)<br/>Raineldo Urriola<br/>Ivette Candanedo<br/>Jeimy Góndola<br/>Jorge Ceballos<br/>Yazmin Villarreal<br/>Isaías Pérez<br/>Maluribsel Lopez<br/>Barret Brooks<br/>Christopher Shields<br/>David Balletine</p>   |  | <p>IDENTIFICATION<br/>I.D.<br/>8-164-1709-PMA<br/>1-733-778-PMA<br/>3-738-246-PMA<br/>8-202-1751-PMA<br/>8-727-1520-PMA<br/>3-744-214-PMA<br/>9-722-2086-PMA<br/>821150580-USA<br/>538461264-BRI<br/>212869385-USA</p>                     |   | <p>COLECTA</p> <p><b>STRI WARNS YOU OF THE FOLLOWING: Under no circumstances, should samples collected under the terms and conditions of this permit be used in research that pursues economical or commercial benefits of any kind, or for any other goal not academic in nature or not oriented towards the increase of basic scientific knowledge.</b></p> |  |
| <p>INSTITUCION QUE RESPALDA LA INVESTIGACION<br/>INSTITUTE SUPPORTING THE RESEARCH<br/>Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales</p>  |  |  |   |   |  |
| <p>TITULO DEL PROYECTO<br/>Project Title<br/>Cultivo Eco-Sostenible de algas marinas y sus aplicaciones<br/>OBJETIVO<br/>PURPOSE<br/>Análisis microscópico confocal laser para identificar carragena, rendimiento y promover nuevos tipos de energías<br/>SOLICITUD N° 433-17</p>   |  |  | <p>LUGAR DEL ESTUDIO<br/>STUDY<br/>Colón: Correg. Cristóbal al norte de la Playa Devils Fuede Sherman hasta el Norte de Punta Toro-Faro Noroeste de la Bahía de Limón-Fuerte Sherman, Isla Galeta. Bocas del Toro No incluye áreas que no cuenten con Consentimiento Libre Informado Previo autorizado por el Ministerio de Ambiente.</p> |   |  |
| <p>NOMBRE COMUN<br/>COMMON NAME</p>   |  | <p>NOMBRE CIENTÍFICO<br/>SCIENTIFIC NAME</p>   |   | <p>CANTIDAD<br/>QUANTITY</p>  |  |
| <p>Algas verdes-azuladas</p>  |  | <p>Cyanophyta</p>  |   | <p>-100 microscópicas-</p>  |  |
| <p>Algas verdes</p>   |  | <p>Chlorophyta</p>   |   | <p>-150 macro y microscópicas-</p>  |  |
| <p>Algas pardas</p>   |  | <p>Phaeophyta Heterokontophyta</p>   |   | <p>-150 macroscópicas-</p>  |  |
| <p>Algas rojas</p>  |  | <p>Rhodophyta</p>  |   | <p>-200 microscópicas y macroscópicas-</p>  |  |
| <p>Fanerógamas marinas</p>  |  | <p>Magnoliophyta</p>   |   | <p>-50 macroscópicas-</p>   |  |
| <p>DURACION DEL ESTUDIO<br/>TIME OF STUDY<br/>10 enero 2018 Hasta 10 julio 2018</p>   |  |  <p>MINISTERIO DE AMBIENTE<br/>DIRECCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE<br/>DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDAD Y VIDA SILVESTRE</p>                    |   |   |  |
| <p>ESTE PERMISO ES EMITIDO POR:<br/>THIS PERMIT IS ISSUED BY:</p> <p>Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre</p>   |  | <p>JORGE U. GARCÍA D.<br/>Director, Encargado de Áreas Protegidas y Vida Silvestre</p>   |   |   |  |
| <p>FECHA:<br/>DATE 03 enero 2018</p>  |  | <p>FIRMA RESPONSABLE Y SELLO</p>    |   |   |  |
| <p>Elaborado por Carmen Y. Medina G. VoBo Jefe Inmediato Darío Luque</p>  |  |  |   |   |  |
| <p>TODO INVESTIGADOR DEBE: 1. REPORTARSE A LA REGIÓN CORRESPONDIENTE ANTES DE INICIAR SU TRABAJO; 2. PORTAR EN TODO MOMENTO EL PERMISO CORRESPONDIENTE; 3. ENVIAR INFORME DE COLECTA AL MINISTERIO DE AMBIENTE; 4. ENTREGAR MUESTRAS DE CADA ESPECIE A LA UNIVERSIDAD DE PANAMA; 5. ENVIAR AL MINISTERIO DE AMBIENTE, A MAS TARDAR UN AÑO, AVANCE O INFORME FINAL DEL ESTUDIO, CON RESUMEN EN ESPAÑOL DE LO CONTRARIO NO SE LE OTORGARA OTRO PERMISO.</p>                                   |  |  |   |   |  |
| <p>EVERY RESEARCHER MUST: 1. REPORT TO THE NEAREST ENVIRONMENTAL OF MINISTRY OFFICE BEFORE START WORKING; 2. CARRY THE PERMIT AT ALL TIMES; 3. SEND A REPORT OF COLLECTED MATERIAL TO ENVIRONMENTAL OF MINISTRY; 4. SEND SAMPLES OF REPRESENTATIVE MATERIAL, TO THE UNIVERSITY OF PANAMA; 5. SEND AN INTERMEDIATE OR FINAL REPORT TO ENVIRONMENTAL OF MINISTRY WITHIN A YEAR, WITH A SPANISH SUMMARY. NO MORE PERMITS WILL BE ISSUED TO THOSE WHO DO NOT COMPLY WITH THESE REGULATIONS.</p> |  |  |   |   |  |

## Anexo 2. Permiso de Exportación por Mi Ambiente, Panamá.

| <p>REPUBLICA DE PANAMA</p>    |  <p>MI AMBIENTE<br/>Apartado C, Zona 0843, Balboa,<br/>Ancón, Panamá<br/>Albrook, Calle Diego Domínguez,<br/>Edificio 804<br/><a href="http://www.miambiente.gob.pa">www.miambiente.gob.pa</a></p>  | <p>PERMISO CIENTIFICO<br/>SCIENTIFIC PERMIT<br/>No. <u>SEX/O-13-18</u></p> <p>VALIDO HASTA: <u>25-ENE-2019</u><br/>VALID UNTIL</p> <p>FAUNA / FLORA / HONGOS / BACTERIAS /<br/>OTROS ORGANISMOS</p> <p><b>PLANTAS, OTROS</b></p> |  |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
|--|--|--|--|----------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|--------------|--------------------|------------------------------|--|-------------|--|----------------------|----------------------------|------------|-------------------|---|----------------------------|--|
| <p>TITULAR (NOMBRE Y DIRECCIONES - PAIS)<br/>CONSIGNOR (NAME AND ADDRESS - COUNTRY)<br/>Gloria Batista de Vega<br/>Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales,<br/>Panamá</p>   | <p>EXPORTACION EXPORT RE-EXPORTACION RE-EXPORTACION<br/>IMPORTACION IMPORT RE-IMPORTACION RE-IMPORTACION<br/>TRANSITO TRANSIT OTROS OTHERS</p> <p><b>EXPORTACION</b></p>   |  |  |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| <p>DESTINATARIO (NOMBRE Y DIRECCIONES - PAIS)<br/>CONSIGNEE (NAME AND ADDRESS - COUNTRY)<br/>Kirk Johnson<br/>NHB 166, PO Box 37102 Washington D.C.,<br/>U.S.A.</p>  | <p><b>STRI WARNS YOU OF THE FOLLOWING:</b> Under no circumstances, should samples collected under the terms and conditions of this permit be used in research that pursues economical or commercial benefits of any kind, or for any other goal not academic in nature or not oriented towards the increase of basic scientific knowledge.</p> |  |  |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| <p>PUERTO DE SALIDA O ENTRADA / TRANSPORTE<br/>PORT OF EXIT OR ENTRANCE / CARRIER<br/>Aeropuerto Internacional de Tocumen</p>  |  |  |  |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| <p>PROPOSITO<br/>PURPOSE<br/>Estudio molecular y genético de Algas.<br/>Titulo: Cultivo eco-sostenible de algas marinas y sus aplicaciones<br/>Solicitud N°.: 0347-18</p>  |  |  |  |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE COMUN<br/>COMMON NAME</th> <th>NOMBRE CIENTIFICO<br/>SCIENTIFIC NAME</th> <th>CANTIDAD<br/>QUANTITY</th> <th>DESCRIPCION<br/>DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fanerógamas marinas</td> <td><i>Magnoliophyta</i></td> <td>50<br/>macroscópicas</td> <td>muestras secas hasta 50 cm</td> </tr> <tr> <td>Algas Verdes</td> <td><i>Chlorophyta</i></td> <td>150 macro y<br/>microscópicas</td> <td>tubos pequeños con muestras de<br/>hasta 2 cm</td> </tr> <tr> <td>Alga Pardas</td> <td><i>Phaeophyta</i>,<br/><i>HETEROKONTOPHYTA</i></td> <td>150<br/>macroscópicas</td> <td>muestras secas hasta 20 cm</td> </tr> <tr> <td>Alga Rojas</td> <td><i>Rhodophyta</i></td> <td>200<br/>Microscópicas y<br/>Macroscópicas</td> <td>muestras secas hasta 35 cm</td> </tr> </tbody> </table> | NOMBRE COMUN<br>COMMON NAME  | NOMBRE CIENTIFICO<br>SCIENTIFIC NAME   | CANTIDAD<br>QUANTITY                         | DESCRIPCION<br>DESCRIPTION | Fanerógamas marinas | <i>Magnoliophyta</i> | 50<br>macroscópicas | muestras secas hasta 50 cm | Algas Verdes | <i>Chlorophyta</i> | 150 macro y<br>microscópicas | tubos pequeños con muestras de<br>hasta 2 cm | Alga Pardas | <i>Phaeophyta</i> ,<br><i>HETEROKONTOPHYTA</i> | 150<br>macroscópicas | muestras secas hasta 20 cm | Alga Rojas | <i>Rhodophyta</i> | 200<br>Microscópicas y<br>Macroscópicas | muestras secas hasta 35 cm |  |
| NOMBRE COMUN<br>COMMON NAME  | NOMBRE CIENTIFICO<br>SCIENTIFIC NAME   | CANTIDAD<br>QUANTITY   | DESCRIPCION<br>DESCRIPTION                   |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| Fanerógamas marinas  | <i>Magnoliophyta</i>   | 50<br>macroscópicas  | muestras secas hasta 50 cm                   |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| Algas Verdes   | <i>Chlorophyta</i>   | 150 macro y<br>microscópicas   | tubos pequeños con muestras de<br>hasta 2 cm |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| Alga Pardas  | <i>Phaeophyta</i> ,<br><i>HETEROKONTOPHYTA</i>   | 150<br>macroscópicas   | muestras secas hasta 20 cm                   |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| Alga Rojas   | <i>Rhodophyta</i>  | 200<br>Microscópicas y<br>Macroscópicas  | muestras secas hasta 35 cm                   |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| <p>ESTE PERMISO ES EMITIDO POR:<br/>THIS PERMIT IS ISSUED BY:</p> <p>Dirección de<br/>Áreas Protegidas y<br/>Biodiversidad</p> <p>FECHA: 13-SEP-2018<br/>DATE</p> <p>Elaborado por: Adrián Jiménez <i>ajm</i> VoBo.: Jorge García <i>JGarcia</i></p>   |  <p>DIRECCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS<br/>Y VIDA SILVESTRE.</p> <p><i>Patricia Hernández</i><br/>PATRICIA HERNÁNDEZ<br/>Directora Encargada de Áreas Protegidas y<br/>Biodiversidad<br/>FIRMA RESPONSABLE Y SELLO</p>   |  |  |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |
| <p>ESTE PERMISO DEBE IR ACOMPAÑADO DEL RESPECTIVO SANITARIO EXPEDIDO POR EL MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO.</p> <p>THIS PERMIT MUST BE ACOMPANED BY A QUARENTINE CERTIFICATE FROM THE AGRICULTURAL DEVELOPMENT MINISTRY:</p> <p>SELLO DEL MINISTERIO DE AMBIENTE AEROPUERTO</p>   |  |  |  |                            |                     |                      |                     |                            |              |                    |                              |  |             |  |                      |                            |            |                   |   |                            |  |

Anexo 3. Carta de confirmación número AG-902-17 de la participación de la ARAP en el Atlas.



DESPACHO DE LA ADMINISTRACIÓN GENERAL

Panamá, 12 de septiembre de 2017  
AG-902-17

Gloria Batista de Vega, PhD  
Directora de Investigación y Desarrollo  
Gracilarias de Panamá, S. A.  
E. S. D.

Estimada Doctora Batista:

Con referencia a su nota informándonos sobre el desarrollo de un Atlas de la Macro Algas Marinas que se cultivan en el Caribe Panameño y sus propiedades de auto-fluorescencia y a través de la cual nos invita a participar en esta importante actividad, le confirmamos con mucho gusto nuestra disposición en colaborar en la realización de este Atlas.

Hemos designado a la licenciada **Malurisbel López**, Bióloga de la Dirección de Investigación y Desarrollo de esta institución para que participe y de seguimiento a este tema. Su correo electrónico es [mlopez@arap.gob.pa](mailto:mlopez@arap.gob.pa).

Con muestras de nuestra consideración y respeto, le saludamos,

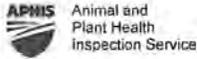
Atentamente,

  
Ing. Zuleika S. Pinzón  
Administradora General



ZP/aa

Anexo 4. Permiso de Importación PCIP-18-00026 por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.



United States Department of Agriculture  
Animal and Plant Health Inspection Service  
4700 River Road  
Riverdale, MD 20737

**Controlled Import Permit to Import Restricted or Not Authorized Plant Material**  
Regulated by 7 CFR 319.6

This permit was generated electronically via the ePermits system

|                          |  |                            |                 |
|--------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| <b>PERMITTEE NAME:</b>   | Mr. Barrett Brooks   | <b>PERMIT NUMBER:</b>      | PCIP-18-00026   |
| <b>ORGANIZATION:</b>     | Smithsonian Institution  | <b>APPLICATION NUMBER:</b> | P588-171211-004 |
| <b>ADDRESS:</b>          | 1000 Constitution Avenue NW<br>National Museum of Natural History, Dept. of Botany<br>Washington, DC 20560 | <b>DATE ISSUED:</b>        | 01/11/2018      |
| <b>MAILING ADDRESS:</b>  | National Museum of Natural History, Botany Dept, MRC#166<br>PO Box 37012<br>Washington, DC 20013-7012      | <b>FACILITY NUMBER:</b>    | 4617            |
| <b>PHONE:</b>            | (202) 633-0970   | <b>EXPIRES:</b>            | 01/11/2019      |
| <b>FAX:</b>              | (202) 786-2563   |                            |                 |
| <b>GROWING LOCATION:</b> |  |                            |                 |
| <b>PORTS OF ENTRY:</b>   | MD, Beltsville   |                            |                 |

Under the conditions specified, this permit authorizes the following:

| <u>Article(s)</u>  | <u>Countries of Origin</u>                                       | <u>Plant Parts</u> | <u>Grown in U.S.</u> | <u>Intended Use</u>  | <u>Quantity per Shipment</u>                      | <u>Number of Shipments</u> |
|--|--|--------------------|----------------------|--|---|----------------------------|
| Marine Rhodophyta, Chlorophyta, Phaeophyceae, and seagrass | Belize<br>Bermuda<br>Mexico<br>Netherlands<br>Antilles<br>Panama | Whole<br>Plant     | No                   | Material will be used to confirm species, and be submitted as inventoried specimen to the US National Herbarium. Tissue samples for dna extraction will be deposited in ultra cold freezers. | 500 vials, pressed sheets, dried tissue fragments | 4                          |

**SPECIAL INSTRUCTIONS TO INSPECTORS**  
See permit conditions below

**PERMIT CONDITIONS**

|   |            |
|---|------------|
| THIS PERMIT HAS BEEN APPROVED ELECTRONICALLY BY THE FOLLOWING PPQ HEADQUARTER OFFICIAL VIA EPERMITTS. | DATE       |
| <br>Yilmaz Balci  | 01/11/2018 |

WARNING: Any alteration, forgery or unauthorized use of this Federal Form is subject to civil penalties of up to \$250,000 (7 U.S.C. § 7734(b)) or punishable by a fine of not more than \$10,000, or imprisonment of not more than 5 years, or both (18 U.S.C. § 1001)

## 9. Glosario

**Ácido algínico.** Polisacárido coloidal que se obtiene de forma natural de las paredes celulares de las algas pardas. Puede llegar a tener concentraciones de entre 20% y 25% del peso seco del alga.

**Ácido glucurónico.** Es un ácido carboxílico similar a la glucosa, que presenta un grupo carboxilo en el carbono 6. Su fórmula química es  $C_6H_{10}O_7$ .

**Ácido manurónico.** El alginato está formado por dos tipos de monosacáridos, los dos con un grupo ácido: el ácido gulurónico y el ácido manurónico. Sorprendentemente, hasta 1955 no se descubrió la presencia del ácido gulurónico en el alginato. Anteriormente se consideraba que estaba compuesto exclusivamente por ácido manurónico.

**Ácidos grasos.** Biomoléculas de naturaleza lipídica, formadas por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de diferente longitud o número de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo (son ácidos orgánicos de cadena larga).

**Ácidos nucleicos.** Polímeros formados por monómeros que se unen mediante enlaces fosfodiéster (una clase de enlace covalente). El ácido ribonucleico (Nascimento-Neto et al.) y el ácido desoxirribonucleico (ADN) son dos tipos de ácidos nucleicos.

**Acridina.** La acridina está estructuralmente relacionada con el antraceno, con uno de los grupos centrales de CH sustituidos por nitrógeno. Principalmente, se utiliza en la fabricación de colorantes. La acridina, un sólido incoloro, fue primero aislada del alquitrán de hulla. Es una materia prima usada para la producción de pinturas y algunas drogas de valor.

**Aequorina.** Es una fotoproteína aislada, existente en las medusas luminiscentes y en otros organismos marinos. Dado que la luz emitida puede ser fácilmente detectada con un fotómetro, la aequorina se ha convertido en una herramienta útil, en la biología molecular, para la medición de  $Ca^{2+}$

**Aminoácido.** Es una pequeña molécula orgánica que contiene, al menos, un grupo amino ( $-NH_2$ ), de naturaleza básica, y un grupo carboxilo ( $-COOH$ ), de carácter ácido.

**Autofluorescencia.** Es la *fluorescencia* natural que produce un tipo particular que caracteriza a las sustancias. Estas sustancias son capaces de absorber energía en forma de radiaciones electromagnéticas y luego emitir

parte de esa energía en forma de radiación electromagnética de longitud de onda diferente. Los *ejemplos* más notables de *fluorescencia* ocurren cuando la luz absorbida se encuentra dentro del rango ultravioleta del espectro invisible al visible.

**Autótrofos.** Organismos capaces de producir sus propios alimentos a partir de sustancias inorgánicas. Por ello se les puede conocer también como productores o vegetales.

**Autótrofos fotosintéticos.** Son organismos capaces de sintetizar todas las moléculas a partir de sustancias inorgánicas simples, usando como fuente de energía la oxidación de compuestos inorgánicos. Los seres autótrofos pueden clasificarse en fotosintéticos y quimiosintéticos.

**Bioluminiscencia.** La bioluminiscencia produce luz propia a partir de reacciones químicas. La fluorescencia solo emite una luz de menor energía tras la absorción de una luz más energética.

**Carotenoides.** Estos compuestos naturales son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides, que se encuentran presentes en diversas estructuras de plantas y en gran variedad de animales, algas, hongos y bacterias.

**Carotenos.** Pigmento vegetal del grupo de los carotenoides, de color rojo, de tipo insaturado y sin oxígeno. Los carotenos tienen una función antioxidante, pues inactivan los radicales libres. Las principales fuentes de carotenos son las frutas y verduras.

**Cianofíceas.** Las cianofíceas o cianobacterias son organismos antiguos que se caracterizan por conjugar el proceso de la fotosíntesis oxigénica con una estructura celular típicamente bacteriana.

**Citoplasma.** Parte de la célula que rodea el núcleo y que está limitada por la membrana exterior. En el citoplasma de una célula eucariota pueden encontrarse ribosomas, mitocondrias y otros orgánulos celulares.

**Citosol.** El citosol, hialoplasma o matriz citoplasmática es el líquido que se localiza dentro de las células. Constituye la mayoría del fluido intracelular. Está separado por membranas en distintos compartimientos.

**Cloroplastos.** Son los orgánulos celulares de todos los vegetales, que se encargan de llevar a cabo la fotosíntesis. Los cloroplastos se encuentran en los organismos eucariotas en grandes cantidades, y sus tamaños son variables. Por lo general son de forma ovalada o esférica.

**Cloroxibacteria.** Las cloroxibacterias son cianobacterias (Cyanobacteria, gr. *kuavós* *kyanós*, «azul»), antiguamente llamadas algas verdeazules, verdeazuladas o *cloroxibacterias*, debido a la presencia de pigmentos clorofílicos.

**Coenzimas.** Son cofactores orgánicos no proteicos, termoestables, que unidos a una apoenzima constituyen la holoenzima o forma catalíticamente activa de la enzima.

**Coloide.** Conjunto de partículas que se caracterizan por la facilidad que tienen para unirse y por lo difícil que resulta separarlas. Son sustancias que,

al encontrarse en un líquido, se dispersan poco a poco. En un coloide ocurren dos fases: una fase dispersora o dispersante y una fase dispersa.

**Coralina.** Las coralinas (Corallinales) forman un orden dentro de las algas rojas que pertenecen a la clase florideophyceae. Se encuentran en todas las aguas marinas del mundo y se caracterizan por un talo duro que contiene depósitos calcáreos contenidos dentro de las paredes celulares.

**Cromóforo.** Es el adjetivo calificativo que se otorga a una célula, tejido o microorganismo que tenga particular dificultad para teñirse con ciertos colorantes como la hematoxilina o la eosina.

**Cromatografía líquida de alta eficacia.** La cromatografía es un método físico de separación en el que los componentes que se han de separar se distribuyen entre dos fases, una de las cuales está en reposo (fase estacionaria, F.E.) mientras que la otra se mueve en una dirección definida (fase móvil, F.M.).

**Cromatografía líquida de alta presión o de alta eficacia.** Ocurre cuando se emplean partículas de fase estacionaria muy pequeñas y una presión de entrada relativamente alta.

**Cromóforo.** Es la parte o conjunto de átomos de una molécula responsable de su color, encargada de absorber fotones que permiten la interacción de la luz con los tejidos en una región molecular, donde la diferencia de energía entre dos órbitas moleculares cae dentro del rango del espectro visible.

**Electrón.** Partícula que se encuentra alrededor del núcleo del átomo y que tiene carga eléctrica negativa. Se trata de un elemento subatómico formado por neutrones y protones. Los electrones se encargan de establecer las atracciones existentes entre los átomos y producen, a través de su movimiento, corriente eléctrica en la mayoría de los metales.

**Energía fotoquímica.** Es la transformación de energía química provocada o catalizada por la emisión o absorción de luz visible o radiación ultravioleta. Las radiaciones que constituyen el color de un cuerpo son justamente las no absorbidas. No tienen, por lo tanto, efecto sobre él. Por ejemplo, una sustancia de color verde emite el verde, pero absorbe el rojo y el azul. No podrá ser descompuesta más que por estos dos últimos colores.

**Enzimas.** Son proteínas solubles producidas por las células del organismo, que favorecen y regulan las reacciones químicas en los seres vivos.

**Espectroscopía.** Conjunto de métodos empleados para estudiar, en un espectro, las radiaciones de los cuerpos incandescentes. La espectroscopía por resonancia magnética permite el estudio del metabolismo bioquímico y de la fisiología de los tumores.

**Estroma.** El estroma en las plantas es el espacio lleno de fluido que, en los plastos, rodea a los tilacoides. Es donde se lleva a cabo la parte de la fotosíntesis en la que no participa la luz (fase oscura).

**Etnobotánica.** Disciplina que estudia las relaciones entre el hombre y las plantas. La etnobotánica agrupa a pensadores provenientes de campos muy diversos.

**Eucariotas.** Es un adjetivo que se utiliza en la biología, para referirse a las células que presentan un núcleo diferenciado, protegido por una membrana y con citoplasma organizado. También se conoce como eucariota al organismo constituido por este tipo de célula.

**Ficobiliproteínas.** Las *ficobiliproteínas* (PBP) o bilicromoproteidos son holoproteínas con grupos prostéticos tetrapirrólicos lineales (ficobilinas) que se encuentran unidos covalentemente. Están presentes en cianobacterias, en los cloroplastos de ciertas algas: Rhodophytas Cryptomands Glaucocystophytas.

**Ficocianina azul.** La ficocianina es el pigmento ficobilínico azul libre de metal, en una cromoproteína conjugada de algas azules-verdosas.

**Ficocoloides.** Se llama ficocoloides a un grupo de polímeros naturales químicamente denominados polisacáridos, derivados de las algas marinas, que son ampliamente utilizados en casi todas las industrias debido a sus características fisicoquímicas, las cuales les confieren singularidad y versatilidad en sus aplicaciones y en las formulaciones de diferentes productos, como los alimentos, los fármacos, los cosméticos, las pinturas, etc.

**Ficoeritrina roja.** Es el pigmento proteico *rojo* que, con la clorofila, da color a las algas rodofíceas: pigmento ficocromoprotídico. La ficoeritrina es un pigmento ficobilínico de color rojo que funciona como sustancia que absorbe la luz.

**Flagelos.** Apéndice móvil con forma de látigo, presente en muchos organismos unicelulares y en algunas células de organismos pluricelulares.

**Fluoresceína.** Es la propiedad, que tienen algunas sustancias, de reflejar luz con mayor longitud de ondas que la recibida, cuando están expuestas a ciertos rayos de espectro. Es un tipo particular de luminiscencia.

**Fluorescencia biomédica.** Es una técnica que utiliza compuestos naturales y sintéticos que producen fluorescencia. Tiene múltiples aplicaciones, en la medicina se usa como marcador. Ha sido muy utilizada en estudios de optometría.

**Formalina.** La formalina tamponada es el fijador estándar utilizado para técnicas de inmunohistoquímica o de hibridación, in situ. También se utiliza en mezclas fijadoras, en conjunto con otros agentes (alcohol, ácido pícrico, ácido acético, entre otros).

**Formaldehído.** El formaldehído o metanol es un compuesto químico, más específicamente, un aldehído altamente volátil y muy inflamable, de fórmula  $H_2C=O$ . En condiciones normales de presión y temperatura, es un gas incoloro, de un olor penetrante, muy soluble en agua y en ésteres. Las disoluciones acuosas al ~40% se conocen con el nombre de formol, que es un líquido incoloro de olor penetrante y sofocante.

**Fotón.** Partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo rayos gamma, rayos X, ultra-

violeta, visibles infrarrojas, microondas y ondas de radio. Los fotones, por otra parte, no tienen carga eléctrica.

**Fotosistemas.** Los fotosistemas son los centros donde se agrupan los pigmentos fotosintéticos, como la clorofila, entre otros. Estas moléculas son capaces de captar la energía lumínica procedente del Sol y transformarla en energía útil. Un ejemplo es la fotosíntesis.

**Galactosa.** Un monosacárido formado, por lo general, de seis átomos de hexosa o carbono que se convierte en una glucosa en el hígado como aporte energético. Puede ser un azúcar simple que se prepara a través de la hidrólisis de la lactosa correspondiente al grupo de los glúcidos simples.

**Glucósidos.** Formalmente un glucósido, según la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada), es cualquier molécula en la cual un glúcido se enlaza a través de su carbono anomérico a otro compuesto de diferente naturaleza química, mediante un enlace O-glucosídico o un enlace S-glucosídico.

**Heterocíclicos polinucleares.** Los heterocíclicos polinucleares son compuestos químicos cíclicos en los que los átomos miembros del ciclo pertenecen a dos o más elementos distintos. Polinucleares se refiere a las células que tienen varios núcleos, como los núcleos de ciertas algas o los leucocitos de la sangre.

**Hidrocoloides.** Los hidrocoloides son sustancias que cuando se disuelven o dispersan en agua, producen espesamiento o gelificación. La mayoría de los hidrocoloides son polisacáridos, aunque algunos son proteínas (p. ej. la gelatina). También se ajustan a la definición de goma.

**Hidroxiprolina.** La hidroxiprolina es un aminoácido no esencial constituido de proteínas y derivado de la prolina. La hidroxiprolina se encuentra fundamentalmente en el tejido conectivo y óseo, y constituye el 10% de la molécula del colágeno.

**Imágenes confocales.** El concepto de imagen confocal fue patentado por Marvin Minsky en 1957. Es una imagen tridimensional que se obtiene por medio de un microscopio confocal.

**Luteína.** Es un compuesto químico perteneciente al grupo de las xantófilas. Es un pigmento amarillo encontrado en plantas, algas, bacterias fotosintéticas y en la yema del huevo. Se utiliza como aditivo en el tratamiento comercial de los alimentos. El código alimentario asignado por la Unión Europea es E-161b.

**Macroalgas.** Las macroalgas son organismos fotoautótrofos; por tanto, capaces de transformar la luz solar en energía química mediante la fotosíntesis oxigénica y además capaces de asimilar carbono en forma de dióxido de carbono.

**Mánanos.** Los manano-oligosacáridos (MOS) son un tipo de glúcidos derivados de la pared de la célula de la levadura. Estos oligosacáridos contienen mano, un azúcar reconocida por ciertas bacterias, incluyendo

muchas variedades de *Escherichia coli* y *Salmonella*. Existen varias formas de MOS, pero todas están compuestas por un azúcar manosa y enlaces glucósidos de los siguientes tipos: alfa-1,6-glucósido, alfa-1,2-glucósido, alfa-1,3-glucósido o beta-1,3-glucósido.

**Microalgas.** Las microalgas son microorganismos fotoautótrofos, por tanto, capaces de transformar la luz solar en energía química mediante la fotosíntesis oxigénica y además capaces de asimilar carbono en forma de dióxido de carbono.

**Micrografías.** Una micrografía es la imagen obtenida de objetos no visibles, mediante la ayuda de instrumentos ópticos o electrónicos como lupas y microscopios.

**Microscopía confocal láser.** Es la técnica óptica que necesita el uso de un microscopio confocal láser para incrementar el contraste y reconstruir imágenes tridimensionales utilizando un «pinole» espacial (colimador de orificio delimitante) para eliminar la luz desenfocada o destellos de la lente en especímenes que se observan.

**Microscopía láser:** Es la técnica que amplifica la imagen por medio de los rayos láser. El término láser procede del inglés *laser*, que es un acrónimo surgido de la expresión Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Esta expresión puede traducirse al castellano como Amplificación de Luz mediante Emisión Inducida de Radiación.

**Monocromadores.** Rendija de entrada que proporciona una imagen estrecha y casi coherente de la fuente de radiación, un colimador que hace paralela la radiación procedente de la rendija de entrada, una red o prisma para dispersar la radiación incidente, otro colimador para formar la imagen de la rendija de entrada sobre la rendija de salida y una rendija de salida para aislar la banda espectral deseada.

**Nemátodos.** Los nemátodos son organismos que, por lo general, suelen vivir en el medio acuático, aunque también habitan en la superficie. Entre las más de veinticinco mil especies detectadas por los científicos, hay nemátodos de existencia autónoma y otros son parásitos de los seres humanos, las plantas y los animales.

**Nicotinamida Adenina Dinucleótido.** El dinucleótido de nicotinamida y adenina, también conocido como nicotin adenin dinucleótido o nicotinamida adenina dinucleótido (abreviado NAD<sup>+</sup> en su forma oxidada y NADH en su forma reducida), es una coenzima que se halla en las células vivas y que está compuesta por un dinucleótido, es decir, por dos nucleótidos.

**Nucleótido.** El nucleótido es un monómero cuyas cadenas forman las macromoléculas denominadas ácidos nucleicos (ADN y ARN). Las cadenas de nucleótidos se denominan polinucleótidos. Existen 2 tipos de nucleótidos: los ribonucleótidos, que forman el ácido ribonucleico o ARN, y los desoxirribonucleótidos, que forman el ácido desoxirribonucleico o ADN.

**Péptidos.** Los péptidos son moléculas que contienen dos o más amino-

ácidos (las moléculas que se unen entre sí para formar proteínas). Los péptidos pueden contener muchos aminoácidos que se llaman polipéptidos o proteínas. Los péptidos, al igual que las proteínas, están presentes en la naturaleza y son responsables de un gran número de funciones, muchas de las cuales todavía no se conocen.

**Pigmento.** Es una sustancia que absorbe ciertas longitudes de onda de luz y refleja otras. Los colores no son una propiedad de los objetos, sino la luz. Los pigmentos biológicos, también conocidos como pigmentos o biocromos, son sustancias producidas por organismos que poseen un color resultante de la absorción selectiva de la luz.

**Plasmodesmos.** Cada una de las unidades continuas de citoplasma que pueden atravesar las paredes celulares, manteniendo interconectadas las células continuas en organismos pluricelulares en los que existe pared celular, como las plantas o los hongos.

**Plastidios.** Los plastos, plástidos o plastidios son orgánulos celulares eucarióticos, propios de las plantas y algas. Su función principal es la producción y almacenamiento de importantes compuestos químicos usados por la célula. Así, desempeñan un papel importante en procesos como la fotosíntesis, la síntesis de lípidos y aminoácidos, y determinan el color de frutas y flores, entre otras funciones.

**Polímero.** Sustancia química que resulta de un proceso de polimerización. Las proteínas, el almidón o el caucho natural son polímeros sintetizados por los seres vivos.

**Polipéptido bioluminiscente.** Es el nombre utilizado para designar un péptido de tamaño suficientemente grande; como orientación, se puede hablar de más de 10 aminoácidos. Cuando el polipéptido es suficientemente grande, en particular cuando tiene una estructura tridimensional única y estable, se denomina proteína. La proteína verde fluorescente (o GFP, por sus siglas en inglés, *green fluorescent protein*) es producida por una medusa que emite fluorescencia en la zona verde del espectro visible.

**Poliquetos.** Los poliquetos son un tipo de gusanos de cuerpo dividido en gran cantidad de segmentos, generalmente marino. Pertenece a la clase de gusanos anélidos, de cuerpo cilíndrico con una región cefálica diferenciada con ojos y tentáculos.

**Polisacáridos.** Son polímeros cuyos constituyentes (sus monómeros) son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos. Estos compuestos llegan a tener un peso molecular muy elevado, que depende del número de residuos o unidades de monosacáridos que participen en su estructura.

**Retículo endoplasmático.** Es un orgánulo distribuido por todo el citoplasma de una célula eucariota, la cual se representa como un complejo sistema de membranas dispuestas en forma de surcos aplanados y túbulos que están interconectados entre sí, compartiendo el mismo espacio interno.

**Rizomas.** Un rizoma es un tipo de tallo que crece de manera subterránea y en sentido horizontal, dando lugar al surgimiento de brotes y raicillas a través de sus nudos. Gracias a su crecimiento indefinido, los rizomas pueden avanzar y cubrir una superficie muy importante.

**Técnicas espectrofotométricas.** La espectrofotometría es una técnica científica utilizada para medir cuánta luz absorbe una sustancia química, midiendo la intensidad de la luz cuando un haz luminoso pasa a través de la solución muestra, basándose en la ley de Beer-Lambert. Esta medición también puede usarse para medir la cantidad de un producto químico en una sustancia.

**Técnicas histológicas.** Se denominan técnicas histológicas al conjunto de operaciones al que se somete una materia organizada, con el fin de que sea posible su estudio por medio del microscopio, lo que posibilita la observación de estructuras no visibles al ojo humano.

**Tetrapirrol.** Es una sustancia compuesta por cuatro unidades de pirrol enlazadas por algún átomo u otro grupo para formar un anillo. En el centro de este anillo puede encontrarse un átomo metálico, debido a su capacidad de coordinarse. Se encuentra en múltiples estructuras biológicas, también se encuentra en la clorofila citocromo, pigmentos biliares y vitaminas.

**Tilacoides.** Son sacos aplanados independientes de la membrana interna del cloroplasto (a diferencia de las crestas en las mitocondrias); sitio de las reacciones captadoras de luz de la fotosíntesis y de la fotofosforilación. El medio que rodea a los tilacoides se denomina estroma del cloroplasto.

**Transporte apoplástico.** El apoplasto es un espacio extracelular periférico al plasmalema de las células vegetales, por el que fluyen agua y otras sustancias; este transporte se dice que se realiza por la vía del apoplasto.

**Transporte simplástico.** El simplasto es el sistema continuo formado por el citoplasma de todas las células de una planta, unido por los plasmodesmata. El término se contrasta con el de apoplasto. En el transporte de agua y nutrientes en el interior de las plantas, intervienen tanto las paredes como los citoplasmas celulares. El transporte vía pared celular se denomina transporte apoplástico, mientras el que se realiza a través del citoplasma celular recibe el nombre de transporte simplástico.

**Xantofilas.** Son compuestos pigmentados, derivados oxigenados de los carotenoides, que presentan acción fotosintética. Estos pigmentos, más resistentes a la oxidación que las clorofilas, proporcionan sus tonos amarillentos y parduzcos a las hojas secas.

**Zeaxantina:** Es un pigmento liposoluble de color amarillo, del grupo de las xantofilas. Aparece en las algas, bacterias y plantas superiores (*Zea*, *Crocus*) y en la yema del huevo. Su función es la de proteger a la planta contra la radiación solar. Esta misma propiedad resulta útil para proteger la retina humana de las radiaciones ultravioleta del sol.

# 10. Referencias

- Abbott IA & Norris J (1985) Taxonomy of economy seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species. California Sea Grant College Program University of California, La Jolla, California, Report No. T-CS GCP-011, pp 47–61
- Abbott IA (1988) Taxonomic of Economic Seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species II
- Ballantine DL, Gerwick WH, Velez SM, Alexander E, Guevara P (1987) Antibiotic activity of lipid-soluble extracts from Caribbean marine algae. *Hydrobiologia* 151, 463–469 <https://doi.org/10.1007/BF00046168>
- Batista de Yee G & Connor JL (1982) Estudios de las algas colectadas en las Costas del Caribe de Panamá, Su utilización y posible uso comercial. En: Memorias IV Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Panamá
- Batista G & Connor JL (1990) Native uses of seaweeds in the Republic of Panama. Annotated Bibliography of the Seaweeds used for food in the West Indies. OECS Fisheries Report No 3.7-8. Caribbean Natural Resource Institute (CANARI), St. Lucia
- Batista G (1992) *Gracilaria* spp. sea farm on the Atlantic Coast of Panama in connection with establishment of a nature reserve with and economic purpose. MS thesis, University of California, Berkeley, 232 pp
- Batista G (2009) Cultivo Ecosostenible de *Kappaphycus alvarezii* en Panamá. Thesis Doctoral PhD, Las Palmas de Gran Canaria, Gran Canaria, España Retrieved from [Gracilarias.org](http://Gracilarias.org) (Artº 73.2 del Reglamento de Estudios de Doctorado)
- Batista G d V (2014) Uso y Cultivo de Macro Algas Marinas en Panamá. *Revista Colón Ciencias* 1:57-67
- Brooks B (2015) A rapid assessment of the marine plant ecosystem at the Caribbean entrance of the Panama Canal *The Plant Preess New Ser* 18, 12-13
- Chen WZ, Xu D, Wang LG, Meng L, Du H, Zhang XCH (2009) Preliminary study on economic characteristics and agar characteristics of two new strains of *Gracilaria lemaneiformis*. *Periodical of ocean University of China*. 39 (3), 437-442
- Cintia DLM, Fernanda R, Nocchi N, Mônica GL, F dos Santos B, Lilian MB, Angelica RS (2013) Antioxidant properties and total phenolic contents of some tropical seaweeds of the Brazilian coast. *Journal of Applied Phycology*, 25, 1179-1187. [doi:10.1007/s10811-012-9918-x](https://doi.org/10.1007/s10811-012-9918-x)
- Codrea MC, Nevalainen OS, Tyystjärvi, Vandeven M, Valcke R (2004) Clasificación de las manzanas por medio de imágenes de fluorescencia. *Revista Internacional de Reconocimiento de Patrones e Inteligencia Atificial* 18 (02) 157-174
- Colombo ML, Rise P, Giavarini F, De Angelis V, Galli, C, Bolis CL (2006) Macro algas marinas como fuente de acidos grasos poliinsaturados. *Plant Foods Hum Nutr* 61, 64-69
- Connor JL (1984) Seasonal changes in an algal community of a tropical fringing reef in Panama. PhD Thesis, University of California, Berkeley. pp. 1–82

- Claxton NS, Fellers TJ, Davison W (2006) Laser Scanning Confocal Microscopy. The Florida State University of Tallahassee. Ap Technologies
- Deveau LE & Castle JR (1976) The industrial development of farmed marine algae: the case-history of *Euचेuma* in the Philippines and USA. Pillay & Dill W.A (eds.). England. pp., 410-416
- Dreckmann KM & Sentías A (2004) Biodiversidad de Gracilariaceae (Rhodophyta) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S69-S75, 2014 DOI: 10.7550/rmb.40717
- Diaz MC, Thacker RW, Rutzler K, Piantoni C (2007) Two new haplosclerid sponges from Caribbean Panama with symbiotic filamentous *cyanobacteria*, and an overview of sponge-*cyanobacteria* associations. Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability, pp. 31-39
- Dillehay TD (2004) Un Asentamiento Humano del Pleistoceno Tardío en el sur de Chile. pp. 25-179
- Dillehay TD, Ramírez C, Pino M, Collins M, Rossen J, Pino-Navarro JD (2008) Monte Verde: seaweed, food, medicine, and the peopling of South America. Science. Vol. 320: 784-786. Dixon, P. S
- Doty MS (1971 a) Antecedent event influence on benthic marine algal standing crops in Hawaii. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 6: 161-166
- Doty MS (1971 b) Physical factors in the production of tropical benthic marine algae. In fertility of the sea, edited by J. D. Costlow. New York, Gordon and Breach Science publisher, vol. 1: 99-121
- Doty MS (1973) Farming the red Seaweed, *Euचेuma*, for carrageenans. 9, 59-71
- Doty MS & Alvarez VB (1973) Seaweed farms: A new approach for U. S. industry. Annu. Conf. Proc. Mar. Technol. Soc, 9, 701-708
- Doty MS & Alvarez VB (1975) Status, problems, advances and economics of *Euचेuma* farms. Journal of Marine Technological Society., 9, 30-35
- Doty MS & Alvarez VB (1981) *Euचेuma* farm productivity. Proc. Int. Seaweed Symp, 8, 688-691
- Doty MS & Norris JN (1984) *Euचेuma* species (Solieriaceae, Rhodophyta) that are major sources of carrageenan. Abbott IA, Norris J. N. (eds) Taxonomy of economic seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species, p. 47-61
- Dunn EK, Shoue DA, Huang, Kline RE, MacKay AL, Carpita NC, Taylor IE, Mandoli DF (2007) Spectroscopic and biochemical analysis of regions of the Cell Wall of the Unicellular 'Mannan Weed', *Acetabularia acetabulum*. Plant Cell Physiol 48:122-133
- Edwards P (1976) Guia Ilustradas de algas y pastos marinos en las cercanias de Port Aransas, Texas. Texas Digital Library. URI <http://hdl.handle.net/1969.3/21960>
- Echenique RO & González DM (1998) Las Cianofitas Microalgas Causantes de Toxicidad. Journal, Museo
- Fernandez C, Orellana AP, Joly L, Prathep (2008) Field Guide to Common Marine Algae of the Bocas del Toro Area II: NSF-PASI Advanced Methods in Tropical Phycology Retrieved from Bocas del Toro, Panamá [https://biogeodb.stri.si.edu/bocas\\_database/search/species/6331](https://biogeodb.stri.si.edu/bocas_database/search/species/6331)
- Fredericq S & Norris JN (1985) Morphological studies on some tropical species of *Gracilaria* Grev (Gracilariaceae, Rhodophyta): taxonomic concepts based on reproductive morphology. Taxonomy of economic seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species, 137-155
- Fiedel SJ (1999) Older than we thought: Implications of corrected dates for Paleoindians. Society for American Archaeology, Vol. 64, 95-115
- García-Soto G & Lopez-Bautista J (2018) Taxonomic notes on the genus *Alsidium* C.

- Agardh, including the merging of *Bryothamnion* Kützing (Rhodomelaceae). *Algae* 2018; 33(3): 215-229. DOI: <https://doi.org/10.4490/algae.2018.33.6.25>
- Glenn EP & Doty MS (1981) Photosynthesis and respiration of the tropical red seaweeds. *Eucheuma striatum* (tambalang and Elkhorn varieties) and *Eucheuma dendiculatum* *Aquat. Bot.*, 10:353-64.
- Glenn EP & Doty MS (1990) Growth of the Seaweed *Kappaphycus alvarezii*, *K. Striatum* and *Eucheuma dendiculatum* affected by environment in Hawaii. *Aquaculture*, 84: 245-555
- Glenn EP & Doty MS (1992) Water motion affects the growth rates of *Kappaphycus alvarezii* and related Seaweed. *Aquaculture*, 108: 233-246
- Gomez MD & Perez H (2004) Estimación de la Riqueza y Abundancia de macroalgas en los arrecifes de Punta Galeta, 15 años después de un derrame de petróleo. Pp.130 (Tesis. Licenciatura en Biología con opción ambiental ), Centro Regional Universitario de Colón
- Han L, Shi Da, Xu F, Yuan, Z, Sun J, Shi, J (2008) Bioactive sterols from red alga *Acanthophora spicifera* boergesen. *Journal of Chinese Materia Medica*. 2009 Jan;34(1):60-63
- Hay ME (1980) Algal Ecology on a Caribbean Fringing Reef. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree Doctor of philosophy in Biology. University of California Irvine pp. 1-16
- Hay ME & Norris JN (1984) Seasonal Reproduction and abundance of 6 sympatric species of *Garcilaria Gracilariaceae*, Rhodophyta on a Caribbean Subtidal sand plain. *Hydrobiologia*, 116-117:63-72
- Hernandez (2013) Fluorescencia de clorofilas. *Grupo de Biotecnología de Frutales* (CEBAS-CSIC)
- Hodis DW, Carbone L, Susman JL, Prilusky J, Canner, D, Oberholser K, Berchansky A, Harel, M Steinberger, JM (2013) "Green Fluorescent Protein", *Proteopedia*. DOI: <https://dx.doi.org/10.14576/100139.1834778>
- Hernandez JA & Piqueras A (2013) Metabolismo antioxidante y fluorescencia de clorofila durante la aclimatación a condiciones ex vitro de plantas micropropagadas de *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Biotecnología de Frutales* (CEBAS-CSIC)
- Hurtado AQ, Critchley AT, Neish IC (2017) Tropical Seaweed Farming Trends, Problems and Opportunities Developments. In *J Appl Phycol* 9, XVI, 216. doi:DOI 10.1007/978-3-319-63498-2
- Jia-Li L, Yong -Qiang L, Xiao-Jian L, Jiang-Ting Y, Dai-Chun L, Lu-Ling H, Zhi-Hui J, Shi-Hai X, Bing-Xin Z (2020) Acanthophoraine A, un nuevo alcaloide de pirrolidina de la alga roja *Acanthophora spicifera*. *Natural Product Research*, 34:14, 2065-2070, DOI: 10.108/14786419.2019.1569008
- Kamat SY, Wahidulla S, D' Souza L, Naik CG, Ambiye V (1994) Bioactivity of marine organisms Part VII Effect of sea extract on the central nervous system *Indian Journal of experimental biology*, 32, 418-422
- Kilar JA & Norris JN (1988) Composition, export, and import of drift vegetation on a tropical, plant-dominated, fringing-reef platform (Caribbean Panama). In *Coral Reefs* 7 (2), 93-103.
- Khan & Academy (2019) Retrieved from <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>
- Lakowicz J (2006) *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, 1, 3rd Edn. DOI 10.1007/978-0-387-4631-4
- Lichtman J & Conchello J (2006) Fluorescence Microscopy in *Nature Methods*, 2 (12): 910-9. DOI 10.1038/nmeth817

- Lim JR & Porse H (1981) Breakthrough in the commercial culture of *Eucheuma spinosum* in northern Bonol, Philippines, Proc. Int. Seaweed Symp., 10: 601-6
- Lim JR, Fortes E, Guzman de P, Trono GJr (1982) Farming the ocean (The Genus Story). Publ. Hist. Conserv. Society. XXXVI. Manila, pp. 177
- Littler DS & Littler MM (2000) *Caribbean Reef Plants* Washington, D.C. 20044-6139. USA: OfferShore Graphics, Inc. P.O.Box 6139
- Loureiro RR, Reis, RP, Critchley AT (2009) In vitro cultivation of three *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougiaceae) variants (green, red and brown) exposed to a commercial extract of the brown alga *Ascophyllum nodosum* (Fucaceae, Ochrophyta). Appl Phyco, 22(1), 101-104. doi:10.1007/s10811-009-9412-2
- Michanek G (1975) Seaweeds, resources of the ocean. FAO Fisheries Technical Paper No. 138- 127p
- Nascimento-Neto LGd, Carneiro RF, Silva SRd, Silva BRd, Arruda FVS, Carneiro VA, Nagano CS (2012) Characterization of Isoforms of the Lectin Isolated from the Red Algae *Bryothamnion seaforthii* and Its Pro-Healing Effect. Marine Drugs, 10(1660-3397), 1936-1954. doi:10.3390/md10091936
- Olympus (2012) Microscopy Resource Center Olympus. Retrieved from <http://olympus.magnet.fsu.edu/index.html>
- Ondarza BM & Rincones RE (2008) El cultivo de algas marinas: alternativa industrial en acuicultura sustentable a mediano y largo plazo. *CienciaUAT*, pp. 68-73. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441942914009>
- Oyofa BA, Droleskey RE, Norman JO, Mollenhauer HH, Ziprin L, Corrier ED, Eloach JR (1989) Inhibition by Mannose of in Vitro Colonization of Chicken Small Intestine by *Salmonella Typhimurium*. Poultry Science :68. Issue 10 <https://doi.org/10.3382/ps.0681351>
- Parker HS (1974) The culture of the red algal genus *Eucheuma* in the Philippines. *Aquaculture*, 3: 425-3.
- Robles-Centeno PO, Ballantine DL, Gerwick WH (1996) Dynamics of antibacterial activity in three species of Caribbean marine algae as a function of habitat and life history. *Hydrobiologia* 326, 457-462 . <https://doi.org/10.1007/BF00047846>
- Rossen J & Ramírez C (1997) Observations on the Present-Day (1983) economic plants in the Monte Verde area and their archaeological implications. En Monte Verde. A Late Pleistocene Settlement in Chile. *The Archaeological Context and Interpretation*, 2
- Soldeuila M (1980) The use of seaweed (algae) in animal diets. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico*
- Stirk W, Ördög V, VannStaden J (2002) Cytokinin- and auxin-like activity in *Cyanophyta* and microalgae. *Journal of Applied Phycology* 14, 215-221 <https://doi.org/10.1023/A:1019928425569>
- Taylor WR (1960) Marine algae of eastern tropical and subtropical coasts of the America. University of Michigan Press. 870p
- Taylor WR (1985) Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas (Vol. Vol. XXI). United States of America The University of Michigan Press
- Tovar CZ & Ballantine DL (2005) Multiple Antimicrobial Activities of the Marine Alga *Spyridia filamentosa* (Ceramiaceae, Rhodophyta). *Botanica Marina*, 43, 233-238. doi:<https://doi.org/10.1515/BOT.2000.025>
- Vega GB, Berguido C, Alveo D (2006) Food and medical uses of marine algae by Kuna Indians on the Caribbean, Panama. Seaweed Resources of Panama. In: A.T. Critchley, A., M. Ohno & D.B. Largo (Eds) World Seaweeds Resources
- Vega GB, Ceballos J, Anzalone A, Digman MA, Gratton E (2017) laser-scanning con-

- focal microscopy study of carrageenan in red algae from seaweed farms near the Caribbean entrance of the Panama Canal. *J Appl Phycol* 29:495–508
- Vega GB & Yee R (2006) Use of the seaweed's resources on the Caribbean coastline, Province of Colon, Panama and its potential economic possibilities. *Seaweed Resources of Panama Chapter 3*. In: Critchley, A., M. Ohno & D.B. Largo (Eds) *World Seaweeds Resources*
- Vega GB, Shields C, Contreras A, González J (2002) Granjas Experimentales de *Gracilaria* sp y *Eucheuma cotoni* en el Caribe Panameño. VI Congreso Latinoamericano de Ficología y IV Reunión Iberoamericana de Ficología; Ponce, Puerto Rico. Sociedad de Ficología Latinoamericana y del Caribe y Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico (Eds) pp O 26
- Vega GB, Berguido C, Alveo D (2006) Food and medical uses of marine algae by Kuna Indians on the Caribbean, Panama. *Seaweed Resources of Panama*. In: A.T. Critchley, A., M. Ohno & D.B. Largo (Eds) *World Seaweeds Resources*
- Val AGd, Platas G, Basilio A, Gorrochategui J, Suay I, Vicent F, Peláez F (2001) Screening antimicrobial activities in red, green and brown macroalgae from Gran Canarias (Canary Islands, Spain). *Research Article*, 4, 35-40
- Yee GB & Connor JL (1982) Estudios de las algas colectadas en las Costas del Caribe de Panamá, Su utilización y posible uso comercial. En: *Memorias IV Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Panamá*. Asociación Latinoamericana de Acuicultura (Eds)
- Wahidulla S, Souza LD, Das B, Patnaik GK (1987) Oxytotic Principle of Red Alga *Amphiroa fragilissima*. *Botanica Marina*, 30, 412, 1987

Si desea adquirir el Atlas completo por  
favor contactar a Gloria Batista de Vega  
Gloriaebvega@gmail.com  
Teléfono +507 66137844  
[www.algasdelcaribedepanama.org](http://www.algasdelcaribedepanama.org)

Esta publicación ha contado con  
la colaboración de las siguientes entidades:



**Smithsonian**  
*Instituto de Investigaciones Tropicales*



Global SLI



La presencia del logoy/o nombre del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) en esta publicación se debe única y exclusivamente al reconocimiento del apoyo provisto por el mismo y el respeto a los derechos de propiedad intelectual del Instituto sobre su nombre y su logo.

Los puntos de vista y las opiniones de los autores expresados en la presente publicación no constituyen ni reflejan necesariamente los de STRI.

La presencia del logoy/o nombre del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) no implica o indica respaldo o recomendación del Instituto, sus empleados, oficiales, directores o miembros, a productos y procesos comerciales, marcas, nombres comerciales, de empresas o de terceros a los que se pueda hacer referencia en este libro.

El STRI no garantiza ni asume ninguna responsabilidad legal por la exactitud, integridad o utilidad de cualquier información, producto o proceso divulgado en la presente publicación ni por su contenido.

Como organización sin fines de lucro, STRI no respalda ni recomienda ningún producto, proceso o servicio comercial y su logo y/o nombre no pueden ser utilizados con fines publicitarios o de promoción de productos.

“Personalmente siento gran satisfacción, al ver culminado el Atlas de Macroalgas del Caribe panameño, su autofluorescencia y usos. Es un importante trabajo científico que estamos seguros será la base que permitirá el desarrollo ordenado y sostenible, del cultivo de algas en la República de Panamá. Todo esfuerzo trae sus frutos y somos testigos del crecimiento profesional de la Dra. Batista de Vega, cuyo ejemplo esperamos sea inspiración y guía para las futuras generaciones de científicos de nuestro país”

***Epiménides M. Díaz C. ex-Coordinador de Planes y Programas,  
Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá***

“He podido acompañar parte del caminar científico de la Dra. Gloria Batista de Vega, principalmente como profesora de la Universidad de Panamá. La obra que ahora nos entrega es el resultado de su dedicación al estudio de las algas marinas de nuestras costas caribeñas. Estoy seguro que será un positivo aporte a las nuevas generaciones de biólogos panameños interesados en el desarrollo integral de nuestras costas y sus recursos.”

***Eduardo Flores Castro, Rector de la Universidad de Panamá (UP)***

“Es una interesante colección de imágenes plasmada en esta didáctica guía, que nos ayuda a conocer un poco más sobre las algas del caribe panameño. Nos introduce a temas básicos explicando qué son y cómo están organizadas taxonómicamente; sin dejar de lado el uso que le da la comunidad de pescadores a las algas. Es una guía de gran valor didáctico”

***Oscar G. López Ch. Research Technician, Colección de Aves, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales de Panamá***

“Al haber coordinado activamente el proyecto de visualización de las imágenes en lo relacionado a la generación de su fluorescencia, estoy convencido del gran valor que tiene para la comunidad científica el Atlas de las Macroalgas del Caribe panameño, su autofluorescencia y usos. Este documento, elaborado por la Dra. Gloria Batista de Vega y sus colegas, se torna en lectura de referencia obligada para quienes hacen estudios en zonas costeras, tratando de contestar preguntas sobre estos casi desconocidos pero importantes habitantes del mar y tomar medidas para su conservación”

***Raineldo Urriola, Coordinación Científica, Centro de Investigación y Conferencias Earl S. Tupper del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá***

ISBN 978-9962-13-405-3



9789962134053