



# AQUACIENCIA ICMARES



Fotografía: Alisson Monroy



VOL. 2 NUM. 2  
JULIO - DICIEMBRE 2023

<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/aqc>  
[aquaciencia.icmares@ues.edu.sv](mailto:aquaciencia.icmares@ues.edu.sv)



# Revista Aquaciencia

Revista del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la  
Universidad de El Salvador

DOI: 10.5281/zenodo.10080657



VOLÚMEN 2, NO. 2, JULIO - DICIEMBRE 2023

<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/aqc>

# Autoridades Universitarias

---

**M. Sc. Roger Armando Arias Alvarado**  
Rector

**PhD. Raúl Ernesto Azcúnaga López**  
Vicerrector Académico

**M.Sc. Juan Rosa Quintanilla**  
Vicerrector Administrativo

**Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval**  
Secretario General

**Lic. Rafael Humberto Peña Marín**  
Fiscal General

**M.Sc. Carlos Armando Villalta**  
Presidente Asamblea General Universitaria (AGU)

**Lic. Ernesto Américo Hidalgo Castellanos**  
Decano interino

**M.Sc. Zoila Virginia Guerrero Mendoza**  
Vice Decano

# Equipo editorial

---

**Olga Lidia Tejada de Pacheco**  
Editora  
[olga.tejada@ues.edu.sv](mailto:olga.tejada@ues.edu.sv)

**Marta Nohemi Martínez**  
Editora

**Oscar Armando Molina Lara**  
Editor

**Fredy Ramón Pacheco**  
Corrector de estilo

**Jaime Fernando Castillo Mendoza**  
**Yuri Agarín Trejo Montiel**  
Diagramación y maquetación

# Comité Científico

---

**Sandra Lupe Loza Álvarez**  
Instituto de Ciencias del Mar, Cuba

**Idalmi Martínez de Rincón**  
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas,  
Universidad Autónoma de Chiriquí.

**Marta Nohemi Martínez**  
Escuela de Biología, Facultad de Ciencias  
Naturales y Matemática

**José Yader Ruiz**  
Departamento de Ciencias Naturales y  
Matemática, Facultad Multidisciplinaria de Oriente

**Roberto Amado Vásquez**  
Escuela de Biología, Facultad de Ciencias  
Naturales y Matemática

**Zoila Virginia Guerrero Mendoza**  
Escuela de Biología, Facultad de Ciencias  
Naturales y Matemática

**Oscar Armando Molina Lara**  
ICMARES, Facultad de Ciencias Naturales y  
Matemática

**Olga Lidia Tejada de Pacheco**  
ICMARES, Escuela de Biología, Facultad de  
Ciencias Naturales y Matemática

**Revista Aquaciencia**  
Volumen 2, Número 2.  
<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/aqc/>

**Universidad de El Salvador**  
Final Avenida Mártires del 30 de julio de 1975,  
Ciudad Universitaria “Dr. Fabio Castillo Figueroa”,  
San Salvador, El Salvador.

**Correo electrónico**  
[aquaciencia.icmares@ues.edu.sv](mailto:aquaciencia.icmares@ues.edu.sv)

**Licencia CC**  
Reconocimiento-No  
Comercial-Compartir Igual 4.0



# Sobre la Revista

## Enfoque y alcance

AQUACIENCIA es la revista del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador para divulgar información actualizada de ambientes acuáticos continentales, costeros y oceánicos, publicando los resultados de investigaciones a través de notas técnicas y artículos científicos.

También publica notas de divulgación científica con un enfoque educativo que le permita a los lectores, conocer procesos que ocurren en los distintos ecosistemas acuáticos con sus recursos hidrobiológicos, a fin de generar valores de admiración y respeto hacia la naturaleza; orientando sus conductas para relacionarse de forma más empática con los recursos naturales.

La revista está a la disposición de los investigadores y estudiantes de la UES y de otras instituciones educativas nacionales o extranjeras y de organizaciones o instituciones que desarrollan investigación o educación ambiental, en el área marina o limnológica, que deseen publicar trabajos científicos originales e inéditos, es gratuita y de acceso libre a los lectores y recibe manuscritos en las áreas de biodiversidad, conservación, manejo y educación en las áreas de biología oceánica, ecología marina, taxonomía, biología costera, limnología, evaluación de impacto y gestión ambiental.

La publicación es semestral, los artículos y notas técnicas se someten a evaluación por pares en doble ciego.

Las notas de divulgación son revisadas por el comité científico de la revista. Para escribir la carta editorial será invitado un investigador seleccionado por el Consejo Editorial.

## Objetivo

Su objetivo es difundir investigaciones inéditas y originales, de calidad científica, elaboradas por investigadores nacionales o extranjeros; una vez que hayan sido sometidos a la revisión de especialistas en el área; también contribuir a la educación ambiental por medio de notas de divulgación científica.

## Público

La revista va dirigida a docentes, estudiantes, investigadores y público en general, interesado en acceder a información veraz y actualizada del área marina, costera y limnológica.

## Periodicidad

La revista se publicará semestralmente con dos números correspondientes a los períodos de enero - junio y de julio - diciembre. Adicionalmente se podrán publicar números especiales, en caso fueran solicitados por los miembros de la Comunidad Académica de la Universidad de El Salvador o externos a la UES.

## Aclaratoria

Las ideas y opiniones contenidas en los trabajos y artículos son de responsabilidad exclusiva de los autores y no expresan necesariamente el punto de vista de la Universidad de El Salvador.

# Índice / Content

## **Nota de Divulgación Científica | Scientific Outreach Note**

### **Dinosaurios nadadores: Los reptiles costeros de El Salvador**

Swimming dinosaurs: Coastal reptiles of El Salvador

Kenia Paola Landaverde Miranda.....7

### **La dulce amenaza para los bosques de manglar**

The sweet menace to mangrove forests

JaimeFernandoCastilloMendoza.....11

### **¿Por qué envejecen las lagunas?**

Why do lagoons age?

Wendy Susana Arévalo Zaldívar.....18

## **Artículo original | Original article**

### **Macroalgas de tres ambientes del litoral rocoso del departamento de La Libertad, El Salvador**

Macroalgae of three environments of the rocky coast of the department of La Libertad, El Salvador

Olga Lidia Tejada, Gabriela Espinoza, Ervin A. Loarca, Karla S. Acosta , Alisson Monroy G. ....23

# Carta Editorial

---

DOI: 10.5281/zenodo.10080696

La revista AQUACIENCIA del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, es un paso en la búsqueda de producir impacto a través del conocimiento científico en ambientes acuáticos continentales, costeros y oceánicos, publicando los resultados de investigaciones inéditas por medio de notas técnicas y artículos científicos.

Le deseamos a esta Revista, largo recorrido de difusión con excelencia académica y transferencia de conocimientos científicos, publicando periódicamente por medios electrónicos en forma masiva e ininterrumpida, los hallazgos novedosos que contiene la hidrósfera que es donde se origina la vida, ya que nutre la inquietante vegetación compuesta por miles de formas en el planeta tierra, incluyendo los arrecifes que son ecosistemas con mayor diversidad biológica, considerados las selvas de los océanos.

Se invita a estudiantes, técnicos, docentes, comunidad científica nacional e internacional a ser lectores y enviar sus notas técnicas o artículos, para someterlos al proceso de evaluación y publicación de forma gratuita en la revista AQUACIENCIA, la cual se encuentra en consorcio con la Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad de la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.), con presencia en más de 30 países.

La Revista AQUACIENCIA, contribuye a la divulgación de la investigación científica a nivel nacional e internacional, como uno de los pilares que permiten el impulso de los indicadores de ciencia y tecnología en nuestra institución de educación superior, contando con el apoyo de la Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador. En esta edición disfrutemos las temáticas relacionadas a las macroalgas del litoral rocoso, los dinosaurios nadadores, las lagunas que envejecen y la amenaza para los bosques de manglar en El Salvador.

**Ing. Agr. M. Sc. José Miguel Sermeño Chicas**

Secretario de Investigación Científica de la Universidad de El Salvador (SIC-UES) y

Representante Punto Focal de REIMA, A.C. en El Salvador

# Dinosaurios nadadores: Los reptiles costeros de El Salvador

## Swimming dinosaurs: Coastal reptiles of El Salvador

*Kenia Paola Landaverde Miranda*

DOI: 10.5281/zenodo.10080713



### Resumen

Los reptiles son un grupo de vertebrados muy importantes a nivel ecológico, sus principales funciones son el control de poblaciones, aportación de nutrientes y ser indicadores de cambios ambientales. En El Salvador, existe una gran variedad de especies de reptiles que se encuentran habitando la zona costera del país. Algunos de ellos, se encuentran en categorías de amenaza, y otros en peligro de extinción. Los grupos más representativos son cocodrilos, caimanes, y tortugas marinas, que no se encuentran en ningún otro lugar del territorio.

**Palabras clave:** Ecosistema, función ecológica, amenazados, zona costera.

### Abstract

Reptiles are a very important group of vertebrates at the ecological level, their main functions are population control, nutrient supply and being indicators of environmental changes. In El Salvador, there are a great variety of reptile species that inhabit the coastal zone of the country. Some of them are in threatened categories, and others are in danger of extinction. The most representative groups are crocodiles, caimans, and sea turtles, which are not found anywhere else in the territory.

**Keywords:** Ecosystem, ecological function, threatened, coastal zone.

**Presentado:** marzo 2023  
**Aceptado:** junio 2023  
ORCID: 0009-0007-0812-1877  
Escuela de Biología  
Universidad de El Salvador  
lm18013@ues.edu.sv



Suena poco creíble que un dinosaurio nade, sin embargo, evidencia fósil demuestra lo contrario. Se ha comprobado que existieron varios grupos de dinosaurios que eran capaces de surcar las aguas, y esto es parte, de la filogenia de las especies. En esta ocasión se informarán los datos de algunos de los parientes de estas colosales bestias; así que con mente abierta daremos un paseo por los manglares, bahías y playas de El Salvador.

Reptiles como tortugas marinas, cocodrilos, serpientes y otros, constituyen un amplio y antiguo grupo de vertebrados cuyo origen se remonta a la Era de los dinosaurios; de hecho, se considera a un grupo particular, los cocodrilos; como parientes cercanos a los antiguos dinosaurios. Al igual que las demás especies animales, los reptiles son imprescindibles para la dinámica de los ecosistemas, siendo importantes eslabones en la cadena alimenticia, controladores de poblaciones e indicadores de salud ecosistémica. A pesar de las grandes aportaciones que éstos realizan en los ecosistemas, es uno de los grupos más amenazados y atacados por los humanos, haciendo que la gran mayoría de las especies conocidas se encuentre en peligro de extinción, debido a la reducción de sus poblaciones (Novoa Salamanca et al. 2021).

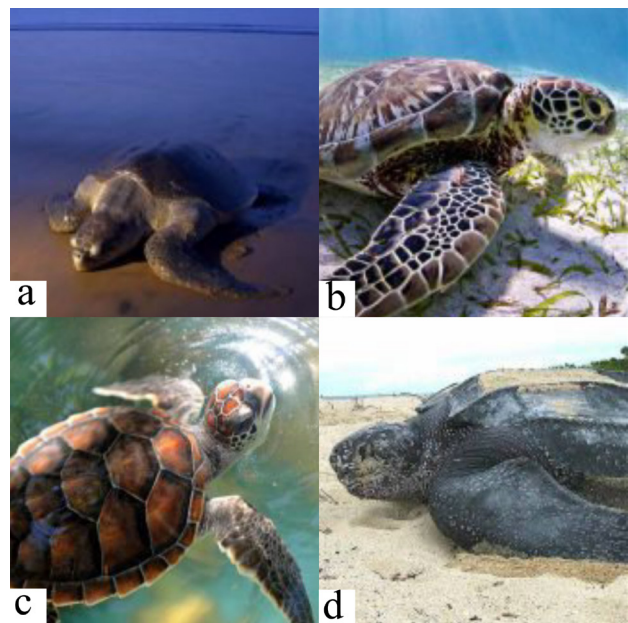
Los reptiles se caracterizan por poseer secas y duras escamas en todo su cuerpo, por su capacidad para sobrevivir en diversos ambientes, desde áridos desiertos hasta húmedos manglares, por sus formas y variedad de colores, y por sus habilidades como depredadores dentro de los ecosistemas. Los principales grupos actualmente son los cocodrilos, lagartos, tortugas, serpientes y lagartijas.

En El Salvador, la zona costera cuenta con diversos ecosistemas de gran importancia ambiental, como bosques salados “manglares”, esteros, bahías, arrecifes, marismas “chacasteras”, pastos marinos, entre otros, donde muchos de ellos, albergan gran variedad de reptiles de importancia ecológica (Segovia and Sandoval 2021).

Las tortugas marinas son quizás el grupo de reptiles más representativos que se encuentra presente en la zona costera del país. Representado por cuatro de las seis especies registradas a

nivel mundial. Las especies que arriban son: *Lepidochelys olivaceae* (tortuga golfina), *Chelonia agassizii* (tortuga prieta), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) y *Dermochelys coriacea* (tortuga baule) (Figura 1), las cuales anidan en toda la costa salvadoreña (Sanchez 2019).

Las tortugas marinas son importantes controladoras de poblaciones de medusas, que pueden llegar a ser un peligro para las demás poblaciones animales, como larvas de peces, moluscos y crustáceos, así como la afectación a los bañistas, por las sustancias tóxicas y urticantes que presentan. También son transportadoras de nutrientes y energía del mar a las playas, un ejemplo de esto ocurre cuando depositan sus huevos, ya que, estos aportan materia orgánica al suelo arenoso pobre en nutrientes. Las tortugas marinas tienen un ciclo de vida bastante largo y tormentoso, debido a que solo una pequeña parte de toda la población llega a una edad adulta en



**Figura 1.** a) *Lepidochelys olivaceae* (Tortuga golfina), b) *Chelonia agassizii* (Tortuga prieta), c) *Eretmochelys imbricata* (Tortuga carey) y d) *Dermochelys coriacea* (Tortuga baule). Fuente: El Salvador.com

la que pueden reproducirse, esto es gracias a que alcanzan su madurez sexual entre los 6 y 8 años de vida; en todo ese tiempo, de 100 tortugas jóvenes, solo unas 10 sobreviven a los peligros del océano y que llegan a poner huevos nuevamente. Lo anterior, junto con el saqueo de huevos de



tortuga para consumo humano, la contaminación de los mares por plástico y la pesca accidental de estos organismos en su estado juvenil, ha generado que estas especies se encuentren en peligro de extinción. En el país, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES), promueven la existencia de viveros en los cuales se resguardan los huevos de tortuga y se asegura que todas las crías lleguen a salvo al océano. Estos viveros se localizan a lo largo de toda la costa salvadoreña (MARN 2020).

Otro grupo de reptiles costeros lo constituyen las poblaciones de caimanes y cocodrilos, El Salvador cuenta con dos especies, *Caiman crocodilus* (Caimán de anteojos) y *Crocodylus acutus* (Cocodrilo americano) (Figura 2) de los que se tiene registro de avistamientos en las zonas del bajo Lempa, manglar Santa Clara en el departamento de La Paz, Barra de Santiago, estero de Jaltepeque y los manglares de la Bahía de La Unión (MARN 2018).



**Figura 2.** *Crocodylus acutus* (Cocodrilo americano). Fuente: Freepik.es

Los cocodrilos y lagartos, por su hábito depredador cumplen una importante función en la cadena alimenticia de los estuarios y manglares en los que habitan, controlando a las poblaciones de peces, crustáceos y aves que habitan en los cuerpos de agua, por ejemplo, las garzas y gaviotas que son muy comunes en la costa del país; además, contribuyen al flujo de nutrientes en las aguas, solo con el movimiento de sus cuerpos. En los manglares ayudan a mantener libres de azolvamiento los canales, debido a la cantidad de lodo que remueven

para construir sus nidos; también aportan gran cantidad de nitrógeno en las aguas a través de sus excretas (Escobedo-Galván et al. 2019).

Las actividades de cacería para la obtención de pieles derradicarlos, por los usuarios de recursos artesanales, temiendo ser atacados, han sido uno de los principales motivos por los cuales el grupo se encuentra amenazado. Al igual que las tortugas, pocos son los cocodrilos que llegan a una edad adulta, lo cual empeora su estado de amenaza (Novoa Salamanca et al. 2021).

Las especies de lagartos más representativas de la zona costera son: *Iguana iguana* (Iguana verde) y la gran diversidad de garrobos. También se encuentran con frecuencia serpientes como *Boa imperator* (Masacuata), *Crotalus durissus* (Serpiente de cascabel) y *Hydrophis platurus* (Serpiente marina pelágica) (Figura 3), de las que se tienen registro de avistamiento en los bosques inundables del bajo Lempa, manglar Santa Clara y el estero de Jaltepeque (MARN 2018).



**Figura 3.** a) *Iguana iguana* (Iguana verde) y b) *Boa constrictor* (Masacuata). Fuente: (a) Freepik.es (b) Pexels.com

Al igual que los demás grupos de reptiles, las serpientes y lagartijas tienen la función de ser depredadores en los ecosistemas, por lo que controlan poblaciones de pequeños mamíferos, moluscos e insectos. A diferencia de los otros grupos, este también es presa de otros animales, por ejemplo, las serpientes son presas predilectas de las aves rapaces, mientras que un buen número de animales se alimenta de pequeñas lagartijas. Algunas especies de serpientes y lagartijas son sensibles a cambios ecológicos importantes, como la destrucción de hábitats por deforestación, quemas o contaminación ambiental, también por fenómenos naturales como huracanes o sequías. Todos estos cambios aceleran la pérdida de estas especies de reptiles, lo cual se toma como indicativo de malestar ambiental (Guzmán Carías 2018). La destrucción de hábitats, el tráfico de especies y la caza para fines alimenticios, han sido las principales causas de la reducción de poblaciones de reptiles a nivel nacional.

A pesar de la visión negativa que se tiene de los reptiles, es importante destacar que son un eslabón importante en la naturaleza, y vitales para el equilibrio de los ecosistemas a nivel nacional, sus formas de vida y hábitats deben ser respetados y protegidos. Puede que no presenten aspectos agradables para el ser humano, pero los necesitamos para mantener el bienestar de nuestro medio ambiente.

## Referencias

Elsalvador.com. 2019 May 23. Conoce las especies de tortugas que habitan en El Salvador. [Internet] [accessed 2023 Apr 12]. <https://historico.elsalvador.com/historico/605886/conozca-a-las-especies-de-tortugas-que-habitan-en-el-salvador.html>.

Escobedo-Galván A, López-Luna M, Barrios G. 2019. Evaluación Ecológica Rápida del estado de conservación del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) y caimán de anteojos (*Caiman crocodylus*) en Bahía de La Unión, El Salvador. [accessed 2023 Apr 12] <https://cutt.ly/CwuzA2GJ>

Guzmán Carías AA. 2018. Diversidad de Herpetofauna y factores de amenaza, en dos ecosistemas terrestres costeros del Complejo Los Cóbano, departamento de Sonsonate, El Salvador [bachelor]. Universidad de El Salvador. [accessed 2022 Dec 10]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16546/>.

MARN. 2018. Inventario Nacional de Humedales El Salvador. [accessed 2023 Jan 23] <https://ci-doc.marn.gob.sv/documentos/inventario-nacional-de-humedales-el-salvador/>.

MARN. 2020. MARN buscará alternativas para incrementar los viveros de tortugas marinas en La Unión. [Internet] [accessed 2023 Apr 12] <https://www.marn.gob.sv/marn-buscará-alternativas-para-incrementar-los-viveros-de-tortugas-marinas-en-la-union/>.

Novoa Salamanca NM, Urbina Cardona JN, Restrepo Calle S. 2021. Conocimiento y percepción sobre los reptiles, por parte de personas que habitan el bosque seco tropical en el área rural del municipio de Girardot (Departamento de Cundinamarca, Colombia). Pontificia Universidad Javeriana. [accessed 2023 May 23]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/53267>.

Sanchez O. 2019 Oct 2. Sitios de Anidación de Tortugas Marinas en las Playas de la Zona Oriental de El Salvador. [accessed 2023 Apr 10] <https://cutt.ly/YwlcUqXi>

Segovia J, Sandoval JEB. 2021. Ecosistemas acuáticos de El Salvador. Revista Realidad y Reflexión. 54(54):14–16. doi:10.5377/ryr.v54i54.12051. [accessed 2023 Jan 23] <https://www.lamjol.info/index.php/RyR/issue/view/1474>

# La dulce amenaza para los bosques de manglar

## The sweet menace to mangrove forests

*Jaime Fernando Castillo Mendoza*  
DOI: 10.5281/zenodo.10080747



### Resumen

Los bosques de manglar, conocidos también como bosques salados, son ecosistemas de vital importancia a nivel mundial, y se encuentran entre los más amenazados. En El Salvador se ha perdido aproximadamente el 60% de la cobertura de manglar desde la década de 1950, con la expansión de las áreas de cultivo de caña de azúcar. El cambio de uso del suelo para la producción de sal, la tala furtiva, el cultivo de camarón marino y de caña de azúcar, son los principales factores que en la actualidad causan presión sobre los manglares. El uso de agroquímicos y la quema del rastrojo, junto con los altos volúmenes de agua necesarios para el riego, contribuyen también a la degradación de los manglares. En esta nota explicamos las graves consecuencias del estrés hídrico al que se ven sometidos los bosques de manglar y también se revisa la legislación que debería de ocuparse para proporcionar un lugar privilegiado como usuario del recurso hídrico a este importante ecosistema.

**Palabras claves:** Manglares, agroecosistemas, agroquímicos, quema de rastrojo, deforestación.

### Abstract

Mangrove forests, also known as salt forests, are ecosystems of vital importance worldwide, and are among the most threatened. In El Salvador, approximately 60% of mangrove cover has been lost since the 1950s with the expansion of sugarcane cultivation areas. Land use change for salt production, illegal logging, and the cultivation of marine shrimp and sugarcane are the main factors currently causing pressure on mangroves. The use of agrochemicals and stubble burning, together with the high volumes of water needed for irrigation, contribute to mangrove degradation. In this note we explain the serious consequences of water stress to which mangrove forests are subjected and also review the legislation that should be concerned with providing a privileged place as a user of water resources for these important ecosystems.

**Keywords:** Mangroves, agroecosystems, agrochemicals, stubble burning, deforestation.

**Presentado:** julio 2023  
**Aceptado:** agosto 2023  
ORCID: 0009-0007-4579-0789  
Escuela de Biología  
Universidad de El Salvador  
cm17023@ues.edu.sv

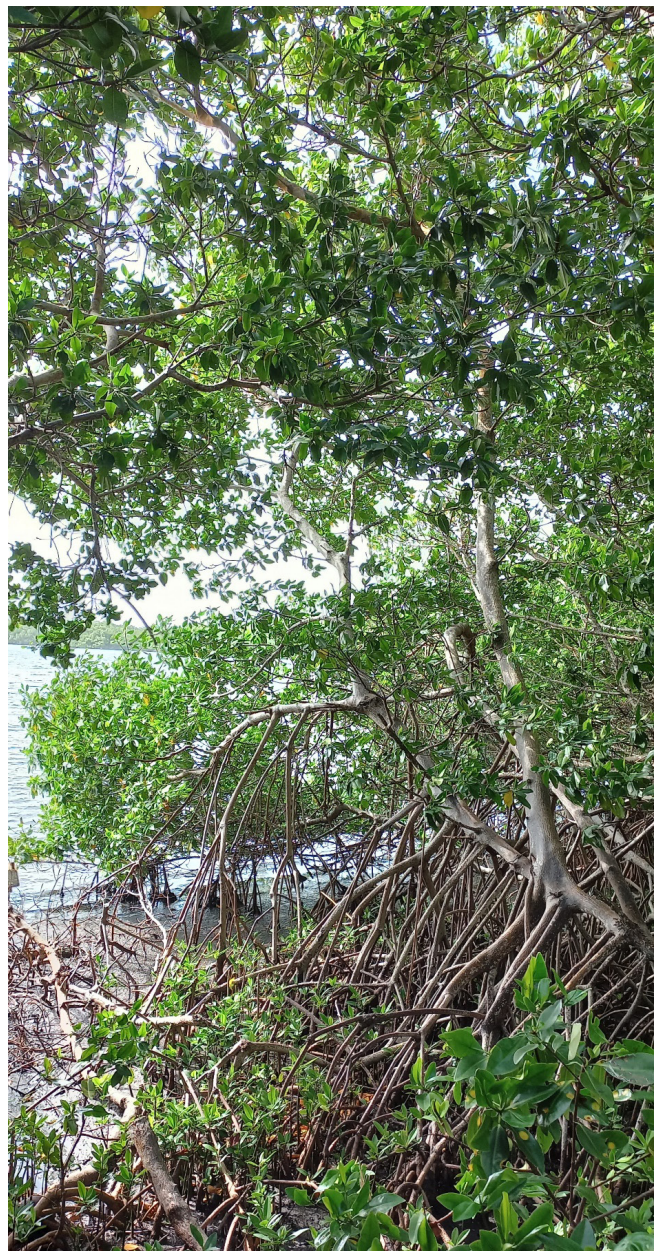


Es realmente sorprendente cómo la naturaleza ha logrado conquistar prácticamente todos los rincones de nuestro planeta; desde el árido desierto hasta las gélidas tundras, la vida ha encontrado formas de adaptarse y prosperar en entornos extremos. Uno de los ecosistemas marino-costeros que han sobrevivido en condiciones desafiantes ambientalmente hablando, son los manglares. Estos bosques se enfrentan constantemente a grandes desafíos ambientales, tal es el caso de las inundaciones periódicas por las mareas, cambios constantes de salinidad, períodos de sequía intermitente, suelos anóxicos, e intensa radiación solar. Estas condiciones ambientales adversas, son a las que tuvieron que adaptarse los manglares y las que les permiten establecerse y prosperar exitosamente; pero ante cambios prolongados en dichas condiciones ambientales, las especies se ven amenazadas por el avance de especies vegetales de ambientes terrestres invasoras u oportunistas, que los excluyen por competencia hasta convertirse en un pastizal u otro tipo de bosque en cuestión de pocos años (Cano-Ortiz et al. 2018).

Como se mencionó anteriormente, los manglares son ecosistemas que experimentan estrés de forma natural; desafortunadamente en la actualidad también sufren presión debido a la intervención humana, por ejemplo, altas tasas de contaminación de todo tipo, expansión de la frontera agrícola, la desalinización y la extracción de recursos, entre otros. Estos problemas ambientales son causados en buena medida por los usos indebidos de los agroecosistemas colindantes, tal es el caso del cultivo de caña de azúcar, que se ubica en las zonas de amortiguamiento de los bosques de manglar, como se puede observar en el mapa de zonas de cultivo de caña de azúcar en El Salvador (Figura 1).

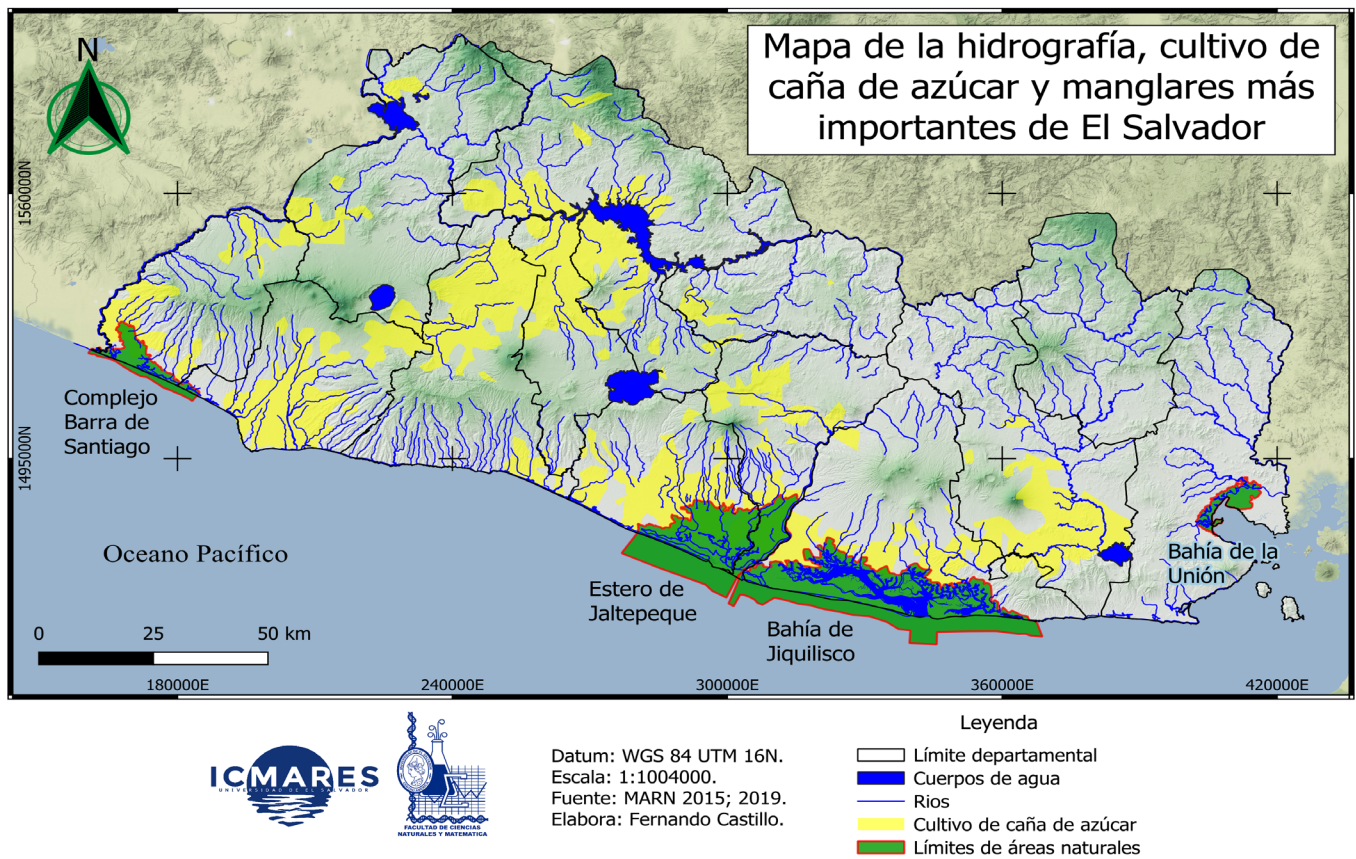
La proximidad de estos cultivos a las zonas costeras se debe a que estos suelos son muy fértiles por sus altos contenidos de fósforo y nitrógeno que han sido arrastrados por los ríos desde las zonas montañosas (Morales and Chávez 2010).

De acuerdo con el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA 2011) y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN 2013) el país ha perdido cerca 60% de cobertura de manglares desde la década de 1950, pasando de poseer 100.000 a 40,000 hectáreas actualmente.



**Nota:** El bosque de manglar, San Andrés, Colombia. Fotografía por: Olga Tejada.

En este período se dieron cambios importantes que permitieron la expansión de las áreas de cultivo y la sustitución del cultivo de algodón por caña de azúcar (Figura 2). Lamentablemente, estas transformaciones vinieron acompañadas de malas prácticas agrícolas como la quema de cultivos y rastrojos de caña de azúcar, la utilización de agroquímicos, la deforestación y alteraciones en la hidrología (disminución del caudal de ríos y la obstrucción de canales de manglar). Estos factores combinados han contribuido a una pérdida anual aproximada de 1,000 hectáreas de manglar.



**Figura 1.** Mapa de la distribución del cultivo de caña de azúcar, hidrografía y áreas naturales más importantes de El Salvador. Fuente: Fernando Castillo 2023.



**Figura 2.** En primer plano los extensos cultivos de caña de azúcar y de fondo el bosque de manglar del Complejo Barra de Santiago, Ahuachapán. Fotografía: Fernando Castillo.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Humedales de El Salvador (MARN 2018), de las cuatro reservas de manglar más significativas en el país, que incluyen Barra de Santiago, Bahía de Jiquilisco, Estero de Jaltepeque y Bahía de la Unión, únicamente la última no enfrenta amenazas derivadas de la proximidad de los cultivos de caña de azúcar. Por otra parte, en el Listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extinción (MARN 2015) ya se consideran a las especies vegetales de manglar; *Rizophora mangle* (mangle rojo), *R. racemosa* (mangle espigado) y *Avicennia bicolor* (madresal) en estado amenazado, mientras que el estado de *A. germinans* (cincahüite), *Conocarpus erectus* (botoncillo) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) se consideran especies en peligro de extinción.

Los esteros y manglares de estas reservas, brindan una serie de servicios ambientales importantes, que constituyen fuente de sustento para las comunidades costeras al ser criaderos de especies de importancia comercial y alimentaria como peces, moluscos y cangrejos, además, brindan recursos forestales como madera y leña. También juegan un servicio ecosistémico importante, al proteger la línea de costa de la erosión provocada por la marea y los vientos; sirviendo de rompevientos y barreras protectoras contra los efectos de los huracanes y tormentas tropicales; otros servicios ambientales que ellos brindan son la filtración y depuración del agua que llega desde los ríos y por escorrentía, mitigan los efectos del cambio climático gracias a su alta capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>, son refugio para especies marinas juveniles y áreas de anidación para aves migratorias, poseen un atractivo turístico por su belleza escénica, entre muchas otras (MARN 2013).

Los cultivos de caña de azúcar no afectan solamente a los bosques de manglar, también se afecta la calidad de vida de las personas que trabajan o viven en las cercanías de estos cultivos, Rodríguez et al. (2012) mencionan que muchas enfermedades de tipo renal se relacionan con el uso de agroquímicos por la contaminación de los ríos y demás cuerpos de agua.

Un estudio publicado por la Unidad Ecológica Salvadoreña (UNES 2016), analizó los impactos de la expansión agrícola en el sector bajo del río Paz, contiguo a la zona marino-costera en Ahuachapán. Los autores explican que los cultivos de caña de

azúcar necesitan un gran suministro de agua dulce debido a que el suelo de las áreas costeras posee un alto nivel de evapotranspiración a causa de las altas temperaturas ambientales; también, porque el suelo predominante suele ser franco arenoso con trazas de limo y el agua tiende a filtrarse hasta los estratos más profundos del suelo, donde las plantas no pueden aprovecharla; por esa razón, para mantener los cultivos de caña de azúcar, deben represar el agua del río Paz a lo largo de 5 km para poder elevar el nivel del agua y extraer 120 lts/s de su caudal entre los meses de enero y mayo; es decir, que se extrae 1 millón de litros para el riego de los cultivos de caña de azúcar de la zona, elevando la salinidad del suelo de las zonas marino costeras.

La UNES menciona que, en la época seca, el caudal del río Paz disminuye, prevaleciendo el flujo de agua marina en su bocana, por esta razón, cuando sube la marea, esa mezcla de agua hiper salina recorre hasta 2 kms desde la línea de costa hacia el Norte, irrigando a los bosques de manglar y demás ecosistemas causando su deterioro porque deja de ser salobre. Se estima que la mezcla de agua dulce y salada debe ser 40 partes por mil y 60 partes por mil respectivamente para garantizar la conservación de los ecosistemas estuarinos pero estas condiciones no se cumplen debido al bajo volumen del caudal del río Paz.

### **¿Por qué la alta salinidad puede deteriorar los bosques de manglar?**

Sí bien es cierto, los bosques de manglar necesitan condiciones salinas para establecerse y evitar ser desplazados por plantas terrestres de ambientes no salinos; experimentalmente se ha comprobado que entre más salinidad presenta el agua intersticial del suelo, menor es la tasa de crecimiento de los árboles; en cambio en condiciones de salinidad inferiores a 30 partes por mil, los manglares fijan más carbono y se desarrollan mejor porque la mezcla de agua dulce les contribuye a disminuir la salinidad del agua de mar, facilitando la absorción de las raíces (Camacho-Rico et al. 2021). Cuando se incrementa la salinidad, las plantas sufren estrés hídrico o sequía fisiológica, que causa daños a sus tejidos volviéndolas vulnerables al ataque de hongos, bacterias y de insectos barrenadores. También los aumentos en la salinidad del suelo, hacen que se disminuya la producción de sustancias naturales, que les sirven para defenderse de los herbívoros, tal

es el caso de los taninos producidos en las cortezas del mangle rojo. Debido a la elevada salinidad, esta defensa se debilita y se vuelven más propensos al ataque de plagas y daños por herbívoros (Rico-Gray and Palacios-Ríos 1996; Moreno-Casasola and Infante Mata 2016).

### **El caso del Sitio Ramsar Barra de Santiago en el departamento de Ahuachapán**

La alteración de las condiciones hídricas, sin duda es una de las amenazas más importantes para los manglares, pero no es la única. De acuerdo con entrevistas realizadas al Biólogo Eder Caseros, técnico de la Asociación de Mujeres de Barra de Santiago (AMBAS) y al Sr. Antonio Villeda guarda recursos del MARN (Ministerio de Medio Ambiente) la práctica agrícola que más afecta es la quema de rastrojos que se extiende hasta los manglares colindantes causando su muerte y permitiendo la subsecuente apropiación indebida de los terrenos, para luego convertirlos en pastizales y zonas de forrajeo del ganado. Esta situación es preocupante ya que la Barra de Santiago limita en la zona Norte casi en su totalidad con agroecosistemas, en su mayoría cultivos de caña de azúcar según el Servicio de Información sobre Sitios Ramsar (RSIS 2016) (Figura 3).



**Figura 3.** A) Evidencia de la quema del rastrojo en cultivos de caña de azúcar en zonas del CBS. A) Zona del embarcadero Guayapa cercano al bosque de manglar. Fotografía: Fernando Castillo. B) Zona conocida como El Monzón. Fotografía: Yuri Trejo.

El Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP 2013) sostiene que desde el año 2012 la Asociación Azucarera de El Salvador (AAES) y el Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA) fomentan la implementación de la “zafra verde”, que significa eliminar la quema, pero los actores locales entrevistados enfatizan que son muy pocas las zonas en las que se practica dicha zafra amigable con el medio ambiente. “La quema del rastrojo causa grandes estragos tanto en el lugar del cultivo como en sus alrededores, porque ocasionan la erosión del suelo, pérdida de su microbiota, la pérdida de la vida silvestre, la contaminación del aire, la alteración del microclima y la pérdida de la vegetación circundante” (MARN 2023).

Rodríguez et al. (2012) mencionan que el impacto ambiental en la Barra de Santiago a causa de la industria azucarera, es el uso extendido de agroquímicos a lo largo de las diferentes etapas del cultivo, específicamente el herbicida llamado glifosato; también los fertilizantes y madurantes usados para acelerar el crecimiento hasta en un 25%. Dichos agroquímicos se aplican usando helicópteros y avionetas y se dispersan por el viento afectando a los ecosistemas cercanos, sobre todo los cuerpos de agua y su biota.

### **El desafío de articular la gobernabilidad del recurso hídrico y la conservación de los manglares en El Salvador**

Es importante mencionar que los daños causados por los cultivos de caña de azúcar en los alrededores de los ecosistemas deben ser controlados por la Ley de riego y avenamiento, que se puso en marcha en 1970. Esta ley, en sus artículos 10, 14 y 15, establece normas para el uso del agua en el riego. Además, el Código Penal aprobado en 1997, artículo 262-a, castiga con multas la quema intencional de rastrojos o cultivos. Aunque estas leyes existen desde hace muchos años, no se han aplicado de forma efectiva para garantizar el uso adecuado del agua, lo que ha llevado a situaciones dañinas y no reguladas, como las que se mencionaron antes y por consecuencia que estamos perdiendo muchos de los bienes y servicios que nos proporcionan los manglares.

Por otra parte, en julio de 2022 se aprobó que la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA) a través de la Ley General de Recursos Hídricos regule el

uso de agua con fines agropecuarios, acuícolas y pesqueros, incluyendo las zonas de manglar, los ríos y esteros (artículo 35); estableciendo que el organismo competente en esta materia será el (MAG) Ministerio de Agricultura y Ganadería, mediante la Ley de Riego y Avenamiento, Ley Forestal y Ley General de Ordenación y Promoción de Pesca y Acuicultura. Esperamos que, con esta nueva ley, finalmente se promueva un uso responsable del recurso hídrico en el sector agropecuario, así como de la implementación de prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente.

*“Aún estamos a tiempo, la expansión de la dulce industria azucarera tiene como consecuencia la amarga destrucción de nuestros ecosistemas.”*

## Glosario

**Azolvamiento:** Deposición y acumulación de materiales diversos en el fondo de un río, el mar o un canal.

**Agroecosistema:** También se conoce como ecosistema agrícola, es un ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos) para la producción de alimentos.

**Agroquímicos:** Son productos químicos utilizados en la agricultura, incluyendo a los madurantes, fertilizantes y pesticidas.

**Evapotranspiración:** Es el proceso por el cual el agua se evapora de la superficie del suelo y de las plantas.

**Madurante:** Es un compuesto orgánico que acelera o modifica los procesos fisiológicos de las plantas, favoreciendo su crecimiento.

**Partes por mil (PPM):** Esta medida indica el número de partes de una sustancia específica, contenida en mil partes de una mezcla o disolución. Se emplea para expresar la concentración relativa de una sustancia, en relación con un total de mil partes en una solución o mezcla.

**Unidades Prácticas de Salinidad (UPS):** Este término se utiliza en oceanografía y la acuicultura para cuantificar la salinidad del agua, basadas en

la conductividad eléctrica del agua, estas unidades representan el número de gramos de sales disueltas en un kilogramo de agua.

## Referencias

[ASA] Autoridad Salvadoreña del Agua. 2023. Marco Legal. [accessed 2023 Jul 19]. <https://asa.gob.sv/marco-legal/>

Camacho-Rico A, Herrera-Silveira J, Caamal-Sosa JP, Teutli-Hernández C, Camacho-Rico A, Herrera-Silveira J, Caamal-Sosa JP, Teutli-Hernández C. 2021. Influencia de la salinidad en el almacén y flujos de carbono en manglares de franja de una zona cárstica. Madera y bosques. 27(SPE). doi:10.21829/myb.2021.2742426. [accessed 2023 Jul 3]. <https://bit.ly/3QyK7Be>

Cano-Ortiz A, Musarella C, Piñar Fuentes JC, Gomes P, del Rio S, Quinto-Canas R, Cano E. 2018. Analysis of the Conservation of Central American Mangroves Using the Phytosociological Method Analysis of the Conservation of Central American Mangroves Using the Phytosociological Method. p. 189–206.

[CONSAA] Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera. 2017. Legado de una etapa agro industrial en la producción de azúcar. [accessed 2023 Aug 15]. <https://www.consaa.gob.sv/wp-content/uploads/2017/05/Legado-de-una-etapa-agroindustria-en-la-produccion%CC%81n-de-azu%CC%81car.pdf>.

[MARN] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2013. Memoria Foro de Manglares. El Salvador. [accessed 2023 Aug 13]. <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/249/Memoria%20Foro%20de%20Manglares%202013..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

[MARN] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. Listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extinción. [accessed 2023 Aug 15]. <https://cidoc.ambiente.gob.sv/documentos/listado-oficial-de-especies-de-vida-silvestre-amenazadas-o-en-peligro-de-extincion/>.



[MARN] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018. Inventario nacional de humedales El Salvador. [accessed 2023 Aug 13]. <https://cidoc.ambiente.gob.sv/documentos/inventario-nacional-de-humedales-el-salvador/>.

[MARN] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2023. Se emite Alerta Verde por peligro de incendios. [accessed 2023 Aug 6]. <https://www.ambiente.gob.sv/se-emite-alerta-verde-por-peligro-de-incendios/>.

Morales B, Chávez G. 2010. Estimación de la carga de nutrientes procedentes de la cuenca de drenaje superficial del río Tepenaguasapa. *Nexo Revista Científica*. 23(1):18–26. doi:10.5377/nexo.v23i1.35.

Moreno-Casasola P, Infante Mata DM. 2016. Conociendo los manglares y selvas inundables. Primera edición. México. [accessed 2023 Aug 15]. [https://campus.ues.edu.sv/pluginfile.php/6717851/mod\\_resource/content/1/Conociendo%20los%20manglares%20y%20selvas%20inundables.pdf](https://campus.ues.edu.sv/pluginfile.php/6717851/mod_resource/content/1/Conociendo%20los%20manglares%20y%20selvas%20inundables.pdf).

Rodríguez JU, Ramos F, Hernández E, Hernández DA, Pintín GG. 2012. Impacto del cultivo de la caña de azúcar en el deterioro ambiental de comunidades agrícolas. CONFRAS, ACUDESBAL, PROCARES, APRODEHNI. [accessed 2023 Jul 1]. <http://seaweb.marn.gob.sv:8080/eseapublic/downloads/ATT00070Confras.pdf>.

Rico-Gray V, Palacios-Rios M. 1996. Salinidad y el nivel del agua como factores en la distribución de la vegetación en la cienaga del nw de Campeche, Mexico. *Acta Botánica Mexicana*.

[RIMISP] Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. 2013. Avanza diálogo entre Asociación Azucarera y GDR El Salvador. RIMISP | Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. [accessed 2023 Aug 13]. <https://www.rimisp.org/noticia/avanza-dialogo-entre-asociacion-azucarera-y-gdr-el-salvador/>.

[RSIS] Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. 2016. Complejo Barra de Santiago [accessed 2022 Nov 18]. <https://rsis.ramsar.org/es/ris/2207>.

[SICA] Sistema de la integración Centroamericana. 2011. El Salvador tiene una pérdida del 60% del bosque de mangle. [accessed 2023 Jun 24]. <https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=61028&ID-Cat=3&IdEnt=2&Idm=1&IdmStyle=1>.

[UNES] Unidad Ecológica Salvadoreña. 2016. Impacto de la Agroindustria Azucarera en El Salvador. El Salvador: UNES. [accessed 2023 Jul 3]. <https://unes.org.sv/wp-content/uploads/2019/11/Estudio-Impacto-de-la-Agroindustria-Azucarera-en-El-Salvador.pdf>.

# ¿Por qué envejecen las lagunas?

## Why do lagoons age?

*Wendy Susana Arévalo Zaldívar*

DOI: 10.5281/zenodo.10080776

### Resumen

Las lagunas tienen una corta vida a diferencia de otros cuerpos de agua y aunque su envejecimiento puede ocurrir de forma natural debido a fenómenos como la eutrofización y acumulación de sedimentos, el ser humano puede acelerar todavía más estos procesos, aunados con otros que causan su deterioro por medio de actividades contaminantes, por ejemplo, la modificación del cauce de los ríos, la agricultura, la ganadería, la deforestación, entre otros, cuyo efecto se aumenta debido al cambio climático, lo cual amenaza con sepultar estos cuerpos de agua.

**Palabras clave:** Contaminación, eutrofización, azolvamiento, cambio climático.

### Abstract

Lagoons have a short life span unlike other bodies of water and, although their aging can occur naturally due to phenomena such as eutrophication and accumulation of sediments, humans can further accelerate these processes, together with others that cause their deterioration through polluting activities, for example, the modification of the riverbed, agriculture, livestock, deforestation, among others, whose effect increases due to climate change which threatens to bury these bodies of water.

**Keywords:** Pollution, eutrophication, siltation, climate change.



**Presentado:** mayo 2023

**Aceptado:** mayo 2023

Escuela de Biología

Universidad de El Salvador

az07004@ues.edu.sv



Las lagunas al secarse albergan una rica y variada vegetación. De forma natural este fenómeno siempre ha existido, pero lamentablemente, en la actualidad debido a las actividades humanas, este proceso se ha acelerado en algunos lugares; ya sea porque estas lagunas son drenadas, o por el alto grado de deforestación en sus cuencas, por el consecuente asolvamiento de lodo y otros materiales en sus fondos.

La palabra científica usada para definir el fenómeno de envejecimiento de las lagunas, es eutrofización y está relacionada con la cantidad de materia orgánica nutritiva que se produce en sus aguas. En forma natural, las lagunas atraviesan tres fases a lo largo de su existencia: la primera cuando no contiene suficientes sustancias nutritivas disueltas en sus aguas, para mantener la biodiversidad asociada, recibiendo el nombre técnico de cuerpo de agua oligotrófico (oligo= poca, trofos= comida); si por el contrario, sus aguas poseen un equilibrio entre lo que se produce y lo que los organismos acuáticos consumen, se le llama mesotrófica y cuando existe demasiada materia orgánica disuelta en el agua y en los fondos de la laguna, se produce un fenómeno llamado eutrofización; que significa “bien nutrido”. Este suceso consiste en el abundante aumento de materia orgánica que promueve un crecimiento rápido de algas y otras plantas verdes que cubren el espejo de agua, lo que evita la penetración de la luz solar hasta las capas de aguas profundas de la laguna y ultimando muchas veces la vida de animales y plantas que allí habitan (Figura 1) (Fundación Aquae 2023).



**Figura 1.** Crecimiento excesivo de la planta “jacinto de agua” en la laguna de Metapán. Dicho crecimiento de plantas acuáticas causa problemas de azolvamiento y eutrofización que afecta a los peces, al desarrollo de actividades económicas y turísticas en la laguna. Fotografía: MARN 2021.

Es fácil pensar, que la sobreabundancia de nutrientes en un ecosistema es beneficioso para la reproducción y desarrollo de los seres vivos que lo habitan, sin embargo, el exceso de nutrientes puede ser contraproducente, ya que puede afectar los procesos químicos y la dinámica de los ecosistemas acuáticos. La eutrofización puede generarse de manera natural o debido a las actividades humanas. Algunas características observables cuando indican que una laguna posee exceso de nutrientes son: la turbidez, mal olor, proliferación de plantas acuáticas flotantes como los jacintos de agua y lirios, entre otros; así como la proliferación de cianobacterias, y una alta sedimentación que le confiere un color oscuro al agua debido a la descomposición de la abundante materia orgánica.

Las lagunas son enriquecidas naturalmente por escurrimientos de las tierras altas y las sustancias que pueden llegar de esta manera son compuestos de nitrógeno, silicio, fósforo y carbono (Solombrino and Martínez 2021).

Se entiende, por tanto, que la eutrofización, consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes como nitratos y fosfatos, pero que, en la actualidad debido a las actividades humanas, existe un incremento excesivo de estos compuestos en todo el mundo. Generalmente ese exceso de nutrientes proviene de un inadecuado manejo de la agricultura, por aguas servidas y la erosión del suelo (Solombrino and Martínez 2021). De la misma forma, cuando se deposita una cantidad excesiva de sedimentos en la laguna, se produce un “azolvamiento”, es decir, que estos sedimentos van quedando depositados en el fondo y aumentando progresivamente el lodo y desechos que amenazan la vida acuática, ya que estos causan que se disminuya el espejo de agua y con el correr del tiempo, las lagunas sufren modificaciones en su forma y profundidad hasta secarse por completo como se muestra en la Figura 2 (Chapa-Balcorta 2010).

### **Eutrofización o envejecimiento**

Cuando un cuerpo de agua sufre eutrofización la demanda de oxígeno en el sistema es mayor, en primer lugar, por el consumo del gas requerido por los organismos que ahí habitan y en segundo lugar por la desintegración de la materia que se encuentra en el agua.



**Figura 2.** Laguna de Atescatempa en Guatemala. Se seca, dejando a muchas comunidades sin sustento. Probablemente debido a los efectos del cambio climático y actividades contaminantes. Fotografía: National Geographic 2018.

Existe una norma utilizada para medir el grado de contaminación del agua. Se trata de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es decir, la cantidad de oxígeno que los microorganismos consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en una muestra de agua. En aguas poco contaminadas se esperan valores entre 20 a 100 mg/l; mientras que el agua doméstica residual puede presentar valores entre 300 a 500 mg/l. Si la cantidad de sustancias contaminantes dentro de un cuerpo de agua aumenta, el oxígeno disuelto en el agua se ve disminuido para la degradación de estas sustancias, lo que puede provocar la asfixia de los organismos acuáticos a consecuencia de la putrefacción causada por bacterias anaeróbicas en el agua.

En condiciones normales, existe un influjo de biodegradación por las bacterias aeróbicas; pero si estas condiciones se ven afectadas por el aumento de sustancias contaminantes orgánicas e inorgánicas, la regeneración del agua no se lleva a cabo y entonces los cuerpos de agua se convierten en cloacas abiertas sin vestigios de vida. Por ejemplo, la formación de un pantano pudo haber sido ocasionado por la recepción del desagüe de drenajes y sustancias de desecho, causando la baja en el nivel de oxígeno disuelto, hasta que este llegó a ser nulo. Dado que los organismos acuáticos influyen activamente en la concentración del oxígeno disuelto en el agua, este es más variable en este medio que en el aire (Vásquez 2001).

## Principales causas de la eutrofización o envejecimiento de las lagunas

Aunque el envejecimiento de las lagunas puede ocurrir de forma natural, en la actualidad este fenómeno se da con mayor frecuencia debido al cambio climático, que está calentando rápidamente el agua de las lagunas y otros cuerpos de agua del planeta, amenazando el suministro y a los ecosistemas de acuerdo con lo mencionado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU 2023). Otros autores informan que uno de los principales efectos del cambio climático en las lagunas costeras es la variación del patrón hidrológico, fruto de la erosión costera y la penetración de aguas marinas a estos ecosistemas de baja salinidad; también la frecuencia de huracanes aumenta la suspensión de sedimentos. Por esta razón, se reduce la penetración de la luz, por consiguiente, disminuye la fotosíntesis y la productividad. Por su parte, la remoción de los sedimentos también ocasiona la liberación de contaminantes orgánicos e inorgánicos (metales y plaguicidas); que, aunado a la presencia de los micro plásticos, causa mayor afectación a la calidad del agua (Castañeda et al. 2020).

Lamentablemente, las lagunas se han vuelto los receptores de las descargas agrícolas, urbanas, la basura como plásticos, botellas y hierro que son arrastrados de las calles y terrenos aledaños por los ríos y la lluvia. Esto altera el aporte de sedimentos, agua y nutrientes que se depositan en las lagunas, causando su constante deterioro y eutrofización (Gómez et al. 2017).

En El Salvador, con el aumento de la población, son numerosas las lagunas que presentan cierto grado de azolvamiento y eutrofización debido principalmente a los altos niveles de contaminación, la mala disposición de la basura, pesticidas, desechos animales, aguas residuales y domiciliarias que son arrastradas por los ríos y quebradas, afectando no solo al ecosistema lagunar sino también a las personas que de ellas se abastecen, pues los hace propensos a enfermedades; además de limitar el desarrollo de actividades de gran importancia como la pesca artesanal y el turismo (Figura 3). Tal como es mencionado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN 2017).

Otros impactos negativos lo constituyen:

- La agitación o aumento de turbulencia de las aguas y los sedimentos arrastrados por esta.
- Las inundaciones cada vez más abundantes y frecuentes producidas en la parte baja de la cuenca en la época lluviosa.
- El desplazamiento de especies endémicas de flora y fauna acuáticas, por otras especies que son más tolerantes a las condiciones de agua contaminada.

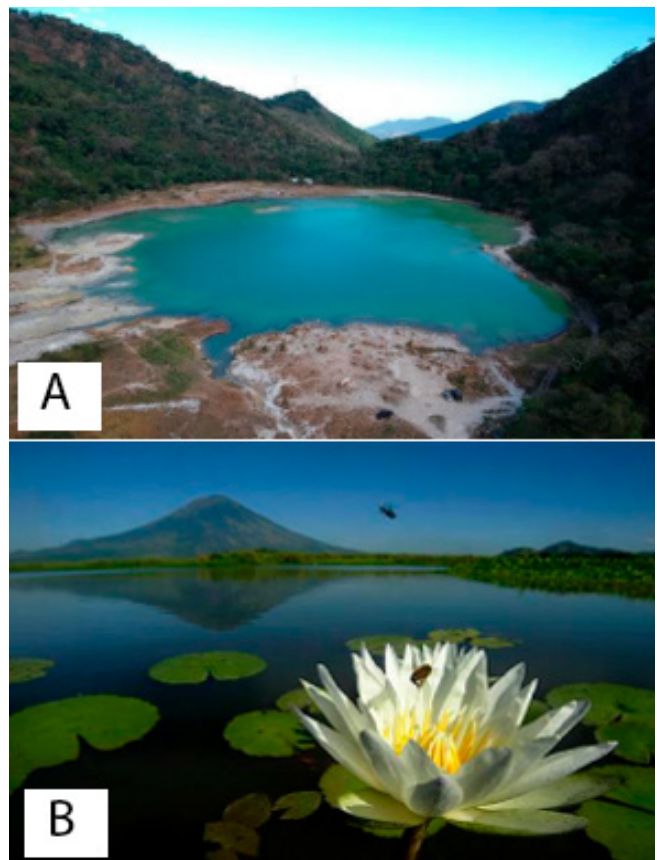


**Figura 3.** Fuentes de contaminación en la Laguna de Olomega, departamentos de San Miguel y La Unión: A. Ganado pastando a las orillas B. desechos plásticos encontrados en la laguna. Fotografía: MARN 2021.

### Importancia de las lagunas

Antes de finalizar esta nota, es importante reconocer que las lagunas son cuerpos de agua muy importantes en la naturaleza y para la vida de las personas; ya que proporcionan diversos servicios ambientales entre los que destacan: fuente de agua

para múltiples usos, sustentan la pesca, son fuente de alimento, recreación, regulación del clima, y son hábitat para una cantidad de especies de fauna nativas y migratorias (Figura 4) (MARN 2017). También mantienen el balance hidrológico, eso significa el equilibrio entre el agua que alimenta a la laguna y la salida a través de la evapotranspiración y almacenamiento del agua en la superficie terrestre (Ritter 2006). Por otra parte, las lagunas fijan considerables cantidades de  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$  gracias a la actividad fotosintética del fitoplancton. Además, mantienen la capacidad de acopio de agua, protegen contra crecidas e inundaciones y aseguran los sitios de cría, reproducción y desarrollo de especies de alto valor proteínico y económico (Oliva-Martínez et al. 2014).



**Figura 4.** A) Laguna de Alegría, Usulután, El Salvador. Foto: MITUR. B) La laguna El Jocotal, ubicada en el departamento de San Miguel, destaca internacionalmente por su abundancia y diversidad de aves acuáticas residentes y migratorias. Fotografía: MARN 2016.

Tomando en cuenta todo lo que se ha mencionado, es evidente que se deben proteger las lagunas de nuestro país, ya que además de ofrecernos una gran cantidad de bienes y servicios,

el agua es un recurso fundamental para la vida, por esta razón la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA), a través de la Ley General de Recursos Hídricos, establece lo siguiente para su protección:

Orden prioritario para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico

Derecho y obligaciones para el uso doméstico:

El Art. 64 establece que todas las personas tienen el derecho de hacer uso del agua, sean estas de ríos, lagos y lagunas, también de las aguas subterráneas, siempre y cuando sean para uso doméstico. Se puede hacer uso de este recurso con la salvedad de que no deteriore la calidad y caudal de las aguas, ni daños a terceros y no haya desperdicio o mal uso de las mismas, cumpliendo con las normas ambientales y de sanidad al respecto.

Para el uso doméstico no será requerida autorización, tampoco será sujeto de cobro de canon de uso y aprovechamiento por parte de la ASA.

En caso de que se requiera extraer agua para fines que no sean de uso doméstico, la ASA, es el ente que brinda las asignaciones y autorizaciones respectivas o deniega las mismas si éstas no cumplen con los requisitos que la entidad establece en la ley.

Además, con una perspectiva futurista, la ASA, establece la coordinación con entidades públicas y organismos afines a la temática hídrica el desarrollo de programas de concientización en el manejo, conservación y aprovechamiento de cuencas hidrográficas, creando así una Cultura de Agua, establecida en el Art. 103, de la Ley General de Recursos Hídricos.

Ahora que ya se cuenta con esta ley en El Salvador para proteger e impulsar el aprovechamiento sostenible del agua, en este caso particular de las lagunas, esperamos verlo materializado y que la ASA junto a las instituciones identificadas como entidades reguladoras, verifiquen el cumplimiento de la ley a nivel nacional.

*¡El agua es un derecho humano!*

## Referencias

[ASA] Autoridad Salvadoreña del Agua. 2022. Ley General de Recursos Hídricos. Aut Salvador Agua. [accessed 2023 Oct 6]. <https://www.asa.gob.sv/ley-del-agua/>.

Castañeda O, Botello A, Aguilar R. 2020. Impactos del cambio climático en lagunas costeras mexicanas. *ecologica*. [accessed 2023 Oct 6]. <https://cutt.ly/Gwme41mq>

Chapa-Balcorta C. 2010 Jan 15. Eutrofización: Abundancia que mata. *Como Ves.*:22–25.

Echarri L. 1998. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. [accessed 2023 Oct 6]. <https://cutt.ly/fwme7qsd>

Fundación Aquae. España: Madrid. [accessed 2022 ago 28]. <https://www.fundacionaquae.org/>

Gomez-Ortega R, Lanza-Espino G, Hernández C, Barba E, Valle-Mora J, Castañeda O, Ramos-Santiago E. 2017. Cambios ambientales y tróficos a través de un análisis a largo plazo del sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Rev Cienc Mar Costeras*. 9:75. doi:10.15359/revmar.9-2.4.

[MARN] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2017. Inventario Nacional de Humedales, El Salvador.

Oliva-Martínez MG, Godínez-Ortega JL, Zuñiga-Ramos CA. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Rev Mex Biodivers*. 85:54–61. doi:10.7550/rmb.32706.

Ritter M. 2006. The Physical Environment: An Introto Physical Geography and OER. [accessed 2023 Oct 6]. <https://www.thephysicalenvironment.com/>.

Solombrino A, Martínez J. 2021 Jun 25. Condiciones ambientales y eutrofización de la Laguna El Pino, Guatemala, con base en variables fisicoquímicas, vegetación acuática y terrestre. 11.

[ONU] Organización de las Naciones Unidas. 2023. El agua: en el centro de la crisis climática. U N. [accessed 2023 Oct 6]. <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water>.

Vásquez T, 2001. *Ecología y formación ambiental*. México: McGraw-Hill.

# Macroalgas de tres ambientes del litoral rocoso del departamento de La Libertad, El Salvador

## Macroalgae of three environments of the rocky coast of the department of La Libertad, El Salvador

Olga Lidia Tejada<sup>1</sup>, Gabriela Espinoza<sup>2</sup>, Ervin A. Loarca<sup>3</sup>, Karla S. Acosta<sup>4</sup> y Alisson Monroy G.<sup>5</sup>

DOI: 10.5281/zenodo.10080817

### Resumen:

El estudio explora las poblaciones de macroalgas de tres sitios del litoral rocoso intermareal en el departamento de La Libertad, El Salvador e incluye la descripción taxonómica de las especies encontradas, las características de su hábitat, el nivel de exposición al impacto directo del oleaje y la distribución en otros litorales rocosos de El Salvador y a nivel mundial. En total se identificaron 9 especies de macroalgas: del Phylum Chlorophyta, dos familias: Ulvaceae con la especie *Ulva flexuosa* y Cladophoraceae con *Chaetomorpha antennina* y *C. mínima*; cuatro familias del Phylum Rhodophyta: Cystocloniaceae con la especie *Hypnea pannosa*, Solieriaceae con *Wurdemannia miniata*, Gracilariaceae con *Gracilaria mammillaris* y Liagoraceae con *Dermonema virens*; y del Phylum Ochrophyta dos familias: Scytosiphonaceae con la especie *Chnoospora pacifica* y Asteronemataceae con *Asteronema breviarticulatum*.

**Palabras claves:** Rhodophyta, chlorophyta, ochrophyta, intermareal, zona de alto impacto.

### Abstract

The study explores macroalgae populations from three sites of the rocky intertidal coast in the department of La Libertad, El Salvador, and includes the taxonomic description of the species found, habitat characteristics, the level of exposure to direct wave impact and the distribution in other rocky coasts of El Salvador and worldwide. A total of 9 species of macroalgae distributed in 8 families were identified. From the Phylum Chlorophyta, two families: Ulvaceae with the species *Ulva flexuosa* and Cladophoraceae with *Chaetomorpha antennina* and *C. minima*; four families of the Phylum Rhodophyta: Cystocloniaceae with the species *Hypnea pannosa*, Solieriaceae with *Wurdemannia miniata*,



**Presentado:** Agosto 2023

**Aceptado:** Septiembre 2023

<sup>1</sup>Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, olga.tejada@ues.edu.sv. ORCID: 0000-0003-4128-7944.

<sup>2</sup>Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, gabriela.espinoza.ramos21@gmail.com. ORCID: 0009-0003-9472-9758.

<sup>3</sup>Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, cl20003@ues.edu.sv. ORCID: 0009-0009-8958-1262.

<sup>4</sup>Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, ab20010@ues.edu.sv. ORCID: 0009-0009-0741-4293.

<sup>5</sup>Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, mg20069@ues.edu.sv. ORCID: 0009-0009-7345-754X.



Gracilariaceae with *Gracilaria mammillaris* and Liagoraceae with *Dermonema virens*; and of the Phylum Ochrophyta two families: Scytosiphonaceae with the species *Chnoospora pacifica* and Asteronemataceae with *Asteronema breviarticulatum*.

**Keywords:** Rhodophyta, chlorophyta, ochrophyta, intertidal, high impact zone.

## Introducción

La zona litoral es la parte de la plataforma continental más somera y cercana a tierra firme que corre perpendicular al mar. Por su ubicación, en ella coexisten y se interconectan sistemas terrestres y marinos; de ahí que suele ser considerada como una frontera ecológica entre la tierra y el océano, caracterizada por los intensos procesos de intercambio de materia y energía que en ella ocurren.

Dependiendo de su origen geológico y de los procesos geomorfológicos dominantes, los litorales pueden modelarse por procesos de abrasión constante que remueven sustrato y ayudan a formar peñascos, acantilados y playas rocosas en las que se forman pozas de marea. En aquellos sitios en los que prevalecen la erosión y la sedimentación, se genera la formación de playas, arenales, arrecifes, lagunas y humedales (López-Victoria et al 2004).

De acuerdo con Barraza (2017), el litoral rocoso en El Salvador es menos extenso en comparación con las playas de arena; y se caracteriza por presentar distintos tipos de formaciones, por ejemplo, plataformas someras rocosas y peñascos intermareales y submareales de origen volcánico. En el caso de los peñascos, de las grandes terrazas rocosas y de los acantilados, éstos suelen estar expuestos a la intensa hidrodinámica del oleaje, generando zonas de alto impacto por el fuerte choque de las olas contra la dura superficie vertical, generando ondas de retorno hacia el océano.

A pesar del estrés causado por el fuerte impacto del oleaje, los litorales rocosos son habitados por una rica y variada biota adaptada para sostenerse, alimentarse, sobrevivir y resistir los largos periodos de desecación durante las mareas bajas, que es cuando se producen fuertes fluctuaciones de temperatura ambiental, humedad y salinidad. Siendo algunos ejemplos de fauna característica de estas zonas: los erizos de mar, gasterópodos, crustáceos trepadores y crustáceos de vida sésil, que se refugian y alimentan de los lechos de algas marinas (López-Victoria et al 2004).

Aschwin et al (2005), afirman que el fuerte impacto de las olas es uno de los principales factores que afectan a la estructura y dinámica de las poblaciones de algas bentónicas; ya que generalmente presentan un número reducido de especies y sus talos, además experimentan cambios morfológicos notables; por ejemplo, tienden a ser más pequeños, gruesos y en algunos casos fuertemente ramificados, todo lo cual les permite reducir el arrastre por la fuerza hidrodinámica, evitando así su desprendimiento de los sustratos. Además, las algas también son capaces de modificar sus colores estructurales (verde, café, dorado, rojo, etc.), en aguas intermareales poco profundas, debido a que experimentan niveles de radiación fotosintéticamente activos muy altos, cercanos a los niveles de saturación fotosintética, especialmente durante los meses de verano; por lo tanto, ellas han evolucionado para protegerse de la foto destrucción de las clorofilas por efecto de la intensidad de los rayos UV; por ejemplo, las algas son capaces de añadir o eliminar pigmentos para la foto-regulación, a través de pigmentos como las xantofilas, la ficocianina y la ficoeritrina (Chandler et al 2016).

En el departamento de La Libertad, en El Salvador, es frecuente encontrar poblaciones de algas creciendo expuestas al oleaje sobre grandes peñascos, terrazas o plataformas rocosas someras, en farallones y acantilados, donde establecen claros patrones de zonificación vertical.



El objetivo principal de esta investigación ha sido caracterizar el tipo de poblaciones de macroalgas que habitan en estos ambientes y enriquecer el inventario y la colección biológica de algas marinas del herbario de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

## Materiales y Métodos

Durante el mes de julio de 2022, se realizaron viajes de inspección y recolecta a tres playas del litoral rocoso intermareal del departamento de La Libertad, que se caracterizan por presentar áreas expuestas al fuerte impacto del oleaje. El primero, se realizó en las pozas y rompeolas ubicadas en el hotel y restaurante La Curva de Don Gere, en el municipio de Tamanique, entre las coordenadas

13°29'36.7"N 89°24'05.1"W; el segundo en la zona intermareal de la Playa La Tusera, ubicada en el municipio Jicalapa, entre las coordenadas 13°29'50.8"N 89°28'54.4"W y el tercer sitio, fue en la plataforma somera sumergida y acantilado de la Playa El Pital, conocido también como Mizata, en el municipio de Teotepeque ubicada entre 13°30'43.8"N 89°36'21.0"W (Figura 1).

## Descripción de los sitios de estudio

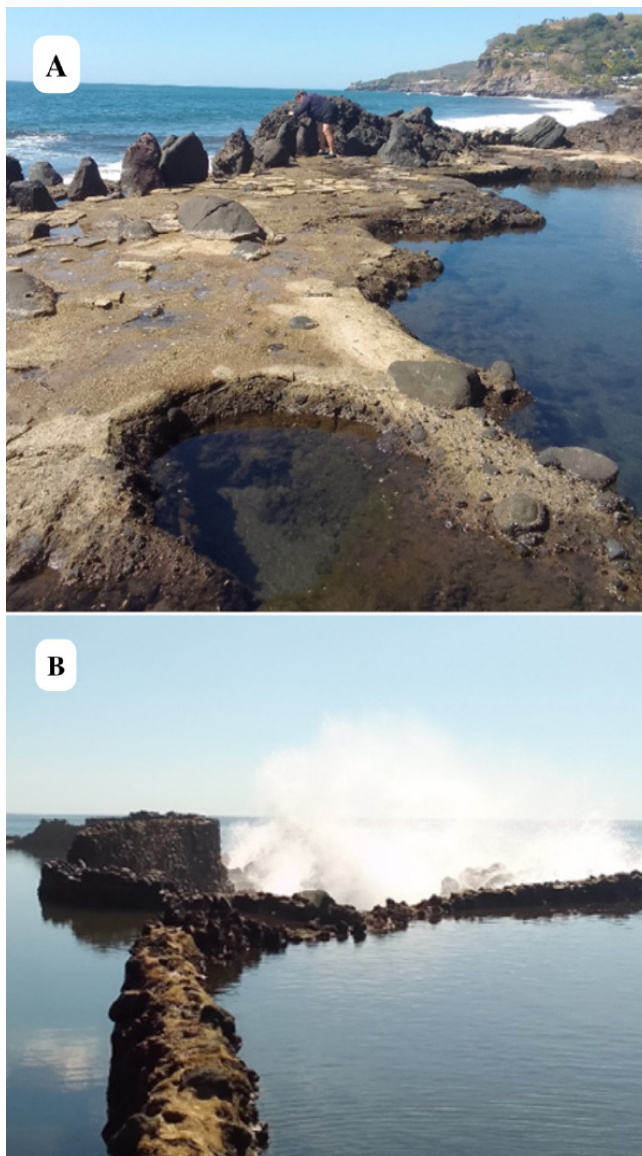
### La curva de Don Gere

El hotel y restaurante La Curva de Don Gere ubicado en la zona del Sunzal, en el municipio de Tamanique (Figura 2), hasta mediados de los años noventa, funcionó como centro de recreación



**Figura 1.** Ubicación geográfica de los sitios de recolecta. El Salvador, La Libertad: Sitio1. La curva de Don Gere, Sitio2. playa El Pital y Sitio3 playa La Tusera. Elaborado por Fernando Castillo y Yuri Trejo (ICMARES).

llamado “Sol y Mar” del Banco Nacional de Fomento Industrial (BANAFI) Castro and Tejada (1993). En la actualidad se mantienen una serie de rompeolas y pozas artificiales intermareales que se llenan con agua de mar, generando un ambiente propicio para el crecimiento de poblaciones de algas y de invertebrados marinos.



**Figura 2.** En A) se observa la zona de rompeolas, las pozas artificiales y pequeñas pozas de marea y B) Zona alto impacto del oleaje sobre los rompeolas. Imágenes cortesía de Eunice Esther Echeverría.

### Playa La Tusera

La Tusera, es una playa agreste, ubicada en el kilómetro 61.5 carretera Litoral en el municipio Jicalapa Departamento La Libertad, que se

caracteriza por presentar acantilados, una serie de terrazas rocosas, mezcladas con rocas de gran tamaño, las cuales se bañan con agua de mar durante las horas de marea alta; también presenta formaciones de cañones y cuevas en la base de las plataformas rocosas en las que choca el oleaje, propicios para el establecimiento de organismos bentónicos (Figura 3).



**Figura 3.** A) Zona de acantilados; B) Algas sobre el sustrato rocoso de la plataforma. Imágenes O.L Tejada.

### Playa el Pital

La Playa el Pital, conocida también como playa Mizata, se ubica en el municipio de Teotepeque en el ángulo suroeste del departamento

de La Libertad; a una distancia de 66 Km de Nueva San Salvador, se caracteriza por poseer una combinación de sustratos, ya que presenta playa arenosa, una plataforma somera sumergida rocosa de aproximadamente 1.5 km en la que se forman pozas intermareales durante los periodos de marea baja y una extensa zona de acantilados (Barraza 2017; Orantes Ramos and Vieytez Basagoitia 2004) (Figura 4).



**Figura 4.** A) Zona de acantilados de la playa Pital; B) Algas expuestas a zonas de alto impacto del oleaje. Imágenes O.L Tejada

## Trabajo de campo y de laboratorio

El trabajo de recolecta se llevó a cabo durante la marea baja, mediante la técnica de barrido de los hábitats. Antes de separar las algas del sustrato, se procedió a realizar el registro fotográfico y se anotaron los siguientes datos: tipo de sustrato, localidad, color y textura del talo en su hábitat natural, presencia o no de iridiscencia y la presencia o no de ensamblajes o asociaciones con otros organismos, datos importantes para alimentar la base de datos y las viñetas de las muestras de herbario.

Las macroalgas se removieron de los sustratos de forma manual y también usando una navaja; luego, todo el material biológico fue depositado en bolsas de plástico debidamente etiquetadas, conteniendo agua de mar, y se sellaron para transportarlas al laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de El Salvador (ICMARES) en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, donde se procedió a lavar y a separar las muestras. Para su determinación taxonómica las algas se examinaron bajo el estereomicroscopio MEIJI TECHNO EM-33 y el microscopio de campo claro LABOMED Lx400. Mediante la realización de cortes histológicos, el análisis de las estructuras características de cada género y la consulta de claves taxonómicas especializadas, fue posible determinarlas hasta el taxón más bajo posible. También se elaboraron muestras secas de herbario con sus respectivos váuchers para ser usados en posteriores estudios moleculares. Todo el material debidamente identificado fue ingresado en la colección de Macroalgas Marinas del herbario de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador.

## Resultados

En total se identificaron 9 especies de macroalgas. En el Phylum Chlorophyta, dos familias: Ulvaceae con la especie *Ulva flexuosa* y Cladophoraceae con *Chaetomorpha antennina* y *C. minima*; también se identificaron cuatro familias del Phylum Rhodophyta; Cystocloniaceae con

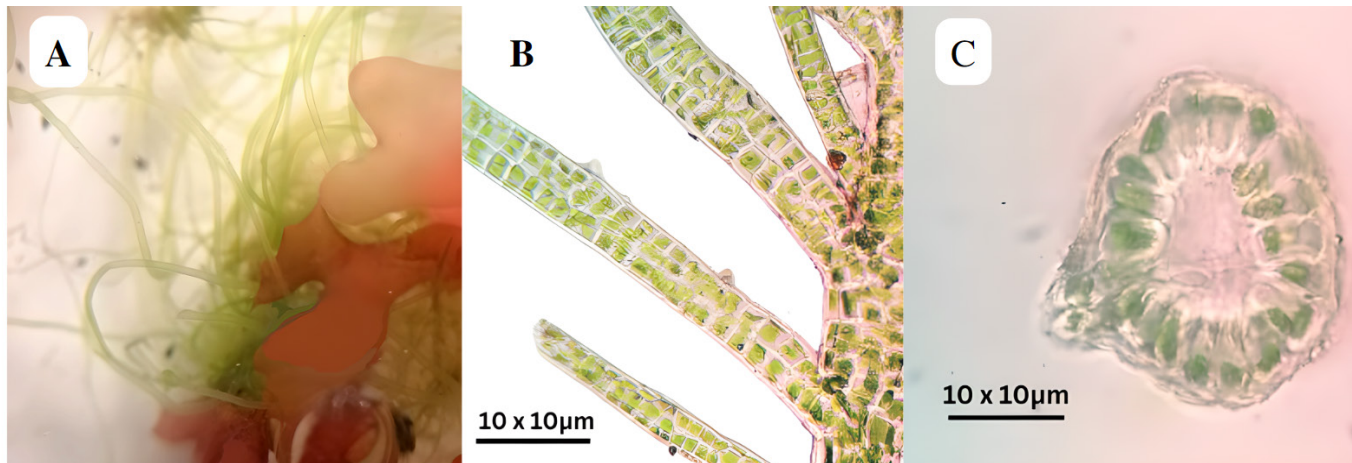
*Hypnea pannosa*, Solieriaceae con *Wurdemannia miniata*, Gracilariaceae con *Gracilaria mammilaris* y Liagoraceae con *Dermonema virens*; del Phylum Ochrophyta se identificaron dos familias: Scytosiphonaceae con *Chnoospora*

*pacifica* y Asteronemataceae con *Asteronema breviarticulatum*.

A continuación, se presentan las descripciones de las especies encontradas:

Especie: *Ulva flexuosa* Wulfen 1803.

(Phylum: Chlorophyta, Clase: Ulvophyceae, Orden: Ulvales, Familia: Ulvaceae)



A-C: *Ulva flexuosa*. (A) Hábito de la especie: epífita sobre el talo de *Gracilaria mammilaris*; (B) Vista al microscopio del talo a 10X, en el cual se aprecia la disposición alineada de las células (C) Corte transversal del talo (10x), en la cual se observa la organización de la capa monostromática enrollada en forma de tubo (cilíndrica) y hueca, además se observa la forma laminar de los cloroplastos.

### Sinónimos:

- *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen) J. Agardh 1883
- *Enteromorpha lingulata* f. *genuina* Schiffner 1938
- *Enteromorpha tubulosa* var. *vermiculata* Schiffner 1938

**Descripción:** el alga consta de una sola capa de células (monostromática) que se unen para formar un talo cilíndrico hueco y comprimido que se ramifica desde la base de los filamentos principales. Sus ramas son delgadas y laxas. Su color oscila entre el verde claro y el verde oscuro. Láminas cilíndricas son completamente huecas con una sola célula de espesor, suelen ser cortas, pero pueden crecer hasta 25 cm. Las células suelen estar en filas lineales, cuyas paredes tienen sólo

una célula de espesor. Un cloroplasto central por célula de forma laminar de color verde brillante.

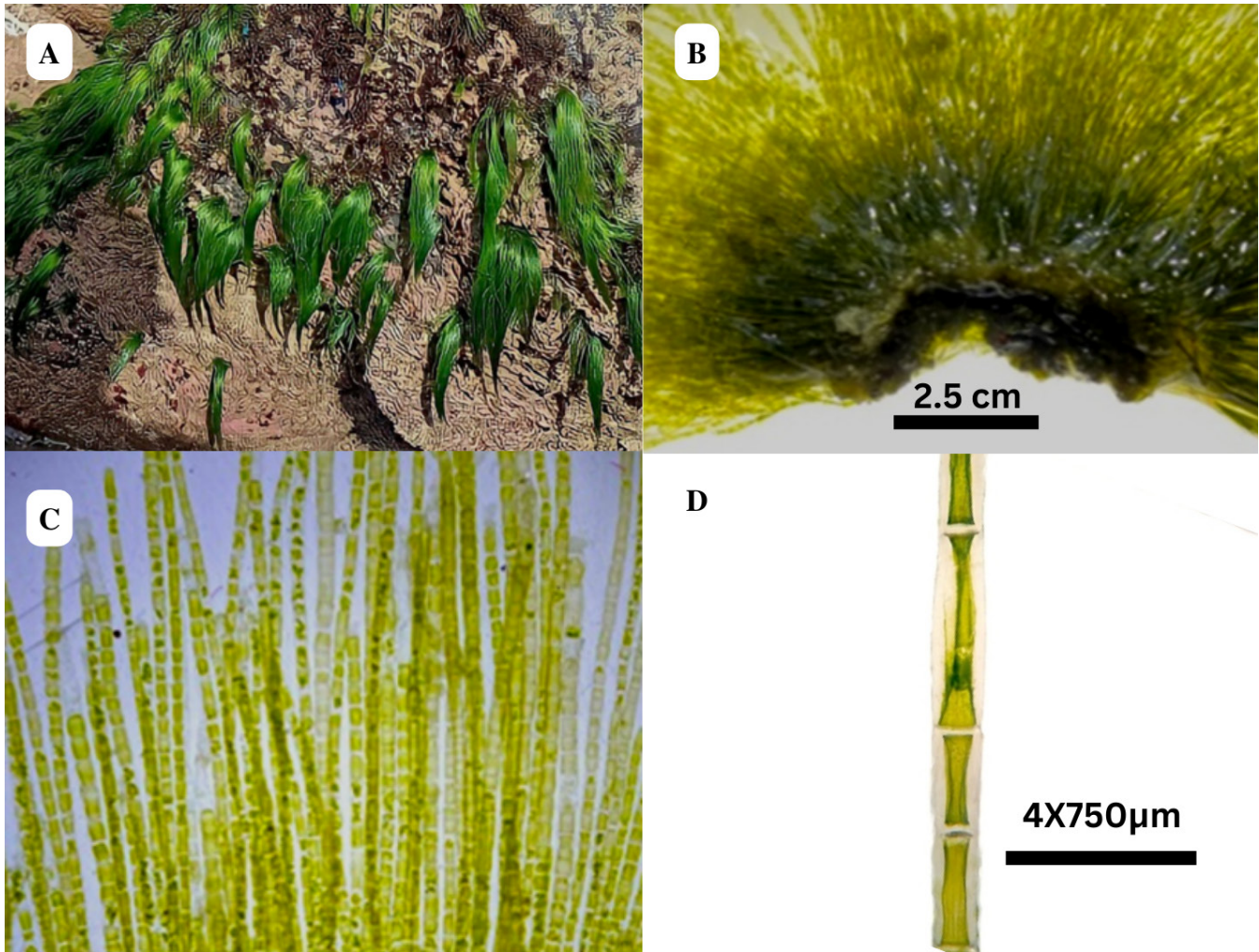
**Hábitat:** común en sustratos sumergidos poco profundos o epífita en otras plantas marinas.

**Distribución en El Salvador:** departamento de la Libertad en la Curva de Don Gere, municipio de Tamanique con coordenadas N13° 29' 12.259" W89° 18' 27.759" y departamento de Sonsonate, municipio de Acajutla: Playa Los Cóbanos con coordenadas N 13°31'34.51" W 89°47'33.48"

**Distribución mundial:** Inglaterra, España, Suiza, Turquía, Islas Canarias, Florida, Islas Caribe, Caribe: Panamá, Costa Rica, África, Israel, Australia, Nueva Zelanda, Pacífico: Costa Rica, El Salvador, Islas Revillagigedo y México (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).

Especie: *Chaetomorpha antennina* (Bory) Kützing 1847.

(Phylum: Chlorophyta, Clase: Ulvophyceae, Orden: Cladophorales, Familia: Cladophoraceae)



A-E: *Chaetomorpha antennina*. (A) Hábitat: adherida a sustrato rocoso en zonas de alto impacto del oleaje; (B) Vista al estereoscopio, se observa el disco basal aproximadamente de 2.5 cm; (C) Talos filamentosos color verde brillante, filamentos septados no ramificados y (D) Detalle del filamento, mostrando células con forma de barril y cloroplastos reticulados observados al 4X, células medianas de 750  $\mu\text{m}$ , la pared celular típicamente gruesa y sin color.

#### Sinónimos:

- *Conferva media* C. Agardh 1824
- *Chaetomorpha media* (C. Agardh) Kützing 1849
- *Chaetomorhopsis pacifica* H. L. Lyon 1901

**Descripción:** esta especie posee un talo filamentosos color verde brillante, sin ramificaciones, gregario, formando densos penachos en forma de cepillo, unidos por un disco basal, este mide

aproximadamente 2.5 cm de largo. Algunas veces presentan los extremos de los filamentos de color amarillo pálido, por estar expuestas a la luz solar.

Las paredes celulares son gruesas y estriadas (especialmente en las células basales), grisáceas o parduscas claras, ligeramente constreñidas en los tabiques. Posee rizoides finos, ramificados, que miden desde 0.5 cm hasta 3.8 cm.

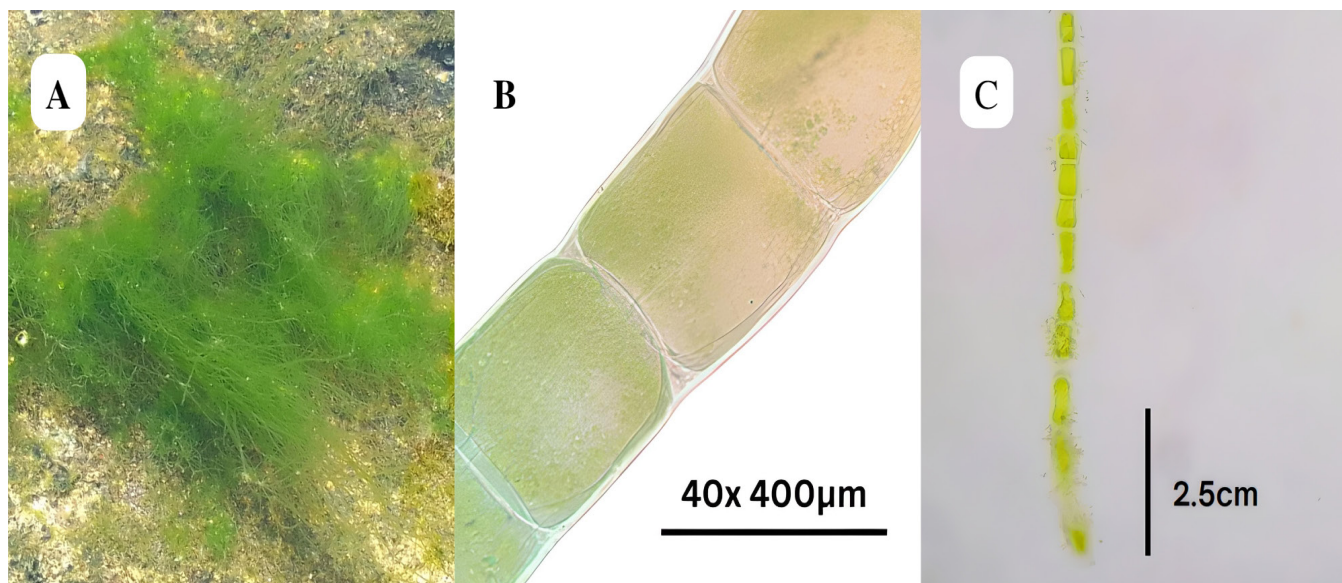
**Hábitat:** creciendo en sustrato rocoso (a menudo en grietas, agujeros, pozas) en la zona intermareal superior e inferior expuesta a la acción de olas moderadas y fuertes.

**Distribución en El Salvador:** La Libertad, El Salvador, Playa Pital en Mizata municipio de Teotepeque con coordenadas N13°30'43.8"W89°36'21.0" y Playa El Zonte en el municipio de Chiltiupan con coordenadas N13°29'39.75" W89°26'23.74".

**Distribución mundial:** aguas subtropicales y tropicales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).

Especie: *Chaetomorpha minima* Collins & Hervey 1917.

(Phylum: Ulvophyceae, Orden: Cladophorales, Familia: Cladophoraceae)



A-C: *Chaetomorpha minima*. (A) Hábitat: sobre poza de la zona intermareal media; (B) Vista el microscopio (40x), las células de los filamentos se observan de forma cilíndrica como barrilitos de 400  $\mu\text{m}$  de diámetro. (C) Vista al estereoscopio de un filamento de *C. minima*.

**Descripción:** se trata de un alga filamentosa muy suave al tacto que crece profusamente formando penachos sobre roca y sustratos de arena gruesa.

Forma filamentos uniseriados no ramificados de 2,15-3,35 mm de alto, las células se observan como cilindros cortos con cloroplastos reticulados. Los filamentos se unen al sustrato a través de una célula basal discoidal alargada y lobulada.

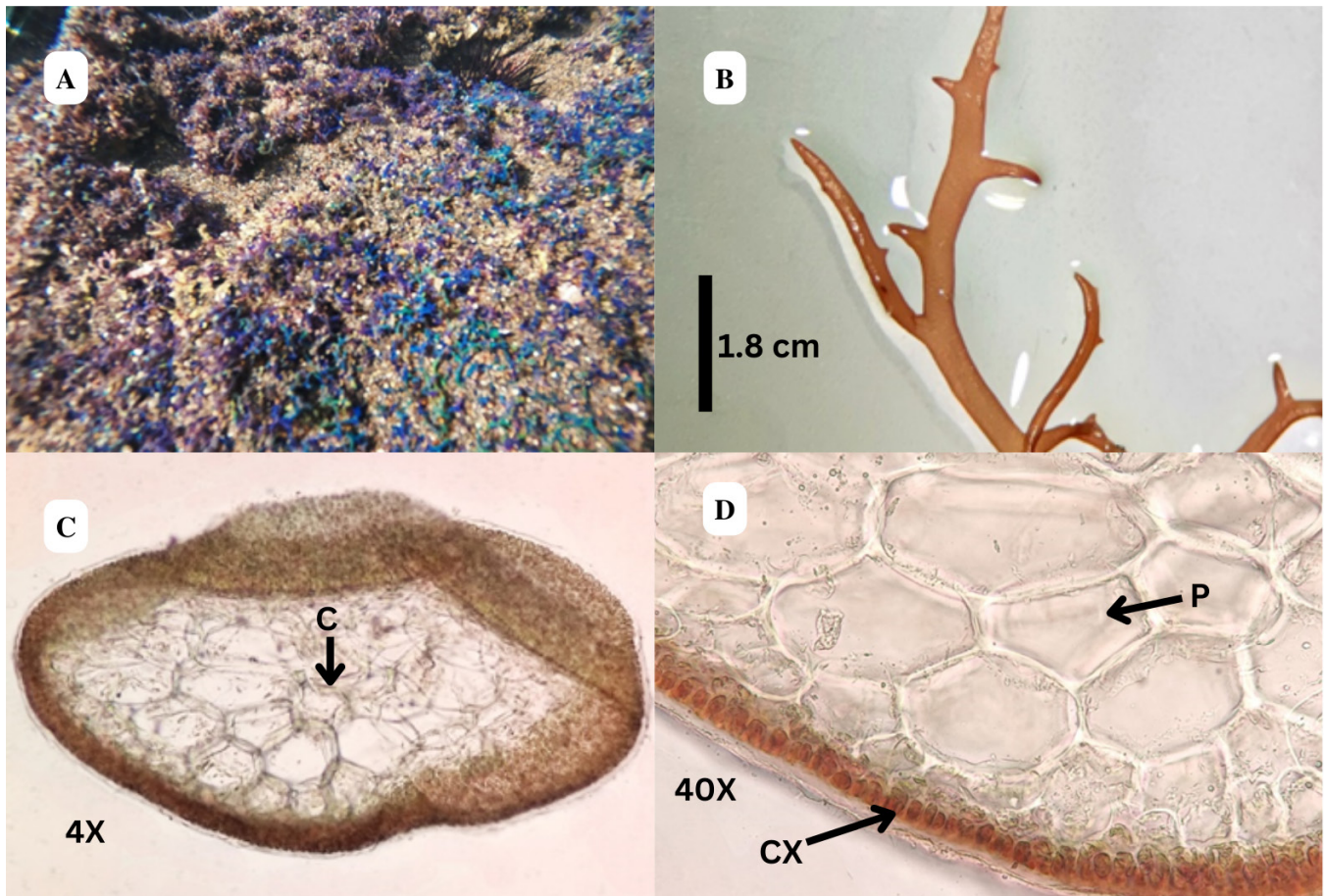
**Hábitat:** habita en sustrato rocoso. Este espécimen fue recolectado en una poza de la zona intermareal media, en los tres sitios de estudio.

**Distribución en El Salvador:** en el departamento de La Libertad, se encuentra en: Playa la Vega municipio de Jicalapa con coordenadas: N13°29'50.8"W089°28'54.4"; Playa Pital en Mizata municipio de Teotepeque con coordenadas N13°30'43.8"W89°36'21.0" y en La Curva de Don Gere municipio de Tamanique con coordenadas: N13° 29' 12.259" W89° 18' 27.759".

**Distribución mundial:** El Caribe; América del norte, Centroamérica, Suramérica, Océano indico y Asia (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).

Especie: *Hypnea pannosa* J. Agardh 1847.

(Phylum: Rhodophyta, clase: Florideophyceae, Orden: Gigartinales, Familia: Cystocloniaceae)



A-E: *Hypnea pannosa*. (A) Hábitat de la especie: adherido a sustrato rocoso; (B) Talo ramificado visto al estereoscopio; (C) Corte longitudinal de la especie visto al microscopio en 4x, con presencia de una célula central (C), y (D) Vista al microscopio al 40 x donde se observa el corte transversal de la especie visto al microscopio en 40x donde se pueden observar las células pericentrales (P) y células del córtex (CX).

#### Sinónimos:

- *Hypnophycus pannosus* (J. Agardh) Kuntze 1891.
- *Hypnea musciformis* var. *cornuta* Harvey 1834.

**Descripción:** estas algas tienden a formar una especie de pasto denso o costroso sobre rocas. En su hábitat natural, dependiendo de la profundidad y la incidencia de la luz solar, su color puede ser verdoso, rosado intenso, púrpura, o mostrar un color azul pálido. En la costa salvadoreña se encuentran

especímenes con talos que pueden llegar a medir en un rango de 1 a 4 cm de altura, sub cartilaginoso, con una forma cilíndrica, irregularmente ramificados y ligeramente comprimidos en algunos puntos. Los talos pueden generar ramas cortas, que se estrechan en la punta asemejando espinas. En la corteza se puede visualizar una capa de células pequeñas con forma irregular o redondeada y una pigmentación rojiza. En la médula se observa a las células pericentrales con una pared celular gruesa y de una forma ovoide a irregular y una célula central rodeada por seis células pericentrales.

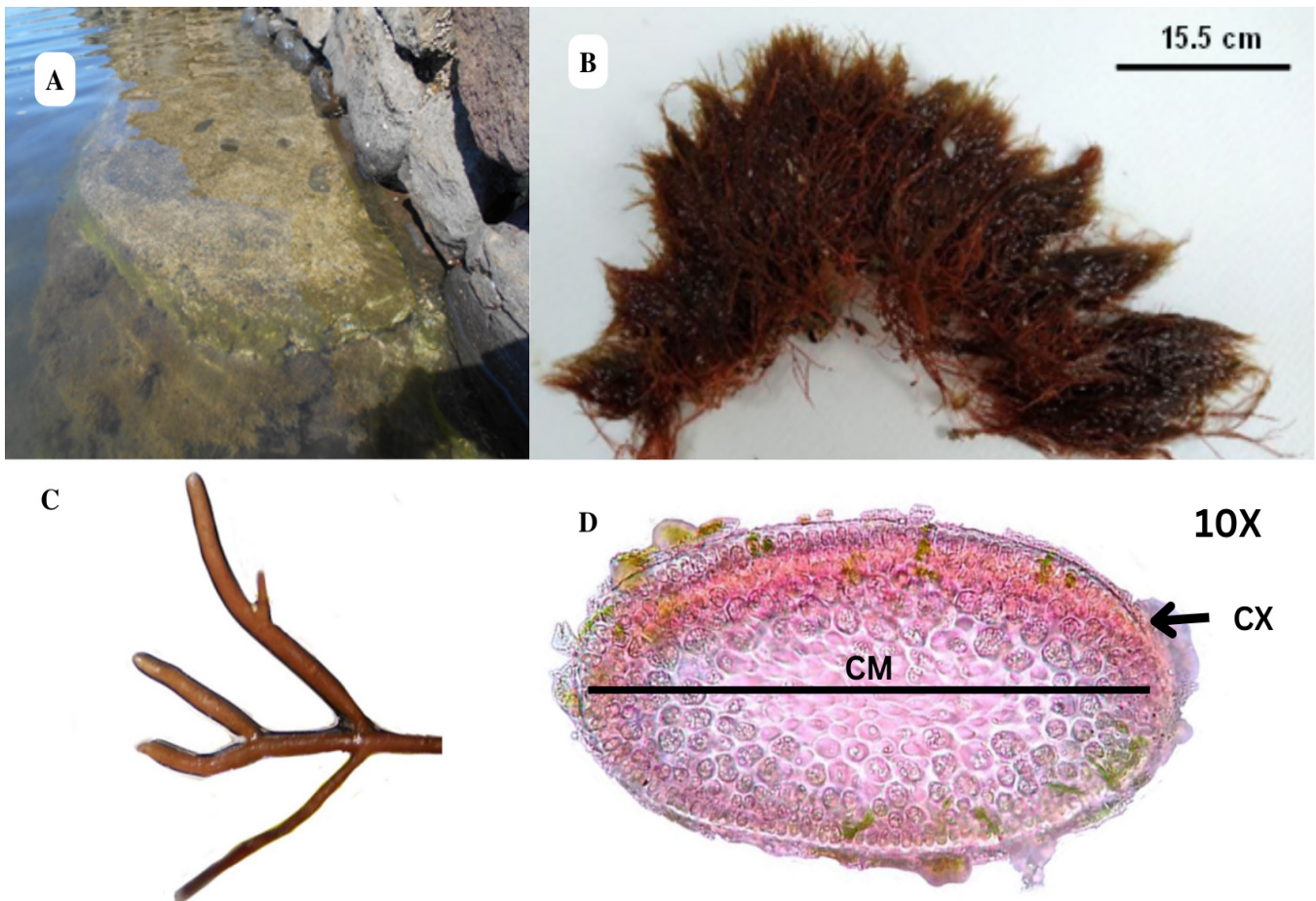
**Hábitat:** sobre la plataforma rocosa en zonas intermareales y submareales.

**Distribución en El Salvador:** departamento de la Libertad, Playa Pital en Mizata municipio de Teotepeque con coordenadas: N13°30'43.8" W 89°36'21.0". Departamento de Sonsonate, municipio de Acajutla: Playa Los Cóbano con coordenadas N 13°31'34.51" W 89°47'33.48" y en el departamento de la Unión, municipio de Conchagua en la Playa El Maculis con coordenadas N 13° 9'29.53" W 87°55'7.34".

**Distribución mundial:** Islas del Atlántico (Islas de Cabo verde), en América del Norte (Golfo de California y México), en Centroamérica (El Salvador, Costa Rica, Nicaragua y Panamá), América del Sur (Brasil e Islas Galápagos), África (Eritrea, Kenia, Madagascar y Tanzania), en Islas del Océano Índico (como las Maldivas) y también se reporta en Japón, China, Taiwán, Australia, Nueva Zelanda (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).

Especie: *Wurdemannia miniata* (Sprengel) Feldman et G. Hamel.

(Phylum: Rhodophyta, Clase: Florideophyceae, Orden: Gigartinales, Familia Solieriaceae)



A-C: *Wurdemannia miniata* (A) Hábitat: en sustrato rocosos, creciendo sobre las paredes de las pozas en pozas intermareales; pero también se encontró creciendo en el fondo de las mismas sobre arena gruesa; (B) Especimen visto al estereoscopio, es un alga filamentososa que forma mechones sueltos de color rojo oscuro, midiendo hasta 15.5 cm de longitud; (C) Se observan los ápices ligeramente redondeados. (D) Corte transversal de la especie vista al microscopio en 10x, donde se pueden observar células medulares centrales de esféricas a alargadas (CM) y células del córtex (CX).



### Sinónimos:

- *Fucus miniatus* Draparnaud ex A. P. de Candolle 1815
- *Gigartina miniata* Duby 1830
- *Wurdemannia setacea* Harvey 1853

**Descripción:** algas multiaxiales y pseudoparenquimatosas en sección transversal forman mechones que surgen de bases rizomatosas enredadas. Las células de la médula central son alargadas, de paredes delgadas y cortas; en la periferia se vuelven más gruesas.

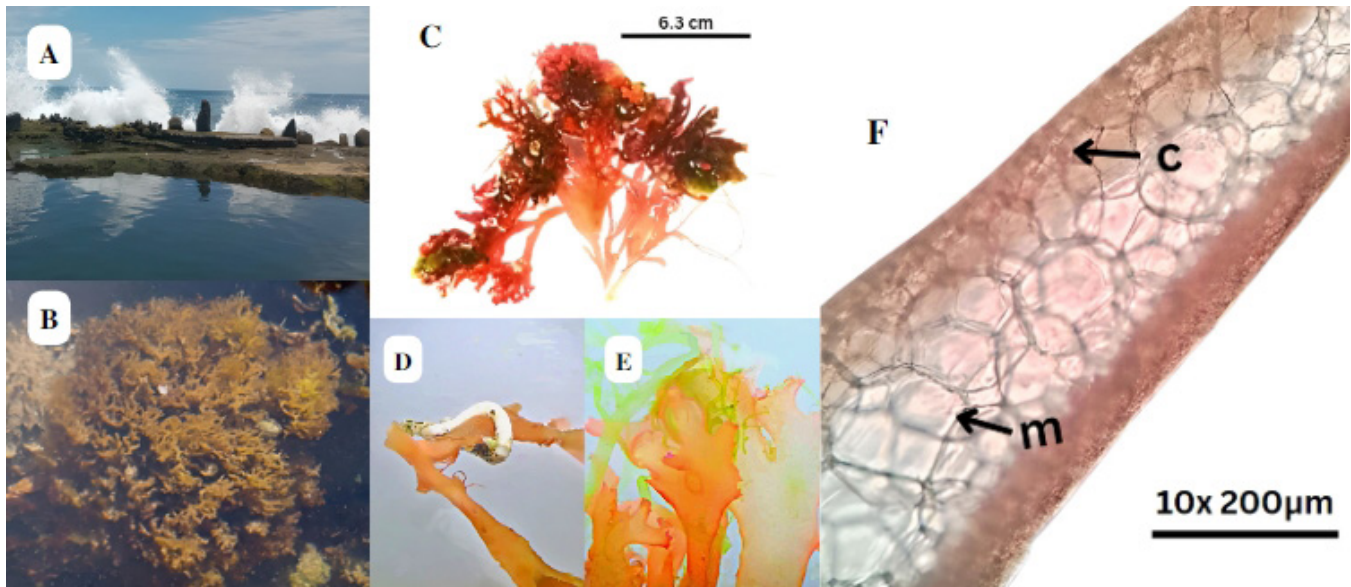
**Hábitat:** sobre sustrato rocoso en la zona intermareal.

**Distribución en El Salvador:** departamento de La Libertad: La Curva de Don Gere, municipio de Tamanique; con coordenadas N13° 29' 12.259" W89° 18' 27.759".

**Distribución mundial:** Mar Mediterráneo, Mar Caribe Índico y Pacífico occidental, Centroamérica: El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).

Especie: *Gracilaria mammilaris* (Montagne) M. Howe 1918.

(Phylum: Rhodophyta, Clase: Florideophyceae, Orden: Gracilariales, Familia: Gracilariaceae)



A-F: *Gracilaria mammilaris*. (A) Hábito de la especie: creciendo adherida en sustrato rocoso en zonas de rompiente de olas; (B) Se observa la especie adherida a paredes de pozas intermareales; (C) vista al estereoscopio (10x), se observa la ramificación pseudodicotómica. Las algas recolectadas mostraban epifitismo; (D) Se observa un poliqueto tubícola viviendo sobre el talo del alga; (E) Alga epifita filamentosa *Ulva flexuosa* y (F) Sección transversal que muestra grandes células medulares (m) y células corticales más pequeñas (c).

### Sinónimos:

- *Rhodymenia mammilaris* Montagne 1842
- *Palmaria mammilaris* (Montagne) Kuntze 1891
- *Gracilaria dichotomoflabellata* P. Crouan & H. Crouan 1865

**Descripción:** talo de color rojo intenso a rosado, dependiendo de la exposición a la luz solar en que se encuentre. Los talos se encuentran unidos al sustrato por medio de un soporte discoide (disco de fijación). El talo es plano sub dicotómico, flabelado de color rojo intenso con segmentos en su mayoría de 1-4 líneas de ancho y los lóbulos finales normalmente redondeados-obtusos.

La médula es pseudoparenquimatosa, compuesta por grandes células incoloras, que poco a poco se vuelven más pequeñas hacia la corteza externa, la cual se caracteriza por presentar células corticales pigmentadas. Las células de la médula y de la corteza poseen una característica forma globosa.

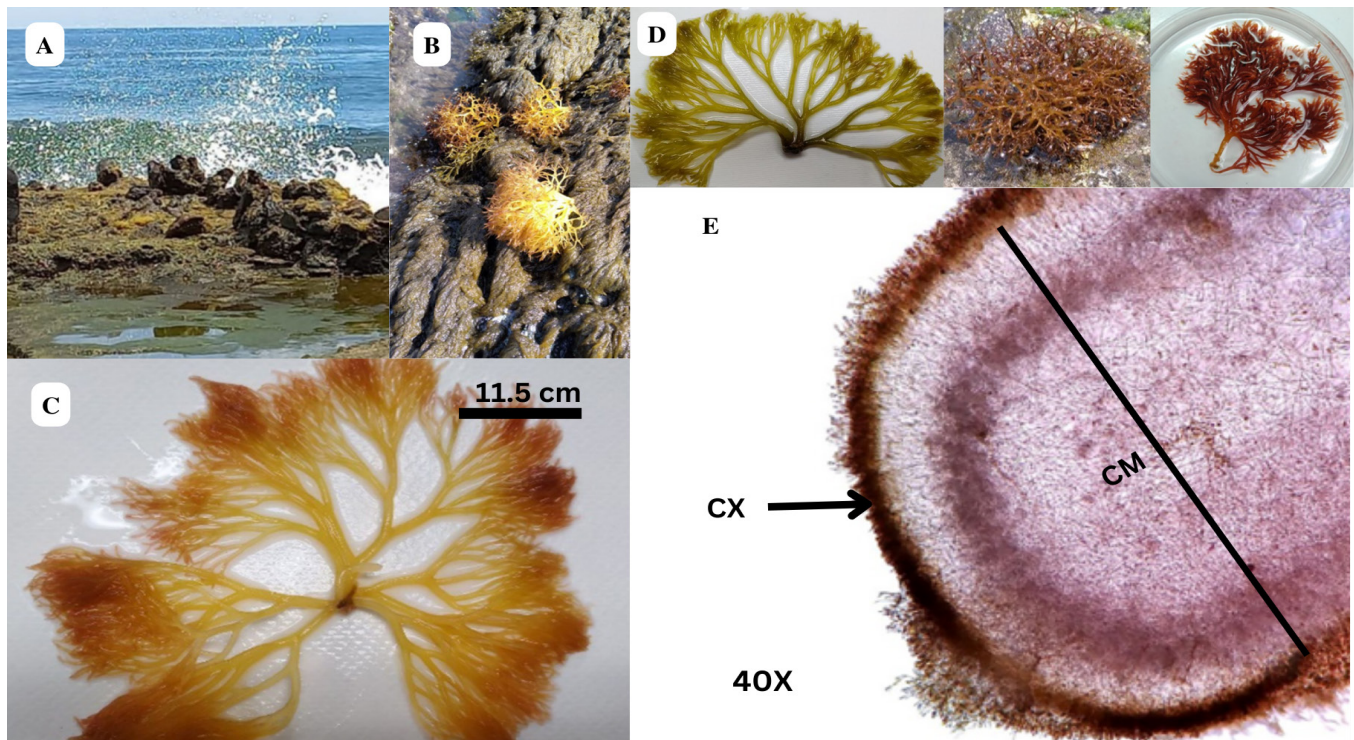
**Hábitat:** Crece adherida a sustratos rocosos en zonas de rompiente de olas y pozas intermareales, se puede encontrar creciendo en zonas expuestas al alto impacto de las olas, también habita en zonas moderadamente expuestas al oleaje y en zonas protegidas como pozas intermareales.

Especie: *Dermonema virens* (J.Agardh) Pedroche & Ávila Ortiz, 1996.

(Phylum: Rhodophyta, Clase: Florideophyceae, Orden: Nemaliales, Familia: Liagoraceae)

**Distribución en El Salvador:** encontrada en la Curva de Don Gere, municipio de Tamanique con coordenadas N13° 29' 12.259" W89° 18' 27.759" y en el departamento de la Unión, municipio de Conchagua en la Playa El Maculis con coordenadas N 13° 9' 29.53" W87° 55' 7.34".

**Distribución mundial:** América del Norte, Mar Caribe, Centroamérica y Suramérica (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. Worldwide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).



A-E: *Dermonema virens*. (A) Hábitat de la especie: en sustrato rocoso en zonas de rompiente de olas; (B) Sustrato rocoso expuesto al fuerte impacto de las olas y una alta intensidad solar durante la marea baja negativa. (C) Vista al estereoscopio; (D) Coloraciones que se pueden encontrar en la especie: de verde a rojo (E) Vista al microscopio al 40x de corte transversal, donde se pueden observar células medulares alargadas y delgadas (CM) y células del córtex (CX).

**Sinónimos:**

- *Dermonema dichotomum* Harvey ex Heydrich 1894
- *Dermonema gracile* (Kützing) F.Schmitz 1896
- *Dermonema frappieri* (Montagne & Millardet) Børgesen 1942

**Descripción:** alga de consistencia carnosa, gelatinosa con talo robusto, erecto, con ramificación abundante desde la base de manera dicotómica a subdicotómica. Los filamentos son cilíndricos, adelgazándose paulatinamente hacia el ápice. Muestran colores desde amarillo verdosos con ligera coloración marrón en los ápices a

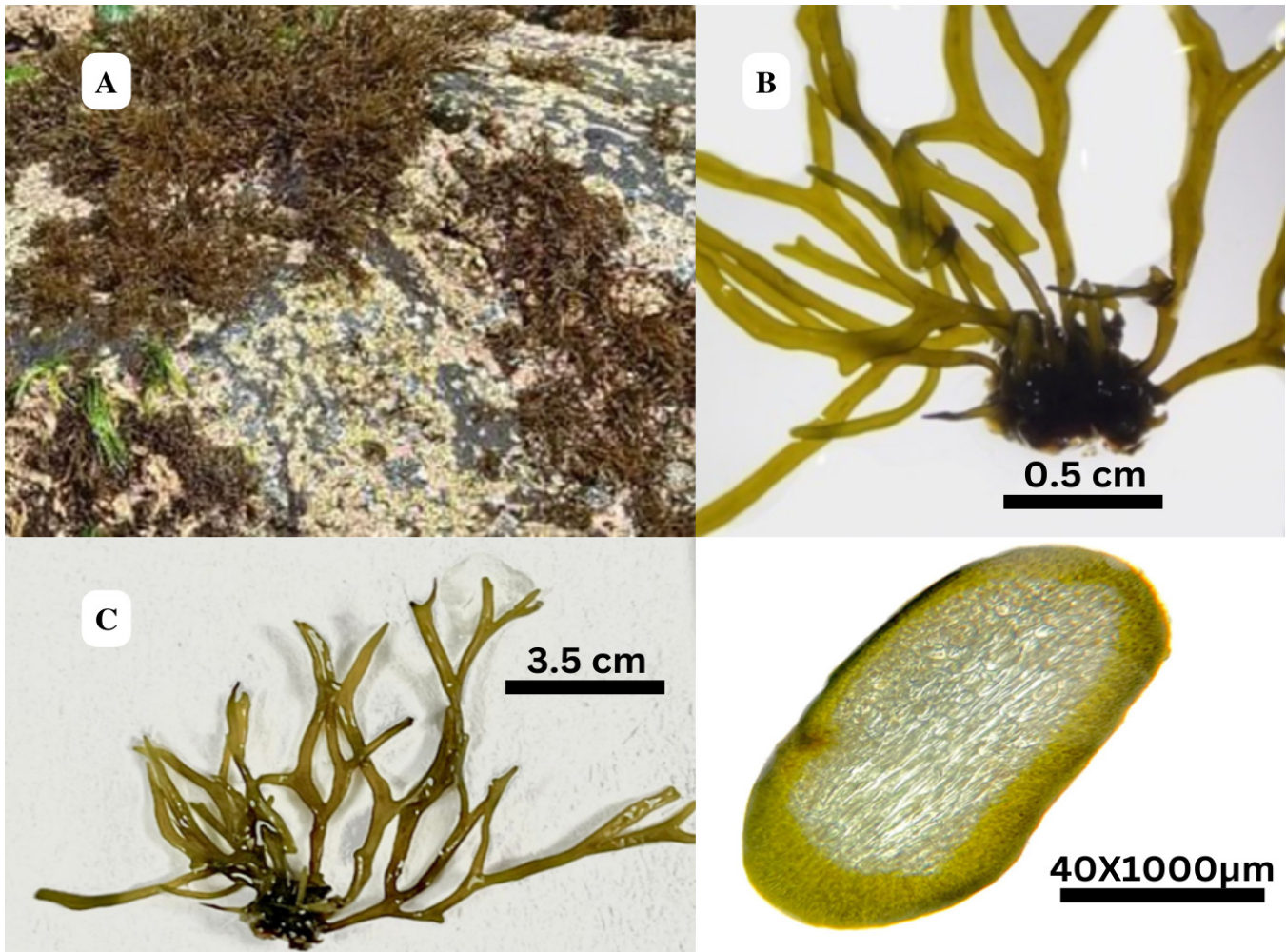
coloraciones doradas a rojizas. De acuerdo con Pedroche y Ávila (1996), aquellos individuos que presentan color verde son talos juveniles, ya que al madurar los pigmentos provocan coloraciones rojizas.

**Hábitat:** se encuentran en la zona meso mareal alta, adherido a sustrato rocoso.

**Distribución en El Salvador:** departamento de La Libertad: La Curva de Don Gere, municipio de Tamanique; con coordenadas: N13° 29' 12.259" W89° 18' 27.759" y Playa La Tusera en el municipio de Jicalapa, con coordenadas: N13°29'50.8" W089°28'54.4".

Especie: *Chnoospora pacifica* J. Agardh 1847.

(Phylum: Ochrophyta, Clase: Phaeophyceae, Orden: Ectocarpales, Familia: Scytosiphonaceae)



A-E: *Chnoospora pacifica*. (A) Hábitat: creciendo adherida a rocas en zona de rompiente de olas, (B) Ramificación simpodial, dicotómica; (C) Crecimiento apical del talo; (D) Vista al estereoscopio del organismo con tamaño de fronda de 3.5 cm constituidos por talos ramificados o comprimidos y ásperos al tacto. (E) Corte transversal donde se muestran las células corticales fuertemente pigmentadas de color pardo.

### Sinónimos:

- *Choospora fastigiata* J. Agardh 1848.
- *Choospora fastigiata* var. *pacifica* (J.Agardh) J.Agardh 1848.

**Descripción:** algas de color amarillo-marrón, poseen talos ramificados o comprimidos, uniseriados con organización heterótrica, gregarios, epilíticos, unidos al sustrato mediante un disco basal, erectos, rígidos, ásperos, coriáceos, comprimidos, pero con ápices obtusos, con ramificación dicotómica a subdicotómica, en uno o varios planos, de segundo a tercer orden. Los ejes se ensanchan ligeramente en cada dicotomía. Los segmentos presentan un ancho uniforme (excepto en la ramificación, donde son ligeramente mayores). En el corte transversal, se observa una capa de células corticales y grupos dispersos de color dorado con formas que van de ovaladas a

rectangulares, por debajo hay 1 a 2 capas de células más pequeñas, de forma redondeada que forman la sub corteza.

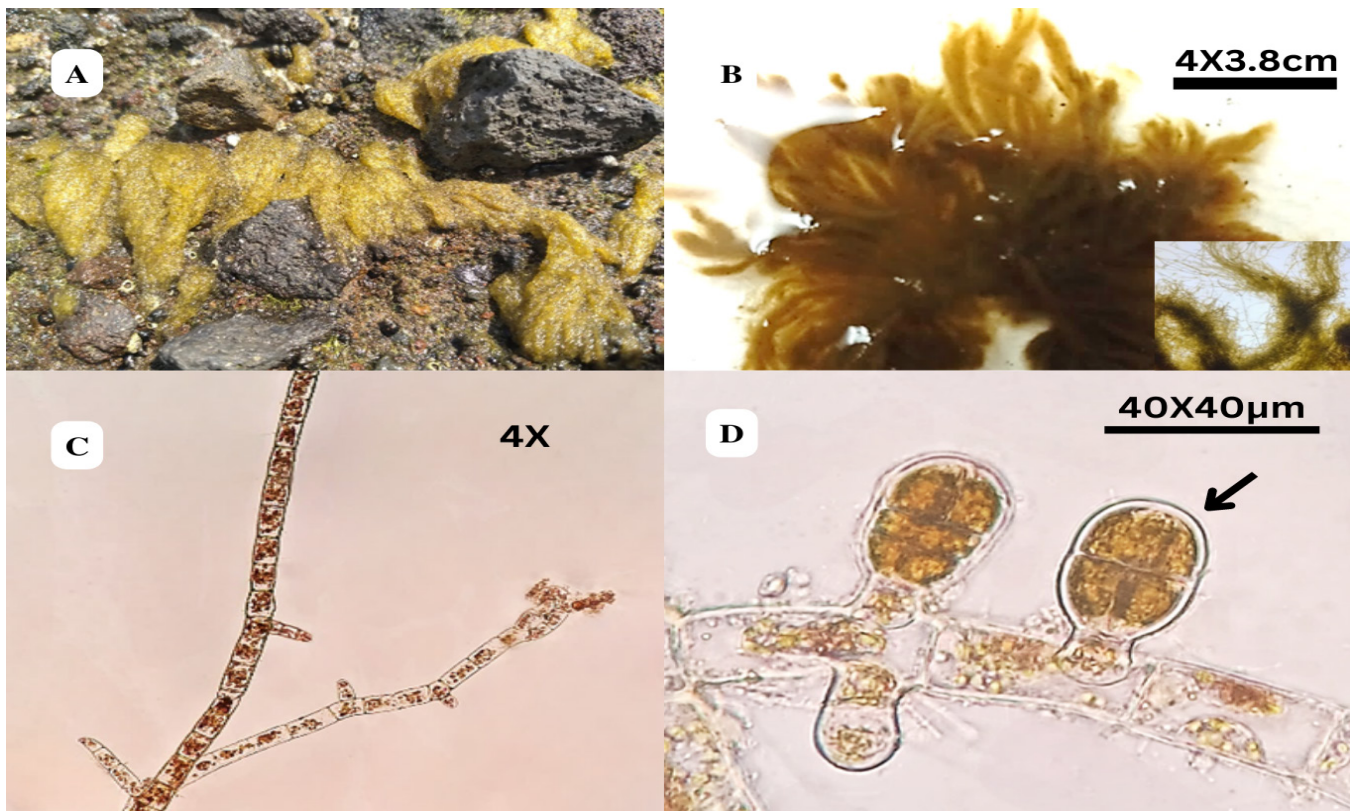
**Hábitat:** Litoral rocoso, zona de rompiente de olas.

**Distribución en El Salvador:** departamento de La Libertad: La Curva de Don Gere, municipio de Tamanique; con coordenadas: N13° 29' 12.259" W89° 18' 27.759" y Playa Pital en Mizata municipio de Teotepeque con coordenadas 13°30'43.8"N 89°36'21.0"W.

**Distribución mundial:** Centroamérica: El Salvador, Nicaragua, México (Pacífico). Atlántico Occidental: Trópico América del Sur: Islas Galápagos (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).

Especie: *Asteronema breviarticulatum* (J. Agardh) Ouriques & Bouzon 2000.

(Phylum: Ochrophyta, Clase: Phaeophyceae, Orden: Scytothamnales, Familia: Asteronemataceae)



A-D: *Asteronema breviarticulatum*. (A) Hábito de la especie: creciendo postrada en forma de mechones adheridos a las rocas expuestas al impacto de las olas pero conservan una consistencia suave al tacto (B) Vista al estereoscopio de la especie, donde es posible observar la apariencia de las hebras suaves al tacto; (C) Filamento uniseriado, eventualmente ramificado observado a 4x, destacando las agrupaciones de cloroplastos con el característico color dorado y (D) Estructuras reproductivas de la especie vistas al microscopio en 40x.

## Sinónimos:

- *Hincksia breviarticulata* (J.Agardh) P.C.Silva 1987.
- *Feldmannia breviarticulata* (J.Agardh) Pham-Hoàng Hô 1969.
- *Ectocarpus breviarticulatus* (J.Agardh) 1847.

**Descripción:** algas marinas que expuestas en rocas intermareales son de color amarillo a marrón dorado. Los talos forman mechones de filamentos entrelazados, con la apariencia de hebras deshiladas en las puntas. Los filamentos son uniseriados e irregularmente ramificados y también se puede apreciar ramas cortas en forma de gancho. El crecimiento es a partir de divisiones celulares intercalares. En las ramas se pueden observar los esporangios en posición adaxial, que pueden ser tanto uniloculares como pluriloculares. Los esporangios se caracterizan por poseer una forma casi iso diamétrica de entre 20 a 50  $\mu\text{m}$ . En los especímenes recolectados para este estudio se pudo apreciar esporangios uniloculares con diámetro entre los 25  $\mu\text{m}$  hasta los 40  $\mu\text{m}$ . Las células de sus filamentos pueden medir entre 25 a 33  $\mu\text{m}$  de ancho y entre 60 a 80  $\mu\text{m}$  de largo.

**Hábitat:** sobre sustrato rocoso en pozas intermareales y rompiente de olas.

**Distribución en El Salvador:** departamento de La Libertad: La Curva de Don Gere, municipio de Tamanique con coordenadas 13° 29' 12.259"N 89° 18' 27.759"W y Playa El Pital, Mizata municipio de Teotepeque, con coordenadas 13°30'43.8"N 89°36'21.0"W.

**Distribución mundial:** común en todos los mares cálidos, con reportes en Islas del Pacífico (Hawái), en América del Norte (Isla Guadalupe), en Centroamérica (El Salvador y Costa Rica), Islas del Caribe (Barbados, Jamaica, Antillas, Trinidad), por América del Sur (Brasil, Colombia, Venezuela), también con reportes en Japón, China, Taiwán, Australia y Nueva Zelanda (Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on July 2022).

## Discusión

Contrario a lo que se esperaría, los litorales rocosos expuestos al alto impacto del oleaje presentan importantes poblaciones de algas marinas que soportan la alta energía del oleaje gracias a las adaptaciones que presentan, por ejemplo, talos con texturas rígidas y fuertemente ramificados como se observó principalmente en *Chaetomorpha antennina*, *Chnoospora pacifica*, *Hypnea pannosa* y *Gracilaria mammillaris*. Dichas adaptaciones, tal como lo afirman Aschwin et al (2005) les han permitido desafiar a la fuerza hidrodinámica y al desprendimiento de los sustratos, logrando establecer poblaciones significativas en las zonas de alta energía por la fuerza del oleaje. Los autores también mencionan los cambios de coloración de los talos como una forma de adaptarse a la fuerte radiación solar en las zonas de alto impacto; lo anterior, se pudo observar en el caso de *Dermonema virens* que fue recolectada en dos sitios: sobre los rompeolas en la Curva de Don Gere, donde predominó el color amarillo verdoso y café claro, y en la playa La Tusera, donde además de los colores antes mencionados, se recolectaron algas de color rojizo en zonas expuestas a la radiación solar y alejadas del fuerte impacto del oleaje. Por lo anterior, se podría inferir que la especie, es capaz de concentrar en mayor o menor proporción de los pigmentos accesorios que enmascaran a la clorofila a, para protegerla de la foto destrucción; sin embargo, Pedroche y Ávila (1996), sostienen que la diferencia de coloración entre individuos de *D. virens* se debe al grado de madurez del talo, prevaleciendo los colores claros en las etapas juveniles.

*Asteronema breviarticulatum*, es un alga filamentosa que se observó creciendo de forma abundante sobre rocas expuestas a fuerte oleaje en la playa El Pital y también en los rompeolas y las paredes de las piletas artificiales en la Curva de Don Gere. Cuando se removían los talos del sustrato, se observó una gran cantidad de moluscos juveniles bajo la protección de los talos. Esta alga también fue informada en las playas rocosas, expuestas al fuerte oleaje en el departamento de La Libertad, específicamente en Sol y Mar,

ahora Curva de Don Gere y en la playa El Zonte por Avilés R. and J.S. Canjura en 1979, como *Ectocarpus breviarticulatus*.

También fue posible observar los tipos de ensamblajes y relaciones que establecen las algas con invertebrados y otras especies de algas epífitas, tal es el caso de *Ulva flexuosa* y los tubícolas observados creciendo sobre *Gracilaria mammillaris*. De acuerdo con Quiroz-González et al. (2023) es común encontrar algas del género *Ulva* epifitando diferentes basioobiontes de macroalgas. En el estudio se pudo ver como las intervenciones humanas, como la creación de pozas intermareales con rompeolas artificiales resultan ser una estrategia atractiva para el turismo y favorece el crecimiento de poblaciones de algas.

*Wurdemannia miniata*, solamente fue encontrada sobre las paredes y el fondo arenoso de las pozas artificiales de la Curva de Don Gere; en cambio las algas *Chaetomorpha antennina*, *Chnoospora pacifica* y *Asteronema breviarticulatum*, se encuentra bien adaptadas a zona de fuerte oleaje y no se encontraron ni en las pozas de marea de la playa El Pital, ni en las pozas artificiales. *Hypnea panosa* y *Dermonema virens*, ambas especies del Phylum Rhodophyta fueron recolectadas en sustrato rocoso en la plataforma intermareal.

De las nueve especies descritas en este estudio, la mayoría cuentan con registros en la colección y base de datos de algas marinas del herbario de la escuela de Biología (ITIC) de la universidad de El Salvador, a excepción de *Wurdemannia miniata*, porque a pesar de ser informada por Gutiérrez en 1985 y por Avilés and Canjura en 1979; estos investigadores no dejaron muestras secas en el herbario.

## Conclusiones

Las algas desempeñan funciones polifacéticas en el ecosistema costero, desde la producción primaria hasta posibles aplicaciones económicas; sin embargo, en El Salvador, el estudio taxonómico de las algas marinas, su distribución y abundancia en los litorales rocosos, así como su estado actual representa un importante desafío científico, tomando

en cuenta que gran parte de la biodiversidad marina depende de ellas, para alimentarse y como sitios de reproducción y refugio. Lo anterior, implica realizar constantes investigaciones que permitan actualizar el conocimiento de los procesos que regulan los patrones de diversidad y abundancia de estas poblaciones, así como de sus interacciones espaciales y temporales sobre todo enfocados en la conservación de este valioso recurso.

Para lograr una mejor comprensión de los impactos que pueden causar perturbación en las poblaciones vegetales a mediano y largo plazo, las colecciones de herbario resultan instrumentos imprescindibles para un país; es por ese motivo que se vuelve necesario proseguir los esfuerzos de identificación taxonómica y preservación de muestras de la flora algal, misma que ofrecen oportunidades de intercambio de información con herbarios de otros países, apoyo a actividades educativas y de investigación, fomentando una mejor comprensión de la biodiversidad marina y la dinámica de los ecosistemas salvadoreños. Así mismo, se genera información importante para futuros estudios aplicados y para la conservación de nuestros ecosistemas.

## Agradecimientos

A la Licenciada Eunice Ester Echeverría por hacer posible el viaje para fotografiar los microambientes en La Curva de Don Gere y compartir las fotografías; a los compañeros del ICMARES, Jaime Fernando Castillo y a Yuri Agarin Trejo, por la elaboración del mapa y al maestro Oscar Molina Lara investigador del ICMARES por colaborar con el trabajo de campo.

## Referencias

- Abbott I, Huisman J. 2004. Marine green and brown algae of the Hawaiian Islands. Bishop Museum Press. pp 157-158.
- Afaq-Husain S, Shameel M, Usmanghani K, Ahmad M, Perveen S, Uddi-Ahmad V. 1991. Brominated sesquiterpene metabolites of *Hypnea pannosa* (Gigartinales, Rhodophyta). J Appl Phycol. 3. [accessed 2022 Oct 15]. <https://doi.org/10.1007/BF00003692>.

- Albis Salas MR, Alden J, Camacho Hadad OM, Collin R, Díaz Ruiz MC, Driskell A, Fernández García C, Fikes R, Fredericq S, Freshwater DW, et al. 2008. Field Guide to Common Marine Algae of the Bocas del Toro Area. Bocas del Toro, Panamá: Bocas Research Station's Training in Tropical Taxonomy program.
- Aviles, R. and J.S. Canjura. 1979. Lista preliminar de algas macroscópicas de playas rocosas de El Salvador I. Com. Biol. 1: 5–15.
- Barraza, J.E. 2017. La sensibilidad ambiental de los ecosistemas costeros de El Salvador ante derrames de hidrocarburos. Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI),
- Britton, Nathaniel Lord, - Millspaugh, Charles Frederick, 1920 Flora of Bermuda. New York Botanical Garden.
- Castro Avilés, M. Tejada O. L. 1993. Algunos Aspectos de la Dinámica Poblacional de cinco géneros de macroalgas Phaeophytas en dos ambientes rocosos de la zona intermareal de El Salvador. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias y Humanidades. Universidad de El Salvador. El Salvador.
- Collins, F.S. Hervey, A.B. 1917. The algae of Bermuda. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 53: 1-195, 6 pls.
- Engelen AH, Åberg P, Olsen JL, Stam WT, Bree-man AM. 2005. Effects of wave exposure and depth on biomass, density and fertility of the fu-coid seaweed *Sargassum polyceratium* (Phaeophyta, Sargassaceae). European Journal of Phycology. 40(2):149-158. doi:10.1080/09670260500109210.
- Fernández-García C, Riosmena-Rodríguez R, Wysor B, Tejada, O.L, Cortés J. 2011. Check-list of the Pacific marine macroalgae of Central América. Botánica Marina. 54(1). doi:10.1515/bot.2011.001. [accessed 2023 Feb 2]. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bot.2011.001/html>.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2009. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Gutiérrez, L.A. 1985. Flora ficológica de El Salvador. Una propuesta integral para su estudio. M.Sc. tesis, Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México (UNAM), México D.F.
- López-Victoria M, Cantera JR, Díaz J.M, Roza D.M, Posada B.O, Osorno A. 2004. Estado de los litorales rocosos en Colombia: acantilados y playas rocosas. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR).
- Norris JN. 2010. Marine Algae of the Northern Gulf of California: Chlorophyta and Phaeophyceae. Washington D.C.: Smithsonian Institution Scholarly Press. searched on 04 November 2022.
- Norris JN. 2014. Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta. Smithsonian Contributions to Botany (96):1–555. doi:10.5479/si.19382812.96.
- Orantes Ramos T.E and Vieyetz Basagoitia B. 2004. abundancia y distribución de *Pyrodinium bahamense* en fase vegetativa y quística, en las playas: el Sunzal, Taquillo y Mizata, departamento de La Libertad, El Salvador. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias y Humanidades. Universidad de El Salvador. El Salvador.
- Pedroche F, Avila A. 1996. Aspectos morfológicos vegetativos y reproductivos de *Dermonema* (rhodophyceae: liagoraceae) en México. Acta Botánica Mexicana.
- Quiroz-González N, León-Álvarez, Rivas-Acuña M. 2017. New records of marine green algae (Ulvophyceae) from Tabasco, México. 121-138. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm118.2017.1204>

Quiroz-González N, Aguilar-Estrada LG, Acosta-Calderón JA, Álvarez-Castillo L, Arriola-Álvarez F. 2023. Biodiversity of epiphytic marine macroalgae in México: composition and current status. *Botánica Marina*. 66(3):181–189. doi:[10.1515/bot-2023-0009](https://doi.org/10.1515/bot-2023-0009).

Titlyanov A, Titlyanov V, Li X, Huang H. Coral reef marine plants of Hainan Island. Academic Press. 2017 [accedido 2023 Ene 16]; 75-228. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811963-1.00004-4>





# AQUACIENCIA ICMARES



<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/aqi>