

Ficoteca del Herbario de la Universidad de Sonora: una contribución al estudio de las macroalgas y los ecosistemas marinos del noroeste del país.

Phycotheque of the Herbarium of the University of Sonora: a contribution to the study of macroalgae and marine ecosystems in the northwest of the country.

Erick José Ponce-Manjarrez, Perla Urquidez-Bejarano y Manuel Higinio Sandoval-Ortega^{1*}.

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

¹Herbario USON, Niños Héroes s.n., Colonia Centro, Hermosillo, Sonora. Tel: 662-259-2169 ext. 8185.

Email: manuelhiginio.sandoval@unison.mx

Ponce-Manjarrez, E.J., P. Urquidez-Bejarano & M. H. Sandoval-Ortega. 2022. Ficoteca del Herbario de la Universidad de Sonora: una contribución al estudio de las macroalgas y los ecosistemas marinos del Noroeste del país. *Cymbella* 8(2-3): 38-45.

<https://cymbella.fciencias.unam.mx>

RESUMEN

Las ficotecas son colecciones científicas indispensables para el estudio y conservación de los ambientes acuáticos, ya que permiten tener un registro de la presencia, distribución y diversidad de algas macroscópicas. En octubre de 2022 se inauguró la Ficoteca del Herbario USON, de la Universidad de Sonora, una colección seca de macroalgas. La colección incluirá principalmente ejemplares provenientes del Golfo de California, en especial del litoral sonorense. La Ficoteca del Herbario USON inicia con 76 ejemplares de nueve familias, 11 géneros y 16 especies de macroalgas resultado de la primera etapa del proyecto USO313008046. Con la apertura de esta nueva colección se contribuye al estudio de los recursos marinos del estado de Sonora, cuya costa ha sido poco explotada en materia de macroalgas, y al conocimiento del patrimonio natural de la nación.

Palabras clave: colección científica, ficología, ficoteca, Golfo de California,

ABSTRACT

The Sonoran coast has been little explored in terms of macroalgae. Phycotheques are essential scientific

collections for the study and conservation of aquatic environments, since they allow a record of the presence, distribution and diversity of macroscopic or microscopic algae. In October 2022, the Phycotheque of the Herbarium USON was inaugurated, a dry collection of macroalgae that will include mainly specimens from the Gulf of California, mainly from the Sonoran coast. This collection begins with 76 specimens from nine families, 11 genera and 16 species of macroalgae resulting from the first stage of the USO313008046 project. With the opening of this new collection, we contribute to the study of the state's marine resources and the nation's natural heritage.

Keywords: Gulf of California, phycology, phycotheque, scientific collection.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad marina es poco conocida y muchas de las especies que aún no han sido descubiertas habitan en los océanos (Costello *et al.* 2010).

México cuenta con una costa aproximada de 11,150 km, de los cuales 7,828 corresponden al Océano Pacífico-Golfo de California y 3,294 al Golfo de México y mar Caribe (Contreras-Espinosa 2010).

Los mares, costas e islas mexicanas presentan niveles de riqueza, diversidad y endemismo extraordinaria, comparable e incluso mayor que la biota continental, sin embargo, la información suele ser escasa, fragmentada e incluso inexistente (Arriaga-Cabrera *et al.* 2000).

Las macroalgas son un tipo de algas marinas macroscópicas que funcionan como zonas de refugio y hábitat para miles de especies, además, debido a que responden rápidamente a las alteraciones hidro-climáticas pueden ser utilizados como bioindicadores de los posibles impactos o alteraciones en el medio marino (Bouri *et al.* 2021, Chakraborty *et al.* 2014, Foulton *et al.* 2020, Melville 2006). Las macroalgas están comprendidas en tres grandes grupos: Chlorophyta o algas verdes, Rhodophyta o algas rojas, y Phaeophyceae o algas pardas (Dawes 1986).

El primer estudio acerca de este grupo de organismos en golfo de California fue publicado a finales del siglo XIX (Hariot 1895), donde se reportan algunos taxones colectados por León Diguët en La Paz, Baja California; pero fue Dawson quien contribuyó significativamente al conocimiento de la taxonomía, distribución y ecología de macroalgas, con 15 trabajos publicados entre 1941 y 1966 que se generaron a partir de 20 expediciones en la zona costera del Golfo de California, incluida la costa de Sonora (Espinoza-Ávalos 1993).

Si bien entre los años 1970 y 1990 se realizaron estudios de macroalgas marinas del Golfo de California donde se generaron numerosos registros de especies en las costas de Sonora, Baja California y Baja California Sur (Huerta-Múzquiz & Mendoza-González 1985, Mateo-Cid *et al.* 1993, Mateo-Cid & Mendoza-González 1994, Norris 1972, Norris & Norris 1973, Norris *et al.* 2017, Rocha-Ramírez & Siqueiros-Beltrones 1991), aún existe un déficit de información, pues existen sitios menos estudiados e incluso inexplorados (Mateo-Cid *et al.* 2000), como puede ser el caso de gran parte de la extensa zona litoral del estado de Sonora.

COLECTORES DE MACROALGAS EN SONORA

Tras consultar los registros en línea de herbarios y colecciones ficológicas del mundo mediante el portal Macroalgal Herbarium Consortium (disponible en: <https://macroalgae.org/portal/index.php>), el Herbario del Museo Nacional de Historia Natural de Estados Unidos (US, disponible en: <https://collections.nmnh.si.edu/search/botany/>), así como el Herbario del Museo Nacional de Historia Natural de Francia (P, disponible en: <https://www.mnhn.fr/en/algae-collection>), ade-

más de fuentes bibliográficas (Godínez-Ortega 2008, Papenfuss 1976, Setchell & Gardner 1924) e información proporcionada directamente por personal de algunas colecciones, se determinó que fue a finales del siglo XIX y principios del XX cuando comenzó la fase exploratoria en materia de macroalgas del estado de Sonora.

Los ejemplares más antiguos colectados en el estado son de *Padina durvillei* Bory Saint-Vincent, colectados en 1890 por Townshend Stith Brandegee en el municipio Guaymas, este material ahora está depositado en el Herbario de la Universidad de California, Berkeley (UC).

Las primeras colectas en el siglo XX fueron realizadas en 1904 por G. P. Merrill, en el municipio Guaymas y ahora están depositadas en NY y UC. Algunos años más tarde, en 1917, el Dr. Marchant y su esposa D. Marchant también colectaron en Guaymas y algunos de sus ejemplares se encuentran actualmente en el Herbario de la Universidad de Michigan (MICH) y en el Herbario del Jardín Botánico de Nueva York (NY). Posteriormente, en 1921, Ivan Murray Johnston realizó varias colectas en Guaymas y en las Islas San Esteban, San Jorge y San Pedro Mártir, parte de sus ejemplares están depositados en UC. Y en 1923 T. MacDougal obtuvo varias muestras de Puerto Libertad, en el municipio Pitiquito, material que, al menos en parte, ahora se encuentra también en UC y P.

Más tarde, Francis Drouet y Donald Richards, realizaron varias colectas en la costa de Sonora durante 1939, especialmente en los municipios Guaymas, Hermosillo, Huatabampo y Empalme, ejemplares ahora resguardados en el Herbario de la Universidad Butler (BUT), Herbario de la Universidad Duke (DUKE), Herbario de la Academia de Ciencias Naturales de la Universidad Drexel (PH), Herbario de la Universidad Estatal de Oregón (OSC), Herbario del Museo Field de Historia Natural (F), MICH, NY y UC. En UC también se encuentra algo del material colectado por William A. Setchell y Nathaniel L. Gardner en Guaymas durante el año de 1946.

No obstante, fue E. Yale Dawson quien durante esta época muestreó macroalgas en mayor extensión del litoral de Sonora, desde 1940 hasta 1966, en las costas de los municipios Empalme, Guaymas, Pitiquito, Puerto Peñasco, así como en las Islas Alcatraz, Isla Turners, Isla Patos e Isla Tiburón en el municipio de Hermosillo, gran parte de sus ejemplares se encuentran depositados actualmente en diversas colecciones como UC, F, MICH, DUKE, PH, NY, US y el Herbario del Museo de Historia Natural de San Diego (SD). En los años 1960 Dawson realizó

estudios ficológicos en el Golfo de California (Dawson 1966a), entre ellos la primera lista florística en la región de Puerto Peñasco (Dawson 1966b).

Durante las décadas de 1970 a 1990 hubo varios colectores de macroalgas en territorio sonorense, como Max H. Hommersand, quien realizó diversos muestreos en las costas de Puerto Peñasco, Pitiquito, Guaymas y Hermosillo, parte importante de estos ejemplares se encuentran en el Herbario de Algas Max & Fran Hommersand, en la Universidad de Carolina del Norte (NCU-Algae). Por otro lado, R. B. Searles realizó varias colectas en el municipio Puerto Peñasco y sus ejemplares ahora se encuentran en DUKE. De igual modo, James N. Norris colectó numerosos ejemplares y generó diversos registros importantes para la misma zona de Puerto Peñasco (Hollenberg & Norris 1977, Norris & Johansen 1981), que pueden consultarse en UC, US, MICH y el Herbario de la Universidad de Washington (WTU). Durante esta misma época, Mendoza-González y Mateo-Cid (1986), de nacionalidad mexicana, realizaron un estudio acerca de la flora marina de las costas de Sonora, durante el cual realizaron distintos muestreos en Bahía de Kino, Isla Tiburón, Isla Pelícanos y Guaymas, material que fue depositado en el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB).

Entre los trabajos ficológicos publicados en el siglo XXI se encuentra el elaborado por Readdie *et al.* (2006), en el que se incluyen parte de los taxones que habían sido reportados para Sonora previamente. Richard M. McCourt, (coautor de dicho trabajo) colectó ejemplares en el municipio Puerto Peñasco, algunos de los cuales se encuentran depositados en PH.

Años después, Norris *et al.* (2017) llevaron a cabo una revisión sistemática y anotada de las algas marinas rojas, verdes y pardas reportadas para el Golfo de California, en donde se mencionan los taxones que se han registrado en territorio sonorense. Sin embargo, los estudios florísticos publicados acerca de macroalgas exclusivamente de Sonora durante este siglo han sido pocos. Aguilar-Rosas *et al.* (2002), llevaron a cabo muestreos en el municipio San Luis Río Colorado, al norte del estado, en el golfo de Santa Clara, sus ejemplares fueron depositados en ENCB y el Herbario de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (CMMEX). Posteriormente, Mateo-Cid *et al.* (2006), colectaron ejemplares en Puerto Peñasco, los cuales también fueron depositados en ENCB y CMMEX.

Debido a lo anterior, se puede decir que en el caso particular de las costas sonorenses, los estudios

ficológicos de macroalgas son relativamente pocos, a comparación de otras regiones del país, y se han limitado principalmente a la parte norte del estado, en particular a Puerto Peñasco y sitios aledaños, pues esta zona presenta una extrema variación en la temperatura del agua de mar, que va desde 15 °C en los meses de diciembre y enero a 29 °C en julio y agosto, lo cual favorece el desarrollo de especies estacionales; además, se caracteriza por presentar una gran diversidad de hábitats que incluyen zonas intermareales rocosas amplias, protegidas, expuestas y áreas arenosas que permiten el desarrollo de una flora marina distintiva (Mateo-Cid *et al.* 2006), a pesar de que el resto de la franja litoral de Sonora también tiene infinidad de hábitats que favorecen el establecimiento de diversas algas, los estudios en el resto del estado han sido limitados.

Por lo tanto, si se toma en cuenta que los inventarios biológicos proveen el fundamento necesario para detectar y monitorear cambios en los sistemas naturales, evaluar las consecuencias de las actividades humanas sobre dichos sistemas y finalmente planificar el manejo sustentable de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad (Rodríguez-Vargas *et al.* 2010), resulta necesario fomentar el conocimiento de la biodiversidad de macroalgas en el estado para poder sentar las bases de un buen manejo y conservación de la vida submarina y, a su vez, generar estrategias de producción y consumo responsable de los recursos marinos del estado. Además, los pocos estudios realizados han estado enfocados en algunas localidades particulares del norte del estado y fueron realizados durante la mitad del siglo pasado. Por lo que es necesario generar nueva información o actualizar la ya existente sobre los listados biológicos en diferentes localidades del litoral sonorense.

IMPORTANCIA DE LAS FICOTECAS PARA EL ESTUDIO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS

Las colecciones científicas concentran archivos del conocimiento que tienen la cualidad de ser objetos físicos y que son denominados ejemplares, los cuales están depositados en un espacio determinado con el fin de conservarlos y mantenerlos disponibles en el largo plazo (Cristín & Perrilliat 2011).

Así pues, las colecciones biológicas son repositorios de información sobre biodiversidad, suelen ser la base para estudios de sistemática, ecología y biogeografía de diversos taxones, que además proporcionan datos relevantes para planes de manejo y conservación de especies o de un área

determinada (Solé 2009), por lo que resultan fundamentales para la conservación del patrimonio biológico.

Las Ficotecas son colecciones científicas en donde se resguardan ejemplares de algas, tanto microscópicas como macroscópicas. Este tipo de colecciones pueden ser húmedas o secas; la ficoteca húmeda está conformada por especímenes depositados en frascos y viales de vidrio que los conservan en soluciones fijadoras neutralizadas, mientras que la ficoteca seca, está conformada por especímenes deshidratados y prensados, que pueden ser montados en pliegos, fichas o álbumes (García & Solé 2018).

Debido a la importancia de las algas como productores primarios en los ecosistemas marinos, así como sus usos industriales y alimenticios, las ficotecas son indispensables para el estudio y conservación de los ambientes acuáticos, ya que permiten tener un registro de la presencia, distribución y diversidad de taxones de este grupo de organismos.

ESTUDIO DE MACROALGAS MARINAS DE LA ZONA LITORAL DEL ESTADO DE SONORA Y APERTURA DE LA FICOTECA DEL HERBARIO USON

En agosto del 2022 se inició el proyecto USO313008046 "Macroalgas marinas de la zona litoral del estado de Sonora", financiado por la Universidad de Sonora, con el objetivo de obtener ejemplares de macroalgas en distintas localidades costeras del estado de Sonora.

Como parte de este proyecto se realizaron muestreos (Fig. 1) en zonas intermareales de Puerto Peñasco (municipio Puerto Peñasco) y submareales de Isla Tiburón (municipio Hermosillo), con base en la metodología propuesta por García & Solé (2018), con algunas modificaciones: los ejemplares fueron depositados en bolsas plásticas resellables debidamente etiquetadas y se fijaron con formaldehído diluido al 4% con agua de mar filtrada mediante una membrana Millipore® de 0.45 µm. Para cada ejemplar se tomó una muestra de tejido que fue depositada en un tubo Eppendorf® etiquetado con el mismo número que el ejemplar al que corresponde la muestra, el cual fue almacenado en un ultracongelador (New Brunswick Scientific® U570) a -80 °C para que pueda ser utilizado en análisis moleculares, químicos y pigmentarios.

Los ejemplares colectados fueron llevados al laboratorio de Ecología Marina del Departamento

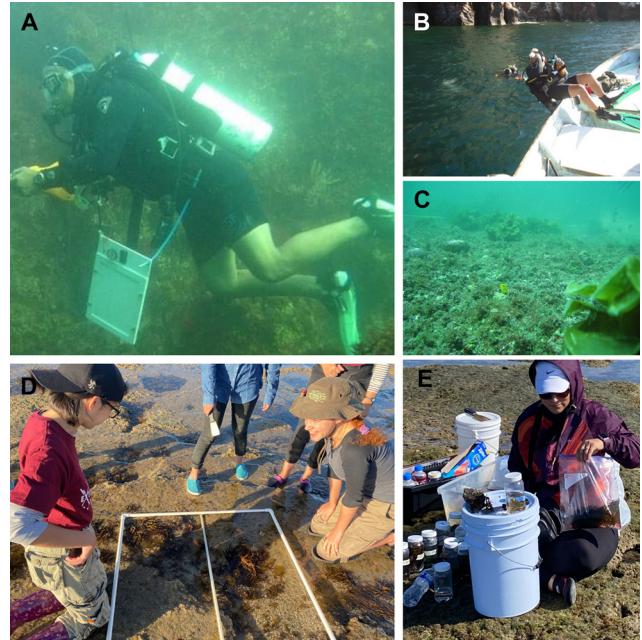


Figura 1. Colecta de muestras de macroalgas en el litoral de Sonora. **A, B, C:** colecta de macroalgas en la zona submareal de Isla Tiburón. **D, E:** Colecta de macroalgas en zona intermareal de Puerto Peñasco.

de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS), donde se identificaron mediante bibliografía especializada (Dawson 1944, Norris & Bucher 1976, Norris 2010, 2014, Readdie *et al.* 2006). La nomenclatura de los taxones fue revisada y actualizada con la consulta de la base de datos AlgaeBase (Guiry & Guiry 2023). Una vez identificados, fueron prensados y deshidratados.

Además de la identificación y el herborizado del material, era necesario contar con un espacio para depositar los ejemplares, para que pudieran ser corroborados y consultados para nuevos estudios. El día 5 de octubre de 2022 se inauguró la Ficoteca del Herbario USON, una colección seca de macroalgas que incluirá principalmente especímenes provenientes del Golfo de California, en especial del litoral sonorense (Fig.2), que se encuentra a cargo de Manuel Higinio Sandoval Ortega.

Esta colección contará con ejemplares de respaldo de los taxones registrados en Sonora, además se incluirá material de otros estados mediante el



Figura 2. Evento de inauguración de la Ficoteca del Herbario USON el 5 de octubre de 2022.

intercambio con otras colecciones ficológicas del país. Además, los registros y ejemplares depositados en esta nueva colección científica servirán de apoyo de proyectos de investigación correspondientes a las áreas prioritarias de generación del conocimiento del DICTUS: Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Biociencias Moleculares y Biotecnología.

La ficoteca es una colección anexa al herbario USON, independiente a la de plantas vasculares, que cuenta con una numeración propia y con un formato de etiqueta distinto, en donde se incluyen datos importantes del ambiente donde habitan estos organismos, como la profundidad en la que fueron colectados, la temperatura del agua, el sustrato y si el ejemplar fue fijado en formol o no (Figura 3). Físicamente, esta colección ficológica se encuentra en la sala “José Jesús Sánchez Escalante” del Museo y Biblioteca de la Universidad de Sonora, en la ciudad de Hermosillo, mientras que las muestras de tejido están almacenadas en el ultracongelador del Laboratorio de Ecología Marina, en el edificio 7G de Ciudad Universitaria, también en la ciudad de Hermosillo.

El reglamento para las visitas a la ficoteca, la consulta del material y el intercambio con otras instituciones es el mismo que para las demás colecciones del Herbario USON y puede consultarse en apartado de políticas y reglamento de la página oficial del Herbario: <http://herbario.uson.mx/> Cada ejemplar que ingresa a la Ficoteca del herbario USON recibe un folio y se registra en el libro del herbario de la colección de algas (Fig. 3). Adicionalmente, se cuenta con una base de datos que es administrada a través del portal Macroalgal Herbarium Consortium (www.macro-

FICUSON

A

FAMILIA

Nombre científico

Det: nombre de quien identificó y fecha

PAIS: Estado. Mpio.: Localidad y hábitat (el hábitat es opcional). coordenadas, profundidad, temperatura.

Col: nombre del colector número de colecta fecha de colecta

Observaciones:

B

	Familia	Especie	Colector	# de colecta	Fecha
000001	Gracilariaceae	Codium sp.	E. J. Pérez-Monje	8	22/04/2022
000002	Cucleraceae	Cucleria vesiculosa P. J. J.	E. J. Pérez-Monje	6	22/04/2022
000003	Sargassaceae	Sargassum sinclairii	E. J. Pérez-Monje	1	22/04/2022
000004	Halymeniaceae	Halymenia setigera	E. J. Pérez-Monje	4	22/04/2022
000005	Desmarestiaceae	Desmarestia sp.	P. Lozano-Begano	7	22/04/2022
000006	Scytosiphonaceae	Cutleria tuberculata	P. Lozano-Begano	4	22/04/2022
000007	Scinaiaceae	Scinaia johnstoniae	E. J. Pérez-Monje	3	22/04/2022
000008	Rhodomeniaceae	Rhodomenia dissoluta	P. Lozano-Begano	2	22/04/2022
000009	Cucleraceae	Cucleria sp.	P. Lozano-Begano	6	22/04/2022
000010	Scinaiaceae	Scinaia sp.	P. Lozano-Begano	8	22/04/2022
000011	Halymeniaceae	Halymenia sp.	P. Lozano-Begano	1	22/04/2022
000012	Rhodomeniaceae	Rhodomenia sp.	P. Lozano-Begano	3	22/04/2022
000013	Dyctotaceae	Dyctota sp.	E. J. Pérez-Monje	5	22/04/2022
000014	Rhodomeniaceae	Rhodomenia sp.	P. Lozano-Begano	2	22/04/2022
000015	Gracilariaceae	Gracilaria sp.	E. J. Pérez-Monje	1	22/04/2022

Figura 3. Imagen superior: Formato de la etiqueta de los ejemplares depositados en la colección. **Imagen inferior:** Libro de registros de la Ficoteca del Herbario USON.

algae.org/portal/). El uso de este portal facilita el acceso a la información, pues permite que los datos de cada espécimen sean consultados en línea, además de que pueden incluirse fotografías tomadas durante el proceso de identificación del material, así como del ejemplar herborizado (Fig. 4) y antes de herborizar. La ficoteca, al igual que la colección de plantas vasculares de USON, tiene como regla ingresar los registros de los ejemplares a la base de datos disponible en línea antes de que el material ingrese físicamente a los gabinetes de la colección.

Los ejemplares de macroalgas depositados en la colección están separados en tres grandes grupos: Rhodophyta, Phaeophyceae y Chlorophyta. Dentro de cada uno de estos grupos los ejemplares están organizados alfabéticamente por familias, géneros y especies.

La Ficoteca del Herbario USON incluye, hasta el momento, 76 ejemplares de macroalgas (Fig. 5) resultado de la primera etapa del proyecto USO313008046. Este material pertenece a nueve familias: Gracilariaceae, Sargassaceae, Halymeniaceae, Desmarestiaceae, Scytosiphonaceae, Scinaiaceae, Rhodomeniaceae, Cutleriaceae, Dyctotaceae, Rhodomelaceae, 11 géneros y 16 especies, que fueron colectados en los municipios Puerto Peñasco y Hermosillo. Los registros de la colección pueden consultarse en el siguiente enlace:



Ficoteca del Herbario de la Universidad de Sonora (UNISON-Ficoteca-USON)

La Ficoteca del Herbario USON, es una colección seca de macroalgas que incluye principalmente especímenes provenientes del Golfo de California, en especial del litoral sonorense.

Antes de encontrarse físicamente en el mismo edificio, la Ficoteca funciona como una colección independiente a la de plantas vasculares, con una numeración y organización propia.

El objetivo de esta colección es conservar ejemplares de macroalgas que sirven como registro de los taxones reportados para los mares de Sonora, con lo que se contribuye al conocimiento de la riqueza biológica de los ecosistemas marinos del estado, así como del patrimonio natural del país.

Curador: Manuel Higinio Sandoval Ortega, manuelhiginio.sandoval@unison.mx

Collection Type: Preserved Specimens

Management: Live Data managed directly within data portal

Global Unique Identifier: F5c81123-271-410d-9e56-416e5d6e9947

Live Data Download: [Data Access File](#)

Digital Metadata: [EML File](#)

Usage Rights: [CC0 1.0 \(Public domain\)](#)

Figura 4. Colección digital de la Ficoteca del Herbario USON en el portal Macroalgal Herbarium Consortium. **Imagen superior:** Perfil de la colección; **imagen inferior izquierda:** Listado de algunos de los registros con imágenes, **imagen inferior derecha:** Detalle del registro de un ejemplar de *Scinia johnstoniae* Setch., en el que se muestran fotografías del ejemplar antes y después de ser herborizado

<https://macroalgae.org/portal/collections/misc/collprofiles.php?collid=72>

Falta mucho por hacer respecto al conocimiento de las macroalgas del estado de Sonora, que es el segundo más grande del país y cuyo territorio marítimo corresponde a uno de los océanos más diversos del mundo, por lo que es necesario continuar con la elaboración de inventarios, que aumenten el número de registros y que den a conocer la distribución de los distintos taxones, para evaluar las poblaciones y biología de estos. Para lograrlo, será necesario formar grupos interdisciplinarios, para facilitar el acceso a la información generada y la colaboración con distintas instituciones y organizaciones tanto nacionales como extranjeras. Con la apertura de esta nueva colección el Herbario de la Universidad de Sonora se diversifica y contribuye al conocimiento de la riqueza biológica de los ecosistemas marinos sonorenses, así como del patrimonio natural del país.

REFERENCIAS

Aguilar-Rosas, L.E., R. Aguilar-Rosas, L.E. Mateo-Cid, & A.C. Mendoza-González. 2002. Marine algae from the Gulf of Santa Clara, Sonora, Mexico. *Hydrobiologia* 477: 231-238. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1021003909478>

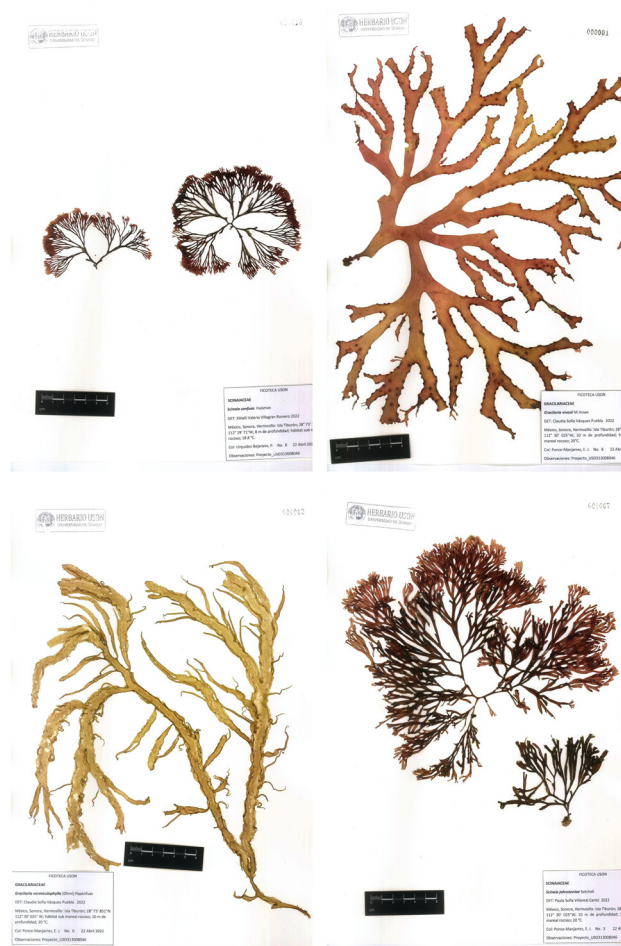


Figura 5. Muestra de algunos ejemplares de macroalgas depositados en la Ficoteca del Herbario USON.

Arriaga-Cabrera, L., V. Aguilar-Sierra & D. Alcocer-Durand. 2000. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. CONABIO, México.

Bouri, I., O. Rouane-Hacene, & Z. Boutiba. 2021. Ecological diagnosis of the marine environment of the Algerian West Coast using benthic macroalgae. *Ukrainian Journal of Ecology* 11: 13-20. DOI: https://doi.org/10.15421/2021_262

Chakraborty, S., T. Bhattacharya, G. Singh, & J.P. Maity. 2014. Benthic macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in the marine environments: A biomonitoring approach for pollution assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 100: 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.12.003>.

Contreras-Espinosa F. 2010. *Ecosistemas costeros mexicanos: Una actualización*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

Costello, M.J., M. Coll, R. Danovaro, P. Halpin, H. Ojaveer, & P. Miloslavich. 2010. A census of marine biodiversity knowledge, resources, and future challenges. *PLoS*

- ONE 5(8): e12110. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012110>
- Cristín, A. & M.C. Perrilliat. 2011. Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 63: 421-427. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222011000300004&lng=es&nrm=iso
- Dawes, C.J. 1986. *Botánica Marina*. Limusa, México.
- Dawson, E.Y. 1944. The marine algae of the gulf of California. *Allan Hancock Pacific Expeditions*. Vol. 3, No. 10, University of Southern California Press, Los Angeles.
- Dawson, E.Y. 1966a. Marine algae in vicinity of Puerto Peñasco Sonora, Mexico. *The University of Arizona, Gulf of California field guide series 1*, Arizona.
- Dawson, E.Y. 1966b. New records of marine algae from the Gulf of California. *Journal of the Arizona Academy of Sciences* 4: 55-66.
- Espinoza-Ávalos, J. 1993. Macroalgas Marinas del Golfo de California. In: Salazar-Vallejo, S.I. & N. E. González. Eds. *Biodiversidad Costera y Marina de México*. CONABIO y CIQRO, México, pp. 328-357.
- Foulton, C.J., C. Berkström, S.K. Wilson, R.A. Abesamis, M. Bradley, C. Åkerlund, L.T. Barrett, A.A. Bucol, D.H. Chacin, K.M. Chong-Seng, D.J. Coker, M. Depczynski, L. Eggertsen, M. Eggertsen, D. Ellis, N.A.J. Graham, A.S. Hoey, T.H. Holmes, M. Kulbicki, P.T.Y. Leung, P.K.S. Lam, J. van Lier, P.A. Matis, M.M. Noble, A. Pérez-Matus, C. Piggott, B.T Radford, S. Tano, & P. Tinkler. 2020. Macroalgal meadow habitats support fish and fisheries in diverse tropical seascapes. *Fish and Fisheries* 21: 700-717. <https://doi.org/10.1111/faf.12455>
- García, G. & M. Solé. 2018. *Manual de procedimientos y gestión de herbarios y ficotecas de macroalgas*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas.
- Godínez-Ortega, J.L. 2008. Colectores de Algas de México (1787-1954). *Acta Botánica Mexicana* 85: 75-97. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm85.2008.1074>
- Guiry, M.D., & G.M. Guiry. 2023. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org> (consultado 26 de enero de 2023).
- Hariot, P. 1895. Algues du Golfe de Californie, recueillies par M. Diguët. *Journal de Botanique* 9: 167-170.
- Hollenberg, G.J. & J.N. Norris. 1977. The red alga *Polysiphonia* (Rhodomelaceae) in the Northern Gulf of California. *Smithsonian Contributions Marine Sciences* 1: 1-21.
- Huerta-Múzquiz, L. & A.C. Mendoza-González. 1985. Algas marinas de la parte sur de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Phytologia* 59: 35-57. Accesible en: BioStor: <https://biostor.org/reference/208345>
- Mateo-Cid, L.E., & A. Mendoza-González. 1994. Algas marinas bentónicas de Todos Santos, Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 29: 31-47. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm29.1994.721>
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, C. Galicia-García & L. Huerta-Múzquiz. 2000. Contribución al estudio de las algas marinas bentónicas de Punta Arena y Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 53: 55-73. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm52.2000.856>
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, R. Aguilar-Rosas & L.E. Aguilar Rosas. 2006. Algas marinas bentónicas de Puerto Peñasco, Sonora, México. *Hidrobiológica* 16: 45-65. Accesible en: <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1008>
- Mateo-Cid, L.E., I. Sánchez-Rodríguez, Y.E. Rodríguez-Montesinos & M.M. Casas-Valdez. 1993. Estudio florístico de las algas marinas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 19: 41-60. DOI: <https://doi.org/10.7773/cm.v19i1.921>
- Melville, F. & A. Pulkownik. 2006. Investigation of mangrove macroalgae as bioindicators of estuarine contamination. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1260-1269. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.02.021>
- Mendoza-González, A.C. & L.E. Mateo-Cid. 1986. Flora marina bentónica de la costa noroeste del estado de Sonora, México. *Phytologia* 60: 414-427. Accesible en: <https://biostor.org/reference/208377>
- Norris, J.N. 1972. Marine algae of the 1969 cruise of "Makrele" to the northern part of the Gulf of California. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 32: 1-30. Accesible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/19fe/ba31953c8e3f0d463622c9bfac790da21692.pdf>
- Norris, J.N. 2010. Marine Algae of the Northern Gulf of California: Chlorophyta and Phaeophyceae. *Smithsonian Contributions to Botany* 94, Washington, D.C.
- Norris, J.N. 2014. Marine alga of the northern Gulf of California II: Rhodophyta. *Smithsonian contributions to Botany* 96, Washington, D.C.
- Norris, J.N., L.E. Aguilar-Rosas, & F.F. Pedroche. 2017. *Conspectus of the benthic marine algae of the Gulf of California: Rhodophyta, Phaeophyceae, and Chlorophyta*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, D.C.
- Norris, J.N. & K.E. Bucher. 1976. New Records of marine algae from the 1974 R/V Dolphin Cruise to the Gulf of California. *Smithsonian Contributions to Botany* 34, Washington, D.C.
- Norris, J.N. & H.W. Johansen. 1981. Articulated coralline algae of the Gulf of California, México, I: *Amphiroa* Lamouroux. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* 9, Washington, D.C.
- Norris, R.E. & J.N. Norris. 1973. *Kallymenia pertusa* (Rhodophyceae, Crytonemiales) from the Gulf of California. *Phycologia* 12: 71-74. DOI: <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-12-1-71.1>

- Papenfuss, G. F. 1976. Landmarks in Pacific North American marine phycology. In: I.A. Abbott & G.J. Hollenberg. Eds. *Marine algae of California*. Stanford University Press, Stanford.
- Readdie, M.D., M. Ranelletti, & R.M. McCourt. 2006. *Common seaweeds of the Gulf of California*. Sea Challengers, Monterey.
- Rocha-Ramírez, V. & D.A. Siqueiros-Beltrones. 1991. El herbario ficológico de la UABCS: Elenco florístico de macroalgas para Balandra en la bahía de la Paz, BCS, México. *Revista Investigación Científica UABCS* 2: 13-33.
- Rodríguez-Vargas, D., C.F. Candelaria-Silva & N.A. López-Gómez. 2010. *Informe final del Proyecto FE014 Macroalgas marinas de la Región de Zihuatanejo, Gro. CONABIO, México*.
- Setchell, W.A. & N.L. Gardner. 1924. Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921. *The marine algae. Proceedings of the California Academy of Sciences* 12: 695-949.
- Solé, M. 2009. Colección de tipos de macroalgas marinas del Herbario del Museo Oceanológico Hermano Benigno Román (MOBR). *Acta Botánica Venezuelica* 32: 225-236.

Sometido: 27 de enero de 2023

Revisado: 25 de febrero de 2023 (2 revisores anónimos)

Corregido: 9 de marzo de 2023

Aceptado: 10 de marzo de 2023