

# Sargazo: Biosorción de Metales

## Proyecto PAPIME UNAM 210820

Sargazo; Contribución de la Química Analítica desde la Docencia e Investigación Formativa.

Departamento de Química Analítica.

SEMINARIO II (1903)

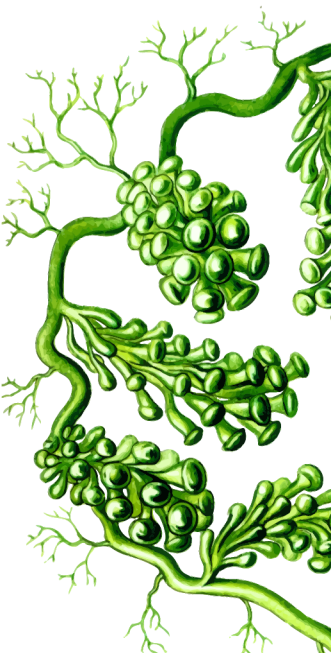
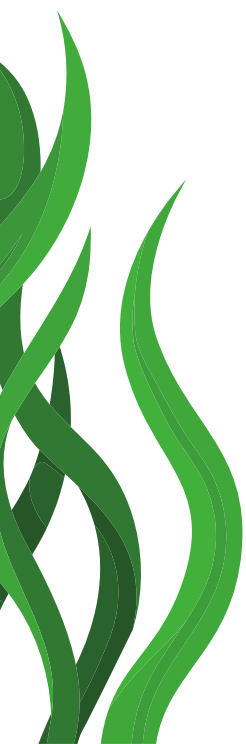
Dr. José Luis Galván Madrid

Alumna: María Fernanda Leyvas Acosta

Asesora: Dra. María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar



Figura 1. Foto de sargazo en el mar tomada por José Antonio López Portillo Hurtado , Puerto Morelos, junio 2021.





# INTRODUCCIÓN

# ¿Qué es el sargazo?



Filo: Heterokonphyta -> Familia:  
Sargassaceae -> Género:  
Sargassum (Ávila Mosqueda,  
2017)

## ¿De dónde viene?

Mar de los Sargazos y Norte del Ecuador (Amador-Castro et al., 2021)

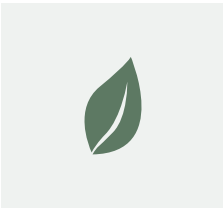


Figura 2. Mar de los sargazos (Amador-Castro et al., 2021)



Figura 3. Mar de los sargazos <https://angulasroset.com/blog/mar-sargazos-onirico-lugar-anguilas-desovan/>

# Sargazo en México



Figura 4. UASA, 2015 (Rodríguez-Martínez et al., 2021)



Figura 5. UASA, 2018 (SAMMO, 2021)

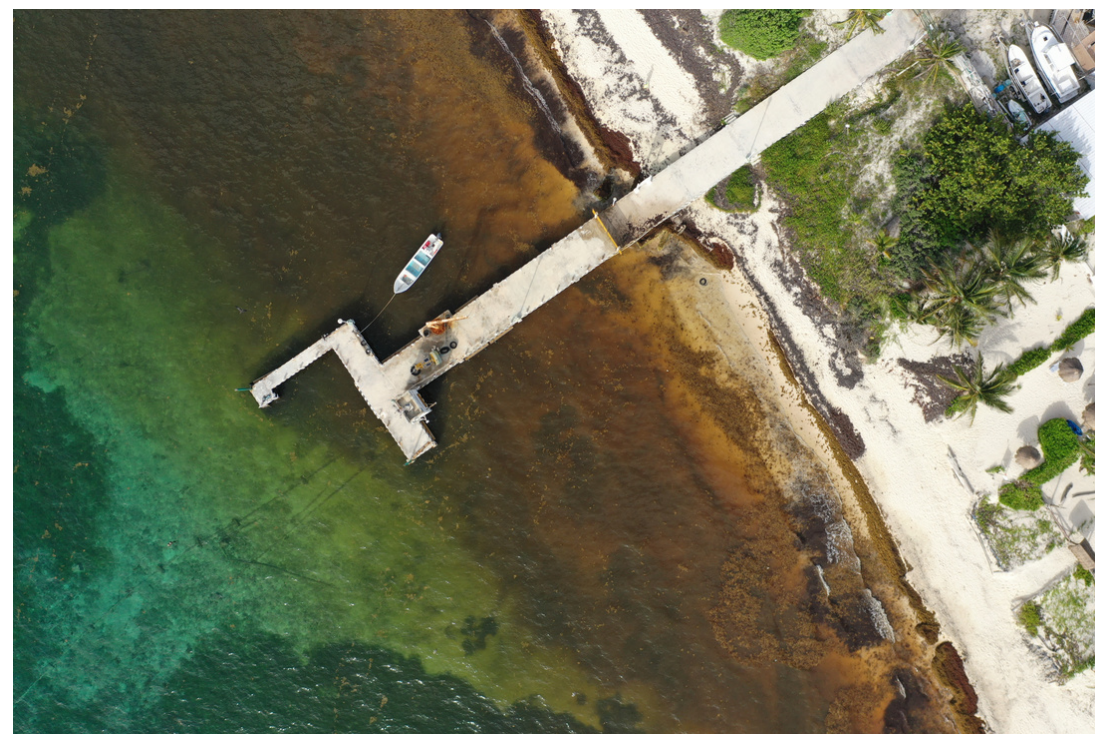


Figura 6. UASA, 2020 (SAMMO, 2021)

2015 - 28,124 toneladas en  
una semana

2018- 168,000 toneladas  
totales

2020- 17,865 toneladas  
totales

(SEMAR, 2021)

# Actualmente

En México llega en  
Sargazo spp.  
(CONACyT, 2021)



Figura 7. UASA, 2020 (SAMMO, 2021)

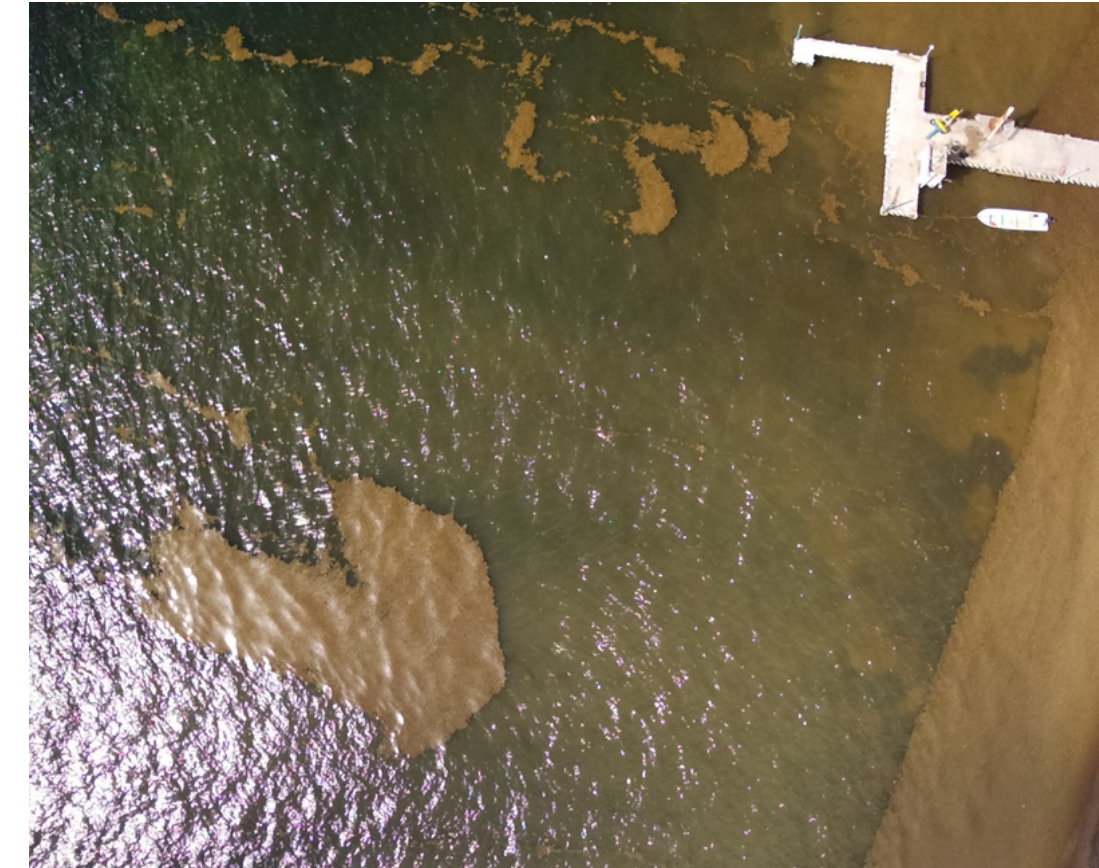


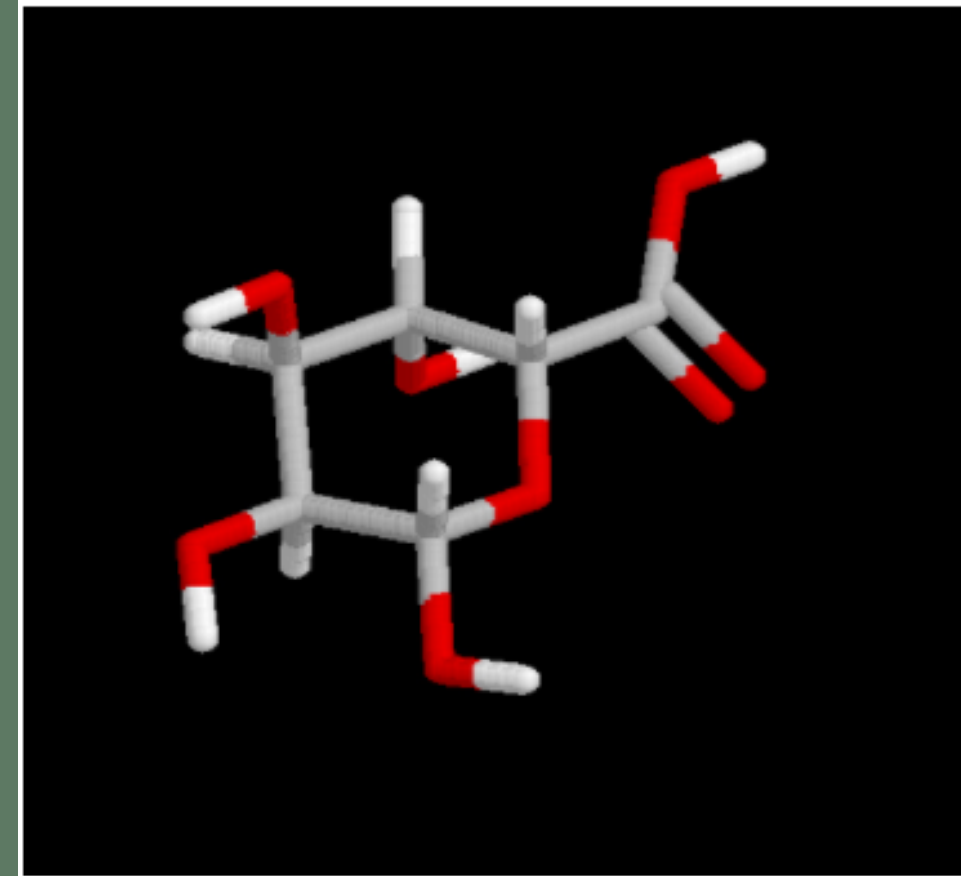
Figura 8. UASA, 2021 (SAMMO, 2021)



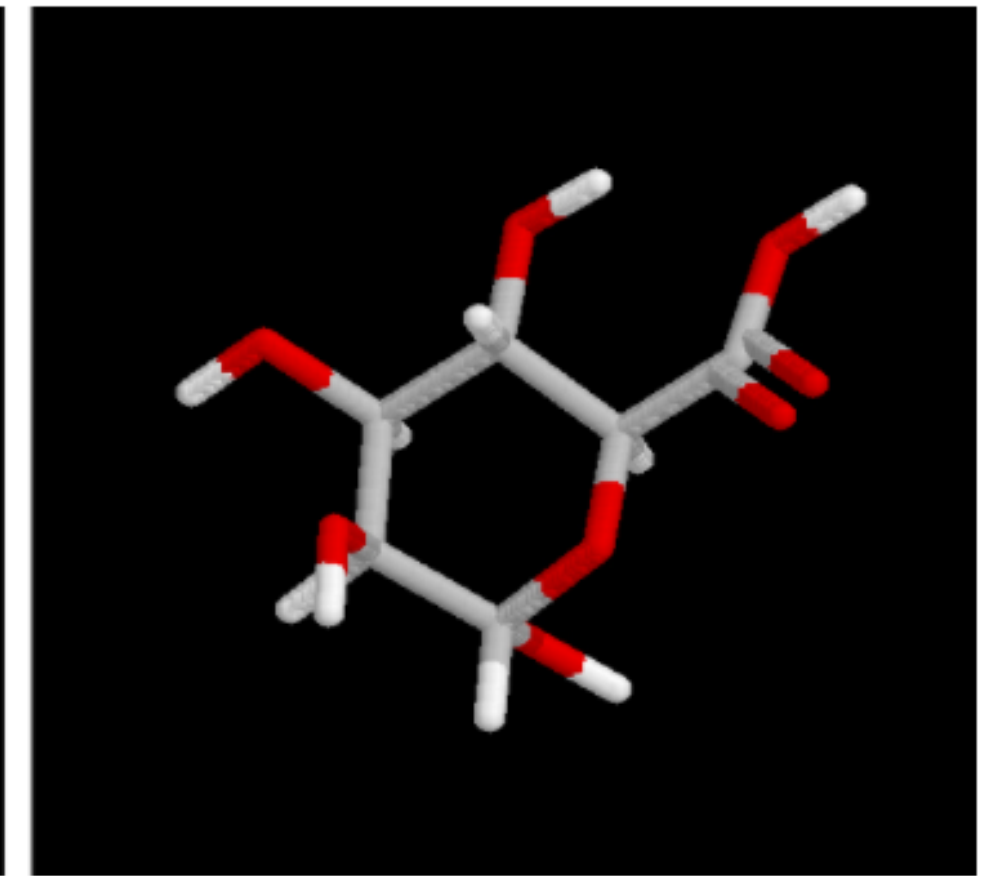
Figura 9. Foto de sargazo enterrado en arena frente al Now Sapphire, 12/10/21  
tomada por M.F. Leyvas Acosta

# Composición del sargazo

- Carbohidratos 25-60%
- Proteínas 3-17%
- Lípidos 0.01-4.3%



Acido gulurónico



Ácido manurónico

Figura 11. Estructura del ácido gulurónico y ácido manurónico

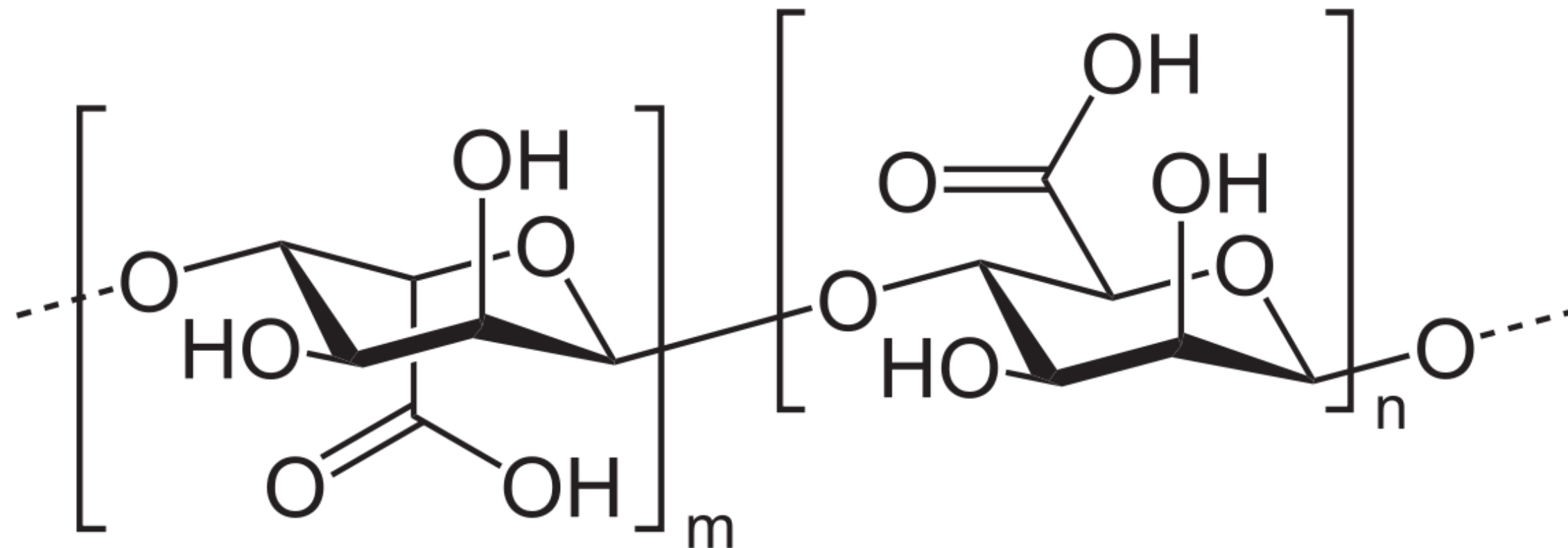


Figura 10. Estructura del ácido alginico



## BIOSORCIÓN

Adsorción de sustancias en medio acuoso por la pared celular

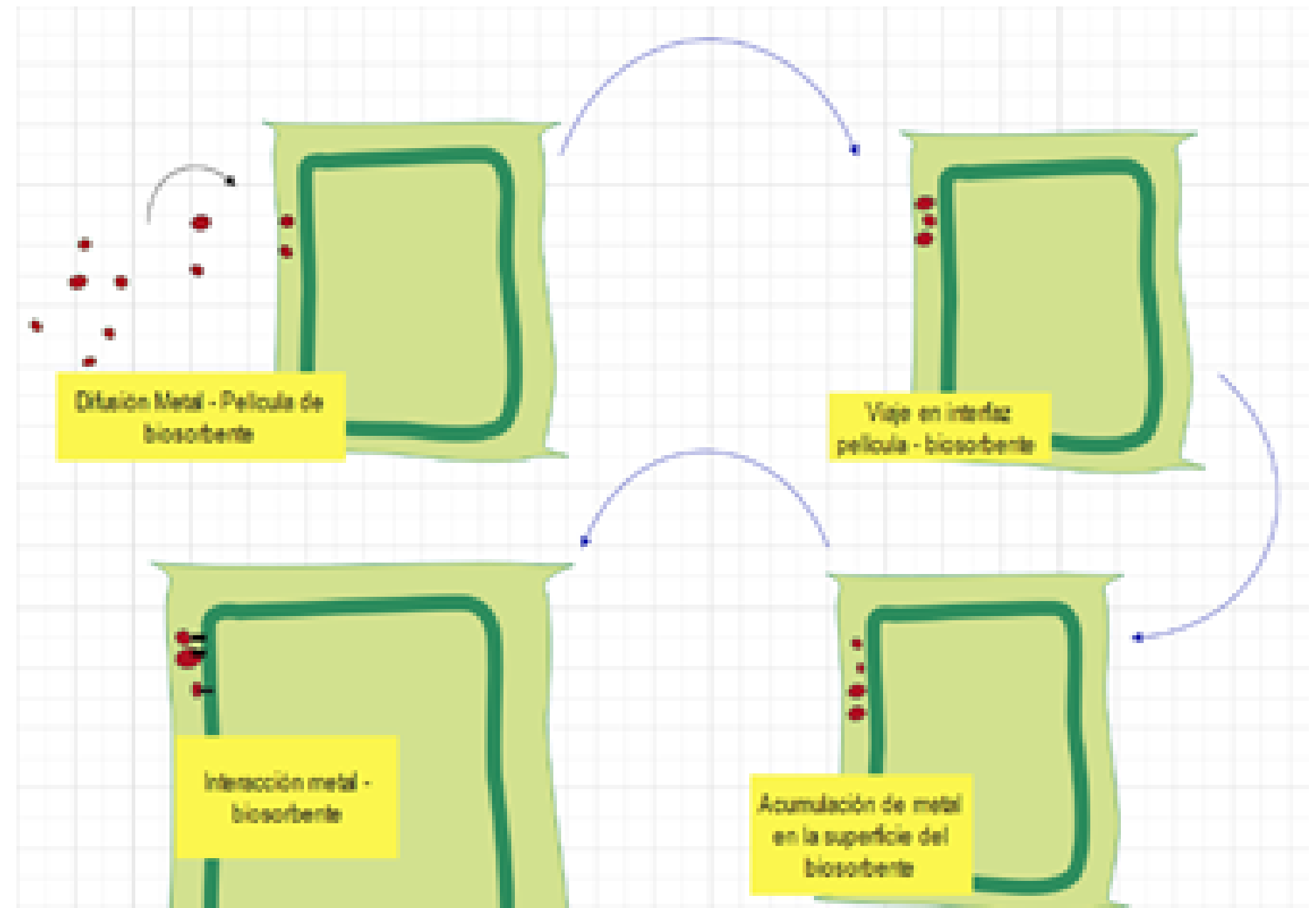


Figura 12. Mecanismo de biosorción (Plaza-Cazón, 2012)



# Biorremediación

PRINCIPALES METALES CONTAMINANTES DEL AGUA EN MÉXICO:



Metal	Fuentes antropogénicas/naturales	Peligros para la salud	Limites máximo para uso público
<b>As</b>	Actividad minera / suelos, producto del metabolismo de organismos	Alteraciones en sistemas nervioso, digestivo y cardiovascular y vascular	0.100 mg / L
<b>Cr (IV)</b>	Industria curtidora	Cancerígeno, alteraciones en la sangre, daño en hígado y riñones y afecciones neurológicas	0.500 mg / L
<b>Hg</b>	Actividad volcánica, depósitos minerales, incendios forestales y desgasificación de la corteza terrestre / Combustión industrial y Minería	Enfermedades neurodegenerativas y desordenes digestivos e inmunológicos	0.005 mg / L
<b>Pb</b>	Fundición y procesamiento de metales, reciclado de baterías, jales mineros y la contaminación de la atmósfera debido al uso de gasolinas con plomo	Daño endotelial microvascular, alteraciones en el sistema inmune y sistema nervioso y espermatogénesis	0.200 mg / L

Tabla 1. Principales metales contaminantes en cuerpos de agua en México (Covarruvias, Peña Cabriales, 2017; Saldarriaga Hernández et al., 2020)





# HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

# Hipótesis

EL SARGAZO SPP. ES UN RECURSO NATURAL EN MÉXICO QUE PUEDE SER APROVECHADO EN LA BIORREMEDIACIÓN DE METALES PESADOS EN CUERPOS DE AGUA (RÍOS, LAGOS, MARES, ETC.), DEBIDO AL ALGINATO PRESENTE EN ESTA MACROALGA



# Objetivos Generales

**Identificar especies de sargazo utilizadas como biosorbentes**

## OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Especies químicas removidas
- b) Proceso de remoción por sargazo-metal

---

- c) Materiales utilizados con el sargazo para elaborar biosorbentes

---

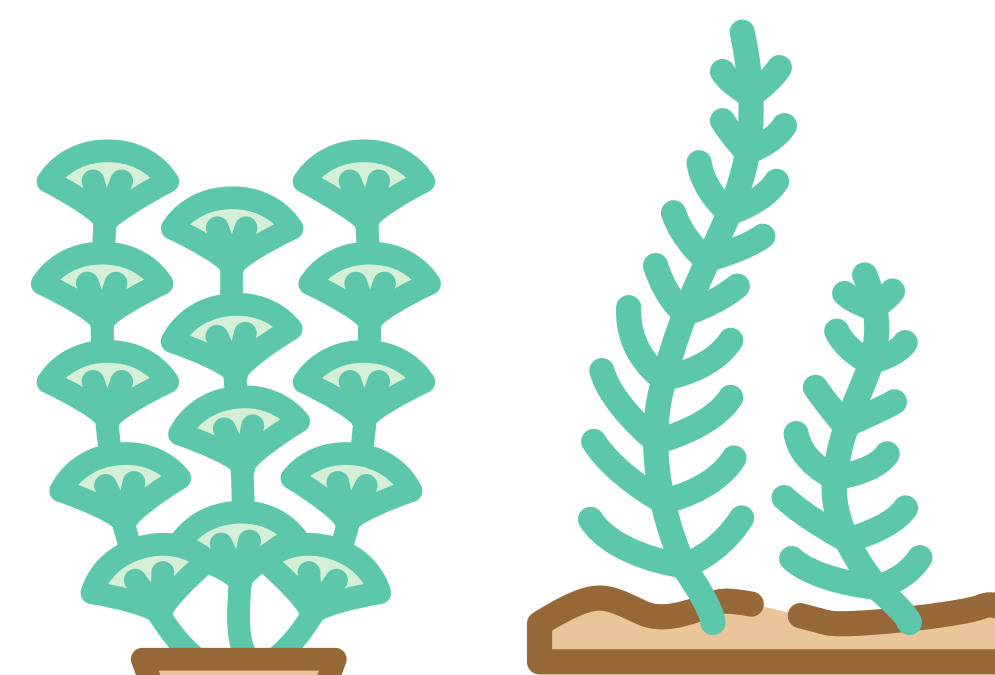
- d) Técnicas analíticas para identificar especies removidas y para caracterización de biosorbentes

---

- e) Fuentes de aporte estimadas de los contaminantes

**Realizar una propuesta teórica para práctica experimental de las asignaturas del Depto. de Q. Analítica**

Considerando el tema del proyecto como aplicación.





# RESULTADOS

# Sargassum cinereum

METALES ADSORBIDOS  
**Zn (II)**

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN  
**Fábricas de telas**



TIPO DE BIOSORBENTE  
**Bolsa de té con rizobacteria**

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA  
**0.0595 mg/g**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL  
**Espectroscopia de absorción  
atómica**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES  
**Espectroscopia de infrarrojo**



Figura 13. Imagen del S. cinereum provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

LESTARI S.; HERNAYANTI; OEDJIJONO; DWI SUNU WINDYARTINI (2020) APPLICATION OF SARGASSUM CINEREUM AND RHIZOBACTERIA AS BIOSORBENT ZN IN BATIK WASTEWATER. JOURNAL OF HUNAN UNIVERSITY 48

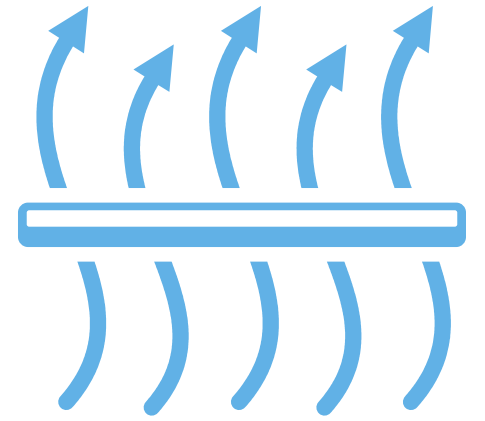
# Sargassum dentifolium

METALES ADSORBIDOS

U (II) | Th (II)

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN

Minería



TIPO DE BIOSORBENTE

**Membrana compuesta de fibras  
de acrílico**

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA

**62 mg/g | 59.4 mg/g**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL

**Espectrofotometría**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES

**Espectroscopia de infrarrojo**



Figura 14. Imagen del *S. dentifolium* provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

ORABI, A.H., ABDELHAMID, A.ES., SALEM, H.M., ISMAIEL, D.A. (2020). NEW ADSORPTIVE COMPOSITE MEMBRANE FROM RECYCLED ACRYLIC FIBERS AND SARGASSUM DENTIFOLIUM MARINE ALGAE FOR URANIUM AND THORIUM REMOVAL FROM LIQUID WASTE SOLUTION. JOURNAL OF RADIOANALYTICAL AND NUCLEAR CHEMISTRY 326, 1233-1247

# Sargassum filipilendula

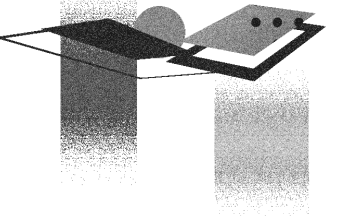


Figura 15. Imagen del *S. filipilendula* provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

METALES ADSORBIDOS

**Ag (II)**

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN



**Industrias de electrónicos y  
desinfectantes.**

TIPO DE BIOSORBENTE

**Columna de lecho fijo**

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA

**1.066 mmol/g**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL

**Cromatografía de adsorción**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES

**Titulación potenciométrica**

ROCHA DE FREITAS G.; ADEODATO VIEIRA M.G.; CARLOS DA SILVA M.G.  
(2019) FIXED BED BIOSORPTION OF SILVER AND INVESTIGATION OF  
FUNCTIONAL GROUPS ON ACIDIFIED BIOSORBENT FROM ALGAE  
BIOMASS. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH  
26,36354-36366

# Sargassum glaucescens

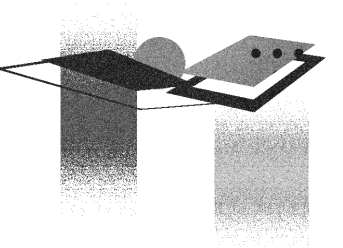


Figura 16. Imagen del *S. glaucescens* provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

METALES ADSORBIDOS

Zn (II) | Co (II) | Ni (II)

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN

Desechos industriales

TIPO DE BIOSORBENTE

Membrana dinámica

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA

14.102 mg/L | 8.25 mg/L |  
23.048 mg/L

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL

Cromatografía de adsorción

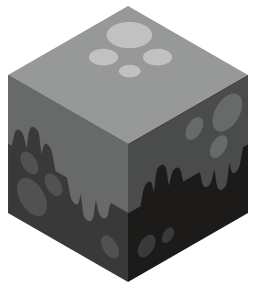
TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES

Espectroscopia de Infrarrojo

BENI A.A.; ESMAEILI A.; BEHJAT Y. (2021). INVENT OF A SIMULTANEOUS ADSORPTION AND SEPARATION PROCESS BASED ON DYNAMIC MEMBRANE FOR TREATMENT ZN(II), NI(II) AND, CO(II) INDUSTRIAL WASTEWATER. ARABIAN JOURNAL OF CHEMISTRY, 14, 103231



# Sargassum horneri



METALES ADSORBIDOS

**Cr (VI)**

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN

**Fábricas de pinturas y  
catalizadores**

TIPO DE BIOSORBENTE

**Carbón activado recubierto de  
quitosano**

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA

**6.04 mg/g**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL

**Espectroscopia de absorción  
atómica**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES

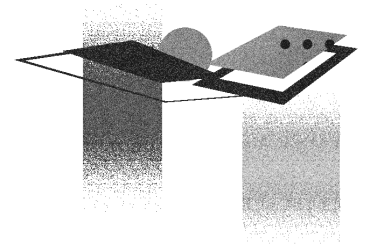
**Espectroscopía de Infrarrojo**

ZENG G.; HONG C.; ZHANG Y.; YOU H.; SHI W.; DU M.; AI N.; CHEN B.  
(2020) ADSORPTIVE REMOVAL OF CR(VI) BY SARGASSUM HORNERI-  
BASED ACTIVATED CARBON COATED WITH CHITOSAN. WATER AIR SOIL  
POLLUT 231(77)



Figura 17. Imagen del S. horneri provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

# Sargassum natans



METALES ADSORBIDOS

**Cu (II) | Ni (II)**

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN

**Galvanoplastia**

TIPO DE BIOSORBENTE

**Columna de lecho fijo**

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA

**1.404 mmol/L | 1.625 mmol/L**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL

**Cromatografía de adsorción**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES

**Espectroscopia de rayos-X**

BARQUILHA C.E.R.; COSSICHA E.S.; TAVARESA C.R.G.; DA SILVAC E.A.  
(2019) BIOSORPTION OF NICKEL AND COPPER IONS FROM SYNTHETIC  
SOLUTION AND ELECTROPLATING EFFLUENT USING FIXED BED COLUMN  
OF IMMOBILIZED BROWN ALGAE. JOURNAL OF WATER PROCESS  
ENGINEERING 32

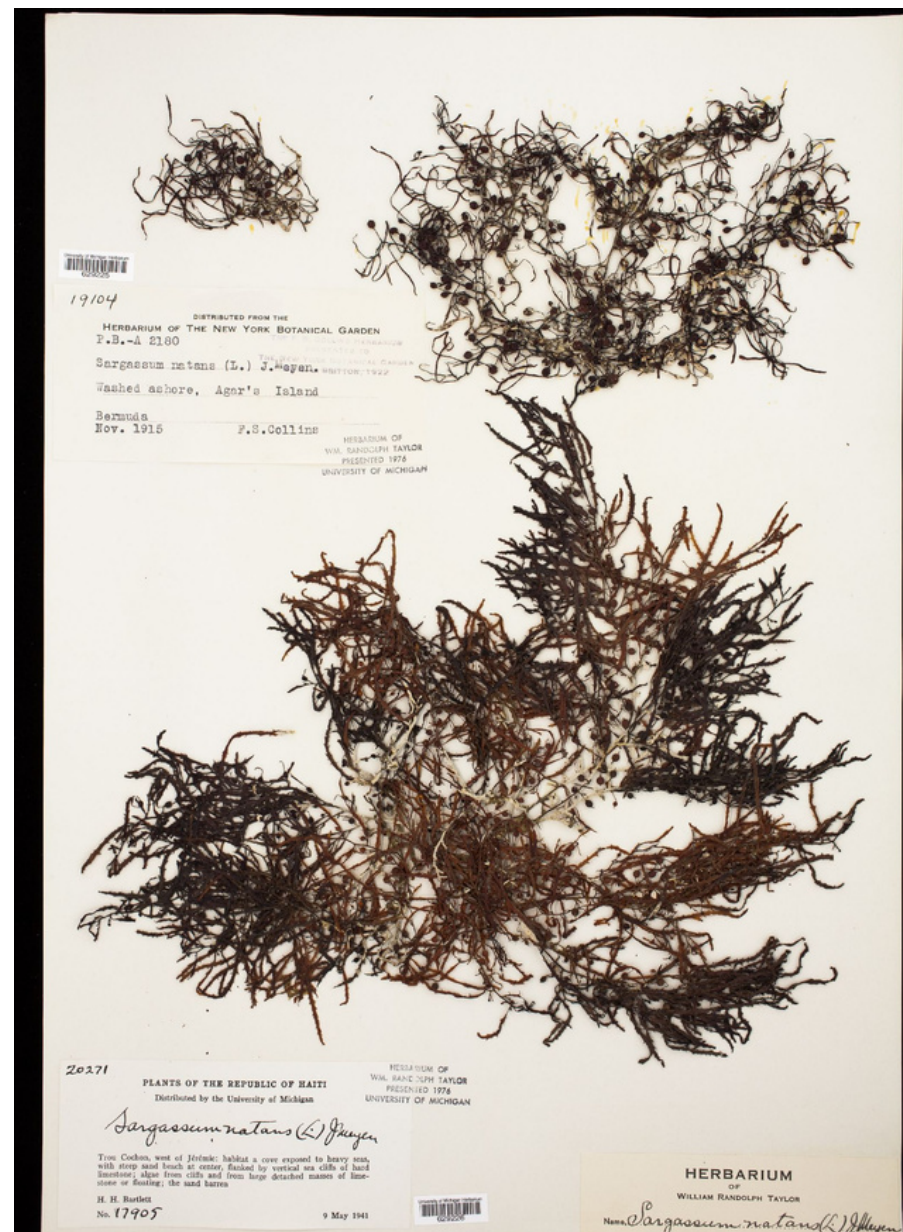
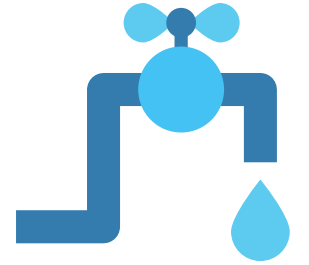


Figura 18. Imagen del S. natans provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

# Sargassum spp.



METALES ADSORBIDOS

**Pb (II)**

FUENTE DE CONTAMINACIÓN

**Desechos industriales y minería**

TIPO DE BIOSORBENTE

**Sistema de filtrado**

CONCENTRACIÓN ADSORBIDA

**50 ppm**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA CUANTIFICACIÓN DE METAL

**Espectroscopia de UV-Vis**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA CARACTERIZACIÓN DE BIOSORBENTES

**Espectroscopía de infrarrojo**



Figura 19. Imagen del S. spp provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

LÓPEZ MIRANDA J.L.; SILVA R.; MOLINA G.A.; ESPARZA R.; HERNANDEZ-MARTINEZ A.R.; HERNÁNDEZ-CARTEÑO J.; ESTÉVEZ M. (2020). EVALUATION OF A DYNAMIC BIOREMEDIATION SYSTEM FOR THE REMOVAL OF METAL IONS AND TOXIC DYES USING SARGASSUM SPP. JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND ENGINEERING 8(11), 899

# Sargassum tenerrimum

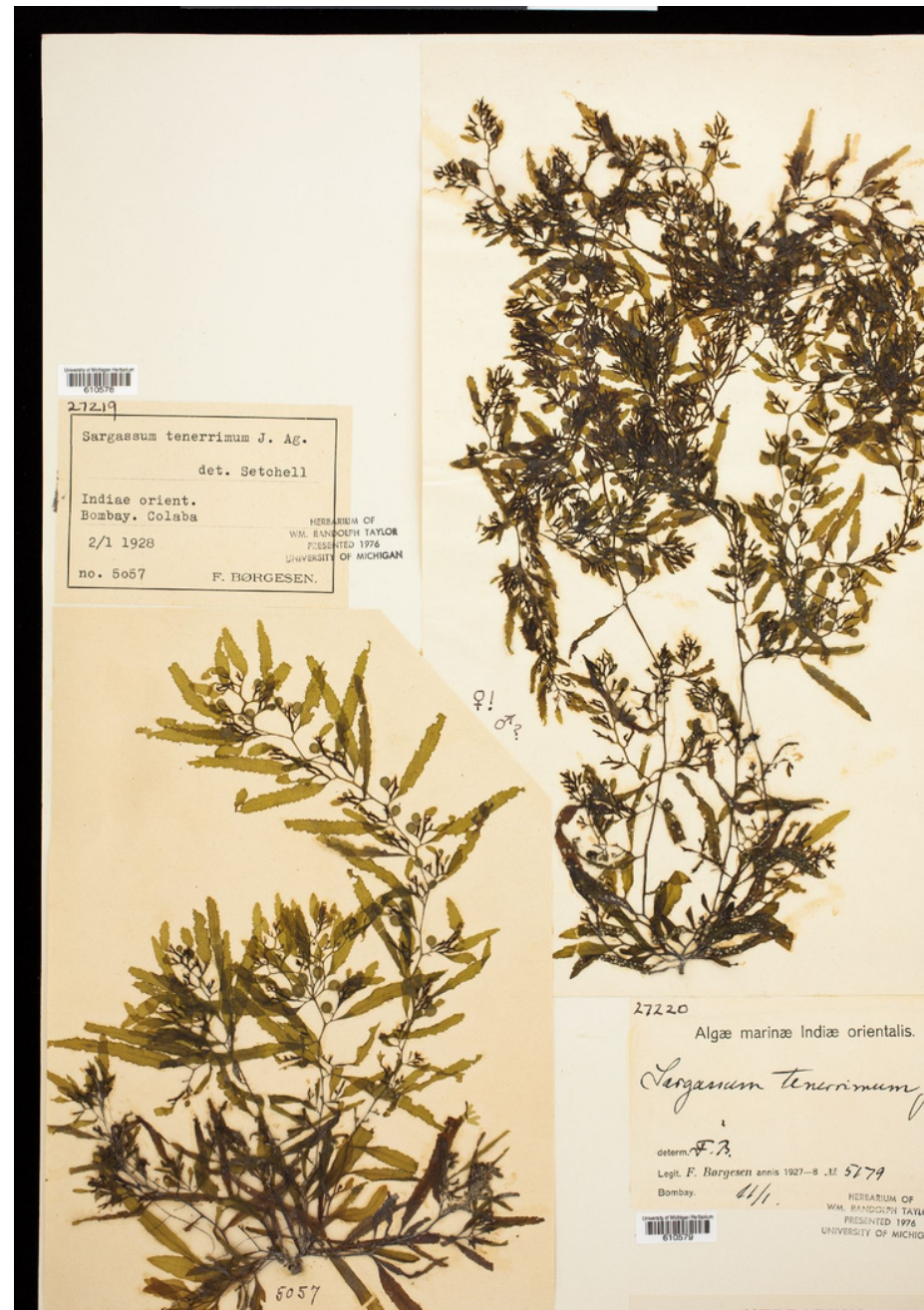
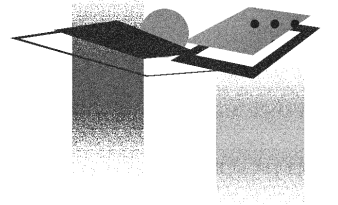


Figura 20. Imagen del *S. tenerrimum* provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

METALES ADSORBIDOS

**Pb (II)**

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN

**Manufactura de pipas**

TIPO DE BIOSORBENTE

**Columna de lecho fijo**

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA

**20.834 mg/g**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL

**Cromatografía de adsorción**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES

**Espectroscopía de infrarrojo**

TUKARAM BAI M.; VENKATESWARLU P. (2018). FIXED BED AND BATCH STUDIES ON BIOSORPTION OF LEAD USING SARGASSUM TENERRIMUM POWDER: CHARACTERIZATION, KINETICS AND THERMODYNAMICS. MATERIALS TODAY, 5, 18024-18037.

# Sargassum vulgare

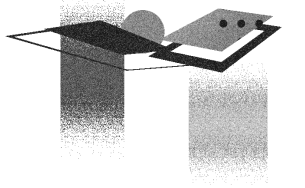


Figura 21. Imagen del *S. vulgare* provenientes del portal herbario de macroalgas de Michigan.

METALES ADSORBIDOS

**Fe (III)**

TIPO DE BIOSORBENTE

**Columna de lecho fijo**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CUANTIFICACIÓN DE METAL

**Cromatografía de adsorción**

FUENTE DE  
CONTAMINACIÓN

**Desechos industriales**

CONCENTRACIÓN  
ADSORBIDA

**10.46 mg/g**

TÉCNICA ANALÍTICA PARA  
CARACTERIZACIÓN DE  
BIOSORBENTES

**Espectroscopia de infrarrojo**

BENAISA S.; ARHOUN B.; VILLEN-GUZMAN M.; EL MAIL R.; RODRÍQUEZ-MAROTO J.M. (2019). IMMOBILIZATION OF BROWN SEAWEEDS *SARGASSUM VULGARE* FOR  $Fe^{3+}$  REMOVAL IN BATCH AND FIXED-BED COLUMN. WATER AIR SOIL POLLUT, 230:19.

# PROPUESTA TEÓRICA PARA PRÁCTICA

Determinación de cenizas en alga wakame

Carrera: Química en Alimentos (2805)

Analítica Experimental I (1507)

Gravimetría por volatilización

Carbohidratos 25-30%

Proteínas 5-18%

Lípidos 1.4-3.1%

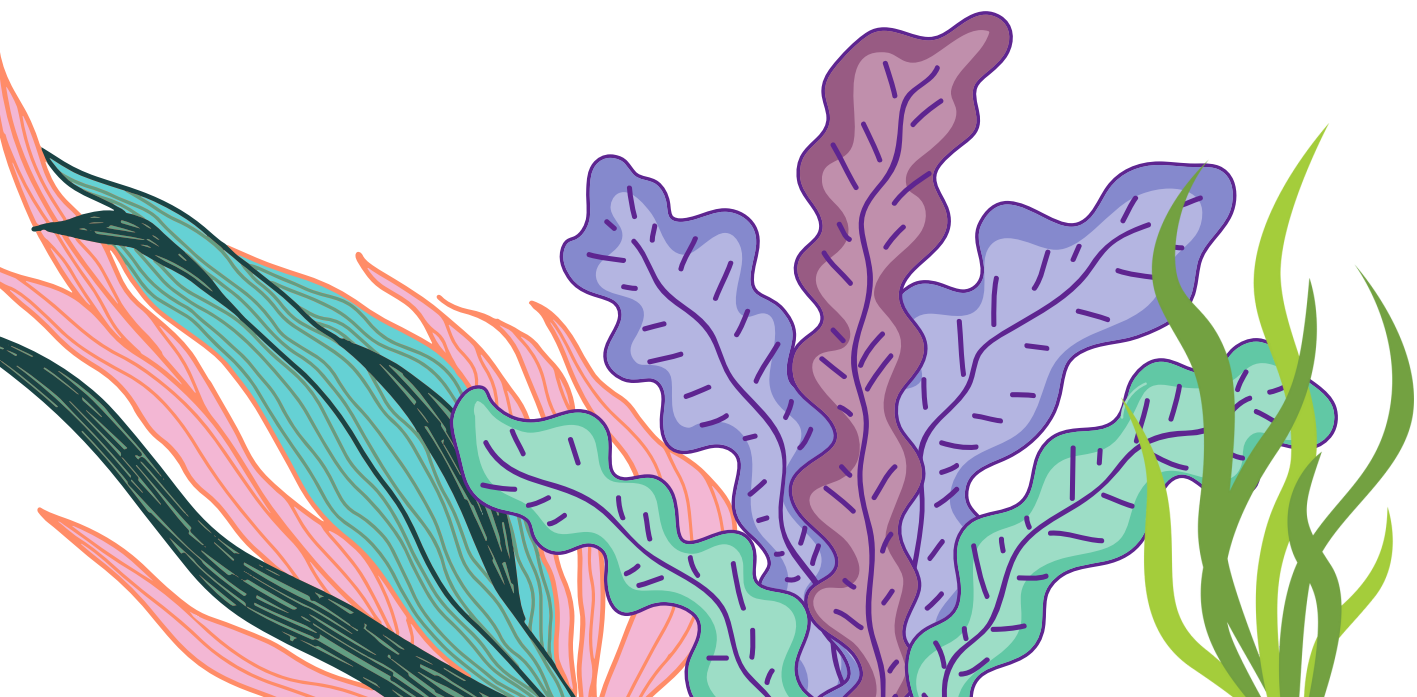


Figura 22. Imagen de wakame comercial  
obtenida de mercado libre



# CONCLUSIONES

# Conclusiones



✓ 10 especies de sargazo  
(Cu, Ni, Pb, Zn, Co, Cr(VI), U, Th, Ag)

✓ Espectroscopia,  
espectrofotometría y  
cromatografía

✓ Espectroscopia y titulación  
potenciométrica

✓ Gravimetría





# AGRADECIMIENTOS

# Agradecimientos Académicos

- Dra. A.P. Peña A. (Jefa DQA).
- Dra. M. Monroy B.
- Dra. F.E. Mercader T.
- Dra. R. Herrera B.
- Dra. I. Zaldívar C.
- Dra. O. Zamora M.
- Dr. J.C. Aguilar C.
- SAMMO (Servicio Académico de Monitoreo Meteorológico y Oceanográfico)
- UASA (Unidad Académica de Sistemas Arrecifales)





# BIBLIOGRAFÍA

# Referencias

1. Amador-Castro, F.; García-Cayuela, T.; Alper, H.S.; Rodríguez-Martínez, V.; Carrillo-Nieves, D. (2021). Valorization of pelagic sargassum biomass into sustainable applications: Current trends and challenges. *Journal of Environmental Management* 283, 112013
2. Aghababai Beni A.; Esmaeili A.; Behjat Y. (2021). Inventa of a simultaneous adsorption and separation process based on dynamic membrane for treatment Zn(II), Ni(II) and, Co(II) industrial water. *Arabian Journal of Chemistry*
3. Ávila Mosqueda S.V. (2017). No todo lo que llega a la playa es sargazo: Caracterización y potencial aprovechamiento de los arribazones de macroalgas en Sisal, Yucatán. Tesis para obtener el grado de licenciado, Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Bai M.T.; Venkateswarlu P. (2018) Fixed bed and batch studies on biosorption of lead using *Sargassum Tenerrimum* powder: Characterization, Kinetics and Thermodynamics. *Materials Today*, 18024-18037
5. Barquilha C.E.R.; Cossicha E.S.; Tavaresa C.R.G.; da Silvac E.A. (2019) Biosorption of nickel and copper ions from synthetic solution and electroplating effluent using fixed bed column of immobilized brown algae. *Journal of Water Process Engineering* 32
6. Benaisa S.; Arhoun B.; Villen-Guzman M.; El Mail R.; Rodríguez-Maroto J.M. (2019). Immobilization of Brown Seaweeds *Sargassum vulgare* for Fe<sup>3+</sup> Removal in Batch and Fixed-Bed Column. *Water Air Soil Pollut*, 230:19.
7. Chong de la Cruz, I. (2007). Métodos y técnicas de la investigación documental. *Investigación y Docencia en Bibliotecología*. México: Facultad de Filosofía y Letras, Dirección General Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México, 183-201.
8. Cobarruvias S.A.; Peña Cabriales J.J. (2017). Contaminación ambiental por metales en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 33, 7-21.
9. Gautam R.K.; Mudhoo A.; Lofrano G.; Chattopadhyaya M.C. (2013) Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 4, 239-2598.

10. Lestari S.; Hernayanti; Oedjijono; Dwi Sunu Windyartini (2020) Application of Sargassum Cinereum and Rhizobacteria as Biosorbent Zn in Batik Wastewater. *Journal of Hunan University* 48
11. López Miranda J.L.; Silva R.; Molina G.A.; Esparza R.; Hernandez-Martinez A.R.; Hernández-Cardete J.; Estévez M. (2020). Evaluation of a Dynamic Bioremediation System for the Removal of Metal Ions and Toxic Dyes Using Sargassum Spp. *Journal of Marine Science and Engineering* 8(11), 899
12. Martínez-Hernández G.B.; Castillejo N.; Carrión-Monteagudo M.M.; Artés F.; Artés-Hernández F. (2017). Nutritional and bioactive compounds of commercialized algae powders used as food supplements. *Food Science and Technology International*, 24(2) 172–182.
13. Orabi, A.H., Abdelhamid, A.E.S., Salem, H.M., Ismaiel, D.A. (2020). New adsorptive composite membrane from recycled acrylic fibers and Sargassum dentifolium marine algae for uranium and thorium removal from liquid waste solution. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 326, 1233-1247
14. Pabón S.E.; Benítez R.; Sarria-Villa R.A.; Gallo J.A. (2020). Water contamination by heavy metals, analysis methods and removal technologies. A review. *Entre Ciencia Ingeniería* 14, 9-18
15. Palasí Mascarós, J.-T. (2015) Caracterización físico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario. Trabajo fin de grado en ciencia y tecnología de los alimentos. Universitat Politècnica de Valencia.
16. Plaza Cazón J. (2012). Remoción de metales pesados empleando algas marinas. Trabajo de Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata.
17. Prabhu A.A.; Chityala S.; Jayachandran D.; Deshavath N.N.; Veeranki V.D. (2021). A two-step optimization approach for maximizing biosorption of hexavalent chromium ions (Cr (VI)) using alginate immobilized Sargassum sp in a packed bed column. *Separation Science and Technology* 56(1), 90-106
18. Rocha de Freitas G.; Adeodato Vieira M.G.; Carlos da Silva M.G. (2019) Fixed bed biosorption of silver and investigation of functional groups on acidified biosorbent from algae biomass. *Environmental Science and Pollution Research* 26,36354–36366

21. Zertuche González, J.A.; Aguilar Rosas, L.E.; Aguilar Rosas R. (2006). Invasión del alga wakame en la isla de Todos Santos. Revista Ciencia y Desarrollo, 32(202) 9-13.