

2022

3°

Colección Memorias de los Congresos de la Sociedad Química de México

Congreso Internacional de Educación Química:

*"El retorno a las aulas:
atendiendo la complejidad
educativa actual"*

15 al 19 de noviembre

Modalidad Híbrida

Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México



SOCIEDAD QUÍMICA
DE MÉXICO, A.C.
"La química nos une"

Sociedad Química de México, A.C.
Ciudad de México
Publicación anual

ISSN 2448-914X
Versión digital
www.sqm.org.mx



Congreso Internacional de Educación Química- modalidad híbrida



*"El retorno a las aulas: atendiendo la complejidad
educativa actual"*

15 al 19 de noviembre de 2022

Hotel Azul Ixtapa
Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero

PROGRAMACIÓN DE TRABAJOS SESIÓN DE CARTELES ESTUDIANTILES MODALIDAD VIRTUAL 2 CANAL DE YOUTUBE DE LA SQM SÁBADO 19 DE NOVIEMBRE, 9:00 – 10:00 H

CIEQ-CCD-CE01, Alfonso R. García Márquez, Ashai Ernesto De la Cruz Rodríguez, Benjamín Rivera Buendía, Miranda de los Angeles Murillo Guillén, **Rodrigo Rodríguez Núñez**, Yael Cirprian Morales. **Un girasol fotovoltaico como sistema de conversión de energía inteligente.**

<https://youtu.be/hlbaJQcbxDQ>

CIEQ-CCD-CE02, Dulce María Desiré Ciprian León, Mariana Ortiz Reynoso, Edna Teresa Alcantara Fierro, Abigail Garcia Radilla, Romina Álvarez Rodríguez, Fernando Hernández Martínez. **Estrategia de divulgación de la química a través de la creación de una cuenta de Instagram del Laboratorio de Farmacia UAEMéx.**

<https://youtu.be/3ke3XrbYUA>

CIEQ-CCD-CE04, María Fernanda Leyvas Acosta, María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar, Minerva Monroy Barreto. **Sargazo y biosorción (investigación documental preliminar 2016-2022).**

<https://youtu.be/csL-L9IVnJk>

CIEQ-IED-CE02, Dennise Salazar Hernández, Santiago Sebastián Maldonado Romero, Jesús Erubiel Miguel Gómez, Héctor García-Ortega, Jesús Gracia-Mora, Armando Marín-Becerra, Antonio Reina*, Miguel Reina*. **Orbitopoly: Un juego de estructura atómica.**

<https://youtu.be/89whla8H2lc>

CIEQ-IED-CE03, Jesús Erubiel Miguel Gómez, Dennise Salazar Hernández, Héctor García-Ortega, Jesús Gracia-Mora, Armando Marín-Becerra, Antonio Reina*, Miguel Reina*. **¡Dominó-Fuerzas Intermoleculares!**

<https://youtu.be/31AXXzqlwsU>



Congreso Internacional de Educación Química- modalidad híbrida

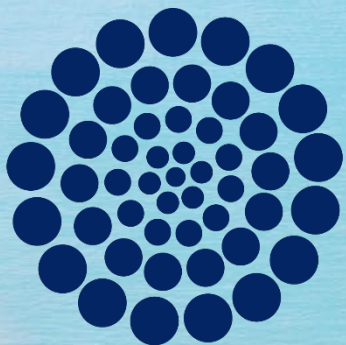


*"El retorno a las aulas: atendiendo la complejidad
educativa actual"*

15 al 19 de noviembre de 2022

Hotel Azul Ixtapa
Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero

LA SOCIEDAD QUÍMICA DE MÉXICO, A.C. AGRADECE EL APOYO DE CONACYT A TRAVÉS DEL PROYECTO NO. 317612 "CONVOCATORIA DE FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES VINCULADAS CON LA PROMOCIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DE LAS HUMANIDADES, CIENCIAS, TECNOLOGÍAS Y LA INNOVACIÓN ACADEMIAS Y SOCIEDADES CIENTÍFICAS 2021".



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

LI

CIEQ-CCD-CE04

Sargazo y biosorción (investigación documental preliminar 2016-2022)

María Fernanda Leyvas Acosta, María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar, Minerva Monroy Barreto

Depto. de Química Analítica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, CDMX, México, CP04510; 2Facultad de Química, UNAM.
312007661@quimica.unam.mx

RESUMEN

Se presentan los resultados de investigación documental de estudios reportados empleando la macroalga sargazo en conjunto con otros materiales biosorbentes como la rizobacteria y la hidroxapatita. Los estudios comparan la capacidad de adsorción entre un sistema compuesto de sargazo y otro biosorbente, con la de un sistema que este formado únicamente por sargazo (con o sin tratamiento químico). Los metales que son estudiados para su remoción en medio acuoso por la biomasa de sargazo son; Ag, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Th, U y Zn, así mismo se encontró que la macroalga es capaz de adsorber también colorantes utilizados comúnmente en la industria textil (azul de metileno, naranja ácido 52, etc.).

INTRODUCCIÓN

La llegada masiva de sargazo a México en 2015 y su continua aparición desde 2018 (Amador-Castro et al., 2021) han afectado las costas del caribe mexicano, y desde 2011 las playas tropicales de Brasil y Centro América también han sido afectadas por la marea marrón de la macroalga. Los países anteriormente mencionados han evaluado los potenciales usos de las especies del género sargassum (Oviatt et al., 2019), incrementando el número de publicaciones derivadas de la búsqueda a posibles soluciones y entendimiento de la llegada de esta macroalga, así como de sus consecuencias (Liranzo-Gómez et al., 2021).

En la literatura se menciona el uso del sargazo como suplemento alimenticio, fertilizante, surfactante (Amador-Castro et al., 2021; Desrochers et al., 2021) y como biosorbente de elementos de transición como el Pb (López Miranda et al., 2020)

El uso de sargazo como biosorbente para remover metales pesados y colorantes orgánicos se debe a los carbohidratos contenidos entre un 10 – 40 % (Saldarriaga-Hernández et al., 2020). La pared celular en las algas pardas se identifica como la responsable de la adsorción de sustancias químicas (Plaza-Cazón, 2012), debido a la composición de su matriz de alginato.

Los grupos carboxilo son los principales responsables en la biosorción de las algas pardas (Plaza-Cazón, 2012), así mismo otros grupos participan en la interacción metal-pared celular, como lo son; amino, fosfato, hidroxilo, imidazol, imino y sulfato, algunos presentes en el alginato y otros en los fucooidanos (Saldarriaga-Hernández et al., 2021; Plaza-Cazón, 2012).

La biosorción es el proceso reversible rápido, pasivo de adsorción de una sustancia química en una superficie de origen biológico (Gautam et al., 2014; Plaza-Cazón, 2012) y es aprovechada como una técnica de biorremediación (Gautam et al., 2014), el tipo de adsorción que se lleva a cabo en el sargazo es la fisisorción (Davis et al., 2000; Amador-Castro et al., 2021).

La selectividad de metales en el sargazo se explica con el concepto de ácidos y bases fuertes y débiles (Plaza-Cazón, 2012), dependiendo de los grupos funcionales presentes en la biomasa algunos actuarán como bases duras o blandas, como ejemplo, los grupos COO- y OH- presentes en el alginato actúan como bases duras permitiendo adsorber: Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Sc, Rb, Sr, Y, La, Fr, Ra, Ac y Al (Plaza-Cazón et al., 2012; Saldarriaga-Hernández et al., 2020).

El sargazo como biosorbente es un área de oportunidad que puede ser aprovechado en México. La biorremediación con adsorbentes de origen biológico es una alternativa sustentable respecto a los métodos convencionales como lo pueden ser la precipitación química y el uso de carbón activado (Plaza-Cazón, 2012; Yaashikaa et al., 2021).

Los objetivos de la presente investigación documental son: a) identificar las especies del género sargazo empleadas para la elaboración de materiales biosorbentes, b) identificación de las especies químicas (especialmente elementos de transición) capaces de ser removidas por sistemas biosorbentes elaborados a base de sargazo y c) identificar las principales técnicas utilizadas en los estudios reportados de biosorción. El trabajo se desarrolla vía remota como opción de titulación nivel licenciatura (trabajo monográfico de actualización).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación documental especializada se realizó empleando la plataforma www.bidi.unam.mx (Dirección General de Bibliotecas, UNAM). Se localizaron 11 referencias en el período 2016-2022: a) Arabian Journal of Chemistry b) Environmental Science and Pollution Research c) Journal of Applied Phycology d) Journal of Hunan University e) Journal of Marine Science and Engineering f) Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry g) Journal of Water Process Engineering h) Materials Today: Proceedings i) Separation Science and Technology j) Water Air Sol Pollut y k) Water Science & Technology.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La tabla 1 muestra las especies de sargazo reportadas (cinco especies se localizan en Asia, dos pertenecen a África y tres a América). La especie natans está presente en Asia y América en países como China y Brasil.

El procedimiento experimental en general reportado para el tratamiento físico de las muestras reales de sargazo consiste en el lavado con agua destilada de la biomasa y secado en horno en un rango de 50 a 80 °C o a la intemperie por más de 24 horas.

Respecto al tratamiento químico realizado antes de hacer el estudio de biosorción con la finalidad de mejorar la interacción de las especies químicas con la pared celular, se observó solo en algunos sistemas que consistían únicamente en el uso de la biomasa (contenida en una columna) que trataban desde la exposición de los grupos funcionales responsables de la interacción metal-biosorbente extrayendo el alginato del alga (Barquilha et al., 2019; Rocha de Freitas et al., 2019) o disminuyendo la cantidad de carbohidratos presentes utilizando peróxido de hidrógeno (López Miranda et al., 2020), hasta la inmovilización de los grupos funcionales con formaldehído (Benaisa et al., 2019), observándose una mayor capacidad de remoción que en sistemas donde la biomasa es la única responsable de adsorber los metales en el sistema y no tuvo ningún tratamiento químico (Wang et al., 2021).

El uso del sargazo con otros biosorbentes dio en los sistemas un porcentaje de remoción inferior al 90%, este mismo resultado se observó en la mayoría de los sistemas utilizando únicamente sargazo, con excepción en los casos en los que la macroalga fue desalginizada, los cuales dan un porcentaje de remoción inferior al 90%.

La aplicación a matriz real se reportó por los autores Lestari et al., 2019 y Orabi et al., 2019, empleando el sistema biosorbente a base de *S. cinereum* y *S. dentifolium* para remoción de Zn, U y Th en aguas residuales. Los otros estudios utilizaron matrices de soluciones acuosas.

Tabla 1. Adsorbente de sargazo con distintas especies encontradas y la información de los sistemas de estudio.

Especie de Sargazo	País de Origen	Sistema	Matriz	Especies Químicas	Bibliografía
<i>S. horneri</i>	China	Sargazo fresco en un vaso de precipitado	Solución acuosa sintética multi iónica	Cr, Mn, Sr	(Wang et al., 2021)
	China	Carbón activado con ZnCl ₂ a base de sargazo recubierto de quitosano.	Solución acuosa sintética	Cr	(Zeng et al., 2020)

<i>S. natans</i>	India	Columna empacada de sargazo previamente protonado.	Solución acuosa sintética	Cr	(Prabhu et al., 2020)
<i>S. cinereum</i>	Indonesia	Bolsa de té con rizhobacteria y sargazos molidos	Agua residual del centro industrial de Batik (pH 8).	Zn	(Lestari et al., 2020)
<i>S. tenerrimum</i>	Irán	Sargazo seco en un sistema por lotes	Solución acuosa sintética	Pb	(Tukaram Bai y Venkateswarlu, 2018)
<i>S. glaucescens</i>	Irán	Nanopartículas de sargassum / hidroxiapatitas adaptadas a una membrana dinámica	Solución acuosa sintética	Co, Ni, Zn	(Beni et al., 2021)
<i>S. dentifolium</i>	Egipto	Membrana compuesta de fibras de acrílico con sargazo molido	Agua residual de la autoridad de Materiales Nucleares	U y Th	(Orabi et al., 2019)
<i>S. vulgare</i>	Marruecos	Columna de lecho fijo de sargazo inmovilizada	Solución acuosa sintética	Fe	(Benaisa et al., 2019)
<i>S. filipilendula</i>	Brasil	Columna de lecho fijo de sargazo desalginizado	Solución acuosa sintética	Ag	(Rocha de Freitas et al., 2019)
<i>S. natans</i>	Brasil	Columna de lecho fijo de sargazo desalginizado	Solución acuosa sintética	Cu y Ni	(Barquilha et al., 2019)
<i>S. spp</i>	México	Sistema de filtrado a base de sargazo previamente tratado con H2O2	Solución acuosa sintética	Pb	(López Miranda et al., 2020)

En todos los trabajos se describe el uso de la espectrofotometría de UV-Vis para la cuantificación de la concentración de las especies químicas en remoción. Lo anterior, para evaluar la capacidad de adsorción de la biomasa para cada especie, de acuerdo con la ecuación (1):

$$\alpha = \frac{(C_0 - C_T)V}{m}$$

Ecuación 1. Cálculo del valor de la capacidad de adsorción.

En donde C_0 es la concentración inicial de la especie química, C_T correspondiente a la concentración final de la especie química, V el volumen utilizado y m a la masa utilizada del biosorbente.

La tabla 2, presenta los estudios de biosorción de las distintas especies mostrando la concentración inicial de la especie química, así como la capacidad de adsorción obtenidos en los estudios realizados para cada sistema de adsorción.

Tabla 2. Especies de sargazo, concentración inicial y capacidad de adsorción de las especies químicas.

Especie de sargazo	Especie Química	Concentración inicial de especie química	Capacidad de adsorción	Bibliografía
<i>S. cinereum</i>	Zn	0.0972 mg/L - 0.0102 mg/L	0.02747 ± 0.0023 mg/g	(Lestari et al., 2020)
<i>S. dentifolium</i>	U	67 mg/L	62 mg/g	(Orabi et al., 2019)
	Th	103 mg/L	59.4 mg/g	
<i>S. filipilendula</i>	Ag	1000 ppm	1.066 mg/g	(Rocha de Freitas et al., 2019)
<i>S. glaucescens</i>	Co	8.41 mg/L	2-3 mg/g	(Beni et al., 2021)
	Ni	14.72 mg/L	7-9 mg/g	
	Zn	23.81 mg/L	95.8 %	
<i>S. horneri</i>	Cr	1000 µg/L	838 µg/g	(Wang et al., 2021)
	Mn	1000 µg/L		
	Sr	100 mg/L		
	Cr	20 mg/L	20.5 mg/g	(Zeng et al., 2020)
<i>S. natans</i>	Cu	14.28 mg/L	1.656 mmol/g	(Barquilha et al., 2019)
	Ni	58.16 mg/L	1.404 mmol/g	
	Cr	25 mg/mL	1.79 mg/g	(Prabhu et al., 2020)
<i>S. spp</i>	Pb	50 ppm		(López Miranda et al., 2020)
<i>S. tenerrimum</i>	Pb	20 mg/L	6.657 mg/g	(Tukaram Bai y Venkateswarlu, 2018)
<i>S. vulgare</i>	Fe	26.17 mg/L	4.37 mg/g	(Benaisa et al., 2019)

En los estudios cualitativos se identifican a la espectroscopía de IR utilizada para identificar los grupos funcionales que intervienen en la adsorción de las especies químicas, así como la titulometría potenciométrica (Rocha de Freitas et al., 2019), que también fue utilizada en la especie filipilendula para la identificación de los grupos funcionales presentes. La microscopía electrónica de barrido (MEB) también fue utilizada para comprobar la adsorción de las especies químicas. Las técnicas de difracción de rayos X y la espectroscopía de infrarrojo fueron técnicas utilizadas para el estudio de

sistemas compuestos por más de un biosorbente comprobando con estas técnicas si los biosorbentes se unificaron en el sistema.

Las micrografías de barrido electrónico muestran un cambio en la superficie del biosorbente, observándose antes de la interacción con el metal una superficie porosa y una superficie lisa cuando el metal se encuentra en los sitios activos del biosorbente (Fig. 1).

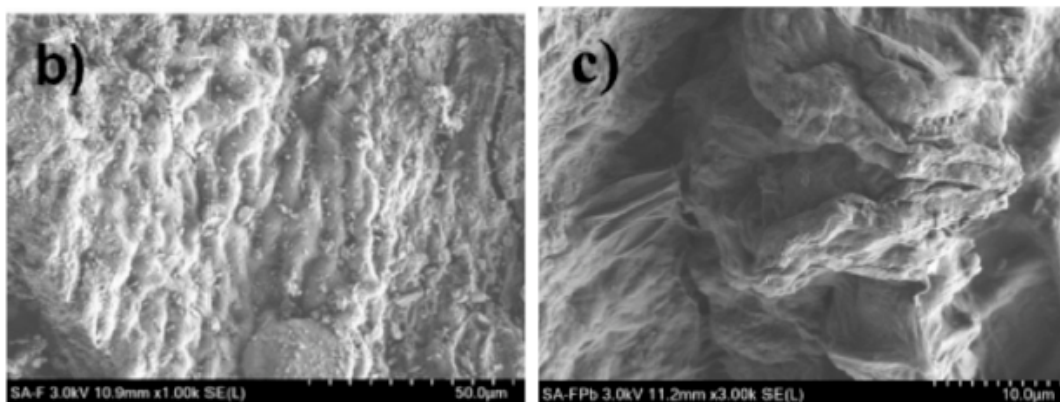


Fig. 1. Micrografía de sargassum spp. **b)** antes de tratar Pb **c)** después de tratar Pb (López Miranda et al., 2020).

Los espectros de IR de los trabajos resaltan las señales en $3400-2400\text{ cm}^{-1}$ correspondientes a la señal analítica del grupo funcional hidroxilo, en $1730-1700\text{ cm}^{-1}$ y en $1320-1210\text{ cm}^{-1}$ del grupo carbonilo, todas corresponden al alginato, así mismo se pueden ver algunas señales en $2511-2341\text{ cm}^{-1}$ para estiramientos de grupos amino.

CONCLUSIONES

Las especies cinereum, dentifolium, filipilendula, glaucescens, horneri, natans, spp., tenerrimum y vulgare, han sido empleadas para la elaboración de sistemas adsorbentes, las especies químicas que son capaces de remover son; Ag, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Th, U y Zn.

Las principales técnicas analíticas encontradas para el estudio de la biosorción en sistemas con sargazo son a) la espectrofotometría de UV-vis para determinar la cantidad de la especie química es capaz de adsorber el sistema b) la espectroscopía de infrarrojo para determinar que especie química está siendo adsorbida, así como para identificar los grupos funcionales que interactúan con las especies y c) La microscopía electrónica de barrido que permite observar las modificaciones en la superficie del biosorbente, asegurándonos que se está adsorbiendo la especie química.

AGRADECIMIENTOS

Dra. A.P. Peña A., Dr. J.L. Galván M., Dr. L.J. Reyes T.

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. 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
3. Benaisa S.; Arhoun B.; Villen-Guzman M.; El Mail R.; Rodríguez-Maroto J.M. (2019). Immobilization of Brown Seaweeds Sargassum vulgare. Water Air Soil Pollut 230, 19.

4. Beni A.A.; Esmaelili 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.
5. Davis T.A.; Volesky B.; Vieira R.H.S.F. (2000). Sargassum seaweed as biosorbent for heavy metals. *Wat. Res.*, 34(17), 4270-4278.
6. Desroches A.; Cox S.-A.; Oxenford H.A.; van Tussenbroek B. (2020). Sargassum Uses Guide: A resource for Caribbean researchers, entrepreneurs, and policy makers. Food and Agriculture Organization of the United Nations. CERMES Technical report, 97, special edition.
7. 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
8. Liranzo-Gómez R.E.; García-Cortés D.; Jáuregui-Haza U. (2021). ADAPTATION AND SUSTAINABLE MANAGMENT OF MASSIVE INFLUX OF SARGASSUM IN THE CARIBBEAN. *Environmental Innovations: Advances in Engineering Technology and Management* 8(2), 543-553.
9. López Miranda J.L.; Silva R.; Molina G.A.; Esparza R.; Hernandez-Martinez A.R.; Hernández-Cardena 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.
10. 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
11. Oviatt C.A.; Huizenga K.; Rogers C.S.; Miller W.J. (2019). What nutrient sources support anomalous growth and the recent sargassum mass stranding on Caribbean beaches? A review. *Marine Pollution Bulletin* 145, 517-525.
12. Plaza Cazón J. (2012). Remoción de metales pesados empleando algas marinas. Trabajo de Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata.
13. Prabhu A.A.; Chityala S.; Jayachandran D.; Deshavath N.N.; Veeranki V.D. (2020). 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, 90-106
14. 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
16. Saldarriaga-Hernández S.; Nájera-Martínez E.F.; Martínez-Prado M.A.; Melchor-Martínez E.M.(2020). Sargassum-based potential biosorbent to tackle pollution in aqueous ecosystems-An overview. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100032.
17. 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: Proceedings*, 5, 18024-18037.
18. Wang X.; Shan T.; Pang S. (2021). Removal of Sr, Co, and Mn from seawater by Sargassum horneri in mono- and multi-nuclide contamination scenarios. *Journal of Applied Phycology* 33, 2587-2596.
19. Yaashikaa P.R.; Senthil Kumar P.; Saravanan A.; Dai-Viet N. Vo. (2021). Advances in biosorbents for removal of environmental pollutants: A review on pretreatment, removal mechanism and outlook. *Journal of Hazardous Materials* 420, 126596.
20. 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)