

2022

# Colección Memorias de los Congresos de la Sociedad Química de México

Congreso Internacional de  
la Sociedad Química de  
México 2022:

*"Una Química: Muchas  
voces"*

**29 de agosto al 2 de septiembre**

Modalidad Híbrida

Mérida, Yucatán, 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](http://www.sqm.org.mx)

# CONGRESO INTERNACIONAL de la Sociedad Química de México 2022

*"Una Química: Muchas Voces"*

Del 29 de agosto al 2 de septiembre de 2022

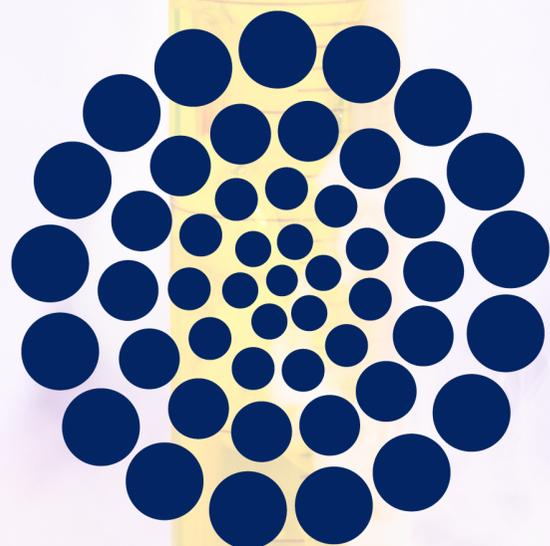
Modalidad Híbrida

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)  
en su 100 Aniversario



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

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*

# CONGRESO INTERNACIONAL de la Sociedad Química de México 2022

*"Una Química: Muchas Voces"*

Del 29 de agosto al 2 de septiembre de 2022

Modalidad Híbrida

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)  
en su 100 Aniversario



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

## MEDIO AMBIENTE. PROTEGIENDO AL PLANETA - PP

La Sociedad Química de México, A.C. (SQM), emplea los términos alumnos, jóvenes, académicos, etc., aludiendo a ambos géneros con la finalidad de facilitar la lectura; sin embargo, este criterio editorial no determina el compromiso que la SQM asume para consolidar la equidad de género.

Los autores son los únicos responsables del material que utilizan en sus respectivos trabajos, debiendo respetar siempre los derechos de autor de terceras personas. Ante cualquier queja sobre los mismos, la SQM procederá al retiro de los textos.

Los trabajos aquí presentados han sido publicados tal y como fueron autorizados por sus respectivos autores.

CISQM-PP-PO09

## Base de Datos (1984-2022) de Composición Química de Sargazo: Análisis elemental

Ma. Teresa de J. Rodríguez-Salazar<sup>1</sup>, Flora E. Mercader-Trejo<sup>2</sup>, Minerva Monroy –Barreto<sup>1</sup>, Raúl Herrera-Basurto<sup>3,5</sup>, Analaura Skladal-Méndez<sup>4</sup>, Ariana J. Morales-Velázquez<sup>4</sup>, Arlett G. Gómez –Carrasco<sup>4</sup>, Caterin Gutiérrez-Sánchez<sup>4</sup>, Eric D. Delgadillo-Mendoza<sup>4</sup>, Esperanza E. Mendoza-Solís<sup>4</sup>, Ilse P. Bernal-España<sup>4</sup>, Ma. Fernanda Leyvas-Acosta<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Depto. de Química Analítica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Cd. Universitaria, CDMX, México, CP04510.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Santa Rosa de Jáuregui (UPSRJ).

<sup>3</sup>Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI).

<sup>4</sup>Facultad de Química, UNAM.

<sup>5</sup>Total Metrology in Chemistry (TMiC), Querétaro, México, CP 76148.

[mtjrs@quimica.unam.mx](mailto:mtjrs@quimica.unam.mx); [mtjrs.papime2020@gmail.com](mailto:mtjrs.papime2020@gmail.com)

### RESUMEN

Se presenta la Base de Datos organizada por composición química elemental de muestras reales de la macro-alga parda (sargassum) obtenida como resultado de investigación documental especializada a nivel internacional, con el objetivo de brindar una herramienta analítica para la gestión integral (recolección, uso y disposición final) del sargazo. Considerando la extensión de la información correspondiente al período de los años 1984-2002, se desarrollaron dos archivos Excel que se pueden visualizar en el sitio AMyD (Administrador de Manuales y Documentos, repositorio institucional) de la Facultad de Química, UNAM): <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=662&section=5>.

### INTRODUCCIÓN

El origen y ubicación del sargazo flotante se relaciona con la Región Norte-ecuatorial de Recirculación (NEER), el Mar de los Sargazos y las corrientes principales en el Atlántico Central [15, 24, 27,29]. Los tapetes de sargazo flotante se pueden agrupar debido a las Circulaciones oceánicas de Langmuir [24,37]. La macroalga parda *Sargassum* se clasifica según Puspita, 2017 [28] en: Phylum: Ocrophyta, Class: Phaeophyceae, Order: Fucales, Family: Sargassaceae, Genus: Sargassum. Hinds et al, 2016 [29] resalta el valor ecológico de los tapetes flotantes del alga marina, por ser hábitat para gran diversidad de especies marinas como refugio y alimento.

Diversos métodos y técnicas se han utilizado para analizar la composición química de muestras de sargazo recolectadas en diversas ubicaciones geográficas. El tener información reciente y actualizada sobre el tema, permitirá contribuir con la comunidad científica en aportar y difundir el conocimiento para que el fenómeno del sargazo en nuestro país se aborde para una gestión integral con base en la composición química, e identificar aplicaciones potenciales.

El objetivo del presente trabajo es presentar la base de datos de composición química en muestras de sargazo y un breve análisis de años recientes (2019-2022) a nivel internacional, especificando la información reportada de estudios en México (1998-2022). Lo anterior, para brindar una herramienta para la gestión integral (recolección, uso y disposición final) de la macroalga marina, incluyendo la información correspondiente a los procesos de medición analítica.

### METODOLOGÍA

La investigación documental especializada se realizó empleando la plataforma [www.bidi.unam.mx](http://www.bidi.unam.mx) (Dirección General de Bibliotecas, UNAM). Se localizaron setenta y cuatro referencias abarcando el período 1984-2022, resaltando: a) Diez artículos de la revista Journal of Applied Phycology, b) Tres tesis doctorales y una de maestría, c) Cuatro artículos de la revista Science of the Total Environment y d) Cuatro publicaciones de la revista Algal Research.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La base de datos se desarrolló en formato Excel, como parte del proyecto PAPIME 210820 (Sitio AMyD, Facultad de Química, UNAM), y contiene los siguientes rubros principales: a) DOI o Link de acceso a la referencia, b) Interés de aplicación del análisis de composición química, c) Sitio y puntos de Muestreo, d) Especies analizadas del género *Sargassum*, e) Tratamiento de muestra físico y químico, f) Metodología analítica (incluyendo la metrología, empleando materiales de referencia certificados) y g) Especies químicas analizadas y su nivel de concentración.

En la tabla 1 se presenta un extracto en años recientes (2019-2022) de la información reportada, en donde se observa el origen de las diversas especies de sargassum: a) *S. fluitans* y *S. natans* se localizan en el Caribe, b) *S. muticum* en la Península Ibérica, c) *S. polycystum* y *S. spp* (especie también reportada en Baja California Sur, México por Carrillo-Domínguez et al, 2002) en el Sudeste Asiático, d) *S. fusiforme*, *S. fulvellum*, *S. wigthii*, *S. crassifolium* y *S. swartzii*, en otras regiones de Asia, e) *S. ilicifolium*, *S. angustifolium* y *S. boveanum* en el Golfo Pérsico, f) *S. elegans Suhr 1840* y *S. vulgare* (especie citada en Costas de Brasil por Marinho-Soriano, et al 2006) en África. Las técnicas analíticas más utilizadas son: a) Espectrometría de Absorción Atómica en las modalidades de Flama y Horno de Grafito (FAAS y HGAAS, respectivamente), b) Espectrometría de Emisión Atómica-Plasma Inductivamente Acoplado y Acoplamiento con Espectrometría de Masas (ICP-AES e ICP-MS, respectivamente) y c) Análisis elemental por combustión empleando detectores de infrarrojo y conductividad térmica para cuantificación de C, H, N, S (y el oxígeno por diferencia). El uso de materiales de referencia certificados (MRC), no es frecuente, al respecto se mencionan: a) Material algal: IAEA-392 e IAEA-446, b) tejido vegetal: BCR-402, y c) Material geológico (Es-2 y Es-4) que se utilizaron para validar la precisión de los resultados mediante Fluorescencia de Rayos X (XRF).

La tabla 2 muestra información de estudios realizados en México, indicando los niveles de concentraciones de los analitos de interés. Las especies analizadas son: 1) *S. fluitans* y *S. natans* en el Caribe Mexicano, 2) *S. vulgare* en el Golfo de México, 3) *S. spp*, *S. horridum*, *S. herporizum* y *S. sinicola* en Baja California Sur.

**Tabla 1.** Estudios de composición química (2019-2022) elemental en especies del género *Sargassum*.

Especie	Sitio de Muestreo	Analitos	Técnica Analítica	MRC	Referencia
<i>S. fluitans</i> , <i>S. natans</i>	Quintana Roo, México	As	GFAAS	IAEA-392 (Algas)	[1]
		Cd, Cu, Fe, Pb, Zn	FAAS		
	Quintana Roo, México	Al, As, Ba, B, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd	ICP-AES		[2]
	Caribe Mexicano	Al, As, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo,	FXL-XRF	Es-2, Es-4 (Materiales geológicos)	[8]

		P, Pb, Rb, S, Si, Sr, Th, U, V, Zn			
	Port Royal, Jamaica	Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Pb, U	ICP-MS		[3]
	Consey Bay, Barbados	Na, Mg, Al, P, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb			[10]
		C, N, O, H, S	Analizador elemental por combustión		
<i>S. muticum</i>	Pontevedra. España	Na, K	AES		[5]
		Ca, Mg, Cu	AAS		
		Cr, Cd, Pb	ICP-MS		
		Ca, K, Na, Mg, Cu, Pb, Hg, Cr, Cd			[12]
	Figueira da Foz, Portugal	Mo, B, Zn, P, Cd, Co, Ni, Mn, Fe, Mg, Ca, Cu, Na, Al, K	ICP-AES		[20]
	C, H, S	Analizador elemental por combustión			
	N				
<i>S. polycystum</i>	Sebesi Island, Indonesia	Mn, Ba, Zn, Fe, Cu, Se, Mo	FAAS		[9]
	Manicani Island, Filipinas	Ni, Cu, Pb	MP-AES		[13]
<i>Sargassum spp</i>	Yogyakarta, Indonesia	Cu, Pb, Zn	FAAS		[14]
		Cd	GFAAS		
		K	FF		
		P	UV-Vis		
		C	Volumetría y UV- Vis		
		N	Volumetría		

Cont. Tabla 1					
Especie	Sitio de Muestreo	Analitos	Técnica Analítica	MRC	Referencia
<i>S. fusiforme</i>	Wenzhou City, China	As, Cr, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn	ICP-MS		[4]
<i>S. fulvellum</i>	Tongyeong, Korea	As, Ca, Cd, Cl, Cu, F, Fe, Mn, P, Pb, Zn	FAAS		[6]
		Co, Cr, Na, Mg, S, Se	ICP-AES		
		Hg	FIMS		
<i>S. wigthii</i>	Tamil Nadu, India	C, H, N, S	Analizador elemental por combustión		[11]
<i>S. wigthii</i> , <i>S. crassifolium</i> , <i>S. polycistum</i>	Mannar, Sri Lanka	K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Se, Pd, As, Cd	ICP-MS		[21]
<i>S. wigthii</i> , <i>S. swartzii</i>	Mundapam, India	Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn			[23]
<i>S. ilicifolium</i> , <i>S. angustifolium</i>	Qeshm Island, Persian Gulf	Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn	FAAS		[16]
<i>S. boveanum</i>	Northern Gulf, Kuwait	$^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$	Espectrometría Alfa	IAEA 446 (alga marina)	[22]
<i>S. elegans Suhr 1840</i>	Durban, South Africa	As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn	ICP-AES	BCR-402 (tejido vegetal, trébol)	[18]
<i>S. vulgare</i>	Monufia Governorate, Egypt	K, Ca, Mg, Fe, S			[19]
<i>Sargassum</i>	Brazilian Coast	C, N	Analizador elemental por combustión		[7]

FF: Fotometría de emisión de flama

FAAS: Absorción Atómica-Flama

GFAAS: Absorción Atómica-Horno de Grafito

ICP-AES: Espectrometría de Emisión Atómica-Plasma Inductivamente Acoplado

ICP-MS: Espectrometría de Emisión Atómica-Plasma Inductivamente Acoplado a Masas  
 XRF: Fluorescencia de Rayos X  
 MP-AES: Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas  
 FIMS: Analizador de Mercurio por Inyección de Flujo  
 UV-Vis: Espectrofotometría Ultravioleta-Visible

**Tabla 2.** Estudios en México de composición química de macroalgas *Sargassum* (1998-2022).

Referencia	Sitio de Muestreo	Especie	Analitos	Niveles de concentración de especies químicas analizadas
Ortega-Flores et al, 2022		<i>S. fluitans</i> , <i>S. natans</i>	As, Cd, Cu, Fe, Pb, Zn	<b>mg/kg peso seco</b> As 9.5-255.2 Cd < 0.02 -2.6 Cu <0.01 a 2.85 Fe < 0.07 a 78.2 Pb <0.05 a 20.7 Zn < 0.02 a 62.8
Alzate-Gaviria et al, 2021	Puerto Morelos, Quintana Roo, México	<i>Sargassum</i> <i>spp</i> ( <i>S. natans</i> y <i>S. fluitans</i> )	Al, As, Ba, B, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn	<b>mg/kg</b> Al 33.81 - 61.88 As 76.49 - 115.66 Ba, 13.73 - 16.7 B 204.36 - 228.83 Cu 3.83 - 4.51 Ni <LD a 2.5 Zn 30.8 - 80.54 Pb < LD Cd 0.44 a 0.47
Rodríguez-Martínez et al, 2020	Caribe Mexicano (Contoy Island, Puerto Morelos, Cozumel, Mahahual, Chinchorro, Xahuayxol, Xcalak	<i>S. fluitans III</i> , <i>S. natans I</i> y <i>S. natans VIII</i>	Al, As, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, P, Pb, Rb, S, Si, Sr, Th, U, V, Zn	<b>ppm peso seco</b> Al <LD -500 As 24-172 Ca 23, 273 a 136, 146 Cl 747-53101 Cu < LOD a 540 Fe <LOD a 11 K 1990 - 46002 Mg < LOD - 13662 Mn 40 - 139 Mo < LOD - 7 P 228 - 401 Pb < LOD a 3 Rb 30 - 143 S 9462 - 24773 Si 447 - 2922 Sr 1605 - 2564 Th 5-23 U 11-48

				V <LOD a 13 Zn <LOD a 17	
Castellanos-Ruelas et al, 2010	Chuburná, Progreso y Chicxulub, en el estado de Yucatán	Sargasso	Cu, Co, Fe, Mg, Zn	% peso seco Mg 0.45	ppm peso seco Fe 277.1 Cu 20.6 Zn 49.7 Co 3.09
Uribe- Orozco et al, 2018	Barra de Cazonos, Veracruz	<i>S. vulgare</i>	Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn	mg/kg Cu 3.251 Cd 1.025 Cr 1.4 Ni 6.001 Pb 8.002 Zn 17.604	
Hernández-López, 2014	Cd Madero, Tam	<i>Sargassum</i>	C, N, S	% N 0.46 A 4.55 C 3.85 a 4.42 S 2.02 a 2.26	
Di Filippo Herrera, 2018	Península BC	<i>S. horridum</i>	B, Ca, Cl, Fe, N, Na, K, P, Zn	% C 1.19 N 0.84 P 0.12 K 1.55 Ca 0.05 Na 0.08 Cl 0.07 Fe 2.33 Zn 0.24 B 8.6	
Carrillo et al, 2012	BCS	<i>S spp</i>	Ca, Cu, Fe, Mg, Na, K, P, Zn	mg/100 g Ca 3.21 P 0.1 Na 20.1 K 5.77 Mg 0.9	ppm Cu 1 Zn 1600 Fe 3600
Casas-Valdés et al 2006	Bahía de la Paz, BCS		Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb, Zn	mg/100 g Na 2066.8 K 6800.4 Ca 500.7 Mg 701.4	

				P 44.9 Mn 5.3 Zn 0.98 Fe 41.2 Cu 0.66 Pb 0.2	
Gójon-Báez et al, 1998			Ca, Mg, Na, K, P	<b>mg/g</b> Mg 138.3 K 24.4 Na 24.5 Ca 32.7 P 27.9	
Carrillo-Domínguez et al, 2002		<i>S. herporizum</i> , <i>S. sinicola</i>	Ca, Cu, Fe, Mg, Na, K, P, Zn,	<b>g/100 g</b> Ca 6.74 - 7.28 P 0.5 - 0.53 Na 3.2 - 3.44 K 3.91 - 5.51 Mg 1.39 - 1.4	<b>mg/kg</b> Zn 32 - 50 Cu 47 Fe 419 - 458

Los analitos reportados en mayor nivel de concentración son: Na, Mg, K, Ca, C, N, S. Se han realizado estudios para conocer los niveles de concentración de elementos esenciales (Fe, Cu, Co, Mn, Zn, Cr, Ni, Si, Mo, Se, Al, B, Cl, P), y no-esenciales y tóxicos para el organismo humano (por ejemplo: Pb, As, Cd, reportados por Ortega-Flores et al, 2022; Alzate-Gaviria et al, 2021; Rodríguez-Martínez et al, 2020; Uribe-Orozco et al, 2018). Rodríguez-Martínez, et al 2022 reporta el análisis de Th (elemento del grupo de Tierras Raras) con concentración 5-23 ppm (el nivel traza de concentración, indica valores menores a 100 ppm).

La base de datos (BD) cuenta además con información de composición molecular (entre ellos, compuestos bioactivos con aplicaciones diversas: industria alimentaria, tratamiento de enfermedades cardiovasculares, productos nutraceuticos, cosmética, fertilizantes, etc..).

El procesamiento de la BD se llevó a cabo por estudiantes de licenciatura, identificando las siguientes oportunidades de mejora en la adquisición de conocimiento en el área de química analítica, respecto a los términos: a) Elemento, molécula, compuesto; b) Analito, muestra, matriz; c) Unidades de concentración; d) Tratamiento de muestra (físico y químico); e) Material de referencia certificado, exactitud, precisión; f) Técnica Analítica, Análisis cualitativo y cuantitativo.

## CONCLUSIONES

Los dos archivos de Excel correspondientes a la base de datos de composición química elemental resultante de la investigación documental especializada, se pueden consultar a través del enlace: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=662&section=5>.

Se reportaron estudios de composición química en las siguientes especies del género *Sargassum*: *S. fluitans* y *S. natans*, *S. muticum*, *S. polycystum*, *S. spp*, *S. fusiforme*, *S. fulvellum*, *S. wigthii*, *S. crassifolium* y *S. swartzii*, *S. ilicifolium*, *S. angustifolium* y *S. boveanum*, *S. elegans* Suhr 1840 y *S. vulgare*. Específicamente en México: *S. fluitans* y *S. natans*, *S. vulgare*, *S. spp*, *S. horridum*, *S. herporizum* y *S. sinicola*.

Las especies químicas reportadas son: Na, Mg, K, Ca, C, N, O, H, Al, B, V, Cr, Mn, Hg, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Pb, U, Cl, Th, Mo, P, Rb, S, Si, Sr, Se, Pd. Y los isótopos  $^{210}\text{Po}$  y  $^{210}\text{Pb}$ . Particularmente en México, los analitos reportados en mayor nivel de concentración son: Na, Mg, K, Ca, C, N, S. Identificando estudios reportados para el análisis de elementos esenciales (Fe, Cu, Co, Mn, Zn, Cr, Ni, Si, Mo, Se, Al, B, Cl, P), y no-esenciales y tóxicos para el organismo humano (por ejemplo: Pb, As, Cd). Y se encontró también la información reportada para Th (Tierras Raras) en concentración traza.

Las técnicas analíticas para cuantificación elemental más utilizadas son: Espectrometría de Absorción Atómica, Espectrometría de Emisión Atómica-Plasma Inductivamente Acoplado y Acoplamiento con Espectrometría de Masas y el denominado Análisis elemental (C, H, N, S y O por diferencia. El uso de materiales de referencia certificados (MRC) para evaluar la calidad analítica, no es de uso frecuente (se han utilizado IAEA-392 y IAEA 446, matriz biomasa algal).

## AGRADECIMIENTOS

PAPIME 210820, Dra. A. Peña-Álvarez, Dra. O. Zamora-Mtz, MI I. Zaldívar-Coria, Dr. J.C. Aguilar-Cordero, MI C. Flores-Ávila, QFB G. García Rmz, A. A. Aban-Estrella, E. F. Linares Vázquez, R. Zúñiga-Moreno, B. Cervantes-Fuentes, J. Hernández-Hdz, P. Santiago de Rosas, Fdo. A. Núñez-Valdés, S. Ramírez-Arenas, C. Ceferino-Martínez, L.C. Cañibe-García, R. S. Cortés-Lagunes, L.A. Enciso-Alcántara, D. Flores-Acosta, B. A. Briones-Glz, Dras. M.E. Núñez-Gaytán, A.M. Núñez-Gaytán, M. en C. M.R. Covarrubias –Herrera, Q. A. Acosta-Huerta, M. en C. S.C. Gama-González, Dr. J.J. Recillas M.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ortega-Flores, P.A.; Serviere-Zaragoza, E.; De Anda-Montañez, J.A.; Freile-Pelegrín, Y.; Robledo, D.; Méndez-Rodríguez, L.C. Trace elements in pelagic Sargassum species in the Mexican Caribbean: Identification of key variables affecting arsenic accumulation in *S. fluitans*. *Science of the Total Environment* 2022, 806, 150657
2. Alzate-Gaviria, L.; Domínguez-Maldonado, J.; Chablé-Villacis, R.; Olguín-Maciel, E.; Leal-Bautista, R.M.; Canché-Escamilla, G.; Caballero-Vázquez, A.; Hernández-Zepeda, C.; Barredo-Pool, F.A.; Tapia-Tussell, R. Presence of polyphenols complex aromatic "Lignin" in *Sargassum* spp. from Mexican Caribbean. *Journal of Marine Science and Engineering* 2021, 9 (6), 901006, 1-10
3. Davis, D.; Simister, R.; Campbell, S.; Marston, M.; Bose, S.; McQueen-Mason, S.J.; Gómez, L.D.; Gallimore, W.A.; Tonon, T. Biomass composition of the golden tide pelagic seaweeds *Sargassum fluitans* and *S. natans* (morphotypes I and VIII) to inform valorisation pathways. *Science of the Total Environment* 2021, 762, 143134
4. Su, L.; Shi, W.; Chen, X.; Meng, L.; Yuan, L.; Chen, X.; Huang, G. Simultaneously and quantitatively analyze the heavy metals in *Sargassum fusiforme* by laser-induced breakdown spectroscopy. *Food Chemistry* 2021, 338, 127797, 1-7
5. Torres, M.D.; Flórez-Fernández, N.; Domínguez, H. Monitoring of the ultrasound assisted depolymerisation kinetics of fucoidans from *Sargassum muticum* depending of the rheology of the corresponding gels. *Journal of Food Engineering* 2021, 294, 110404, 1-8
6. Choi, Y.Y.; Lee, S.J.; Kim, H.S.; Eom, J.K.; Kim, D.H.; Lee, S.S. The potential nutritive value of *Sargassum fulvellum* as a feed ingredient for ruminants. *Algal Research* 2020, 45, 101761
7. Gouvêa, L.P.; Assis, J.; Gurgel, C.F.D.; Serrão, E.A.; Silveira, T. C.L.; Santos, R.; Duarte, C.M.; Peres, L.M.C.; Carvalho, V.F.; Batista, M.; Bastos, E.; Sissini, M.N.; Horta, P.A. Golden carbon of *Sargassum* forests revealed as an opportunity for climate change mitigation. *Science of the Total Environment* 2020, 729, 138745

8. Rodríguez-Martínez, R.E.; Roy, P.D.; Torrescano-Valle, N.; Cabanillas-Terán, N.; Carrillo-Domínguez, S.; Collado-Vides, L.; García-Sánchez, M.; van Tussenbroek, B.I. Element concentrations in pelagic Sargassum along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. *PeerJ* 8:e8667 2020, , 1-19
9. Sumandiarsa, I.K.; Bengen, D.G.; Santoso, J.; Januar, H.I. Nutritional composition and alginate characteristics of Sargassum polycistum (C. Agardh, 1824) growth in Sebesi island coastal, Lampung-Indonesia. *IOP Conf Series: Earth and Environmental Science* 2020, 584, 012016
10. Thompson, T.M.; Young, B.R.; Baroutian, S. Efficiency of hydrothermal pretreatment on the anaerobic digestion of pelagic Sargassum for biogas and fertiliser recovery. *Fuel* 2020, 279, 118527
11. Ajith, S.; Rojith, G.; Zacharia, P. U.; Nikki, R.; Sajna, V. H.; Liya, V.B.; Grinson, G. Production, Characterization and Observation of Higher Carbon in Sargassum wightii Biochar From Indian Coastal Waters. *Journal of Coastal Research* 2019, 86 (1), 193-197
12. Álvarez-Viñas, M.; Flórez-Fernández, N.; González-Muñoz, M.J.; Domínguez, H. Influence of molecular weight on the properties of Sargassum muticum fucoidan. *Algal Research* 2019, 38, 101393
13. Corales-Ultra, O.G.; Peja Jr, R.P.; Casas Jr, E. V. Baseline study on the levels of heavy metals in seawater and macroalgae near an abandoned mine in Manicani, Guiuan, Eastern Samar, Philippines. *Marine Pollution Bulletin* 2019, 149, 110549
14. Dewi, E.N.; Rianingsih, L.; Anggo, A.D. The addition of different starters on characteristics Sargassum sp. Liquid fertilizer. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 2019, 246, 012045
15. Dutch Caribbean Nature Alliance, DCNA. Prevention at the Dutch Caribbean DCNA, Holanda. Recuperado de: <https://www.dcnanature.org/wp-content/uploads/2019/02/DCNASargassum-Brief.pdf>, revisado en 2019
16. Kordjazi, M.; Etemadian, Y.; Shabanpour, B.; Pourashouri, P. Chemical composition antioxidant and antimicrobial activities of fucoidan extracted from two species of brown seaweeds (Sargassum ilicifolium and S. angustifolium) around Qeshm Island. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 2019, 18 (3), 457-475
17. Madkour, A.G.; Rashedey, S.H.; Dar, M.A. Spatial and temporal variation of heavy metals accumulation in some macroalgal flora of the Red Sea. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries* 2019, 23 (4), 539-549
18. Magura, J.; Moodley, R.; Jonnalagadda, S.B. Toxic metals (As and Pb) in Sargassum elegans Suhr (1840) and the bioactive compounds. *International Journal of Environmental Health Research* 2019, 29 (3), 266-273
19. Mahmoud, S.H.; Salama, D.M.; El-Tanahy, A.M.M.; El-Samad, E.H.A. Utilization of seaweed (Sargassum vulgare) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences* 2019, 64, 167-175
20. Rodrigues, D.; Costa-Pinto, A.R.; Sousa, S.; Vasconcelos, M.W.; Pintado, M.M.; Pereira, L.; Rocha-Santos, T.A.P.; da Costa, J.P.; Silva, A.M.S.; Duarte, A.C.; Gomes, A.M.P.; Freitas, A.C. Sargassum muticum and Osmundea pinnatifida enzymatic extracts: Chemical, structural, and cytotoxic characterization. *Marine Drugs* 2019, 17 (4), 209
21. Thadhani, V.M.; Lobeer, A.; Zhang, W.; Irfath, M.; Su, P.; Edirisinghe, N.; Amaratunga, G. Comparative analysis of sugar and mineral content of Sargassum spp. collected from different coasts of Sri Lanka. *Journal of Applied Phycology* 31, 2019, 2643–2651
22. Uddin, S.; Bebehani, M.; Sajid, S.; Karam, Q. Concentration of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in macroalgae from the northern Gulf. *Marine Pollution Bulletin* 2019, 145, 474-479

23. Yoganandham, S.T.; Raguraman, V.; Muniswamy, G.; Sathyamoorthy, G.; Renuka, R.R.; Chidambaram, J.; Rajendran, T.; Chandrasekaran, K.; Ravindranath, R.R.S. Mineral and trace metal concentrations in seaweeds by microwave-assisted digestion method followed by Quadrupole Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *Biological Trace Element Research* 2019, 187, 579-585
24. Baker, P., Minzlaff, U., Schoenle, A., Schwabe, E., Hohlfeld, M., Jeuck, A., Brenke, N., Prausse, D., Rothenbeck, M., Brix, A., Frutos, I., Jörgen, K. M., Neusser, T. P., Koppelman, R., Devey, C., Brandt, A., Arndt, H. Potential contribution of surface-dwelling Sargassum algae to deep-sea ecosystems in the southern North Atlantic. *Deep-Sea Research Part II* 2018, 148, 21–34
25. Di Filippo Herrera, D.H. Actividad bioestimulante de extractos de macroalgas y su evaluación sobre el crecimiento de frijol mungo (*Vigna radiata*). Tesis Doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México, 2018
26. Uribe-Orozco, M.E.; Mateo-Cid, L.E.; Mendoza-González, A.C.; Amora-Lazcano, E.F.; González-Mendoza, D.; Durán-Hernández, D. Efecto del alga marina *Sargassum vulgare* C. Agardh en suelo y el desarrollo de plantas de cilantro. *IDESIA* 2018, 36 (3), 69-76
27. Fernández, F., Boluda, C. J., Olivera, J., Guillermo, L. A., Gómez, B., Echavarría, E., Mendis G. A. Análisis elemental prospectivo de la biomasa algal acumulada en las costas de la República Dominicana durante 2015. *Revista Centro Azúcar* 2017, 44, 11-22
28. Puspita, M. Enzyme-assisted extraction of phlorotannins from *Sargassum* and biological activities. Doctoral Program. Medicinal Chemistry. Diponegoro University; Université Bretagne Sud, 2017
29. Hinds, C., Oxenford, H., Cumberbatch, J., Fardin, F., Doyle, E.; Cashman, A. Golden Tides: Management Best Practices for Influxes of *Sargassum* in the Caribbean with a Focus on Clean-up. Centre for Resource Management and Environmental Studies (CERMES), The University of the West Indies, Cave Hill Campus, Barbados, 2016
30. Hernández López, F. Obtención de biogás a partir de algas del tipo *Sargassum* de la Playa Miramar de Cd. Madero, Tamaulipas. Tesis, Maestría en Energías Renovables, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.-UUTT, México, 2014
31. Carrillo, S.; Bahena, A.; Casas, M.; Carranco, M.E.; Calvo, C.C.; Ávila, E.; Pérez-Gil, F. El alga *Sargassum* spp. como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 2012, 46 (2), 181-186
32. Castellanos Ruelas, A.F.; Cauich Huchim, F.; Chel Guerrero, L.A.; Rosado Rubio, J.G. Vegetación marina en la elaboración de bloques multinutritivos para la alimentación de rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2010, 1 (1), 75-83
33. Casas-Valdez, M.; Hernández-Contreras, H.; Marín-Álvarez, A.; Aguila-Ramírez, R.N. El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae) una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Revista de Biología Tropical* 2006, 54 (1), 83-92
34. Marinho-Soriano, E.; Fonseca, P.C.; Carneiro, M.A.A.; Moreira, W.S.C. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Biosresource Technology* 2006, 97 (18), 2402-2406
35. Carrillo Domínguez, S.; Casas Valdez, M.; Ramos Ramos, F.; Pérez-Gil, F.; Sánchez-Rodríguez, I. Algas marinas de Baja California Sur, México: Valor nutrimental. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 2002, 52 (4), 400-405
36. Gojon-Báez, H.H.; Siqueiros-Beltrones, D.A.; Hernández-Contreras, H. Digestibilidad ruminal y degradabilidad In Situ de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. en ganado bovino. *Ciencias Marinas* 1998, 24 (4), 463-481

37. Barstow, S.F. The ecology of Langmuir circulation: A review. *Marine Environmental Research* 1983, 9 (4), 211-236



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

**Sociedad Química de México, A.C**

Ciudad de México

[www.sqm.org.mx](http://www.sqm.org.mx)

[soquimex@sqm.org.mx](mailto:soquimex@sqm.org.mx)

[congresos@sqm.org.mx](mailto:congresos@sqm.org.mx)

+52 555662 6823, +52 555662 6837

*"La química nos une"*