



Eje Temático: 6- *Biodiversidad, recursos naturales y servicios ambientales*

Sargazo: Distribución espacial y análisis elemental

Rodríguez-Salazar, M.T.J.¹; González-Chávez, J.L.¹; Gutiérrez-Sánchez, C.²; Skladal-Méndez, A.²; Morales-Velázquez, A.J.²; Mendoza-Solís, E.E.²; Ibarra-Contreras, R.²; López-Santiago, N.R.¹

¹ Departamento de Química Analítica (DQA), Facultad de Química (FQ), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

² FQ, UNAM

mtrjs.papime2020@gmail.com / mtjrs@quimica.unam.mx





INTRODUCCIÓN

Fleurence and Levine (2016) documentaron potenciales aplicaciones de las macroalgas marinas:

- 13000 años a.C. en salud y nutrición.
- 300 d.C. para uso medicinal in Grecia, fertilizante en Roma y suplemento alimenticio en Japón.

El sargazo es una macroalga parda, con clasificación taxonómica (Puspita, 2017): Filo-Ocrophyta, Clase- Phaeophyceae, Orden-Fucales, Familia-Sargassaceae, Genus- *Sargassum* (S.).

Diversas investigaciones han reportado la utilidad de las diversas especies de *Sargassum* (Puspita, 2017; Hinds et al., 2016, Hinds et al., 2016; Hernández López 2014, Lourenço et al., 2019, DCNA, 2019):

- Valor ecológico (hábitat y alimento).
- Fuente natural de compuestos bioactivos (polifenoles, polisacáridos, ácidos grasos, nutrientes minerales).
- Producción de biocombustibles, fertilizantes.
- Bioremediación.

Milledge y Harvey, 2016 resaltan el uso terapéutico de compuestos bioactivos del sargazo en tratamientos de diabetes, cáncer, SIDA, enfermedades vasculares, tratamientos antioxidantes y antiinflamatorios.

La composición química de muestras de sargazo se ha llevado a cabo a través de las técnicas analíticas: volumetría, potenciometría, gravimetría, cromatografía, espectrometrías atómicas y moleculares (Lourenço, 2019; Baker et al., 2018; Fernández et al., 2017; Puspita, 2017; Addico and deGraft-Johnson, 2016; Hernández-López, 2014; Solarin et al., 2014; Rohani-Ghadikolact and Abdulalian, 2012).



En los años 2020 y 2021 se desarrolló por el grupo de trabajo, una base de datos (Rodríguez-Salazar et al., 2023), con el objetivo de brindar una herramienta analítica para la gestión integral (recolección, uso y disposición final) del sargazo:

<https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=662§ion=5>



OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es presentar gráficamente la distribución geográfica de especies de sargazo con base en la información resultante de la investigación documental actualizada en el período 1984-2023 y un breve análisis.



MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación documental se realizó utilizando la plataforma www.bidi.unam.mx de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), obteniendo ochenta y seis referencias en el período 1984-2023, principalmente de la base de datos *ScienceDirect*. Resalta la revista *Journal of Applied Phycology* con 10 publicaciones, seguida por *Science of the Total Environment* con 6 referencias, cuatro de *Algal Research* y también cuatro de *Marine Pollution Bulletin*. Se encontraron también 3 tesis doctorales y cuatro de maestría.

Utilizando la plataforma Google Earth Version 9.185.0.0 (Google Earth, 2024) se colocaron los puntos próximos a los sitios de muestreo de las especies de *Sargassum* (las referencias citadas contienen las coordenadas geográficas precisas).

RESULTADOS

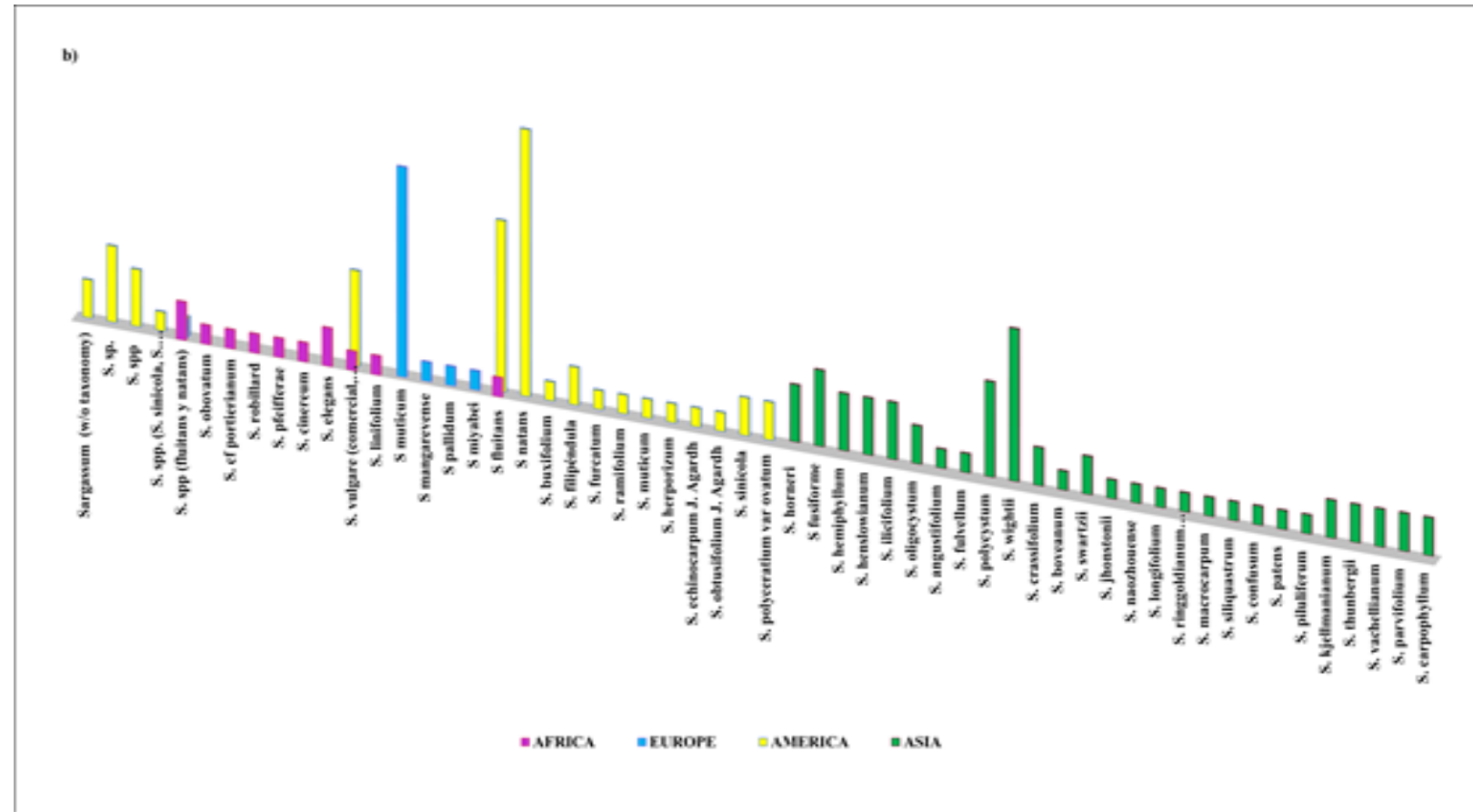
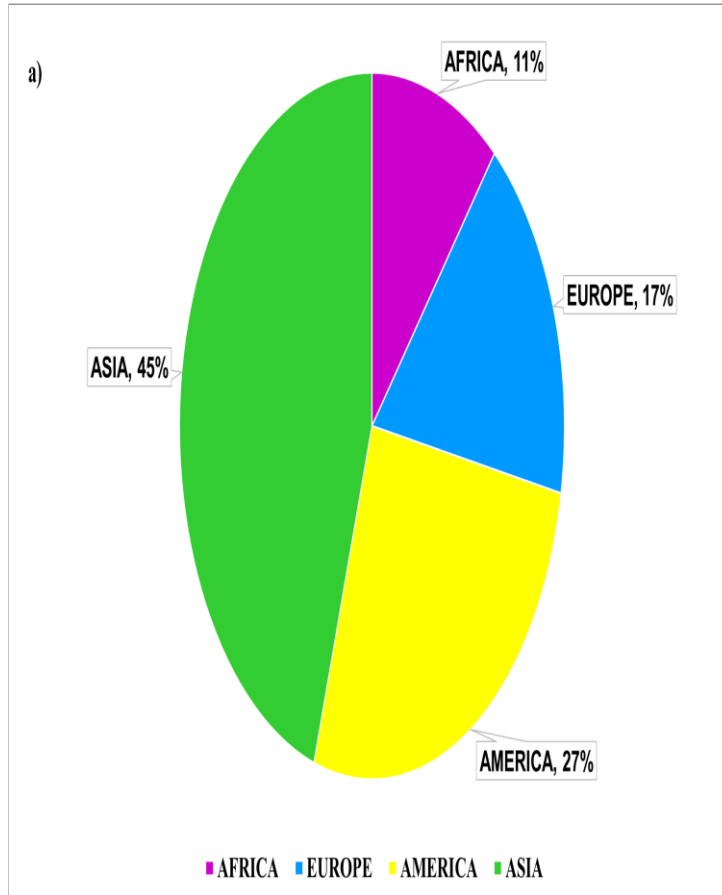


Figura 1. Estudios reportados de especies de macroalgas del género *Sargassum*. a) Procedencia, b) Especies analizadas.



Las especies recolectadas de sargazo en los diferentes estudios reportados corresponden principalmente a:

1) África

Sargassum obovatum, *S. cf. portierianum*, *S. robillard*, *S. pfeifferae*, *S. elegans*, *S. vulgare*, *S. cinereum* (Bekah et al., 2023; Madkour et al., 2019; Magura et al., 2019; Mahmoud et al., 2019).

2) Península Ibérica

S. muticum (Torres et al., 2021; Álvarez-Viñas et al., 2019; Rodrigues et al., 2019).

3) Caribe

S. fluitans, *S. natans*, *S. polyceratium* (Gobert et al., 2022; Ortega-Flores et al., 2022; Alzate-Gaviria et al., 2021; Davis et al., 2021; Ramírez-Cruz, 2021; Vázquez-Delfín et al., 2021; Martínez-Rodríguez, 2020; Rodríguez-Martínez et al., 2020; Thompson et al., 2020)

S. vulgare (Martínez-Rodríguez, 2020).

4) Asia

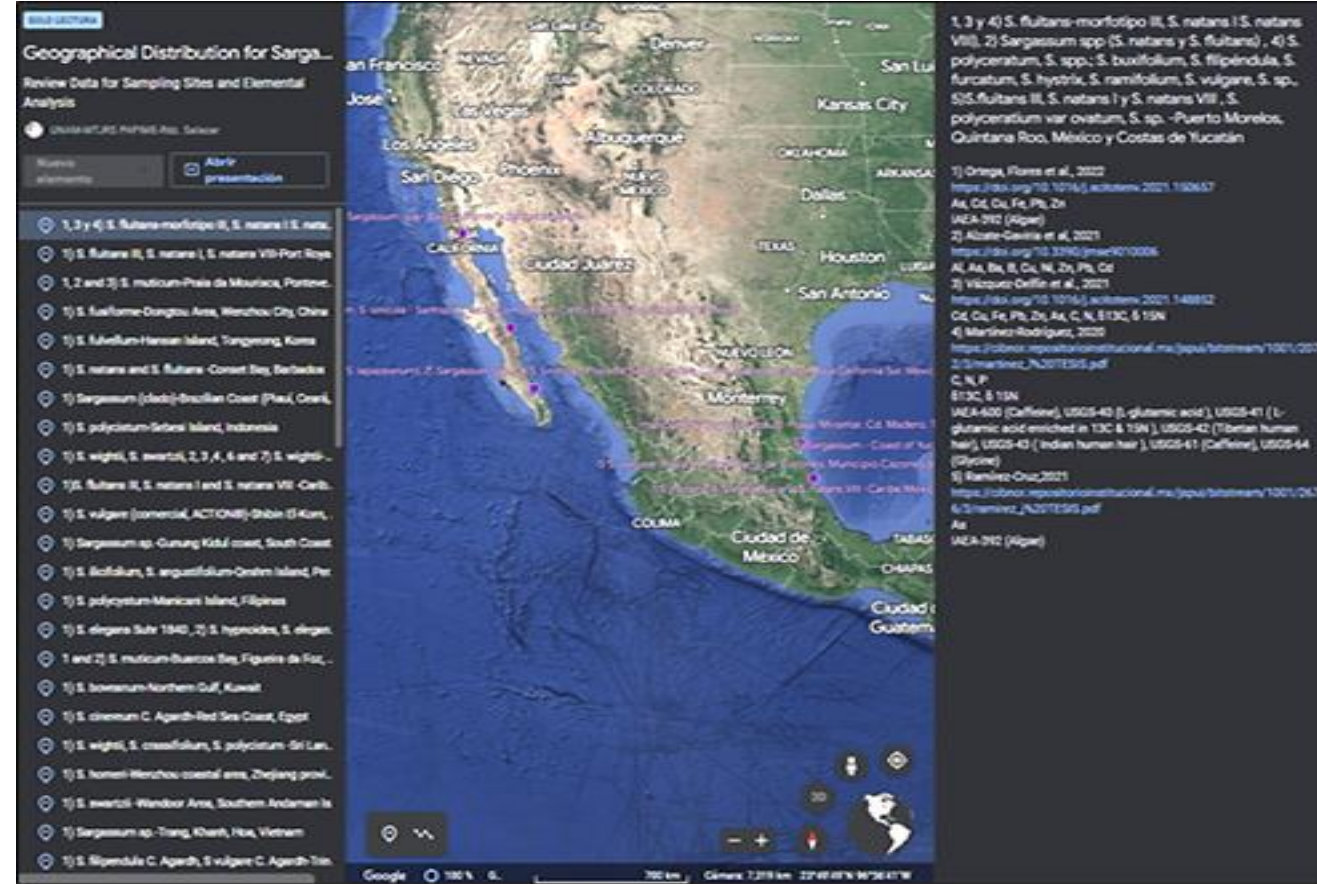
S. horneri (Huang et al., 2022; Tamura et al., 2022).

S. fusiforme (Huang et al., 2022; Su et al., 2021).

S. wightii (Ajith et al., 2019; Thadhani et al., 2019; Yoganandham et al., 2019).

S. polycystum (Sumandiarsa et al., 2020; Corales-Ulta et al., 2019; Thadhani et al., 2019).

S. ilicifolium (Siddique et al., 2022; Kordjazi et al., 2019).



8

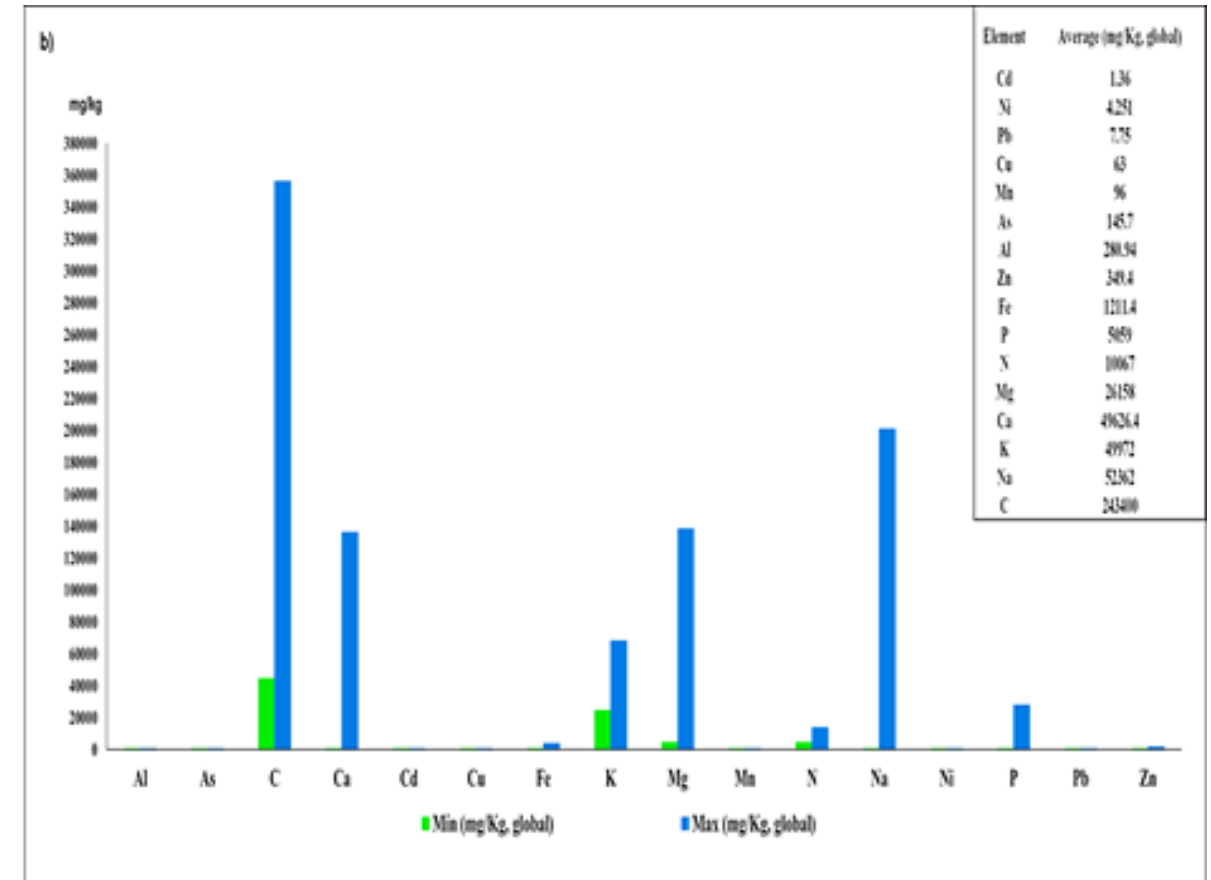
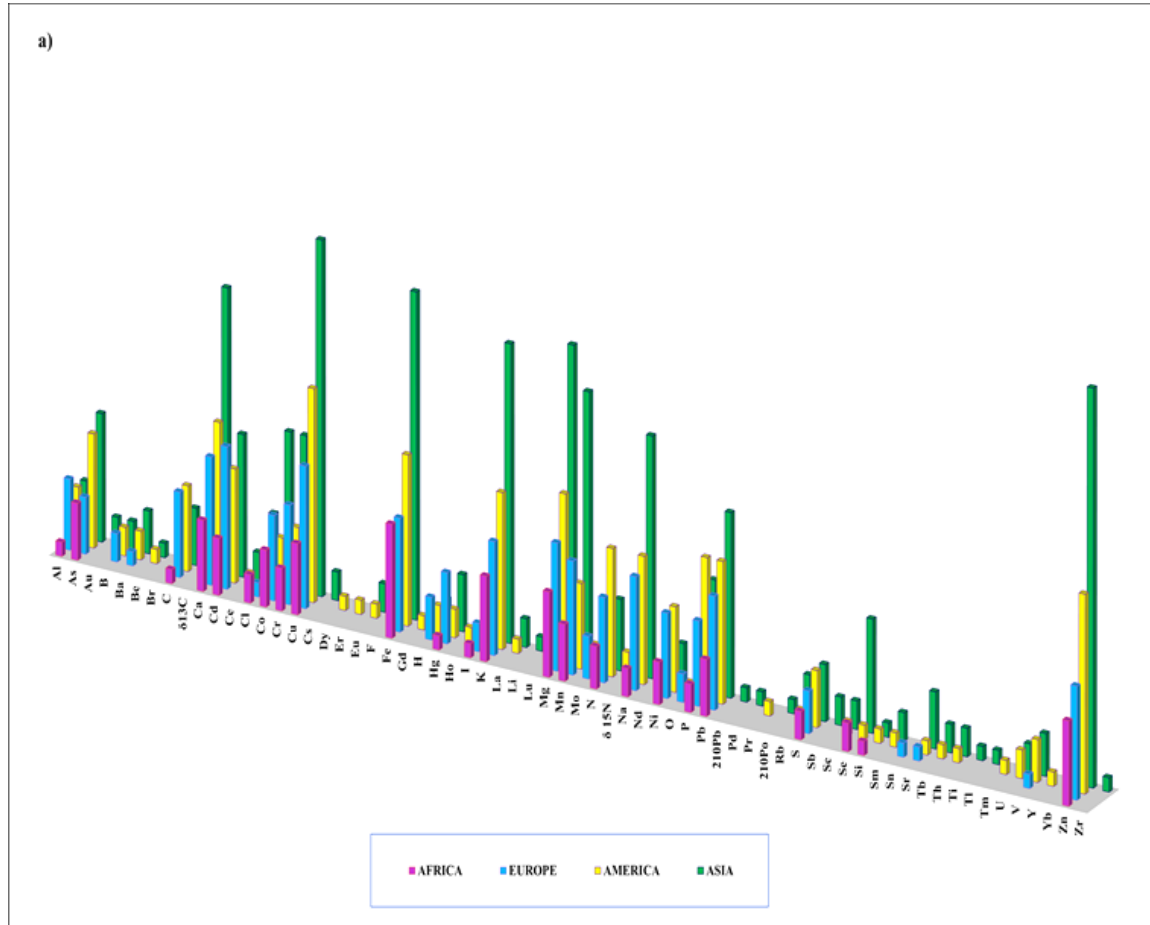


Figura 3. a) Analitos determinados en especies de *Sargassum* (estudios reportados a nivel internacional), b) Niveles de concentración (mg/Kg) de elementos analizados al menos en 2 estudios reportados por México.

Los analitos determinados corresponden a lo siguiente:

a) **Análisis elemental orgánico (OEA)** : C, H, N, S, O.

b) **Elementos potencialmente tóxicos (PTE)**: As, Cd, Cr, Ni, Pb.

c) **Macrominerales**: Ca, K, Fe, Mg, Na, P.

d) **Microminerales**: Cu, Mn, Zn.

e) **Análisis isotópico**:

^{210}Po and ^{210}Pb (radiactivos) en muestras de *S. boveanum* y *S. oligocystum* (Uddin et al., 2019).

^{13}C and ^{15}N (ligeros estables) en muestras de *S. fluitans* y *S. natans* (Vázquez-Delfín et al., 2021; Martínez-Rodríguez, 2020).

Los elementos con menores niveles de concentración (mg/kg) son Cd, Ni, Pb (traza), y en concentraciones mayores se encuentran K, Na y C (esenciales).

Las técnicas analíticas empleadas principalmente para la cuantificación elemental corresponden a:

- a) **Análisis elemental orgánico (OEA):** Análisis por combustión empleando detectores de infrarrojo y conductividad térmica (el oxígeno se obtiene por diferencia).
- b) **Elementos potencialmente tóxicos (PTE):** Espectrometría de masas-plasma acoplado por inducción (ICP-MS).
- c) **Macro y microminerales:** Espectrometría de absorción atómica (AAS), Espectrometría de emisión atómica-plasma acoplado por inducción (ICP-AES) e ICP-MS (niveles traza). El *nitrógeno* se determina generalmente por Volumetría (Método Kjeldahl) y el *fósforo* por espectrofotometría ultravioleta-visible (UV-Vis). El *arsénico* también se determina mediante Voltamperometría de redisolución anódica (ASV).
- e) **Análisis isotópico:** Espectrometría de masas de relaciones isotópicas (IRMS) para ^{13}C y ^{15}N y Espectrometría alfa para ^{210}Po y ^{210}Pb .

Tabla 1. Composición elemental química de macroalgas del género *Sargassum* reportada por investigaciones de México (1995-2022).

Sampling Site	Sargassum species sampled	µg/g	mg/kg DW	ppm	Concentration values reported ¹				δ Isotope values (‰)	Ref. ⁷
					mg/100 g	mg/g	g/100 g	%		
Puerto Morelos, Q. Roo ⁴ , Mexico	<i>S. fluitans</i> , <i>S. natans</i>		DW ² As 9.5-255.2 Cd < 0.02 to 2.6 Cu < 0.01 to 2.85 Fe < 0.07 to 78.2 Pb < 0.05 to 20.7 Zn < 0.02 to 62.8							Ortega-Flores et al. (2022)
	<i>Sargassum</i> spp (<i>S. natans</i> , <i>S. fluitans</i>)		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 < LOD ³ to 2.5 Zn 30.8 - 80.54 Pb < LOD ³ Cd 0.44 - 0.47							Alzate-Gaviria et al. (2021)
Quintana Roo and Yucatan, Mexico	<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I, <i>S. natans</i> VIII, <i>S. polyceratum</i> var <i>ovatum</i> , <i>S. sp.</i>	As 0.7-119.9								Ramírez-Cruz (2021)
	<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I and VIII, <i>S. biceifolium</i> , <i>S. filipendula</i> , <i>S. furcatum</i> , <i>S. hystrix</i> , <i>S. ramifolium</i> , <i>S. vulgare</i> , <i>S. sp.</i> , <i>S. polyceratum</i> , <i>S. spp.</i>							DW ² C 26.69-35.60 N 0.58-1.36 P 0.013-0.086	δ ¹³ C -19 to-15.24 δ ¹⁵ N -2.30 to 2.17	Martínez-Rodríguez (2020)
Mexican Caribbean (Q. Roo: Playa Mirador, Tulum; Playa Blanca, Akumal; Playa Xcalococo, Playa del Carmen; Puerto Morelos; Playa Coral y Playa Delfines, Cancun)	<i>S. fluitans</i> , <i>S. natans</i>		Cd: 0.32-1.36 Cu < 0.20 to 1.09 Fe 24 - 54.6 Pb < 0.20 to 0.29 Zn 3.65 - 7.2 As 29.0 - 65.7 DW ² Fe 277.1					C 26.8 - 33.0 N 0.9 - 1.2	δ ¹³ C-17.87 to 17.09 δ ¹⁵ N-0.55 to 0.19	Vázquez-Delfín et al. (2021)
Yucatan, Mexico (Chuburná, Progreso, Chicxulub)	<i>Sargasso</i>		Cu 20.6 Zn 49.7 Co 3.09					DW ² Mg 0.45		Castellanos-Ruelas et al. (2010)

Tabla 1. (Cont.)

Sampling Site	Sargassum species sampled	Concentration values reported ¹							Ref. ⁷
		µg/g	mg/kg DW	ppm	mg/100 g	mg/g	g/100 g	%	
Mexican Caribbean (Contoy Island, Puerto Morelos, Cozumel, Mahahual, Chinchorro, Xahuayxol, Xcalak)	<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I y <i>S. natans</i> VIII			Al <LOD ³ to 500 As 24-172 Ca 23, 273-136,146 Cl 747-53101 Cu <LOD ³ to 540 K 1990 - 46002 Mg < LOD ³ to 13662 Mn 40 - 139 P 228 - 401 Rb 30 - 143 Si 447 - 2922 Th 5-23 U 11-48 V <LOD ³ to 13 Zn <LOD ³ to 17					Rodriguez-Martinez et al. (2020)
Barra de Cazones, Veracruz	<i>S. vulgare</i>		Cu 3.251 Cd 1.025 Cr 1.4 Ni 6.001 Pb 8.002 Zn 17.604						Uribe-Orozco et al. (2018)
Ciudad Tamaulipas	Madero, <i>Sargassum</i>						N 0.46 C 3.85 - 4.42 S 2.02 - 2.26 P 0.545 Na 3.22-3.43 K 3.91-4.09 Ca 6.86 Mg 1.379		Hernández-López (2014)

Tabla 1. (Cont.)

Sampling Site	Sargassum species sampled	μg/g	mg/kg DW	ppm	Concentration values reported ¹				δ Isotope values (‰ _{sm})	Ref. ⁷
					mg/100 g	mg/g	g/100 g	%		
BCS ⁶	<i>S. spp</i>			Cu 1 Zn 1600 Fe 3600	Ca 3.21 P 0.1 Na 20.1		K 5.77 Mg 0.9			Carrillo et al. (2012)
					Na 2066.8 K 6800.4 Ca 500.7 Mg 701.4 P 44.9 Mn 5.3 Zn 0.98 Fe 41.20 Cu 0.66 Pb 0.2				Casas-Valdés et al. (2006) ⁸	
Bahía de la Paz, BCS ⁶	<i>S. herporizum</i> , <i>S. sinicola</i>		Zn 32 - 50 Cu 47 Fe 419 - 458			Mg 138.3 K 24.4 Na 24.5 Ca 32.7 P 27.9	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			Gojon-Baéz et al. (1998)
										Carrillo-Dominguez et al. (2002)
	<i>S. sinicola</i>			Fe 3600±0.33 Cu 1.00± 0.00 Zn 1600±0.11			Ca 3.21 ±0.54 P 0.011 ±0.00 Mg 0.90±0.09 Na20.07±0.45 K 5.77 ±0.06			Rodriguez-Bernal (1995)

Note: ¹ Concentration units according to the original publication ² DW: Dry Weight ³ LOD: Limit of Detection ⁴ Q. Roo: Quintana Roo Mexican State ⁵ BC: Peninsula of Baja California located in Mexico ⁶ BCS: Baja California Sur, Mexican State ⁷ Ref: Bibliography ⁸ The standard error values are also reported for each analytical parameter

Tabla 2. Normatividad Europea para metales pesados en algas comestibles CEVA, 2020, Timoner et al., 2020).

Analyte	mg/kg (dry weight)
As	3
Cd	0.5
Hg	0.1
I	2000
Pb	5
Sn	5

Tabla 3. Materiales de Referencia Certificados (MRC) empleados para la evaluación de la calidad de metodologías analíticas aplicadas a muestras de macroalgas del género *Sargassum*.

Certified Reference Material	Certified parameters	Reference
IAEA 446 (Baltic Sea Seaweed)	Radionuclides	Uddin et al. (2019)
NMIJ CRM 7405-b (Hijiki seaweed)	As speciation	Huang et al. (2022)
IAEA-600 (Caffeine)	Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$)	Martinez-Rodriguez (2020)
USGS-40 (L-glutamic acid)		
USGS-41 (L-glutamic acid enriched in ^{13}C & ^{15}N)		
USGS-42 (Tibetan human hair)		
USGS-43 (Indian human hair)		
USGS-61 (Caffeine)		
USGS-64 (Glycine)		
BCR-402 (White clover)		
BCR-279 (<i>Ulva latuca</i>)		
DORM-4 (Fish protein)		
ERM-BB422 (Fish muscle)	Elements	Rodriguez-Martínez et al. (2020)
NIES-03 (Seaweed <i>Chlorella</i>)		
1566a (Oyster tissue)		
IAEA-392 (Algae material: <i>Scenedesmus obliquus</i>)		
SRM 1570a (Spinach leaves)		
Es-2 (Organic rich argillite)		
Es-4 (Dolostone)		
ERM-CD200 (Bladderwrack seaweed, <i>Fucus vesiculosus</i>)		
GBW10023 (Laver algae)		
NMIJ CRM 7405-b (<i>S. fusiforme</i> , Hijiki seaweed)		
BCSS (Marine sediment)	Elements	Rodriguez-Martínez et al. (2020)
MAG-1 (Marine mud)		
NIST 1570a (Spinach)		
NIST 1571 (Orchard leaf)		
NIES No. 9 (<i>Sargassum fulvellum</i>)		
NIST-1572 (Citrus leaves)		



CONCLUSIONES

Se representó gráficamente la distribución geográfica aproximada de los sitios de muestreo reportados para especies de la macroalga parda *Sargassum*, empleando la plataforma de acceso libre Google Earth, en donde se observa que la mayoría de las investigaciones se realizaron en el continente asiático analizando muestras de *S. polycistum* y *S. wightii*:

<https://earth.google.com/earth/d/1Qd72z9YXRpNVqmv5jqgJQftJlfS4JLgS?usp=sharing> (free website)

Resalta también el Caribe Mexicano con investigaciones de las especies *S. fluitans* y *S. natans*.

La mayoría de las investigaciones reportadas consideraron el enfoque de salud humana, analizando las especies de *Sargassum* para determinación de PTE (As, Cd, Cr, Ni, Pb), macro (Ca, K, Mg, Na) y microminerales (Cu, Mn, Zn). Y se reportaron solo 2 estudios de especies isotópicas: a) ^{13}C , ^{15}N en México, and b) ^{210}Po and ^{210}Pb en Kuwait.

Se observa que los resultados de la evaluación de la calidad analítica, no se reportan ordinariamente. Los MRC empleados para ello, con base en macroalgas son: BCR-279 (actualmente no disponible), NIES-03, ERM-CD200, GBW10023, and NMIJ CRM 7405-b (aplicable también para especiación de arsénico) y NIES No. 9.



Actualmente en México no existe normatividad específica para el aprovechamiento de la biomasa *Sargassum* considerando las potenciales aplicaciones reportadas: bioremediación para agua y suelo contaminados (por la capacidad de biosorción de metales pesados), beneficios para la salud humana a través de productos con compuestos bioactivos con actividad antioxidante, fertilizante para plantas y alimento para ganado.

El presente trabajo intenta contribuir como herramienta para complementar estrategias de gestión de la biomasa, identificar usos potenciales, establecer normatividad y regulación correspondiente y diseñar programas de biomonitoreo; en lugar de considerar a la macroalga como desperdicio.



AGRADECIMIENTOS

Proyecto DGAPA-PAPIME UNAM PE201324

O. Zamora-Martínez, M. Monroy-Barreto, F.E. Mercader Trejo, R. Herrera Basurto, J.C. Aguilar-Cordero, I. Zaldívar-Coria, I. P. Bernal-España, A. G. Gómez –Carrasco, E. D. Delgadillo-Mendoza, Ma. F. Leyvas-Acosta, A. Acosta-Huerta, C. Flores-Ávila, M.R. Covarrubias-Herrera, M.E. Núñez Gaytán, A.M Núñez-Gaytán, J.J. Recillas-Mota, A.P. Peña Álvarez, E. Rodríguez de S.M., S.C. Gama González, O.U. Rodríguez-Pacheco, M.A. Saavedra-Pérez, M.A. Gómez Realí, A.E. Cenicerós-Gómez.

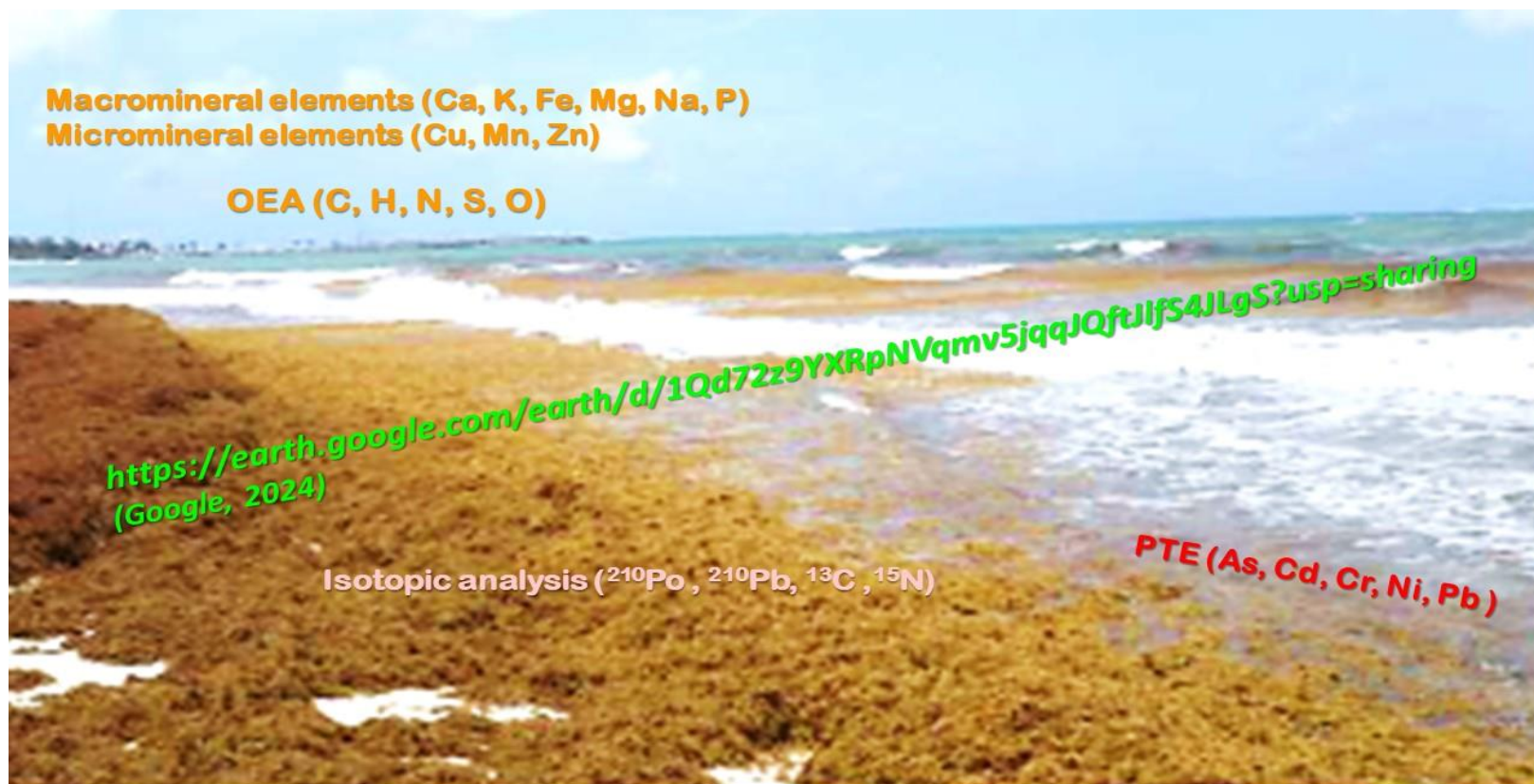


Figura 4. Arribazón de sargazo en Playa Punta Brava, Pto. Morelos, Q.Roo, Mexico in 2021 (Fotografía, M.A. Gómez-Realí).





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addico, G.N.D., deGraft-Johnson, K.A.A., 2016. Preliminary investigation into the chemical composition of the invasive Brown seaweed *Sargassum* along the West Coast of Ghana. *African Journal of Biotechnology* 15: 2184-2191. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.15177>
- Ajith, S., Rojith, G., Zacharia, P.U., Nikki, R., Sajna, V.H., Liya, V.B., Grinson, G., 2019. Production, Characterization and Observation of Higher Carbon in *Sargassum wightii* Biochar From Indian Coastal Waters. *Journal of Coastal Research* 86: 193-197. <https://doi.org/10.2112/si86-029.1>
- Alkan, N., Alkan, A., Demiral, A., Bahloul, M., 2020. Metals/metalloid in marine sediments, bioaccumulating in macroalgae and a mussel. *Soil and Sediment Contamination* 29: 569-594. <https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1751061>
- Álvarez-Viñas, M., Flórez-Fernández, N., González-Muñoz, M.J., Domínguez, H., 2019. Influence of molecular weight on the properties of *Sargassum muticum* fucoidan. *Algal Research* 38: 101393. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.101393>
- 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., 2021. Presence of polyphenols complex aromatic “Lignin” in *Sargassum* spp. from Mexican Caribbean. *Journal of Marine Science and Engineering* 9 (901006): 1-10. <https://doi.org/10.3390/jmse9010006>
- Baker, P., Minzlaff, U., Schoenle, A., Schwabe, E., Hohlfeld, M., Jeuck, A., Brenke, N., Prausse, D., Rothenbeck, M., Brix, A., Frutos, I., Jörger, K.M., Neusser, T.P., Koppelman, R., Devey, C., Brandt, A., Arndt, H., 2018. Potential contribution of surface-dwelling *Sargassum* algae to deep-sea ecosystems in the southern North Atlantic. *Deep-Sea Research Part II* 148: 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.10.002>
- Balboa, E.M., Gallego-Fábrega, C., Moure, A., Domínguez, H., 2016. Study of the seasonal variation on proximate composition of oven-dried *Sargassum muticum* biomass collected in Vigo Ria, Spain. *Journal of Applied Phycology* 28: 1943-1953. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0727-x>
- Barbarino, E., Lourenço, S.O., 2005. An evaluation of methods for extraction and quantification of protein from marine macro- and microalgae. *Journal of Applied Phycology* 17: 447-460. <https://doi.org/10.1007/s10811-005-1641-4>
- Barstow, S.F., 1983. The ecology of Langmuir circulation: A review. *Marine Environmental Research* 9: 211-236. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(83\)90040-5](https://doi.org/10.1016/0141-1136(83)90040-5)
- Bekah, D., Thakoor, A.D., Ramanjooloo, A., Chummun, Phul, I., Botte, S., Roy, P., Oogarah, P., Curpen, S., Goonoo, N., Bolton, J., Bhaw-Luximon, A., 2023. Vitamins, minerals and heavy metals profiling of seaweeds from Mauritius and Rodrigues for food security. *Journal of Food Composition and Analysis* 115: 104909. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104909>



- Carrillo, S., Bahena, A., Casas, M., Carranco, M.E., Calvo, C.C., Ávila, E., Pérez-Gil, F., 2012. El alga *Sargassum* spp. como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46: 181-186. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193024447011>
- Carrillo Domínguez, S., Casas Valdez, M., Ramos Ramos, F., Pérez-Gil, F., Sánchez-Rodríguez, I., 2002. Algas marinas de Baja California Sur, México: Valor nutrimental. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 52: 400-405. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000400012
- Casas-Valdez, M, Hernández-Contreras, H, Marín-Álvarez, A., Aguila-Ramírez, R.N., 2006. El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae) una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Revista de Biología Tropical* 54: 83-92. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000100010
- Castellanos Ruelas, A.F., Cauich Huchim, F., Chel Guerrero, L.A., Rosado Rubio J.G., 2010. Vegetación marina en la elaboración de bloques multivitaminicos para la alimentación de rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1: 75-83. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000100007
- Chan, J.C.C., Cheung, P.C.K., Ang Jr, P.O., 1997. Comparative studies on the effect of three drying methods on the nutritional composition of seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C.Ag. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 3056-3059. <https://doi.org/10.1021/jf9701749>
- Chapman, P.M., 2007. Determining when contamination is pollution-Weight of evidence determinations for sediments and effluents. *Environment International* 33: 492-501. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.09.001>
- Centre d'Étude et de Valorisation des Algues, CEVA, 2020. Edible seaweed and microalga-Regulatory status in France and Europe. 2019 Update. CEVA, France. <https://www.ceva-algues.com/wp-content/uploads/2020/03/CEVA-Edible-algae-FR-and-EU-regulatory-update-2019.pdf>
- Choi, Y.Y., Lee, S.J., Kim, H.S., Eom, J.K., Kim, D.H., Lee, S.S. , 2020. The potential nutritive value of *Sargassum fulvellum* as a feed ingredient for ruminants. *Algal Research* 45: 101761. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101761>
- Circuncisão, A.R., Catarino, M.D., Cardoso, S.M., Silva, A.M.S., 2018. Minerals from macroalgae origin: Health benefits and risks for consumers. *Marine Drugs* 16: 400. <https://doi.org/10.3390/md16110400>
- Corales-Ulta, O.G., Peja Jr, R.P., Casas Jr, E.V., 2019. 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* 149: 110549. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110549>



- Davis, D., Simister, R., Campbell, S., Marston, M., Bose, S., McQueen-Mason, S.J., Gómez, L.D., Gallimore, W.A., Tonon, T., 2021. 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* 762: 143134. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143134>
- Delgadillo Mendoza, E.D., 2022. Sargazo: fertilizante natural, alternativa sustentable. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2022/noviembre/0830452/Index.html>
- Dewi, E.N., Rianingsih, L., Anggo, A.D., 2019. The addition of different starters on characteristics *Sargassum* sp. Liquid fertilizer. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 246: 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/246/1/012045>
- Di Filippo Herrera, D.H., 2018. 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. https://delfin.cicimar.ipn.mx/Biblioteca/busqueda/Tesis/944?Origen=coleccion_tesis
- Dirección General de Bibliotecas, DGB, 2023. Biblioteca Digital UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://www.dgb.unam.mx/>
- Dutch Caribbean Nature Alliance, DCNA. 2019. Prevention and clean-up of *Sargassum* in the Dutch Caribbean. Holanda. <https://dcnanature.org/wp-content/uploads/2019/02/DCNA-Sargassum-Brief.pdf>
- Fernández, F., Boluda, C.J., Olivera, J., Guillermo, L.A., Gómez, B., Echavarría, E., Mendis, G.A., 2017. Análisis elemental prospectivo de la biomasa algal acumulada en las costas de la República Dominicana durante 2015. *Revista Centro Azúcar* 44: 11-22. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v44n1/caz02117.pdf>
- Fleurence, J., Levine, I., 2016. *Seaweed in Health and Disease Prevention*. 1a ed. Ed. Elsevier Inc., USA. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-02206-X>
- García Salgado, S., 2013. Estudios de especiación de arsénico y acumulación de metales en muestras de interés medioambiental. Tesis Doctoral, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, Universidad Politécnica de Madrid, España. https://oa.upm.es/15311/1/SARA_GARCIA_SALGADO.pdf
- Gobert, T., Gautier, A., Connan, S., Rouget, M.L., Thibaut, T., Stiger-Pouvreau, V., Waeles, M., 2022. Trace metal content from holopelagic *Sargassum* spp. Sampled in the tropical North Atlantic Ocean: Emphasis on spatial variation of arsenic and phosphorus. *Chemosphere* 308: 136186. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136186>



- Gojon-Báez, H.H., Siqueiros-Beltrones, D.A., Hernández-Contreras H., 1998. Digestibilidad ruminal y degradabilidad In Situ de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. en ganado bovino. *Ciencias Marinas* 24: 463-481. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48024406>
- Google Earth, 2024. Version 9.185.0.0. Google LLC IT Corporation, USA. <https://www.google.com/earth/about/>
- Gorham, J., Lewey, S.A., 1984. Seasonal changes in the chemical composition of *Sargassum muticum*. *Marine Biology* 80: 103-107. <https://doi.org/10.1007/BF00393133>
- 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., 2020. Golden carbon of *Sargassum* forests revealed as an opportunity for climate change mitigation. *Science of the Total Environment* 729, 138745. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138745>
- Gutiérrez Sánchez, C., 2023. Sargazo: de especie invasiva hacia una alternativa nutracéutica. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2023/septiembre/0847316/Index.html>
- Håkanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research* 14: 975-1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)
- Hernández López, F., 2014. Obtención de biogás a partir de algas del tipo *Sargassum* de la Playa Miramar de Cd. Madero, Tamaulipas. Tesis de Maestría en Energías Renovables, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.-UUTT, México. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2259738>
- Hinds, C., Oxenford, H., Cumberbatch, J., Fardin, F., Doyle, E., Cashman, A. (2016) *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. <https://doi.org/10.25607/obp-786>
- Hou, X., 1999. Study on chemical species of inorganic elements in some marine algae by neutron activation analysis combined with chemical and biochemical separation techniques. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 242: 49-61. <https://doi.org/10.1007/BF02345894>
- Hou, X., Yan, X., 1998. Study on the concentration and seasonal variation of inorganic elements in 35 species of marine algae. *The Science of the Total Environment* 222: 141-156. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00299-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00299-X)



- Huang, Z., Bi, R., Musil, S., Pétursdóttir, A.H., Luo, B., Zhao, P., Tan, X., Jia, Y., 2022. Arsenic species and their health risks in edible seaweeds collected along the Chines coastline. *Science of the Total Environment* 847: 157429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157429>
- Ismail, G.A., 2017. Biochemical composition of some Egyptian seaweeds with potent nutritive and antioxidant properties. *Food Science and Technology* 37: 294-302. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.20316>
- Kannan, S., 2014. FT-IR and EDS analysis of the seaweeds *Sargassum wightii* (brown algae) and *Gracilaria corticata* (red algae). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 3: 341-351. <https://ijcmas.com/vol-3-4/S.Kannan.pdf>
- Karimian, S., Shekoohiyan, S., Moussavi, G., 2021. Health and ecological risk assessment and simulation of heavy metal-contaminated soil of Tehran landfill. *RSC Advances* 11:8080. <https://doi.org/10.1039/d0ra08833a>
- Kaviarasan, T., Gokul, M.S., Henclya, S., Muthukumar, K., Dahms, H.U., James, R.A., 2018. Trace metal inference on seaweeds in Wandoor Area, Southern Andaman Island. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 100: 614-619. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2305-9>
- Khristoforova, N.K., Kozhenkova, S.I., 2002. The use of brown algae *Sargassum* spp. in heavy metal monitoring of the marine environment near Vladivostok, Russia. *Ocean and Polar Research* 24: 325-329. <https://doi.org/10.4217/OPR.2002.24.4.325>
- Kordjazi, M., Etemadian, Y., Shabanpour, B., Pourashouri, P., 2019. 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* 18: 457-475. https://jifro.ir/browse.php?a_id=2659&sid=1&slc_lang=en
- Kuda, T., Ikemori, T., 2009. Minerals, polysaccharides and antioxidant properties of aqueous solutions obtained from macroalgal beach-casts in the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan. *Food Chemistry* 112: 575-581. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.008>
- Kumar, S., Sahoo, D., 2017. A comprehensive analysis of alginate content and biochemical composition of leftover pulp from Brown seaweed *Sargassum wightii*. *Algal Research* 23: 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.02.003>
- Kumar, S., Sahoo, D., Levine, I., 2015. Assessment of nutritional value in a brown seaweed *Sargassum wightii* and their seasonal variations. *Algal Research* 9: 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.02.024>



- Kumari, R., Kaur, I., Bhatnagar, A.K., 2013. Enhancing soil health and productivity of *Lycopersicon esculentum* Mill. using *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner as a soil conditioner and fertilizer. *Journal of Applied Phycology* 25: 1225-1235. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9933-y>
- Leyvas Acosta, M.F., Rodríguez Salazar, M.T.J., Monroy Barreto, M., 2023. Sargazo y biosorción (investigación documental preliminar 2016-2022). *Memorias del 3er Congreso Internacional de Educación Química 2022, Sociedad Química de México, México*: 166-171. <https://sqm.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/Memorias-3%C2%B0CIEQ.pdf>
- Li, W., Zhang, Y., Zhang, J., Chen, H., Chen, E., Zhao, L., Zhao, D., 2023. Tropical forest AGB estimation based on structure parameters extracted by TomoSAR. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 121: 103369. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103369>
- Lourenço, R.A., Magalhães, C.A., Taniguchi, S., Leite Siqueira, S.G., Buz Jacobucci, G., Pereira Leite, F.P., Caruso Bicego, M., 2019. Evaluation of macroalgae and amphipods as bioindicators of petroleum hydrocarbons input into the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 145: 564-568. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.052>
- Madkour, A.G., Rashedey, S.H., Dar, M.A., 2019. Spatial and temporal variation of heavy metals accumulation in some macroalgal flora of the Red Sea. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries* 23: 539-549. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2019.60548>
- Magura, J., Moodley, R., Jonnalagadda, S.B., 2019. Toxic metals (As and Pb) in *Sargassum elegans* Suhr (1840) and the bioactive compounds. *International Journal of Environmental Health Research* 29: 266-273. <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1537439>
- Magura, J., Moodley, R., Jonnalagadda, S.B., 2016. Chemical composition of selected seaweeds from the Indian Ocean, KwaZulu-Natal coast, South Africa. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 51: 525-533. <https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1170547>
- Mahammad Diganta, M.T., Saifullah, A.S.M., Bakar Siddique, M.A., Mostafa, M., Sheikh, M.S., Uddin, M.J., 2023. Macroalgae for biomonitoring of trace elements in relation to environmental parameters and seasonality in a sub-tropical mangrove estuary. *Journal of Contaminant Hydrology* 256: 104190. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2023.104190>
- Mahmoud, S.H., Salama, D.M., El-Tanahy, A.M.M., El-Samad, E.H.A., 2019. Utilization of seaweed (*Sargassum vulgare*) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences* 64: 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2019.11.002>
- Marinho-Soriano, E., Fonseca, P.C., Carneiro, M.A.A., Moreira, W.S.C., 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresource Technology* 97: 2402-2406. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.014>



- Martínez-Rodríguez, L.I., 2020. Composición de isótopos estables de carbono y nitrógeno en especies pelágicas de sargazo. Tesis de Maestría (Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, Orientación en Biología Marina), Posgrado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., México. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3069>
- Marzocchi, M., Radocco, D., Piovan, A., Pastore, P., Di Marco, V., Filippini, R., Caniato, R., 2016. Metals in *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar and *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt edible seaweeds growing around Venice (Italy). *Journal of Applied Phycology* 28: 2605-2613. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0793-8>
- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M., Muhammad, K., 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Euchema cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology* 21: 75-80. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9326-4>
- McDermid, K.J., Stuercke, B., 2003. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *Journal of Applied Phycology* 15: 513-524. <https://doi.org/10.1023/B:JAPH.0000004345.31686.7f>
- Milledge, J.J., Harvey, P., 2016. Ensilage and anaerobic digestion of *Sargassum muticum*. *Journal of Applied Phycology* 28: 30213030. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0804-9>
- Milledge, J.J., Staple, A., Harvey, P.J., 2015. Slow pyrolysis as a method for the destruction of Japanese wireweed, *Sargassum muticum*. *Environmental and Natural Resources Research* 5: 28-37. <http://dx.doi.org/10.5539/enrr.v5n1p28>
- Mišurcová, L., Stratilová, I., Kráčmar, S., 2009. Obsah minerálních látek ve vybraných produktech mořských a sladkovodních řas. *Chem. Listy*, 103: 1027-1033. <https://adoc.pub/laboratorni-pistroje-a-postupy96bed53b199d0206eea9bbdb59fd252658905.html>
- Murugaiyan, K., Narasimman, S., 2012. Elemental composition of *Sargassum longifolium* and *Turbinaria conoides* from Pamban Coast, Tamilnadu. *International Journal of Research in Biological Sciences* 2: 137-140. <https://www.academia.edu/90866290>
- Ortega-Flores, P.A., Serviere-Zaragoza, E., De Anda-Montañez, J.A., Freile-Pelegrín, Y., Robledo, D., Méndez-Rodríguez, L.C., 2022. 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* 806: 150657. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150657>
- Oyesiku, O.O., Egunyomi, A., 2014. Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgessen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 13: 11881193. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12335>



- Peng, Y., Xie, E., Zheng, K., Fredimoses, M., Yang, X., Zhou, X., Wang, Y., Yang, B., Lin, X., Liu, J., Liu, Y., 2013. Nutritional and chemical composition and antiviral activity of cultivated seaweed *Sargassum naozhouense* Tseng et Lu. *Marine Drugs* 11: 20-32. <https://doi.org/10.3390/md11010020>
- Praiboon, J., Palakas, S., Notraksa, T., Miyashita, K., 2018. Seasonal variation in nutritional composition and anti-proliferative activity of brown seaweed *Sargassum oligocystum*. *Journal of Applied Phycology* 30: 101-111. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1248-6>
- Puspita, M., 2017. Enzyme-assisted extraction of phlorotannins from *Sargassum* and biological activities. Doctoral Program. Medicinal Chemistry. Diponegoro University, Université Bretagne Sud. <https://hal.science/tel-01630154v1/document>
- Rahhou, A., Layachi, M., Akodad, M., El Ouamari, N., Aknaf, A., Skalli, A., Oudra, B., Kolar, M., Imperl, J., Petrova, P., Baghour, M., 2023. Analysis and health risk assessment of heavy metals in four common seaweeds of Marchica lagoon (a restores lagoon, Moroccan Mediterranean). *Arabian Journal of Chemistry* 16: 105281. <https://doi.org/10.1016/j.arabjch.2023.105281>
- Rajaram, R., Rameshkumar, S., Anandkumar, A., 2020. Health risk assessment and potentiality of green seaweeds on bioaccumulation of trace elements along the Palk Bay coast, Southeastern India. *Marine Pollution Bulletin* 154: 111069. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111069>
- Rakib, M.R.J., Jolly, Y.N., Dioses-Salinas, D.C., Pizarro-Ortega, C.I., De-la-Torre, G.E., Khandaker, M.U., Alsubaie, A., Almaki, A.S.A., Bradley, D.A., 2021. Macroalgae in biomonitoring of metal pollution in the Bay of Bengal coastal waters of Cox's Bazar and surrounding areas. *Scientific Reports* 11: 20999. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99750-7>
- Ramírez Cruz, J.I., 2021. Arsénico en algas cafés del género *Sargassum*: condiciones empleadas para su remoción del agua. Tesis de Maestría. Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación en Biología Marina), Posgrado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3130>
- 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., 2019. *Sargassum muticum* and *Osmundea pinnatifida* enzymatic extracts: Chemical, structural, and cytotoxic characterization. *Marine Drugs* 17: 209. <https://doi.org/10.3390/md17040209>
- Rodrigues, D., Freitas, A.C., Pereira, L., Rocha-Santos, T.A.P., Vasconcelos, M.W., Roriz, M., Rodríguez-Alcalá, L.M., Gomes, A.M.P., Duarte, A.C., 2015. Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in Central West Coast of Portugal. *Food Chemistry* 183: 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.057>
- Rodríguez Bernal, M.G., 1995. Las algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* como fuentes alternas de minerales y pigmentos en gallinas de postura. Tesis de Maestría (Producción Animal), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/pmig2016/0221130/Index.html>



- Rodriguez-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., 2020. Element concentrations in pelagic Sargassum along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. *PeerJ* 8:e8667: 1-19. <https://doi.org/10.7717/peerj.8667>
- Rodríguez Salazar, M.T.J., Mercader Trejo, F.E., Monroy Barreto, M., Herrera Basurto, R., Skladal Méndez, A., Morales Velázquez, A.J., Gómez Carrasco, A.G., Gutiérrez Sánchez, C., Delgadillo Mendoza, E.D., Mendoza Solís, E.E., Bernal España, I.P., Leyvas-Acosta, M.F., 2023. Base de datos (1984-2022) de composición química de sargazo: Análisis elemental. *Memorias del Congreso Internacional de la Sociedad Química de México 2022*, Sociedad Química de México, México: 21-31. <https://sqm.org.mx/wp-content/uploads/2023/03/Memorias-CISQM2022.pdf>
- Rohani-Ghadlkolact, K., Abdulalian, E., Ng, W.K., 2012. Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources. *Journal of Food Science Technology* 49: 774-780. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0220-0>
- Rushdi, M.I., Abdel-Rahman, I.A.M., Saber, H., Attia, E.Z., Abdelraheem, W.M., Madkour, H.A., Hassan, H.M., Elmaidomy, A.H., Abdelmohsen, U.R., 2020. Pharmacological and natural products diversity of the Brown algae genus *Sargassum*. *RSC Advances* 10: 24951-24972. <https://doi.org/10.1039/D0RA03576A>
- Santoso, J., Gunji, S., Yoshie-Stark, Y., Suzuki, T., 2006. Mineral contents of Indonesian seaweeds and mineral solubility affected by basic cooking. *Food Science Technology Research* 12: 59-66. <https://doi.org/10.3136/fstr.12.59>
- Secretaría de Economía, SE, Secretaría de Salud, SSA, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. *Diario Oficial de la Federación*, México. https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002#gsc.tab=0
- Secretaría de Planeación e Informática, SPI, 2023. Administrador de Manuales y Documentos. Facultad de Química, UNAM, México. <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=662§ion=5>
- Seepersaud, M., Ramkissoon, A., Seecharan, S., Powder-George, Y.L., Mohammed, F.K., 2018. Environmental monitoring of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in *Sargassum filipendula* and *Sargassum vulgare* along the Eastern coastal waters of Trinidad and Tobago, West Indies. *Journal of Applied Phycology* 30: 2143-2154. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1372-3>
- SEMARNAT, 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental - Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. *Diario Oficial de la Federación*. México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691939&fecha=15/08/2003#gsc.tab=0



- SEMARNAT, SS, 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4964569&fecha=02/03/2007#gsc.tab=0
- Shams El-Din, N.G., Mohamedein, L.I., El-Moselhy, Kh.M., 2014. Seaweeds as bioindicators of heavy metals off a hot spot area on the Egyptian Mediterranean Coast during 2008-2010. *Environmental Monitoring and Assessment* 186: 5865-5881. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-3825-3>
- Siddique, M.A.M., Hossain, Md.Sh., Islam, Md.M., Rahman, M., Kibria, G., 2022. Heavy metals and metalloids in edible seaweeds of Saint Martin's Island Bay of Bengal, and their potential health risks. *Marine Pollution Bulletin* 181: 113866. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113866>
- Solarin, B.B., Bolaji, D.A., Fakayode, O.S., Akinnigbagbe, R.O., 2014. Impacts of an invasive seaweed *Sargassum hystrix* var *fluitans* (Borgesen 1914) on the fisheries and other economic implications for the Nigerian coastal waters. *IOSR Journal of Agricultural and Veterinary Science* 7: 01-06. <https://www.iosrjournals.org/iosr-javs/papers/vol7-issue7/Version-1/A07710106.pdf>
- Soto, M., Vázquez, M.A., de Vega, A., Vilariño, J.M., Fernández, G., de Vicente, M.E.S., 2015. Methane potential and anaerobic treatment feasibility of *Sargassum muticum*. *Bioresource Technology* 189: 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.074>
- SSA, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba, Diario Oficial de la Federación. México. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4295/salud2a/salud2a.htm>
- SSA, 2009. Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, México. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009#gsc.tab=0
- SSA, SE, 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0
- SS, 2022. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0
- Su, L., Shi, W., Chen, X., Meng, L., Yuan, L., Chen, X., Huang, G., 2021. Simultaneously and quantitatively analyze the heavy metals in *Sargassum fusiforme* by laser-induced breakdown spectroscopy. *Food Chemistry* 338 (127797): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127797>



- Sumandiarsa, I.K., Bengen, D.G., Santoso, J., Januar, H.I., 2020. Nutritional composition and alginate characteristics of *Sargassum polycystum* (C. Agardh, 1824) growth in Sebesi island coastal, Lampung-Indonesia. IOP Conf Series: Earth and Environmental Science 584: 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/584/1/012016>
- Sutharsan, S., Nishanthi, S., Srikrishnah, S., 2014. Effects of foliar application of seaweed (*Sargassum crassifolium*) liquid extract on the performance of *Lycopersicon esculentum* Mill. in sandy regosol of Batticaloa District Sri Lanka. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 14: 1386-1396. [https://www.idosi.org/aejaes/jaes14\(12\)14/9.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes14(12)14/9.pdf)
- Syad, A.N., Shunmugiah, K.P., Kasi, P.D., 2013. Seaweed as nutritional supplements: Analysis of nutritional profile physicochemical properties and proximate composition of *G. acerosa* and *S. wightii*. Biomedicine & Preventive Nutrition 3: 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.bionut.2012.12.002>
- Tamura, M., Suzuki, Y., Akiyama, H., Hamada-Sato, N., 2022. Evaluation of the effect of *Lactiplantibacillus pentosus* SN001 fermentation on arsenic accumulation and antihypertensive effect of *Sargassum horneri* in vivo. Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology 395: 1549–1556. <https://doi.org/10.1007/s00210-022-02288-2>
- Thadhani, V.M., Lobeer, A., Zhang, W., Irfath, M., Su, P., Edirisinghe, N., Amaratunga, G., 2019. Comparative analysis of sugar and mineral content of *Sargassum* spp. collected from different coasts of Sri Lanka. Journal of Applied Phycology 31: 2643–2651. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01770-4>
- Thompson, T.M., Young, B.R., Baroutian, S., 2020. Efficiency of hydrothermal pretreatment on the anaerobic digestion of pelagic *Sargassum* for biogas and fertiliser recovery. Fuel 279: 118527. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118527>
- Timoner Alonso, I., Bosch Collet, J., Castell Garralda, V., Abulin, S., Calderón, J., 2020. Algues. Estudi de la presència de metalls pesants i iode en algues destinades al consum humà. Avaluació del risc associat i la seva contribució a la dieta total. Agència Catalana de Seguretat Alimentària, Generalitat de Catalunya. Departament de Salut, España. <https://scientiasalut.gencat.cat/handle/11351/5376?locale-attribute=en>
- Torres, M.D., Flórez-Fernández, N., Domínguez, H., 2021. Monitoring of the ultrasound assisted depolymerisation kinetics of fucoidans from *Sargassum muticum* depending of the rheology of the corresponding gels. Journal of Food Engineering 294 (110404): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110404>
- Tyovenda, A.A., Ikpughul, S.I., Sombo, T., 2019. Assessment of heavy metal pollution of water, sediments and algae in River Benue at Jimeta-Yola, Adamawa State, Nigeria. Nigerian Annals of Pure and Applied Sciences 1:186-195. <https://doi.org/10.46912/napas.44>
- Uddin, S., Bebheshani, M., Sajid, S., Karam, Q., 2019. Concentration of ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb in macroalgae from the northern Gulf. Marine Pollution Bulletin 145: 474-479. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.056>



- Uribe-Orozco, M.E., Mateo-Cid, L.E., Mendoza-González, A.C., Amora-Lazcano, E.F., González-Mendoza, D., Durán-Hernández, D., 2018. Efecto del alga marina *Sargassum vulgare* C. Agardh en suelo y el desarrollo de plantas de cilantro. *IDESIA* 36: 69-76. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005001202>
- Vázquez-Delfín, E., Freile-Pelegrín, Y., Salazar-Garibay, A., Serviere-Zaragoza, E., Méndez-Rodríguez, L.C., Robledo, D., 2021. Species composition and chemical characterization of *Sargassum* influx at six different locations along the Mexican Caribbean coast. *Science of the Total Environment* 795: 148852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148852>
- Vijayanand, N., Ramya, S., Rathinavel, S., 2014. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 3: 150-155. [https://doi.org/10.1016/S2305-0500\(14\)60019-1](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(14)60019-1)
- Wernberg, T., Thomsen, M.S., Stæhr, P.A., Pedersen, M.F., 2000. Comparative phenology of *Sargassum muticum* and *Halidrys siliquosa* (Phaeophyceae: Fucales) in Limfjorden, Denmark. *Botanica Marina* 43, 31-39. <https://doi.org/10.1515/BOT.2001.005>
- Yoganandham, S.T., Raguraman, V., Muniswamy, G., Sathyamoorthy, G., Renuka, R.R., Chidambaram, J., Rajendran, T., Chandrasekaran, K., Ravindranath, R.R.S., 2019. Mineral and trace metal concentrations in seaweeds by microwave-assisted digestion method followed by Quadrupole Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *Biological Trace Element Research* 187: 579-585. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1397-8>
- Yu, Z., Robinson, S.M.C., Xia, J., Sun, H., Hu, C., 2016. Growth, bioaccumulation and fodder potentials of the seaweed *Sargassum hemiphyllum* grown in oyster and fish farms of South China. *Aquaculture* 464, 459-468. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.031>
- Zeng, G.Z., Lou, S., Ying, H., Wu, X., Dou, X., Ai, N., Wang, J., 2018. Preparation of microporous carbon from *Sargassum horneri* by hydrothermal carbonization and KOH activation for CO₂ capture. *Journal of Chemistry* 4319149:1-11. <https://doi.org/10.1155/2018/4319149>
- Zheng, X., Sun, R., Dai, Z., He, L., Li, Ch., 2023. Distribution and risk assessment of microplastics in typical ecosystems in the South China Sea. *Science of the Total Environment* 883:163678. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163678>
- Zubia, M., Payri, C.E., Deslandes, E., Guezennec, J., 2003. Chemical composition of attached and drift specimens of *Sargassum mangarevense* and *Turbinaria ornata* (Phaeophyta: Fucales) from Tahiti, French Polynesia. *Botanica Marina* 46: 562-571. <https://doi.org/10.1515/BOT.2003.059>