

© 2024 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 27: 1-8, 2024.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2024.681>

## Variación temporal de la composición química de *Sargassum sinicola* de Guaymas Sonora, México

Rubí Durán Ramírez<sup>1</sup>, María Cristina Cueto Wong<sup>1</sup>, Rosa Idalia Armenta Corral<sup>2</sup>,  
Jaqueline García-Hernández<sup>3</sup> y Gabriela Ramos Clamont Montfort<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Carretera Torreón - Matamoros Km. 7.5, Torreón, 27104, Coahuila, México. <sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Coordinación de Ciencia de los Alimentos. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas, # 46, Col. La Victoria, 83304, Hermosillo, Sonora, México. <sup>3</sup>Centro de Investigación en Alimentación y De sarrollo, A. C., Unidad Guaymas, Carretera al Varadero Nacional. Km 6.6, Col. Las Playitas, 85480, Guaymas, Sonora, México. E-mail \*gramos@ciad.mx

### RESUMEN

El interés por cultivar, con beneficios, a las algas pardas del género *Sargassum*, es muy amplio. Existen algunas especies que habitan en los mares mexicanos con posibilidad de ser utilizadas de forma sustentable. Sin embargo, para el efecto es importante la investigación. En este trabajo se estudió la variación temporal de la composición química de *Sargassum sinicola* Setchell & Gardner, de Guaymas, Sonora, México al realizar un análisis proximal de los macro y microelementos de *S. sinicola* colectado en tres años diferentes (2017-2019). Las mayores concentraciones de proteína ( $10.15 \pm 0.1\%$ ), extracto etéreo ( $3.1 \pm 0.04\%$ ) y fibra cruda ( $13.1 \pm 0.21\%$ ) se tuvieron en el mes de marzo, porque anualmente hay variación ( $p < 0.05$ ) en el contenido de proteínas y de minerales. El alga es rica en potasio ( $\sim 39$ - $40$  mg/kg), calcio ( $\sim 31$ - $33$  mg/kg) y hierro ( $\sim 220$ - $230$  mg/kg), similar al de otras especies cultivadas de sargazo. El análisis es un paso preliminar para la valoración de *S. sinicola*, que es necesario completar con estudios adicionales para establecer sus posibles usos en la alimentación humana y animal en México.

**Palabras clave:** algas pardas, sargazos, contenido nutricional.

### Temporal variation in the chemical composition of *Sargassum sinicola* from Guaymas, Sonora, Mexico

### ABSTRACT

Interest in farming and using brown algae of the genus *Sargassum* is spreading. Some species inhabit the Mexican seas that may be good candidates for sustainable use. However, it is essential to assess them first. This work studied the temporal variation in *Sargassum sinicola* Setchell & Gardner's chemical composition from Guaymas, Sonora. The proximal composition and the macro and microelement analysis of *S. sinicola* collected in three years (2017-2019) were obtained. The highest concentrations of protein ( $10.15 \pm 0.1\%$ ), ether extract ( $3.1 \pm 0.04\%$ ), and crude fiber ( $13.1 \pm 0.21\%$ ) were present in March, while there were annual variations ( $p < 0.05$ ) in protein and mineral content. The seaweed is rich in potassium ( $\sim 39$ - $40$  mg/kg) and calcium ( $\sim 31$ - $33$  mg/kg) and has an iron content ( $\sim 220$ - $230$  mg/kg) similar to that of other farmed sargassum species. The temporal characterization is a preliminary step for assessing *S. sinicola* and must be completed with additional studies to establish its possible uses in human food or animal feed.

**Keywords:** brown seaweeds, sargassum, nutritional content.

## INTRODUCCIÓN

**L**as algas marinas pardas del género *Sargassum* división Phaeophyta, clase Pheophyceae, orden Fucales, familia Sargassaceae, son de amplia distribución en las costas de Europa, Asia, África, Australia, América del Norte y América del Sur (Thin, Menshova, Ermakova, Anastuyk, Ly & Zvyagintseva, 2013). El hábitat de la mayoría de las especies de *Sargassum* sp. es sobre las rocas (bentónicas) y muy pocas, en plataformas de marea (pelágicas). Las especies bentónicas crecen entre la parte alta de la zona submareal y la parte baja de la zona intermareal (Norris, 2010). La temporada de crecimiento, los ciclos de reproducción altos y el periodo de crecimiento rápido de los sargazos ocurre en la primavera e inicio del verano (Redmond, Kim, Yarish, Pietrak & Bricknell, 2014).

Los sargazos de las aguas templadas del Océano Pacífico mexicano que están en las zonas rocosas someras, forman “bosques” de gran interés ecológico, medicinal y biotecnológico (Andrade-Sorcía *et al.*, 2014; Pacheco-Ruiz, Zertuche-González, Chee-Barragán & Blanco-Betancourt, 1998; Perumal, Sowmiya, Prasanna Kumar, Ravikumar, Deepak & Balasubramani, 2018). *S. sinicola* es una de las especies bentónicas que predomina en el Golfo de California, su abundancia es de un 80% muy diferente a las otras algas pardas con las que cohabita. La macroalga se localiza en el Golfo de Santa Clara, costa noroeste de Sonora hasta Cabo San Lucas en Baja California Sur (Norris, 2010; Aguilar-Rosas, Aguilar-Rosas, Mateo-Cid & Mendoza-González, 2002) y la especie está desde Puerto Peñasco, Sonora, a la Isla San Esteban, Baja California Sur, incluida la laguna de Agiabampo, Sonora, y el sistema lagunar Altata-Ensenada en el Pabellón, Sinaloa. Es abundante en los litorales de la Península de Baja California, en las bahías de Guaymas y de Kino, Sonora; (Aguilar-Rosas, Ochoa Izaguire, Aguilar-Rosas, Tovalín Hernández & Páez Osuna, 2009; Andrade-Sorcía *et al.*, 2014; Mateo-Cid, Mendoza-González, Aguilar-Rosas & Aguilar-Rosas, 2017).

Los sargazos se consumen en las poblaciones asiáticas desde hace largo tiempo, ya sean secas o frescas en sopas, platos vegetarianos gourmet, ensaladas y sazoadoras. Desde el siglo pasado se establecieron cultivos de sargazo para garantizar la demanda de los consumidores. En Corea se cultivan *S. fusiforme* y *S. fulvellum* y otras especies en desarrollo (Zhao, Zhao, Yao, Lu, Ang & Duan, 2009; Redmond *et al.*, 2014). En China se cultivan *S. fulvellum*, *S. fusiforme*, *S. horneri*, *S. thunbergii* y *S. muticum* (Xie, Liu, Jia, Chen & Yang, 2013). El interés por encontrar diferentes usos a las especies pelágicas invasivas del Océano Atlántico y de utilizar especies bentónicas de sargazo, ha suscitado el ánimo por su estudio con el fin de cultivar estas algas en los Estados Unidos de América. Entre las especies bénticas propuestas para esto se encuentran: *S. filipendula*, *S. cymosum*, *S. polyceratum*, *S. agardhianum*, *S. obtusifolium* y *S. aquifolium*. Otras especies son ahora una industria marítima

de rápido crecimiento en Nueva Inglaterra, EUA (Kim, Stekoll & Yarish, 2019).

Para que las especies mexicanas de sargazo se aprovechen y se cultiven, es necesario efectuar un análisis químico para evaluar sus propiedades. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la temporalidad en la composición química de *Sargassum sinicola* de Guaymas, Sonora, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección y preparación de las algas

Las algas se colectaron durante el mes de junio de los años 2017 a 2019; además, en el año 2017, en los meses de marzo, mayo y junio, para observar la variación estacional del contenido proximal del sargazo. Los muestreos se realizaron en San Carlos Nuevo Guaymas (Figura 1) en las localidades de San Francisco, Bahía Delfín (27.9591° N, 110.9857° O), Algodones (27.9621° N, 111.0997° O) y Piedras Pintas (27.9389° N, 111.0871° W). En cada lugar se muestrearon de 20-25 kg de algas a la deriva, que fueron transportadas en bolsas de plástico al laboratorio de análisis; se eliminaron las epifitas y el material de interés se identificó con base en las claves taxonómicas de McCourt (1984) y Norris (2010). Las algas se lavaron tres veces con agua corriente sumergiéndolas en agua durante 10 min y se secaron a la sombra hasta alcanzar una humedad  $\leq 4\%$ , determinada por el método **945.09** de la AOAC (2000). Enseguida se tamizaron para eliminar posible arena remanente, se molieron en un molino de aspas (Nutribulet Serie 900, Homeland Housewares, LLC, China); nuevamente se tamizaron con malla de 60 y se envasaron en recipientes de plástico a 25 °C, hasta su posterior análisis.

### Análisis proximal

El análisis proximal del alga molida se hizo con los métodos de la AOAC (2000). La humedad se determinó por el método oficial **945.09** (AOAC). El extracto etéreo se obtuvo con equipo Soxhlet, método oficial **920.39** (AOAC). La proteína total se estimó por el método micro-Kjeldahl **976.05** (AOAC). El contenido de proteína se calculó con el factor de conversión 6.25 de acuerdo con Di Filippo-Herrera, Hernández-Carmona, Muñoz-Ochoa, Arvizu-Higuera & Rodríguez-Montesinos (2018) y con el factor 5.38 como sugieren Lourenço, Barbarino, De-Paula, Pereira & Marquez, (2002). El contenido de cenizas se determinó utilizando el método de ignición a 500 °C mufla **923.03** (AOAC). La fibra cruda se obtuvo por el método oficial **962.09** (AOAC). Todos los análisis se hicieron por triplicado, con tres observaciones por réplica. Los carbohidratos se determinaron por diferencia restando la suma de todos los demás componentes al 100% (AOAC, 2000).

### Análisis de los macro y microelementos

Para el análisis de los minerales se llevó a cabo una digestión ácida de las muestras y un posterior análisis por espectroscopía de absorción atómica (Agilent Technologies 240FS-AA; Santa

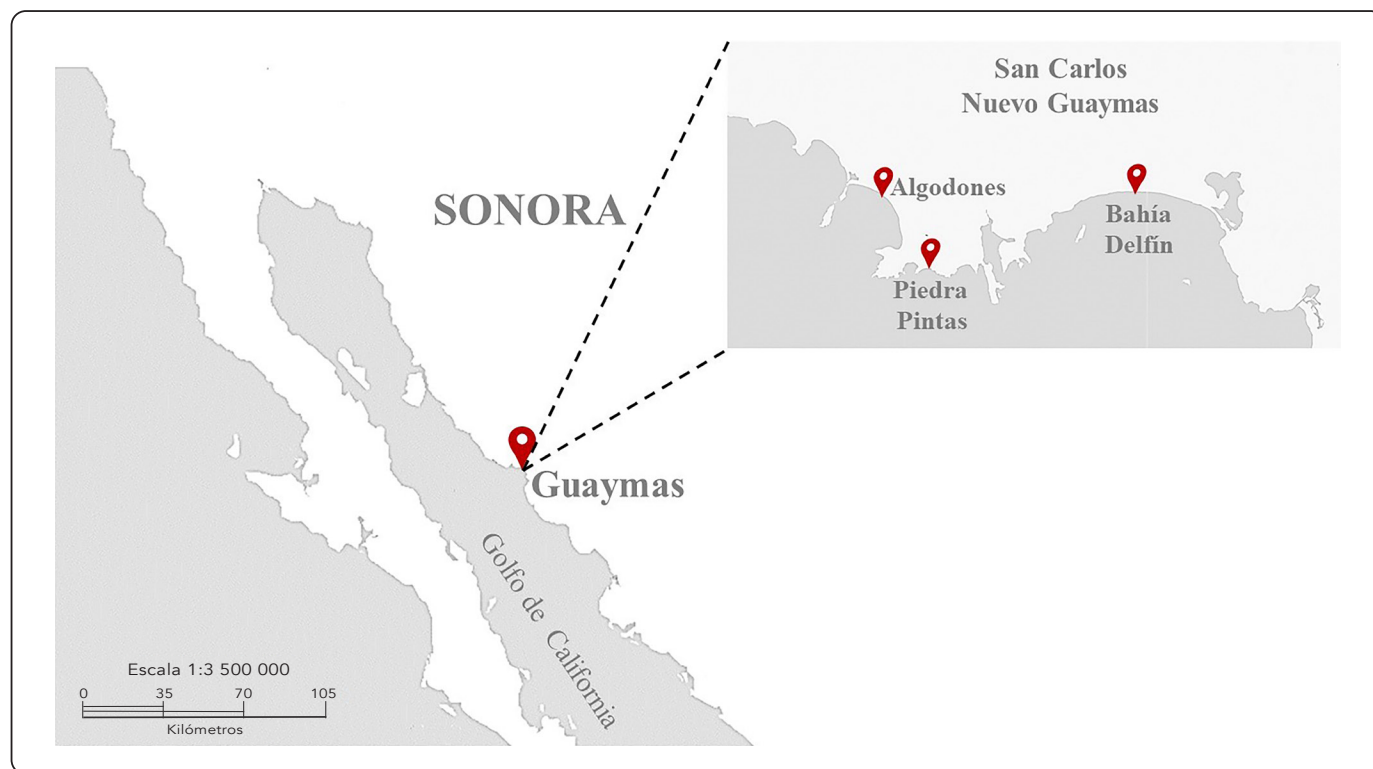


Figura 1. Sitios de colecta de *Sargassum sinicola* en San Carlos, Nuevo Guaymas, estado de Sonora, México. Modificada a partir de mapas disponibles en Google Maps.

Clara, CA, USA). Se analizaron Na, K, Ca, Mg Fe, Zn, Cu y Mn, de acuerdo con las técnicas de la AOAC (2000).

#### Análisis estadístico

Los resultados se expresan con la media  $\pm$  desviación estándar (DE). Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico NCSS versión 2020 (NCSS, LLC, Utah, USA). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA de una vía,  $p < 0.05$ ) utilizando la prueba de Tukey-Kramer para comparación de medias.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Análisis Proximal

Los valores encontrados en el análisis proximal de *S. sinicola* recolectado en los años 2017, 2018 y 2019, se muestran en la Tabla I. Se observaron diferencias significativas en el contenido de las proteínas y las cenizas. El contenido de los carbohidratos totales también varió, ya que este parámetro se obtuvo restando la suma de todos los componentes al 100%.

La proteína representa aproximadamente el 80% del nitrógeno presente en las macroalgas marinas. No obstante, la concentración de la proteína varía dependiendo del tipo de alga: el grupo de las algas cafés a las que pertenece *S. sinicola*, tiene el porcentaje más bajo de proteína (3% a 15%); las algas rojas presentan entre el 9% y 26% y las verdes hasta un 47% (de Souza Celente, Sui & Acharya, 2023; Vásquez, Martínez

& Bernal, 2019; Dawczynski, Schubert & Jahreis, 2007). En nuestro estudio la proteína se calculó por el método de Kjeldahl con dos factores de conversión, el de 6.25 que es el más utilizado (Di Filippo-Herrera *et al.*, 2018; Matanjun, Mohamed, Mustapha & Muhammad, 2009) y el de 5.38 recomendado por Lourenço *et al.* (2002) quienes realizaron un estudio específico sobre los aminoácidos y las proteínas de las algas pardas. Independiente del factor utilizado, las concentraciones de proteína encontradas en este trabajo, están en el rango de la composición proteica reportada para diferentes especies de sargazos, que va del 8% al 13% (Kumar, Sahoo & Levine, 2015). El contenido de proteína de *S. sinicola* obtenido en nuestro trabajo al utilizar el factor de conversión de 6.25, fue similar al encontrado por Liu *et al.* (2020) para *S. fusiforme* que es una especie ampliamente cultivada en Asia para consumo humano y a los de *S. wightii*, *S. mangarevense*, *S. henslowianum* y *S. echinocarpum* de los autores Zubia, Payri, Deslandes & Guezennec (2003) y Wong & Cheung (2001). Sucedió lo mismo al emplear el factor 5.38, las cantidades resultantes fueron similares a las de *Sargassum vulgare* de los estudios de Lourenço *et al.* (2002). Por otro lado, Carrillo Domínguez, Casas Valdez, Ramos-Ramos, Pérez-Gil & Sánchez Rodríguez (2002) reportaron un contenido de  $6.97 \pm 0.02$  % para *S. sinicola* colectado durante el mes de mayo, más al sur del Golfo, en Bahía de la Paz, en las costas de Baja California sur. Las condiciones ambientales (salinidad, temperatura externa y temperatura del agua, época del año,

**Tabla I. Análisis proximal de *Sargassum sinicola* recolectado en diferentes años. (Media ± Desv. Std.)**

Análisis (%)	Años de colecta		
	2017	2018	2019
Humedad del alga seca	3.21 ± 0.20	2.98 ± 0.03	3.0 ± 0.03
Materia seca	96.79± 0.20	97.03 ± 0.02	97.00± 0.03
Extracto etéreo	2.0 ± 0.10	1.97 ± 0.40	1.99 ± 0.20
Proteína (N x6.25)	11.2 ± 0.10*	12.6 ± 0.09*	10.8± 0.20*
Proteína (N x5.38)	9.64 ± 0.1*	10.84 ± 0.09*	9.30 ± 0.20*
Cenizas	38.33± 0.02*	37.56± 0.05*	38.91± 0.05*
Fibra cruda	11.86± 0.40	11.90± 0.22	12.00± 0.16
Carbohidratos totales	34.96± 0.02	34.75± 0.03	34.8± 0.01

\*Indica diferencias significativas entre los años de colecta (ANOVA p< 0.05, Tukey-Kramer).

humedad relativa y precipitación externas), la ubicación geográfica y la época de colecta, influyen en la composición química de las algas pardas (Balboa, Gallego-Fábrega, Moure & Domínguez, 2016; Toth *et al.*, 2020).

El porcentaje del extracto etéreo encontrado en este trabajo fluctuó entre el 1.93% y el 2.1%, diferente a los datos de Carrillo Domínguez *et al.* (2002) y Rodríguez Bernal (1995) que fue de 0.6% y de 1.63% para la misma especie, respectivamente. Estos autores reportaron una concentración de cenizas similar al encontrado en este trabajo (~ 37-39 %). En la ceniza los minerales residuales de la biomasa de las algas, son: Na, K, S, Ca, y Mg. De acuerdo con Balboa *et al.* (2016), Kumar *et al.* (2015) y Murakami *et al.* (2011), el contenido de cenizas en los sargazos fluctúa entre el 13.2% y el 41.8%, influenciado por la radiación solar, la concentración salina, la variación estacional y la región geográfica.

El porcentaje de fibra cruda fue alto (de 11.46% a 12.16%), cantidad suficiente para promover la peristalsis y la salud intestinal. También se observó un alto contenido de otros carbohidratos (~ 35 %), característico de los sargazos (Balboa *et al.*, 2016). Entre estos últimos componentes destacan el alginato y el fucoidan, ambos con propiedades nutraceuticas que es necesario analizar a mayor profundidad para esta especie (Di Filippo-Herrera *et al.*, 2018).

La Tabla II presenta las variaciones en composición observadas en los diferentes meses de colecta del año 2017. Los porcentajes del extracto etéreo fueron menores (p<0.05) en mayo y junio, que los encontrados en las algas recolectadas en el mes de marzo. En general, se ha visto que el contenido de lípidos del extracto etéreo, aumenta al disminuir la temperatura del agua; esto debido a los

mecanismos de protección de la planta (Nomura *et al.*, 2013). Otras especies de sargazo como *S. echinocarpum*, *S. fusiforme* y *S. obtusifolium* presentan porcentajes de extracto etéreo similares a las encontradas para *S. sinicola* (Meinita, Harwanto, Sohn, Kim & Choi, 2021; Kumar *et al.*, 2015). Aunque los sargazos contienen una pequeña cantidad de lípidos, algunos de ellos son importantes para la salud, como los ácidos grasos poliinsaturados y los ácidos grasos omega 3 (Balboa *et al.*, 2016). Sin embargo, es necesario saber si estos se encuentran presentes en *S. sinicola*.

Las concentraciones más altas de proteína se observaron en el mes de marzo, coincidiendo con la fase de desarrollo de las algas (Kumar *et al.*, 2015). Factores externos como la temperatura ambiente, la concentración de nutrientes y la salinidad del agua, también influyen en el contenido proteico. Un ejemplo son las variaciones de proteína encontradas en *S. vulgare* (9.2-19.9%), influenciadas por factores extrínsecos (Marinho-Soriano, Fonseca, Carneiro & Moreira, 2006). Por lo general, a mayores temperaturas, menor contenido de proteína (Murakami *et al.*, 2011). Tendencias similares fueron observadas en *Sargassum hemiphyllum* (9– 10 %) por Chan, Cheung & Ang (1997) y en *S. horneri* (6.3-10.5%) por Balboa *et al.* (2016). El contenido de proteínas es importante para la valoración de un recurso, tanto para la alimentación de los humanos, como para la del ganado. En el caso de *Sargassum* spp. del Golfo de California, existen estudios en los que las algas pardas se incluyen como parte de la alimentación de las cabras y las ovejas, siendo un buen suplemento por su contenido de fibra y de proteína (Marín *et al.*, 2009; Cervantes, 2019).

Los valores más altos de ceniza se encontraron en los meses de mayo y junio. El contenido de cenizas en las algas pardas

varía considerablemente con la exposición a la radiación solar y a la salinidad del agua de mar. Además, depende del estado fisiológico del alga y de la región geográfica donde habita (Kumar et al., 2015). Sargazos con alta cantidad de ceniza, pueden utilizarse como fertilizantes de suelos y si ese es el propósito de uso, es importante colectarlas en esta época del año. Por el contrario, si la cantidad de ceniza es baja, son adecuadas para la alimentación animal (Balboa et al., 2016).

**Análisis de los macro y microelementos**

El análisis de los macroelementos en las algas colectadas en diferentes años (Tabla III), presentó diferencias ( $p < 0.05$ ) en el contenido de sodio. Éstas pueden deberse a residuos de arena y agua de mar. Los resultados variaron entre 21.85 mg/g a 23 mg/g siendo similares a los de Rodríguez Bernal (1995) y menores a los de Carrillo Domínguez et al. (2002) ambos, para *S. sinicola* de Baja California Sur. Una alta concentración de sodio limita el uso del sargazo como fertilizante o como alimento para el ganado. El lavado con agua, la inmersión en agua por varias horas y algunos tratamientos químicos, como el uso de formaldehído al 2 %, seguido de HCl al 0.2 M, disminuyen significativamente el contenido de sodio en las algas, mejorando su potencial de uso (Salgado-Hernández et al., 2023; Fertah, Belfkira, Dahmane, Taourirt & Brouillette, 2017).

En este trabajo el contenido de potasio se situó en el rango de 38.9 mg/g a 40.3 mg/g, diferente al de Carrillo Domínguez et al. (2002) al ser de 55.9 mg/g. El potasio es un macronutriente esencial necesario para el crecimiento y las actividades metabólicas de las algas marinas. En todos los organismos vivos debe existir un balance entre las concentraciones de sodio y potasio ( $Na^+/K^+$ ) que debe ser menor a 1.5 (Cofrades et al., 2010). En diferentes géneros de algas café las relaciones  $Na^+/K^+$  estuvieron entre 0.33 y 1.26 Rupérez (2002). En nuestro trabajo las relaciones  $Na^+/K^+$  se dieron entre 0.55 y 0.59, que, desde el punto de vista nutricional, son relaciones balanceadas que pueden contribuir al equilibrio de la presión sanguínea. Dietas altas en sodio y bajas en potasio se relacionan con la hipertensión arterial. (Rupérez, 2002).

El contenido de calcio observado en nuestro trabajo fue de alrededor de 32 mg/g, diferente ( $p < 0.05$ ), en los distintos años de colecta. En los diferentes géneros que conforman a las algas café existe una manifiesta variación estacional en la concentración de este mineral que va de 7 mg/g a 68 mg/g en los diferentes géneros que conforman a las algas café (Kumar et al., 2015; Balboa et al., 2016; Marin et al., 2009). En varias especies del género *Sargassum*, el elemento citado disminuye en mayo y aumenta en octubre (Balboa et al., 2016). La bioacumulación de calcio en las algas marinas se ve

**Tabla II. Variaciones estacionales en la composición proximal de *Sargassum sinicola* colectado en el año 2017. (Media ± Desv. Std.)**

Análisis (%)	Meses de colecta		
	marzo	mayo	junio
Humedad del alga seca	3.01 ± 0.20	3.18 ± 0.03	3.21 ± 0.20
Materia seca	96.9 ± 0.20	96.8 ± 0.02	96.79 ± 0.20
Extracto etéreo	3.1 ± 0.04*	2.15 ± 0.04	2.00 ± 0.10
Proteína (N x5.38)	10.15 ± 0.1*	9.30 ± 0.09*	9.64 ± 0.10*
Cenizas	34.4 ± 0.02*	37.8 ± 0.02*	38.33 ± 0.02*
Fibra cruda	13.1 ± 0.21*	11.0 ± 0.16*	11.86 ± 0.40*

\*Indica diferencias significativas entre los meses de colecta de colecta (ANOVA  $p < 0.05$ , Tukey-Kramer).

**Tabla III. Análisis de los macroelementos de *Sargassum sinicola* extraídos en los años 2017, 2018 y 2019. (Media ± Desv. Std.)**

Análisis (mg/g)	2017	2018	2019
Na	22.2 ± 0.08	21.98 ± 0.13	23.0 ± 0.03*
K	39.2 ± 0.23	40.01 ± 0.01	38.92 ± 0.03
Ca	32.0 ± 0.11*	32.97 ± 0.04*	31.02 ± 0.12*
Mg	12.20 ± 0.10*	12.16 ± 0.09*	10.8 ± 0.20*

\*Indica diferencias significativas entre los años de colecta (ANOVA  $p < 0.05$ , Tukey-Kramer).

afectada por el pH, los nutrientes y la salinidad del agua, así como por las variaciones estacionales, la edad, el hábitat del sargazo y por la exposición a las actividades antropogénicas (Kumar *et al.*, 2015). La concentración de magnesio fue similar a la reportada por Carrillo Domínguez *et al.* (2002), para la misma especie de *S. sinicola* de Baja California Sur.

La Tabla IV resume las concentraciones de los micronutrientes analizados. Se observó un alto contenido de hierro, equivalente al encontrado en otras especies de sargazos durante las estaciones cálidas (Balboa *et al.*, 2016) y al reportado por Marín *et al.* (2009) para *Sargassum* spp. del Golfo de California Los datos pueden ser de interés para la alimentación humana y animal. Sin embargo, es necesario completar el estudio con un análisis del contenido de metales pesados, ya que los sargazos también captan arsénico, cadmio, plomo y mercurio, entre otros (Nava-Jiménez, Tejeda-Vega, Cortina-Ramírez, Zarazúa-Ortega, Berriozabal-Islas & Sánchez-Hernández, 2022).

*S. sinicola* presentó bajo contenido de zinc en comparación con los reportados por Marín *et al.* (2009) para *Sargassum* spp. del Golfo de California, (119 µg/g). Sin embargo, fue semejante a *S. hemiphyllum* (10 µg/g), y para *S. muticum* colectados durante la misma estación (11 µg/g), (Chan *et al.*, 1997; Balboa *et al.*, 2016). En algunos estudios el contenido de Zn en *Sargassum* spp. decrece a medida que aumenta la temperatura del ambiente (Balboa *et al.*, 2016). Este mismo comportamiento siguen el cobre y el manganeso (Balboa *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2015).

**CONCLUSIONES**

El presente trabajo muestra que *Sargassum sinicola* tiene alto contenido en fibra, porcentajes de proteína similares a los de otras especies de sargazo cultivadas actualmente para consumo humano, bajo contenido en lípidos y alto en potasio, calcio y hierro. Estos valores presentan variaciones estacionales y anuales y en general, son diferentes a la composición química reportada para la misma especie colectada en Baja California Sur. Estos resultados son de interés para estudios posteriores encaminados al uso sustentable de *Sargassum sinicola*.

**AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo al proyecto A1-S-25043 y la beca a la estudiante de licenciatura.

**REFERENCIAS**

Aguilar-Rosas, L. E., Aguilar-Rosas, R., Mateo-Cid, L. E. & Mendoza-González, A. C. (2002). Marine algae from the Gulf of Santa Clara, Sonora, México. *Hydrobiologia*, **477**(1), 231-238. DOI:10.1023/A:1021003909478

Aguilar-Rosas, R., Ochoa Izaguire, M., Aguilar-Rosas, L., Tovalín Hernández, O. & Páez Osuna, F. (2009). Nuevos registros de macroalgas marinas para el Estado de Sinaloa, México. *Polibotánica*, **28**, 1-14 [en línea] <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/articulo/view/777>.

Andrade-Sorcía, G., Riosmena-Rodríguez, R., Muñiz-Salazar, R., López-Vivas, J., Boo, G. H., Lee, K. M. & Boo, S. M. (2014). Morphological reassessment and molecular assessment of *Sargassum* (Fucales: Phaeophyceae) species from the Gulf of California, Mexico. *Phytotaxa*, **183**, 201-223. DOI:10.11646/phytotaxa.183.4.1

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis (16th Ed.). Washington, D C: Association of Official Analytical Chemists. p.777-787

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**(3), 1943-1953. DOI:10.1007/s10811-015-0727-x

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 [en línea] <http://www.alanrevista.org/ediciones/2002/4/art-12/>.

Cervantes, X. L. (2019). Determinación de la cinética ruminal, potencial inmunomodulador y antioxidante de *Sargassum* spp. (Fucales; Phaeophyta) en ganado caprino de Baja California Sur. Tesis Maestría. Universidad de Baja California. [en línea] <http://rep.uabcs.mx/handle/23080/300>.

Chan, J. C. C., Cheung, P. C. K. & Ang, P. (1997). Comparative studies on the effect of three drying methods on the

**Tabla IV. Análisis de los microelementos de *Sargassum sinicola* extraídos en los años 2017, 2018 y 2019. Media ± Desv. Std.)**

Análisis (µg/g)	Años		
	2017	2018	2019
<b>Fe</b>	220.21 ± 0.08	219.98 ± 0.13	230.0 ± 0.03*
<b>Cu</b>	9.8± 0.30	10.01 ± 0.15	11.61± 0.03*
<b>Zn</b>	12.7 ± 0.06*	11.00 ± 0.04*	12.57 ± 0.02*
<b>Mn</b>	12.20 ± 0.10	12.16 ± 0.09	12.18± 0.20

\*Indica diferencias significativas entre los años de colecta (ANOVA p< 0.05, Tukey-Kramer).

- nutritional composition of seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C. Ag. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**(8), 3056-3059. DOI:10.1021/jf9701749
- Cofrades, S., López-Lopez, I., Bravo, L., Ruiz-Capillas, C., Bastida, S., Larrea, M. T. & Jiménez-Colmenero, F. (2010). Nutritional and antioxidant properties of different brown and red Spanish edible seaweeds. *Food Science and Technology International*, **16**(5), 361-370. DOI:10.1177/1082013210367049
- Dawczynski, C., Schubert, R. & Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fiber in edible seaweed products. *Food Chemistry*, **103**(3), 891-899. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.09.041
- de Souza Celente, G., Sui, Y. & Acharya, P. (2023). Seaweed as an alternative protein source: Prospective protein extraction technologies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **86**, 103374. DOI: 10.1016/j.ifset.2023.103374
- Di Filippo-Herrera, D. A., Hernández-Carmona, G., Muñoz-Ochoa, M., Arvizu-Higuera, D. L. & Rodríguez-Montesinos, Y. E. (2018). Monthly variation in the chemical composition and biological activity of *Sargassum horridum*. *Botanica Marina*, **61**(1), 91-102. DOI:10.1515/bot-2017-0031
- Fertah, M., Belfkira, A., Dahmane, E. m., Taourirte, M. & Brouillette, F. (2017). Extraction and characterization of sodium alginate from Moroccan *Laminaria digitata* brown seaweed. *Arabian Journal of Chemistry*, **10**, S3707-S3714. DOI: 10.1016/j.arabjc.2014.05.003
- Kim, J., Stekoll, M. & Yarish, C. (2019). Opportunities, challenges, and future directions of open-water seaweed aquaculture in the United States. *Phycologia*, **58**(5), 446-461. DOI:10.1080/00318884.2019.1625611
- 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. DOI:10.1016/j.algal.2015.02.024
- Liu, J., Luthuli, S., Yang, Y., Cheng, Y., Zhang, Y., Wu, M., Choi, J-I. & Tong, H. (2020). Therapeutic and nutraceutical potentials of a brown seaweed *Sargassum fusiforme*. *Food Science & Nutrition*, **8**(10), 5195-5205. DOI:10.1002/fsn3.1835
- Lourenço, S. O., Barbarino, E., De-Paula, J. C., Pereira, L. O. d. S. & Marquez, U. M. L. (2002). Amino acid composition, protein content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds. *Phycological Research*, **50**(3), 233-241. DOI:10.1046/j.1440-1835.2002.00278.x
- McCourt, R. M. (1984). Seasonal patterns of abundance, distributions, and phenology in relation to growth strategies of three *Sargassum* species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **74**(2), 141-156. DOI:10.1016/0022-0981(84)90082-0
- Marín, A., Casas-Valdez, M., Carrillo, S., Hernández, H., Monroy, A., Sanginés, L. & Pérez-Gil, F. (2009). The marine algae *Sargassum* spp. (Sargassaceae) as feed for sheep in tropical and subtropical regions. *Revista de Biología Tropical*, **57**(4), 1271-1281. DOI:10.15517/rbt.v57i4.5464
- Marinho-Soriano, E., Fonseca, P. C., Carneiro, M. A. & Moreira, W. S. (2006). Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresource Technology*, **97**(18), 2402-2406. DOI:10.1016/j.biortech.2005.10.014
- Matanjan, P., Mohamed, S., Mustapha, N. M. & Muhammad, K. (2009). Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology*, **21**(1), 75-80. DOI:10.1007/s10811-008-9326-4
- Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Aguilar-Rosas, R. & Aguilar-Rosas, L. E. (2017). Algas marinas bentónicas de Puerto Peñasco, Sonora, México. *Hidrobiológica*, **16**(1), 45-65 [en línea] <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1008>.
- Meinita, M. D., Harwanto, D., Sohn, J.-H., Kim, J.-S. & Choi, J.-S. (2021). *Hizikia fusiformis*: Pharmacological and nutritional properties. *Foods*, **10**(7), 1660. DOI:10.3390/foods10071660
- Murakami, K., Yamaguchi, Y., Noda, K., Fujii, T., Shinohara, N., Ushirokawa, T., Sugawa-Katayama, Y. & Katayama, M. (2011). Seasonal variation in the chemical composition of a marine brown alga, *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh. *Journal of Food Composition and Analysis*, **24**(2), 231-236. DOI: 10.1016/j.jfca.2010.08.004
- Nava-Jiménez, I. A., Tejada-Vega, S., Cortina-Ramírez, G. E., Zarazúa-Ortega, G., Berriozabal-Islas, C. & Sánchez-Hernández, H. (2022). Macro and microelement analysis of *Sargassum fluitans* and *Sargassum natans* arriving in the coastal zone of Cancun, Quintana Roo, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, **57**, 26-33. DOI:10.22370/rbmo.2022.57.1.3358.
- Nomura, M., Kamogawa, H., Susanto, E., Kawagoe, C., Yasui, H., Saga, N., Hosokawa, M. & Miyashita, K. (2013). Seasonal variations of total lipids, fatty acid composition, and fucoxanthin contents of *Sargassum horneri* (Turner) and *Cystoseira hakodatensis* (Yendo) from the northern seashore of Japan. *Journal of Applied Phycology*, **25**(4), 1159-1169. DOI:10.1007/s10811-012-9934-x
- Norris, J. N. (2010). Marine algae of the North Gulf of California: Chlorophyta and Phaeophyceae. *Smithsonian Contributions to Botany*, **94**, 1-276. DOI: 10.5479/si.0081024X.94.276
- Pacheco-Ruiz, I., Zertuche-González, J. A., Chee-Barragán, A. & Blanco-Betancourt, R. (1998). Distribution and quantification of *Sargassum* beds along the West Coast of the Gulf of California, Mexico. *Botanica Marina*, **41**(1-6), 203-208. DOI:10.1515/botm.1998.41.1-6.203
- Perumal, P., Sowmiya, R., Prasanna Kumar, S., Ravikumar, S., Deepak, P. & Balasubramani, G. (2018). Isolation, structural elucidation and antiplasmodial activity of fucosterol compound from brown seaweed, *Sargassum linearifolium* against malarial parasite *Plasmodium falciparum*. *Natural*

- Product Research*, **32(11)**, 1316-1319. DOI:10.1080/14786419.2017.1342081
- Redmond, S., Kim, J. K., Yarish, C., Pietrak, M. & Bricknell, I. (2014). Culture of *Sargassum* in Korea: Techniques and potential for culture in the US. [en línea] <https://seagrant.umaine.edu/wp-content/uploads/sites/467/2019/03/2014-noaa-oar-sg-revised-funding-executive-summary-copy.pdf>.
- 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. Universidad Nacional Autónoma de México, México. [en línea] <https://repositorio.unam.mx/contenidos/457994>
- Rupérez, P. (2002). Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, **79(1)**, 23-26. DOI:10.1016/S0308-8146(02)00171-1
- Salgado-Hernández, E., Alvarado-Lassman, A., Martínez, S., Velázquez-Fernández, J., Dorantes-Acosta, A., Rosas-Mendoza, E. & Ortiz-Ceballos, A. I. (2023). Energy-saving pretreatments affect pelagic *Sargassum* composition and DNA metabarcoding analysis reveals the microbial community involved in methane yield. *BioRxiv*, 2023.2003.2021.533673. DOI:10.1101/2023.03.21.533673
- Thin, P. D., Menshova, R. V., Ermakova, S. P., Anastyuk, S. D., Ly, B. M. & Zvyagintseva, T. N. (2013). Structural characteristics and anticancer activity of fucoidan from the brown alga *Sargassum mcclurei*. *Marine Drugs*, **11(5)**, 1456-1476. DOI:10.3390/md11051456
- Toth, G. B., Harrysson, H., Wahlström, N., Olsson, J., Oerbekke, A., Steinhagen, S., Kinnby, A., White, J., Albers, E., Edlund, U., Undeland, I. & Pavia, H. (2020). Effects of irradiance, temperature, nutrients, and pCO<sub>2</sub> on the growth and biochemical composition of cultivated *Ulva fenestrata*. *Journal of Applied Phycology*, **32(5)**, 3243-3254. DOI:10.1007/s10811-020-02155-8
- Vásquez, V., Martínez, R. & Bernal, C. (2019). Enzyme-assisted extraction of proteins from the seaweeds *Macrocystis pyrifera* and *Chondracanthus chamissoi*: characterization of the extracts and their bioactive potential. *Journal of Applied Phycology*, **31(3)**, 1999-2010. DOI:10.1007/s10811-018-1712-y.
- Wong, K. & Cheung, P. C. (2001). Influence of drying treatment on three *Sargassum* species. *Journal of Applied Phycology*, **13(1)**, 43-50. DOI:10.1023/A:1008149215156
- Xie, E. Y., Liu, D. C., Jia, C., Chen, X. L. & Yang, B. (2013). Artificial seed production and cultivation of the edible brown alga *Sargassum naozhouense* Tseng et Lu. *Journal of Applied Phycology*, **25(2)**, 513-522. DOI:10.1007/s10811-012-9885-2
- Zhao, Z., Zhao, F., Yao, J., Lu, J., Ang, P. & Duan, D. (2009). Early development of germlings of *Sargassum thunbergii* (Fucales, Phaeophyta) under laboratory conditions. *Journal of Applied Phycology*, **20**, 925-931. DOI:10.1007/s10811-008-9311-y
- Zubia, M., Payri, C., 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. DOI:10.1515/BOT.2003.059