



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

---

**“Análisis bromatológico de *Sargassum natans* (Fucales,  
Sargassaceae) y *Sargassum fluitans* (Fucales, Sargassaceae)  
para evaluar posibilidades de aprovechamiento”**

---

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE  
**LICENCIATURA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

PRESENTA

**JOSHUA SERVULO BAEZA**

DIRECTOR DE TESIS

**DR. ALBERTO PEREIRA CORONA**

ASESORES

**DRA. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN**

**MTR. BENITO PREZAS HERNÁNDEZ**

**DR. CARLOS ALBERTO NIÑO TORRES**

**DRA. JENNIFER DENISSE RUIZ RAMÍREZ**



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, ABRIL DE 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE TESIS DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIATURA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR: DR. ALBERTO PEREIRA CORONA

ASESOR: DRA. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN

ASESOR: MTR. BENITO PREZAS HERNANDEZ

ASESOR: DR. CARLOS ALBERTO NIÑO TORRES

ASESOR: DRA. JENNIFER DENISSE RUIZ RAMÍREZ



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, ABRIL DE 2023

CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, ABRIL DE 2023

### **Dedicatoria**

I dedicate this work to my beloved grandmother who passed away before I could fulfill my promise to her, I love you mami.

### **Agradecimientos**

I would like to thank my tutor for always being a guiding hand, my parents for supporting me while I was studying, my wife and kids for always being there for me; I could not have done this without you.

## Contenido

<b>1. Resumen</b>	<b>9</b>
<b>2. Abstract</b>	<b>10</b>
<b>3. Introducción</b>	<b>11</b>
<b>4. Antecedentes</b>	<b>13</b>
<b>5. Justificación</b>	<b>15</b>
<b>6. Objetivo</b>	<b>16</b>
<b>5.1 Objetivo Especifico</b>	<b>16</b>
<b>7. Área de Estudio</b>	<b>17</b>
<b>8. Metodología</b>	<b>18</b>
<b>8.1 Análisis de Humedad</b>	<b>19</b>
<b>8.2 Análisis de Grasas</b>	<b>19</b>
<b>8.3 Análisis de Ceniza</b>	<b>20</b>
<b>8.4 Análisis de Proteína</b>	<b>21</b>
<b>8.5 Análisis de Fibra</b>	<b>22</b>
<b>9. Resultados</b>	<b>24</b>
<b>10. Análisis de Resultados</b>	<b>28</b>
<b>11. Discusión</b>	<b>30</b>
<b>12. Conclusión</b>	<b>34</b>
<b>13. Bibliografía</b>	<b>35</b>
<b>14. Índice de figuras</b>	
<b>14.1 Figura 1</b>	<b>17</b>
<b>14.2 Figura 2</b>	<b>25</b>
<b>14.3 Figura 3</b>	<b>26</b>
<b>14.4 Figura 4</b>	<b>26</b>
<b>14.5 Figura 5</b>	<b>27</b>
<b>14.6 Figura 6</b>	<b>27</b>
<b>15. Índice de fotos</b>	
<b>15.1 Foto 1</b>	<b>19</b>
<b>15.2 Foto 2</b>	<b>20</b>
<b>15.3 Foto 3</b>	<b>21</b>

15.4 Foto 4	22
15.5 Foto 5	23
16. Índice de tablas	
16.1 Tabla 1	24

## RESUMEN

El sargazo es una macroalga que llega a las costas de Quintana Roo en grandes cantidades. Hasta ahora, no se ha encontrado una solución adecuada para lidiar con tanto sargazo. Por lo tanto, se debe conocer su composición, es decir su bromatología, para proponer vías para el posible aprovechamiento de *Sargassum natans* ((Linnaeus) Gaillon, 1828) y *Sargassum fluitans* (Børgessen, 1914). En el presente estudio bromatológico del sargazo se determinó la cantidad de proteínas, grasas, fibra, cenizas (calcinación) y humedad. Finalmente, se proponen algunas formas de aprovechamiento viable para el sector pecuario usando el sargazo como base. Conociendo su contenido bromatológico, se pudo determinar ciertos usos para el sargazo como un aditivo para alimentos, productos a base de la celulosa; también se considera que no es viable usarlo para la producción de biodiesel. Sin embargo, se tiene que tomar en cuenta que el sargazo podría tener altas concentraciones de metales pesados que impide su uso.

Palabras clave: aprovechamiento, bromatología, *S. fluitans*, *S. natans*, solución, sargazo

### Abstract

Sargassum is a macroalgae that reaches the coast of Quintana Roo in large quantities. So far, no proper solution has been found to deal with the large quantities of sargassum. Therefore, its composition, that is, its bromatology, must be known to propose ways for the possible utilization of *Sargassum natans* ((Linnaeus) Gaillon, 1828) and *Sargassum fluitans* (Børgessen, 1914). In the present bromatological study of sargassum, the amount of protein, fat, fibre, ash (calcination) and humidity were determined. Finally, some viable uses for sargassum are proposed using it as a base for the livestock sector. Knowing its bromatological content, it was possible to determine certain uses for sargassum as an additive for food, cellulose-based products; it is also considered that it is not viable to use it to produce biodiesel. However, it must be taken into account that sargassum could have high concentrations of heavy metals that prevent its use.

Keywords: utilization, bromatology, *S. fluitans*, *S. natans*, solution, sargassum

## Introducción

El sargazo ha estado presente en las playas del Caribe, tanto aquí en Quintana Roo como en Belice (Rodríguez-Martínez *et al.* 2020) (Pereira Corona *et al.* 2021). El sargazo es un tipo de macroalga que crece en el Atlántico y viaja desde el mar abierto hasta que se deposita en las costas del estado de Quintana Roo. Esto es posible por las corrientes marinas, las mareas, el oleaje y por unas pequeñas estructuras (neumatóforos) llenas de aire que le permite flotar. Durante los últimos años, grandes cantidades de sargazo se han depositado en las costas (Rodríguez-Martínez *et al.* 2020). La gran cantidad de sargazo que llega a las costas es una de las amenazas más grande para el turismo aquí en el estado de Quintana Roo ya que dependemos de las playas para ingresos económicos por la actividad turística (Rodríguez-Martínez *et al.* 2020).

No es tan solo que se acumula en la playa, sino que cuando empieza la descomposición, del sargazo, este emite un olor desagradable derivado del ácido sulfhídrico que, además es tóxico (Cox y Degia 2021); lo que puede alejar a los turistas. Además, como el sargazo puede flotar, muchas personas prefieren no entrar al agua porque hay mucho sargazo acumulado en la zona de playa. La única manera como las autoridades ha lidiado con este problema hasta el momento es con la limpieza de las playas, sin embargo, esto representa costos elevados, y no se da abasto con las cantidades que llega día con día.

Toneladas de esta macroalga siguen llegando, causando problemas. Además de los problemas ya mencionados que aleja a los turistas causando pérdidas para el sector turístico, el sargazo puede afectar en algún grado otros aspectos/compartimientos ambientales. Por ejemplo, las tortugas marinas al momento de poner sus huevos y al eclosionar, estas se encuentran con la barrera que el sargazo les presenta, y otros organismos que dependen del sol para la fotosíntesis (como los corales y pastos marinos), se ven afectados al no poder llevar adecuadamente la fotosíntesis. Solo moviendo el sargazo a otro lugar para que se descomponga no está funcionando debido al volumen de afluencia.

El sargazo es un problema regional, que afecta principalmente a las costas, en México especialmente al Estado de Quintana Roo. Hasta ahora, no se ha encontrado una solución viable para lidiar con este problema que afecta las costas cada año. Se han

hecho algunos estudios sobre el sargazo, pero no han hecho propuestas viables para su aprovechamiento. Con el ánimo de proponer un aprovechamiento del sargazo, es importante de conocer su composición bromatológica para determinar su posible aprovechamiento.

## Antecedentes

Se han hecho diversos estudios sobre la composición del sargazo, pero no hay información suficiente en proporción con la magnitud del problema o las especies que componen los arribazones que se presentan en el estado de Quintana Roo.

Casas-Valdez *et al.* (2005) colectaron sargazo del Golfo de California, *Sargassum spp.* una especie bentónica, para crear una dieta para el ganado caprino. Ellos hicieron una dieta a base de sargazo para alimentar cabras donde experimentaron con una dieta a base del sargazo y un testigo para ver cómo era el crecimiento de las cabras para determinar si una dieta a base de sargazo sería viable para criar a las cabras. La dieta en la que ellos incorporan sargazo estaba mezclada con otros alimentos para completar la dieta de las cabras. Oyesiku *et al.* (2014) analizaron químicamente muestras de sargazo *S. natans* y *S. fluitans* que llega a las costas de Nigeria. Pudieron identificar diferentes especies y hacer descripciones de su morfología, además realizaron un análisis bromatológico para ambas especies combinadamente. También, determinaron la cantidad de minerales que tiene como Fosforo, Magnesio, Potasio, Hierro, Nitrógeno, Zinc y Yodo.

Machado *et al.* (2021) hicieron un análisis bromatológico sobre especies pelágicas de sargazo (*S. natans* I, *S. natans* VIII y *S. fluitans* III) que llega a las costas de Jamaica. Ellos encontraron que el *S. fluitans* fue la especie más abundante y que los métodos de secado afectaron ciertas cantidades de su composición bioquímica, siendo las principales diferencias en los análisis de la biomasa seco o biomasa congelada. Los resultados que obtuvieron del análisis era una mezcla de ambas especies.

Addico and de Graft-Johnson (2016) hicieron un análisis químico del sargazo que abunda en la costa oeste de Ghana. El análisis químico de *S. natans* y *S. fluitans* que ellos hicieron, se enfocó en encontrar las cantidades de ciertos nutrientes esenciales como Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Fosfato, Nitrato y Amonio, mencionan que, de acuerdo a los resultados obtenidos, el sargazo podría ser utilizados como fertilizante. Además, ellos también hicieron el análisis para determinar la concentración de metales pesados que tenía el sargazo como Plomo, Cobre, Hierro, Cadmio, Mercurio y Arsénico. Los resultados indicaron que las concentraciones de estos metales eran muy altas, y que,

por lo tanto, no deberían ser utilizados como alimento. Davis *et al.* (2020) estudiaron el sargazo que se encontró en varios sitios de Jamaica, encontraron varios morfotipos de *S. natans* y *S. fluitans* y obtuvieron la concentración de varios elementos como Sodio, Magnesio, Aluminio, Potasio, Calcio, Cromo, y Manganeso entre otros, además encontraron la presencia de metales pesados como Arsénico y Plomo. Rodríguez-Martínez *et al.* (2020) también realizaron un análisis de *S. natans* y *S. fluitans* para determinar las concentraciones de Aluminio, Calcio, Cobre, Hierro, y Magnesio, así como de metales pesados incluyendo como Arsénico y Plomo.

Tamayo y del Rosario (2014) realizaron un análisis de sargazo para la producción de etanol usando *Sargassum sp.* una especie de sargazo bentónico que se encuentra en las Filipinas. Para hacer esto, realizaron un análisis bromatológico, encontrando importantes subproductos como el alginato (un polisacárido que se encuentra en las paredes de células en estas especies). Salosso (2019) y Dewinta *et al.* (2020) realizaron análisis bromatológicos de especies de sargazo bentónicos de Indonesia (*S. cristaefolium*, *S. crassifolium*, *S. polycystum* y *Sargassum sp.*). Encontraron bajos contenidos de proteínas y lípidos.

Peng *et al.* (2012) se enfocaron en estudiar *Sargassum naozhouense* un alga usada para medicina en China durante muchos años. Es uno de los primeros estudios hechos para encontrar el contenido químico del sargazo y la actividad antiviral que tiene, especialmente porque es una especie que puede ser cultivada.

## Justificación

En los últimos años, el sargazo se ha convertido en un problema regional por su acumulación en grandes cantidades, especialmente en el Estado de Quintana Roo. El sargazo que llega a las playas tiende a alejar turistas tanto por su apariencia como por el desagradable olor (ácido sulfhídrico) producto de su descomposición causando que menos personas quieran visitar las playas, y por tanto disminuya la derrama económica asociada a esta actividad. Dado que el Estado de Quintana Roo depende en gran medida del turismo, se deberán encontrar soluciones o formas de aprovechamiento para poder hacer frente a este problema. Teniendo esto en mente, para proponer un aprovechamiento del sargazo, se debe de conocer su composición, y a partir de esta, determinar su posible aprovechamiento. El presente estudio, contribuirá a determinar la composición bromatológica del sargazo, analizando atributos proximales básicos como proteínas, grasas, fibra, cenizas y humedad, y evaluar la viabilidad para ser utilizado como complemento alimentario para ganado.

## Objetivos

Proponer alguna forma de aprovechamiento de las especies de sargazo pelágico que llega a las costas de Quintana Roo a partir de las características de estas especies.

### Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son:

- I. Determinar la composición bromatológica básica (grasas, cenizas, proteína, humedad y fibra) de estas especies
- II. Evaluar la viabilidad el uso del sargazo para complementar productos alimenticios para ganado en función de sus características bromatológicas

## Área de estudio

Los sitios elegidos para hacer el estudio fueron lugares sobre la costa del estado. Los 3 sitios elegidos fueron Puerto Juárez que se encuentra en Cancún, Puerto Morelos y Mahahual, ya que suelen ser afectada por el sargazo durante el año. Las coordenadas de Puerto Juárez, Puerto Morelos y Mahahual es 21.1603° N, 86.8085° W, 20.8478° N, 86.8755° W y 18.7157° N, 87.7080° W respectivamente.

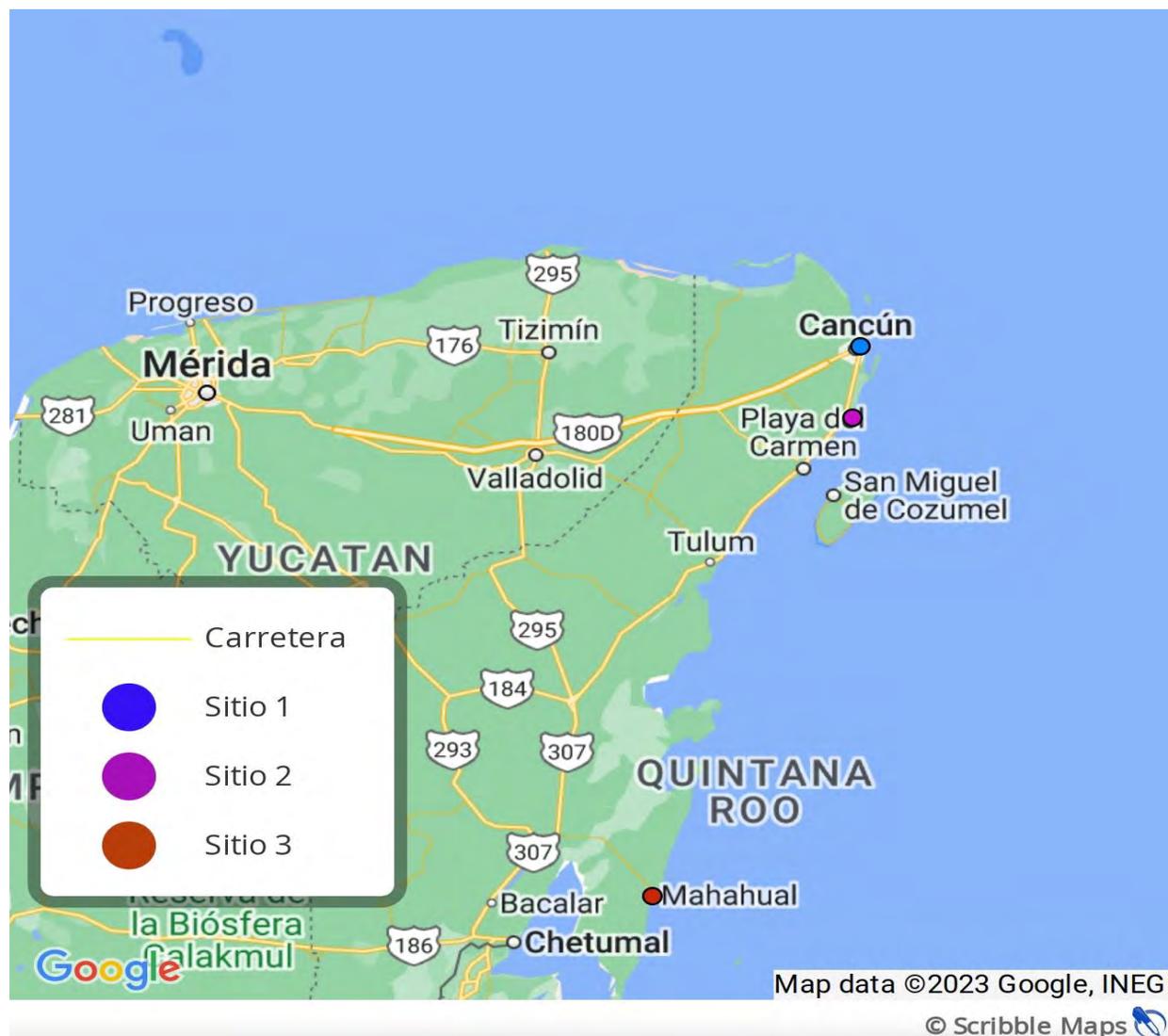


Figura 1. Muestra los diferentes sitios de donde se colecta muestras de sargazo: Puerto Juárez (Sitio 1=PJ), Puerto Morelos (PM=Sitio 2), y Mahahual (Sitio 3=M)

## Metodología

Para hacer los análisis del sargazo, se obtuvieron muestras de sargazo de varios sitios. Con esto en mente, se eligieron tres sitios: Puerto Morelos, Puerto Juárez y Mahahual. Las muestras se colectaron durante verano, junio y julio. En estos sitios se obtuvieron varias muestras compuestas, formadas por las dos especies dominantes de sargazo. Las muestras se colocaban en bolsas grandes de tipo Ziploc®.

El sargazo colectado fue sargazo vivo, colectado flotando a distancias mayores a 1km de la costa. Las muestras colectadas, se pusieron en el refrigerador para luego separar ambas especies en charolas. Para secar el sargazo, se separaron las diferentes especies: *Sargassum natans* y *Sargassum fluitans* a modo de poder establecer las diferencias en composición por especie. Al momento que se sacaron de las bolsas, se tomó su peso en g, y se midió el volumen del agua (lixiviado) que estaba en la bolsa de ziploc; se separó la fauna acompañante que estaban en la bolsa para garantizar que no hubiera interferencia de otras especies en la determinación de la composición bromatológica de cada especie. Cuando se separaron, se pusieron en un cuarto controlado con aire acondicionado para prevenir su contaminación y asegurar su secado. Después de algunos días de secado, las muestras se pesaron una vez más, luego se empacaron y se colocaron en estufas a 70° C para terminar de deshidratar.

Después de dos días en la estufa a 70° C, los paquetes de sargazo se sacaron para luego ser molidos finamente. Este método depende de la cantidad de sargazo en los paquetes. Si fueron muy grandes, se molieron con dispositivos de vidrio, mientras que si fueron muestras pequeñas se molieron con un mortero de ágata. Ya con las muestras hechas polvo se eligieron 18 muestras de los sitios para hacer el análisis bromatológico. Para hacer esto, se tomaron 10 g de 18 muestras de estos sitios para tener un número de replicas suficientes en cada análisis para establecer la confiabilidad de este con métodos estadísticos.

### Análisis de Humedad

La determinación de la humedad se llevó a cabo de manera gravimétrica. Con los pesos del sargazo húmedo y seco, se calculó el porcentaje de humedad.



Foto 1: Mostrando la separación y deshidratación de sargazo

### Análisis de Grasas

Para hacer este análisis, se pesaron 5 g de cada muestra. En este caso, cada submuestra se pesó y se colocó en un desecador para extraer cualquier humedad remanente. Después de 1 día en el desecador, se colocaron estas muestras en un dedal de algodón. Se colocó un sistema de extracción de Soxhlet para determinar la cantidad de grasas por diferencia de pesos. Una vez que las muestras están en los dedales, se colocan en la corneta donde 400 ml de hexano son reciclados por evaporación y condensación durante 5 horas. Cuando la corneta se llena, un sistema de Venturi vacía el contenido de la corneta al matraz donde el ciclo empieza nuevamente, con estos lavados de la muestra con hexano caliente. Este ciclo se repitió 15 veces para cada muestra lo que tomó aproximadamente 5 horas que es el tiempo recomendado para la extracción del 99% o más de las grasas presentes en la muestra de acuerdo con la descripción de la determinación de lípidos por el método de Soxhlet (Olvera Novoa *et al.* 1993). Se repitió todo el proceso para las otras 18 muestras.



Foto 2: Mostrando el sistema de extracción de Soxhlet para extraer el contenido de grasas del sargazo

### Análisis de Ceniza

Para determinar la cantidad de cenizas de las muestras, se usó una mufla de inducción *Thermodyne* que puede llegar hasta 1.700 °C. Se pesaron 2 g cada una de las 18 muestras y se colocaron en crisoles de porcelana para su calcinación. Las muestras se sometieron a 800 °C durante 2 horas para consumir completamente la materia orgánica y obtener las cenizas. El análisis completo se hizo en dos lotes debido a la capacidad reducida de la mufla. Después del calcinado, se pesaron los residuos (cenizas) para determinar por diferencia del peso el porcentaje de cenizas en las muestras.

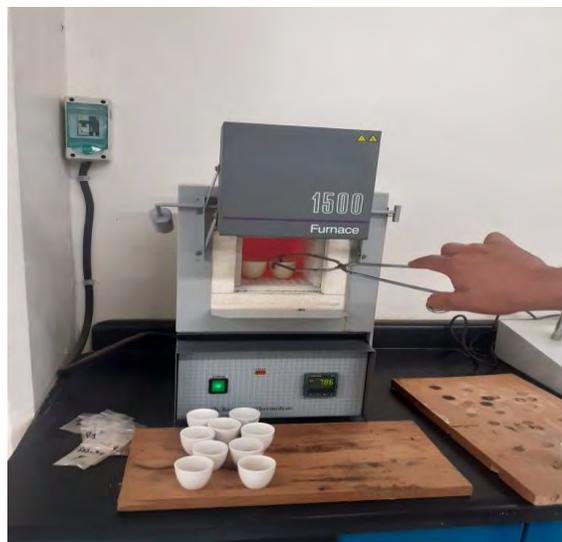


Foto 3: Mostrando la calcinación de muestras con la mufla

### Análisis de Proteína

El análisis o determinación de contenido proteico consiste en 3 partes: Digestión, destilación y valoración. Se pesaron de 1 a 2 g de la muestra y se colocó en vasos de teflón de 50ml, seguidamente se agregó 10 mL de ácido sulfúrico (98%), ~10 g de sulfato de potasio y 5 g de óxido de mercurio. Finalmente, el vaso de teflón se colocó en un horno de microondas (MARSX CEM-6) en el que se llevó a cabo una digestión por medio de rampas de temperatura y presión.

Después de la digestión, se dejó enfriar hasta una temperatura entre 25°C, la solución se colocó en un matraz de Kjeldahl de 500 mL y se agregaron 100 mL de agua destillada (poco a poco). Una vez frío, se agregaron 50 mL de solución de NaOH 40% para neutralizar el ácido y alcalinizar la solución permitiendo la formación del hidróxido de amonio (Determinación de proteína cruda por el método Kjeldahl).

La solución resultante, pasó por un proceso de destilación por aproximadamente por media hora obteniendo un volumen final de 50 mL. Finalmente, esta solución fue titulada con, HCl 1 N utilizando rojo de metilo-verde de bromocresol o rojo de metilo-azul de metileno, como indicadores (disueltos en ácido bórico). El volumen usado del HCl estándar se registró para hacer el cálculo del porcentaje de proteína. Este proceso se repitió para todas las muestras.



Foto 4: Mostrando la valoración química de una muestra

### Análisis de Fibra

Se prepararon 2 L de solución de ácido sulfúrico a 0.255 N, 2 L de solución de hidróxido de sodio a 0.313 N y 1 L de solución de ácido clorhídrico al 1% (V/V). Entre 1 a 1.5 g de muestra fue pesada y colocada en un matraz Erlenmeyer, que contenía 100 mL del ácido sulfúrico en ebullición. Seguidamente, se traspasó la solución a un matraz de 500 mL en donde se le agregó ácido sulfúrico y se mantuvo en ebullición por media hora. Después, se puso a reposar por 1 minuto, mientras se puso a calentar 100 mL del hidróxido de sodio. Después del minuto, se colocó un papel filtro Whatman en un embudo Buchner que se colocó sobre un matraz Kitazato de 500 mL, para ser filtrado. Una vez filtrado, el contenido del matraz se colocó en el embudo Buchner y se filtró nuevamente. Una vez extraído todo el líquido, se lavó el residuo con agua hirviendo.

El residuo restante se colocó de nuevo al matraz donde se lavó de nuevo con hidróxido de sodio en ebullición; el matraz se calentó de nuevo por media hora y se dejó reposar. La solución con residuo se pasó al matraz Kitazato para ser lavado con agua caliente de nuevo. El residuo que quedo en el embudo se lavó con ácido clorhídrico y cloroformo

tres veces respectivamente para terminar (la técnica estándar de análisis de fibra usa éter de petróleo por su bajo costo, pero se usó cloroformo en este caso).

El residuo restante se secó en el horno por 12 horas y se pesó rápidamente para que la humedad no lo afecte y luego se colocó en la mufla para calcinar la muestra. Finalmente, las cenizas se pesaron y la técnica fue repetida para todas las muestras.



Foto 5: Mostrando la técnica estándar de análisis de fibra

## Resultados

En la tabla 1 se presentan los valores medios, máximos y mínimos para las variables bromatológicas medidas encontrados en las dos especies de sargazo para el área de estudio

Muestras	Proteína (%)		Grasas (%)		Fibra (%)		Ceniza (%)		Humedad (%)	
	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
PJ-4.2	7.35	7.34	8.71	9.65	11.91	9.78	36.19	27.52	77.91	79.00
PJ-4.4	7.34	7.87	4.68	9.09	8.92	7.76	34.41	36.07	78.00	76.43
PM-3.4	8.91	6.82	5.53	8.34	12.38	12.42	30.94	31.66	77.43	75.24
1.4.3	4.37	0.61	7.52	7.55	9.72	12.87	36.53	34.92	85.46	84.73
2.1.4	15.91	6.64	8.65	8.85	14.11	12.43	26.76	32.40	89.54	87.68
1.1.4	3.86	9.20	7.24	7.90	10.32	13.36	37.06	28.34	84.79	84.34
M-2	6.47	6.99	8.32	7.25	11.68	8.94	31.66	40.88	80.49	80.84
M-4	6.44	6.55	8.03	8.19	11.32	11.43	34.46	29.38	80.49	80.84
M-5	6.29	6.99	8.03	9.14	16.87	11.06	20.12	30.01	80.49	80.84
<b>SD</b>	<b>0.08</b>	<b>0.31</b>	<b>0.62</b>	<b>0.1</b>	<b>0.23</b>	<b>0.31</b>	<b>2.4</b>	<b>0.69</b>	<b>1.13</b>	<b>0.28</b>
<b>Promedio</b>	<b>6.38</b>	<b>7.03</b>	<b>7.41</b>	<b>8.44</b>	<b>11.91</b>	<b>11.12</b>	<b>32.01</b>	<b>32.35</b>	<b>81.62</b>	<b>81.10</b>

Tabla 1. Muestra los resultados del análisis bromatológico hecho sobre *S. natans* y *S. fluitans* en peso seco, N=*S. natans* F=*S. fluitans*. PJ=Puerto Juárez. Pm= Puerto Morelos, M=Mahahual

De manera particular:

### **S. natans**

*S. natans* tuvo un valor máximo de 15.91% de proteína y el valor mínimo fue de 3.86% con un promedio de 6.38%. El contenido de grasas de *S. natans* tuvo un valor máximo de 8.71% y un valor mínimo de 4.68% con un promedio de 7.41%, mientras su contenido de fibra tuvo un valor máximo de 16.87% y un valor mínimo de 8.92% con un promedio de 11.91%. *S. natans* también tuvo 37.06% como un valor máximo, 20.12% como un valor mínimo y un promedio de 32.01% para su contenido de ceniza. Sobre el contenido de agua, *S. natans* tuvo un valor máximo de 89.54%, un valor mínimo de 77.43% y un promedio de 81.62%.

### **S. fluitans**

*S. fluitans* tuvo un valor máximo de 9.2%, un valor mínimo de 0.61% y un promedio de 7.30% para su contenido de proteína. Su contenido de grasa tuvo un valor máximo de 9.65%, un valor mínimo de 7.25% con un promedio de 8.44%. La fibra de *S. fluitans* tuvo un valor máximo de 13.36%, un valor mínimo de 7.76% y un promedio de 11.12%. El contenido de ceniza para *S. fluitans* tuvo un valor máximo de 40.88%, un valor mínimo de 27.52% y un promedio de 32.35%. Sobre su contenido de agua, *S. fluitans* tuvo un valor máximo de 87.68%, un valor mínimo de 75.24%, mientras el promedio fue 81.10%.

A continuación, se presenta la comparación de proteína, grasas, fibra, cenizas y humedad de las dos especies muestreadas:

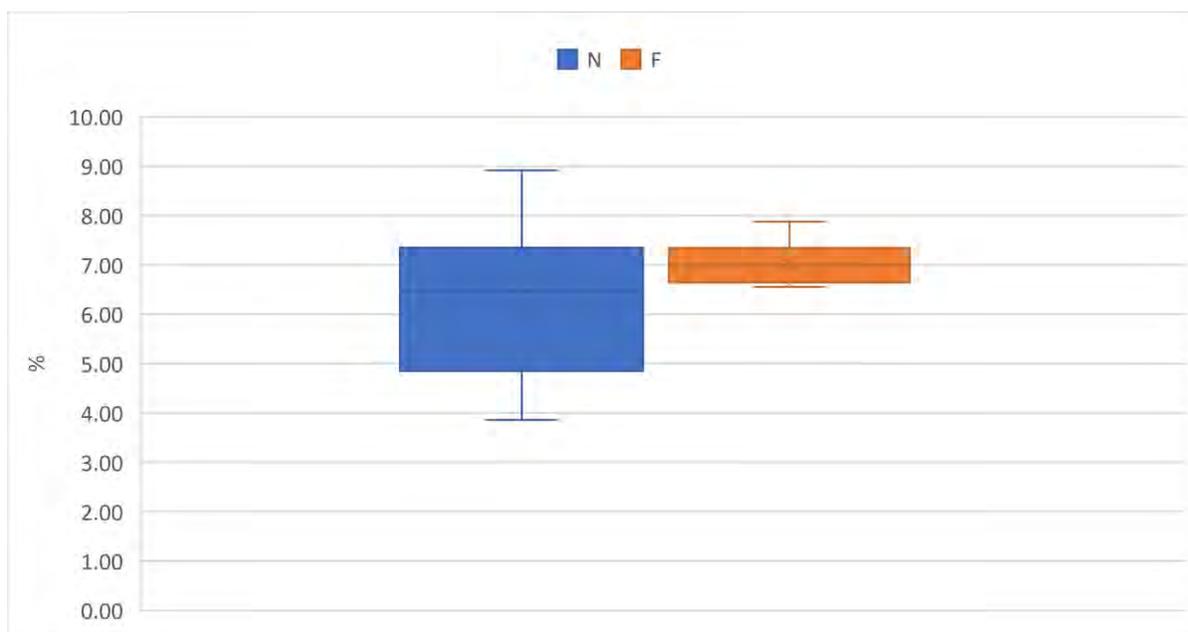


Figura 2. Muestra el porcentaje de proteína de las especies de sargazo donde N= *Sargassum natans*, F= *Sargassum fluitans*



Figura 3. Muestra el porcentaje de grasas de las especies de sargazo donde N= *Sargassum natans*, F= *Sargassum fluitans*

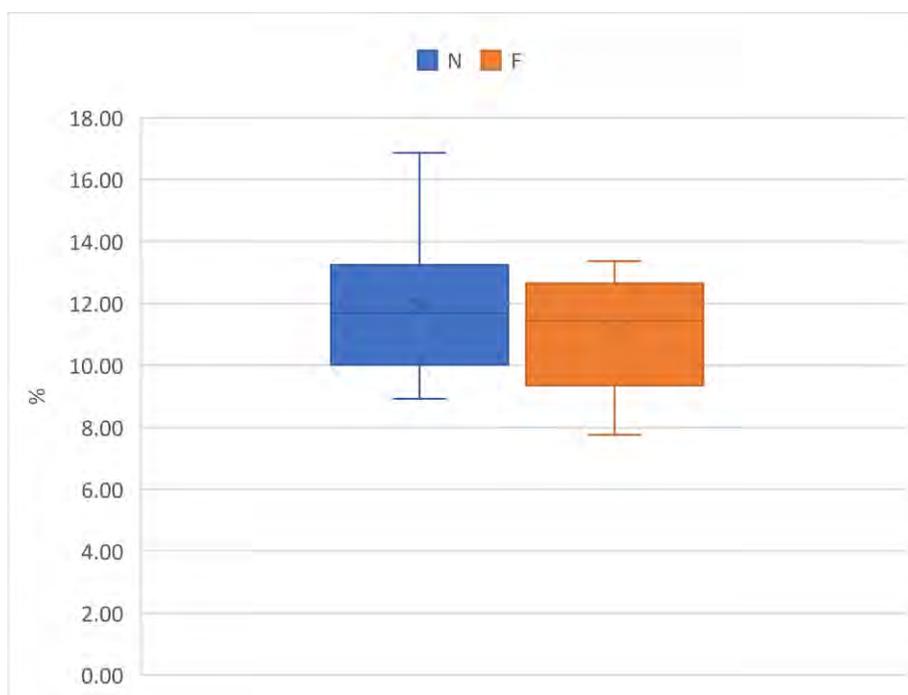


Figura 4. Muestra el porcentaje de fibra de las especies de sargazo donde N= *Sargassum natans*, F= *Sargassum fluitans*

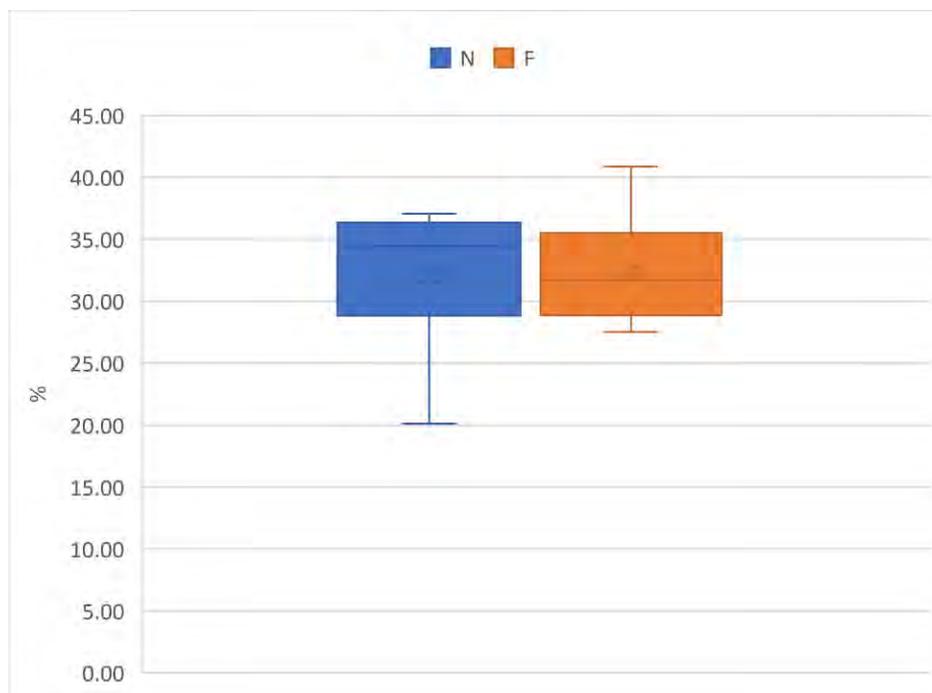


Figura 5. Muestra el porcentaje de cenizas de las especies de sargazo donde N= *Sargassum natans*, F= *Sargassum fluitans*



Figura 6. Muestra el porcentaje de humedad de las especies de sargazo donde N= *Sargassum natans*, F= *Sargassum fluitans*

## Análisis de Resultados

Los valores de *S. natans* y *S. fluitans* son parecidos, aunque el *S. natans* tiene valores mayores con respecto al porcentaje de fibra y agua. Aparte de eso, *S. fluitans* tiene valores mayores en proteína, grasas y ceniza. Con respecto al porcentaje de proteína, grasa, fibra, cenizas y humedad, no hay diferencias estadísticas significativas entre las especies (Prueba de Kruskal-Wallis,  $p > 0.05$ , ver figuras 2 a 6).

Los valores de desviación estándar muestran una consistencia estadística aceptable para las determinaciones poniendo de manifiesto por un lado la consistencia de la técnica y por otro lado la certeza en la determinación de los valores correspondientes de cada análisis. Como promedio de grasas, *S. natans* tuvo 7.41% pero el SD era 0.62%, mientras *S. fluitans* tenía 8.44% de promedio, y se encontró que *fluitans* tiene 0.1% de SD. Estos resultados muestran que ambas especies tienen una composición grasa semejante, lo que es consistente con metabolismos similares a los de todo el género.

Con respecto a la proteína, hubo ciertos valores que se descartaron como artefactos de técnica ya que estaban muy altos o bajos para ser considerados en el promedio. Con esto en mente, el *S. natans* tuvo 6.38% de promedio y su SD era 0.08%, mientras el *S. fluitans* tuvo un promedio mayor con un valor de 7.30% y el SD de 0.31%.

Los promedios de cenizas para el *S. natans* era 32.01% y su SD era 2.4%. *S. fluitans* tuvo 32.35% de promedio y 0.69% de SD, un valor menor que del *S. natans*. Este dato es importante ya que la desviación estándar es alta debido a la cobertura irregular de los epibiontes, por lo cual se recomendaría hacer nuevas colectas y tratar de eliminar los epibiontes antes del secado de las muestras para reducir su interferencia.

La cantidad de agua en ambas especies es semejante como los valores de ceniza donde el *S. natans* tuvo 81.62% de promedio y 1.13% para el SD, mientras el *S. fluitans* tenía 81.12% de promedio y 0.28% de SD.

Sobre la fibra, *S. natans* presentó un valor medio de 11.91% y SD era 0.23%, mientras el *S. fluitans* tuvo 11.12% de promedio y su SD fue 0.31%. En todos los aspectos, los datos del *S. natans* presentan una mayor dispersión que los correspondientes de *S. fluitans*. Esto se debe al hecho de que cada especie de sargazo puede absorber

diferentes cantidades de nutrientes lo que combinado con sus diferencias metabólicas resulta en diferentes contenidos de proteína, grasa u ceniza.

## Discusión

Los resultados de grasa encontrados en el presente estudio (*S. natans* es 7.41%, mientras era 8.44% para *S. fluitans*), son superiores a los reportados por Oyesiku and Egunyomi (2014), Peng *et al.* (2012), y Tamayo y del Rosario (2014) quienes encontraron un porcentaje de  $2.5 \pm 0.07\%$ , 1.06% (*S. naozhouense*), y  $0.54 \pm 0.02\%$  respectivamente. Casas-Valdez *et al* (2005) encontraron que el *Sargassum sp.* utilizado en su dieta tenía  $1.97 \pm 0.01$  g/100 g de extracto etéreo. De manera asimilar Salosso (2019) encontró que *S. crassifolium*, *S. cristaefolium*, *S. polycystum*, y *Sargassum sp.* tenía 1.61%, .94%, 1.63% y 1.99% respectivamente. En el análisis que hicieron Dewinta A. F. *et al* (2020), *S. crassifolium* tenía 0.3% y *S. cristaefolium* tenía 0.25%. Es importante recordar que las diferencias en los valores son debido a la diferencia de especies ya que los especies estudiado en este trabajo se encuentran en el Atlántico, mientras las especies de los otros autores son de origen Pacífico y son bentónicos.

Estas diferencias en cantidad de grasas respecto a lo reportado por otros autores deberán ser verificado con un conjunto mayor de muestras obtenidas en distintas condiciones para determinar si se trata de un atributo constante de estas dos especies pelágicas o si existe algún otro factor que influya en estas determinaciones.

Aunque los valores de *S. natans* y *S. fluitans* son mayores que los otros, estas cantidades aún son bajas, no sería viable usarlo para la producción de biodiesel ya que se requiere grandes cantidades. Sin embargo, sí se pudiera utilizar como complemento en dietas altas en grasas para ciertos animales.

En relación con el contenido de proteína, se obtuvo 6.38% para *S. natans* y 7.30% para *S. fluitans*. Tamayo y del Rosario (2014) obtuvieron un porcentaje un poco más alto de  $6.99\% \pm 0.3\%$  en su análisis de proteína cruda. Aunque las especies de sargazo son diferentes, ya que su análisis se basa en una especie de las Filipinas, el contenido de proteína es similar. Es importante recordar que su contenido depende mucho de la temporada en que se desarrolló el sargazo. Casas-Valdez *et al* (2005) mencionaron que el National Research Council (NRC) considera algas del género *Sargassum* del Orden

Fucales, se pueden considerar como alimentos energéticos porque contienen menos de 20% de proteína.

La dieta que ellos proporcionaron a su ganado tenía el 25% de sargazo mezclado con otros alimentos como maíz, salvado de trigo, rastrojo de maíz, alfalfa, y pasta de soya donde el sargazo tenía  $7.70 \pm 0.23$  g/100 g de proteína. Las especies que Salosso Y. (2019) encontró para hacer su análisis mostro que tiene porcentajes diferentes a *S. fluitans* y *S. natans*, sin embargo, 3 especies tenían concentraciones de proteína más alta. *S. crassifolium*, *S. cristaefolium* y *Sargassum sp.* tenía 8.06%, 9.13% y 10.64% respectivamente, mientras *S. polycystum* tuvo 6.44%. A. F. Dewinta *et al* (2020) encontraron en su análisis 8.54% para *S. cristaefolium*, mientras *S. crassifolium* tuvo 6.21% de proteína. Oyesiku and Egunyomi (2014) obtuvieron  $15.4 \pm 0.0\%$  para la mezcla de *S. natans* y *S. fluitans*; es un valor mayor que puede ser resultado por la mezcla de ambas especies.

La especie cultivada (*S. naozhouense*) por Peng Y. *et al* (2012) tuvo un porcentaje de 11.2% de proteína, un valor poco más alto que el sargazo que llega aquí. C.B. Machado *et al.* (2021) tuvieron varios resultados para el análisis de proteína sobre *S. natans* y *S. fluitans*, pero ellos también mezclaron ambas especies para el análisis. De los 3 sitios que colectaron, el sargazo tenía  $23.27 \pm 0.95$  mg/g para el análisis de biomasa congelada y  $26.21 \pm 1.63$  mg/g con el análisis de biomasa secada al sol del sitio Port Royal, mientras el Manchioneal tuvo  $34.27 \pm 1.55$  mg/g para el sargazo congelado y  $34.91 \pm 1.51$  mg/g para el sargazo secado al sol. Port Maria tuvo  $29.37 \pm 1.35$  mg/g para el sargazo congelado y  $31.80 \pm 3.17$  mg/g para el sargazo de secado al sol. Estos valores muestran que la deshidratación fría reduce de alguna manera la cantidad de proteínas extraíbles en el sargazo.

Por su bajo porcentaje de proteína, se tendría que mezclar con otros alimentos para que se pudiera utilizar.

Sobre el porcentaje de ceniza, se obtuvo 32.01% para *S. natans* y 32.35% para *S. fluitans*. Los porcentajes obtenidos eran mayores a las cantidades que obtuvo Salosso Y. (2019) que obtuvo 24.11% para *S. crassifolium*, 24% para *S. cristaefolium*, 22.56% para *Sargassum sp.* y *S. polycystum* tuvo 24.76%. Sin embargo, A. F. Dewinta *et al* (2020)

obtuvieron diferentes resultados de *S. crassifolium* y *S. cristaefolium* para ceniza donde se encontró: 41.52% para *S. crassifolium*, mientras *S. cristaefolium* tuvo 41.28% respectivamente; esto puede ser por los diferentes nutrientes disponible en el agua que pudo haber sido absorbido. Tamayo y del Rosario (2014) también obtuvieron porcentajes menores, ellos obtuvieron  $27.11 \pm 0.62\%$  para *Sargassum sp.* Casas-Valdez *et al* (2005) encontraron que *Sargassum sp.* tuvo  $30.96 \pm 0.27$  g/100 g de cenizas en su composición, mientras Peng Y. *et al* (2012) encontraron que *S. naozhouense* tenía 35.18% de cenizas, un valor poco más alto que le sargazo que llega aquí. C.B. Machado *et al.* (2021) encontraron que la mezcla de sargazo tenía  $55.69 \pm 5.43\%$ ,  $35.61 \pm 0.54\%$  y  $33.74 \pm 134\%$  de cenizas con la técnica congelada y  $45.65 \pm 1.79\%$ ,  $41.29 \pm 1.50\%$  y  $35.32 \pm 0.72\%$  con la técnica de secado al sol. Solo la técnica de secado al sol tuvo porcentajes similares. Oyesiku and Egunyomi (2014) encontraron que su mezcla de sargazo tuvo un valor menor de  $8.65 \pm 0.07\%$  de cenizas.

La cantidad de agua que tiene *S. natans* era 81.62% y su contenido seco es 18.38%, mientras *S. fluitans* tenía 81.10% y su contenido seco es 18.88%. Davis D. *et al* (2020) determinaron la humedad del sargazo y obtuvo valores menores donde el *S. natans* I era  $7.61 \pm 0.31\%$  y *S. natans* VIII tuvo  $7.91 \pm 0.95\%$ , mientras *S. fluitans* III tuvo  $7.25 \pm 0.42\%$  y *S. fluitans* m (muestras de bulto) tuvo  $8.19 \pm 0.71\%$  (peso seco). Su análisis se enfocó en la concentración de elementos y no tanto en el análisis bromatológico ya que aparte de su contenido de agua y concentraciones de elementos, encontraron la cantidad de materia orgánica y la cantidad de carbonato de calcio del sargazo. Tamayo y del Rosario (2014) encontraron que el *Sargassum sp.* tuvo un valor menor de  $13.93 \pm 0.06\%$  de humedad (peso seco), mientras Casas-Valdez M. *et al* (2005) encontraron  $11.17 \pm 0.08$  g/100 g en el sargazo (peso seco). Salosso Y. (2019) encontró valores mayores donde *S. crassifolium* tuvo 19.64%, *S. cristaefolium* tuvo 17.6%, *S. polycystum* tuvo 16.19%, y *Sargassum sp.* tuvo 17.29% de humedad (peso seco), mientras A. F. Dewinta *et al* (2020) encontraron valores casi similares como 89.34% de agua y 10.66% de materia seca para *S. cristaefolium*, mientras 88.56% de agua y para 11.34% de materia seca para *S. crassifolium*. C.B. Machado *et al.* (2021) encontraron que no hubo tantas diferencias en el contenido de agua entre las dos técnicas de secado. Con la técnica congelada, encontraron que el sargazo tuvo  $8.50 \pm 1.18\%$ ,  $12.87 \pm 0.35\%$ , y  $13.23 \pm 0.29\%$ , mientras

con la técnica secado al sol, se encontró que el sargazo tuvo  $8.48\pm 0.25\%$ ,  $9.54\pm 0.18\%$  y  $11.6\pm 1.08\%$  respectivamente (peso seco). Oyesiku and Egunyomi (2014) encontraron un valor menor de  $9.0\pm 0.14\%$  de agua (peso seco) en la mezcla de *S. natans* y *S. fluitans*.

Sobre el contenido de fibra, *S. natans* tuvo  $11.91\%$  y *S. fluitans*  $11.12\%$  de fibra. Tamayo y del Rosario (2014) encontraron un valor similar de  $12.5\pm 0.39\%$  de fibra en *Sargassum sp.*, mientras Casas-Valdez M. *et al* (2005) tuvieron  $9.29\pm 0.43$  g/100 g para la dieta hecha de *Sargassum sp.* Oyesiku and Egunyomi (2014) encontraron que la mezcla de sargazo tenía un valor menor de  $7.15\pm 0.21\%$ . Peng Y. *et al* (2012) encontraron en el análisis de *S. naozhouense* que tenía un porcentaje menor de  $4.83\%$  de fibra. A. F. Dewinta *et al* (2020) encontraron que *S. cristaefolium* tuvo  $22.09\%$  y *S. crassifolium* tuvo  $24.54\%$  valores mayores de fibra en su composición. Aunque se está comparando las especies pelágicas y las especies bentónicas, es importante entender que su contenido es diferente debido a su región y el lugar donde pasan su ciclo de vida.

Desafortunadamente, el sargazo no se podría usar ya que otros autores encontraron metales pesados en las muestras procesadas (Rodríguez-Martínez *et al.* 2020, Pereira Corona *et al.* 2021). Con esto en mente, no es recomendable que el sargazo que llega a las costas de Quintana Roo se utilice para ser usado como complemento para algún tipo de alimento ya que podría tener altas concentraciones de metales pesados que podría causar problemas en el futuro.

## Conclusiones

Sobre el contenido de grasa del sargazo, es posible producir el biodiesel, pero será en cantidades pequeñas lo cual no sería rentable por el costo de colecta de las cantidades que se necesitarían ya que se tendría que coleccionar grandes cantidades del sargazo para un pequeño rendimiento de biodiesel. Aparte de la colecta, está el problema de encontrar formas adecuadas para esos recolectar esos volúmenes y transportarlos para su procesamiento e incluso como guardar esas grandes cantidades hasta su procesamiento. Con esto en mente, no es viable usar el sargazo para la producción de biodiesel.

Dado su porcentaje de proteína, se podría utilizar como un aditivo para una dieta especializada en el sector agropecuario. Por lo tanto, se tendría que mezclar con otros alimentos para completar la dieta. Sin embargo, dado de que hay altas posibilidades que el sargazo utilizado tenga altas concentraciones de metales pesados, no se recomienda usarlo como un complemento en alimentos.

Si se desea utilizar el sargazo para la obtención de algunos productos derivados de la celulosa y otros componentes que forma la parte de fibra del sargazo, se necesita innovar tecnología para tratar de quitar los metales pesados que podría contener para luego ser utilizado. Incluso, dado los porcentajes de proteína y fibra, se podría utilizar para algún tipo de abono también.

Al conocer su composición bromatológica, el sargazo tiene posibilidades para varios usos. Sin embargo, su posible alto contenido de metales pesados detiene los posibles aprovechamientos que podría tener el sargazo. Se necesita eliminar estos metales pesados para aprovechar el sargazo.

## Bibliografía

- Arroyo, A. L. (2019). [https://www.researchgate.net/profile/Aaron-Llerena-Arroyo/publication/349454298\\_Extraccion\\_de\\_grasas\\_cuantificacion\\_de\\_proteinas\\_y\\_determinacion\\_de\\_aminoacidos\\_en\\_harina\\_de\\_semilla\\_de\\_Haba\\_tigre\\_Vicia\\_faba/links/60308a4a92851c4ed58375c5/Extraccion-de-grasas-cuantificacion-de-proteinas-y-determinacion-de-aminoacidos-en-harina-de-semilla-de-Haba-tigre-Vicia-faba.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Aaron-Llerena-Arroyo/publication/349454298_Extraccion_de_grasas_cuantificacion_de_proteinas_y_determinacion_de_aminoacidos_en_harina_de_semilla_de_Haba_tigre_Vicia_faba/links/60308a4a92851c4ed58375c5/Extraccion-de-grasas-cuantificacion-de-proteinas-y-determinacion-de-aminoacidos-en-harina-de-semilla-de-Haba-tigre-Vicia-faba.pdf) . Extracción de grasas, cuantificación de proteína y determinación de aminoácidos en harina de semilla de ‘Haba Tigre’ (Vicia Faba)”. Fecha de consulta el 3 septiembre de 2021
- Botelho Machado C, Maddix G. M, Francis P, Thomas S. L, Burton J. A, Langer S, Larson T. R, Marsh R, Webber M, Tonon T. (2021). [https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0048969721078402?token=A2E2AFEDDF73677D559F80C9020C206327D5EBB1A0233E4FE5C06D33E9D9BA36777AC98CE51F2F3C401CEB7FCA398693&originRegion=us-east-1&originCreation=20220526152052](https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0048969721078402?token=A2E2AFE DDF73677D559F80C9020C206327D5EBB1A0233E4FE5C06D33E9D9BA36777AC98CE51F2F3C401CEB7FCA398693&originRegion=us-east-1&originCreation=20220526152052) . Pelagic *Sargassum* events in Jamaica: Provenance, morphotype abundance, and influence of sample processing on biochemical composition of the biomass. Fecha de consulta e 25 de abril de 2022
- Casas- Valdez, M. Hernández-Contreras, H. Marín-Álvarez, A. Aguila-Ramírez, R.N. Hernández-Guerrero, C.J. Sánchez-Rodríguez, I. Carrillo-Dominguez, S. (2005). <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v54n1/3359.pdf> .El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. Fecha de consulta el 27 de agosto de 2021
- Cox S. A. Degia K. (2021). <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36244/SGWP21.pdf?sequence%E2%80%A6> . Sargassum White Paper Turning a crisis into an opportunity. Fecha de consulta el 10 de marzo de 2022
- Davis D, Simister R, Campbel S, Marston M, Bose S, McQueen-Mason S. J, Gomez L. D, Winklet G. A, Tonon T. (2020). [https://www.researchgate.net/publication/358047487\\_Biomass\\_composition\\_of\\_the\\_golden\\_tide\\_pelagic\\_seaweeds\\_Sargassum\\_fluitans\\_and\\_S\\_natans\\_morpho](https://www.researchgate.net/publication/358047487_Biomass_composition_of_the_golden_tide_pelagic_seaweeds_Sargassum_fluitans_and_S_natans_morpho)

- [types I and VIII to inform valorisation pathways](#). Biomass composition of the golden pelagic seaweeds *Sargassum fluitans* and *S. natans* (morphotypes I and VIII) to inform valorisation pathways. Fecha de consulta e 10 de marzo de 2022
- Dewinta A. F. Susetya I. E. Suriani M. (2020).  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1542/1/012040/pdf> .  
Nutritional profile of *Sargassum sp.* from Pane Island, Tapanuli Tengah as a component of functional food. Fecha de consulta e 27 de abril de 2022
  - Dzama Addico G. N, Atta deGraft-Johnson K. A. (2016).  
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/144527> . Preliminary investigation into the chemical composition of the invasive brown seaweed *Sargassum* along the West Coast of Ghana. Fecha de consulta el 8 de marzo de 2022
  - Espinoza-Córdova, G. Rojas, R. Espinoza-Montesinos, F. (2021).  
<https://www.revistaalfa.revistahorizontes.org/index.php/revistaalfa/article/view/127/322> . Análisis químico proximal de granos y harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) para elaborar bebidas proteicas. Fecha de consulta el 4 de septiembre de 2021
  - Jelyne P, Del Rosario T, Del Rosario E, J, (2014).  
<https://iranjournals.nlai.ir/bitstream/handle/123456789/88657/199A809E3EAE22DB9CDC2FD1F5DF8529.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> . Chemical Analysis and Utilization of *Sargassum sp.* As Substrate for Ethanol Production. Fecha de consulta el 9 de septiembre de 2021.
  - Olvera Novoa, M. A. Martínez Palacios, C. A. Real de León, E. (1993).  
<https://www.fao.org/3/ab489s/AB489S03.htm#ch3.2> .Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos. Fecha de consulta el 4 de septiembre de 2021
  - Oyesiku O. O, Egunyomi A. (2014)  
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/117605>. Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgessen) Borgeson (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. Fecha de consulta e 7 de marzo de 2022
  - Peng Y., Xie E., Zheng K., Fredimoses M., Yang X., Zhou X., Wang Y., Yang B., Lin X., Liu J., & Liu Y. (2012). <https://doi.org/10.3390/md11010020> Nutritional

and chemical composition and antiviral activity of cultivated seaweed *Sargassum naozhouense* Tseng et Lu. *Marine drugs*, 11(1), 20–32. Fecha de consulta el 25 de abril de 2022

- Pereira Corona A, Fragoso Servón P, Prezas Hernández B, Niño Torres C. A, Blanco Parra M. del Pilar. (2021). Caracterización bromatológica y análisis de metales pesados para el adecuado manejo del sargazo que arriba a las costas del Estado de Quintana Roo. (Informe) Presentado y Aceptado por el Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología. Chetumal, Quintana Roo, México. Fecha de consulta 29 de abril de 2022
- Rodríguez-Martínez R. E, Roy P. D, Torrescano-Valle N, Cabanillas-Terán N, Carillo-Dominguez S, Collado-Vides L, García-Sánchez M, I. van Tussenbroek B. (2020). <https://peerj.com/articles/8667/> . Element concentration in pelagic *Sargassum* along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. Fecha de consulta e 9 de marzo de 2022
- Salosso Y. (2019). <http://www.bioflux.com.ro/docs/2019.2130-2136.pdf> . Nutrient alginate content of macroalgae *Sargassum sp.* from Kupang Bay waters, East Nusa Tenggara, Indonesia. Fecha de consulta el 8 de diciembre de 2021
- 2018. [https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173\\_ES.pdf](https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf). Determinación de Nitrógeno por el método Kjeldahl. Fecha de consulta el 4 de septiembre de 2021