



**PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR
DEL *SARGASSUM NATANS* Y *S. FLUITANS***

Congreso Científico Juvenil (CCJ)

Integrantes:

Jonathan Jiménez (23-0074)

Daimi Rivera (23-0056)

Nathali Cespedes (23-0032)

Camila Rosario (23-0075)

Domingo 24 de Septiembre 2023

Introducción.....	4
Antecedentes.....	5
Los principales efectos dañinos que genera la presencia de esta alga son:.....	7
Planteamiento del problema.....	7
Objetivos General.....	10
Objetivo Específico.....	10
Justificación del Proyecto.....	10
Fundamentación Teórica.....	11
Metodología / Materiales.....	14
Los materiales utilizados fueron los siguientes:.....	14
<i>a) Reactivos.....</i>	<i>14</i>
<i>b) Orgánicos.....</i>	<i>14</i>
<i>c) Para el gas.....</i>	<i>14</i>
<i>d) Para el Digestor.....</i>	<i>14</i>
<i>e) Electromotriz.....</i>	<i>15</i>
Parte Experimental.....	15
1. Producción del biogás (metano).....	15
1.1 Recolección y pretratamiento en seco.....	15
1.2 Pretratamiento a la biomasa e hidrólisis.....	15
1.3 Digestión anaeróbica.....	16
1.4 Proceso de filtrado y eliminación de gases nocivos.....	16

1.5 Extracción de metano hacia un tanque de gas.....	17
Resultados.....	17
Análisis de Resultados.....	18
Conclusiones/Recomendaciones.....	19
Referencias Bibliográficas.....	21

Introducción

En los últimos años la República Dominicana ha sido víctima de un florecimiento del alga *Sargassum* (especialmente del tipo *Fluitans* y *Natans*) el cual crece en toda la zona costera y las diferentes playas del sur y del norte de la isla. El impacto creciente que ha tenido este fenómeno afecta de manera económica, social, de salubridad y ambiental. Aquí se busca destacar el efecto que tiene esta macroalga en el medio ambiente y la necesidad que existe de buscar formas para eliminar el sargazo de las playas, utilizando la digestión anaeróbica como medio para lograr esto. En la República Dominicana existen pocos proyectos encargados de desarrollar este eliminar y reutilizar el sargazo con una digestión anaeróbica (DA), por ende se espera que con este proyecto se plantee un método que con la DA produzca una fuente de energía limpia y viable, es decir metano, esperando eliminar los metales pesados que se puedan hallar. (Rodríguez-Martínez, 2020).

El alga sargazo *fluitans* y *natans* salen de la zona conocida como el Gran Cinturón Atlántico de Sargazo (Wang, 2019), que es toda la parte del océano Atlántico Norte Tropical, en donde las algas migran desde el Oeste de África hacia el Caribe y el Golfo de México (Magaña-Gallegos, 2023). Según varias investigaciones, como las de Mengqiu Wang et. al “The Great Atlantic Sargassum Belt” muestran que este problema comenzó a crecer exponencialmente en el 2011 a razón de; los efectos del cambio climático, la gran cantidad de nutrientes en los océanos y la baja salinidad que hubo en el 2010, provocando así que este reciente conflicto crezca exponencialmente y llame la atención del ojo público.

Cabe destacar que, del gran espacio que comprende el Gran Cinturón, esta investigación se enfoca en el sargazo hallado en la República Dominicana, este mismo será que se tratará y manipulará. Ahora bien según unos reportes del Laboratorio de Oceanografía de la Universidad

de Florida estipula que en el 2011 la sobreproducción de sargazo aumentó a 70 millones de toneladas; de las cuales 4 millones pertenecían a la República Dominicana. Cifras que han aumentado rápidamente durante el transcurso de los años. Por ello, en esta investigación se abarca una posible solución a este entremedio, la producción del biogás metano utilizando una bacteria digestora como propulsora de la DA, para luego eliminar otros gases producidos por la DA colateralmente, con un proceso de filtrado, logrando así la meta final, un gas metano limpio listo para utilizar.

Antecedentes

En los últimos años, el sargazo ha sido objeto de preocupación y estudio en diferentes partes del mundo. Aunque la presencia de algas es un evento natural y necesario para los ecosistemas marítimos, su proliferación excesiva puede tener impactos negativos significativos. En América del Norte, por ejemplo, se han registrado casos de marea marrón en regiones costeras de Estados Unidos, como Florida y Texas. En Europa, el Mar Mediterráneo ha experimentado un aumento en la proliferación de algas en los últimos años. Además de las floraciones de algas nocivas, también se han observado episodios de proliferación de algas verdes y algas pardas en diferentes áreas del Mediterráneo. Asia también ha enfrentado desafíos relacionados con las algas marinas, en países como China, Japón y Corea del Sur, los cuales han registrado episodios de floraciones masivas de algas, especialmente en la costa este de China. Y en el Caribe en países como México, República Dominicana, Jamaica, entre otros.

El sargazo ha sido documentado desde los tiempos coloniales, en donde el navegante Cristóbal Colón menciona un recubierto color marrón flotando en las aguas del mar durante sus

expediciones, siendo esta de las primeras documentaciones del origen del sargazo en el territorio del Caribe (Wang et al., 2019). Desde la primavera de 2011, la República Dominicana ha sido testigo de una problemática constante y preocupante: la creciente invasión de sargazos. Estas algas flotantes, en cantidades extensas, se han acumulado en el área occidental del Caribe, generando un impacto significativo en toda la zona turística. Año tras año, la República Dominicana se enfrenta a este fenómeno natural que ha alterado la realidad del país de manera ineludible.

El sargazo es una macroalga que al reproducirse en grandes cantidades llega a cubrir grandes extensiones de área. Estas algas pasan toda su vida flotando en la superficie del mar y van siendo arrastradas alrededor del mundo, situándose geográficamente en distintos territorios. (Nuñez & González, 2020). Existen múltiples variantes del sargazo; sin embargo, se destaca el *Sargassum fluitans* y *S. natans* al ser las que crecen de manera descontrolada en las costas de México y en el Caribe, particularmente en la República Dominicana. Estos organismos se encuentran en los océanos y cuerpos de agua; su crecimiento y proliferación están influenciados por factores como: la disponibilidad de nutrientes, la temperatura del agua y la intensidad de la luz solar. En gran parte, la actividad humana desempeña un papel importante en la proliferación del alga.

El fenómeno del sargazo ha afectado significativamente la costa de Punta Cana, República Dominicana, siendo este uno de los lugares más contaminados en el país. La acumulación masiva de sargazo en las playas de Punta Cana ha tenido un impacto negativo en el turismo, ya que los visitantes buscan destinos con playas limpias y libres de algas. La presencia de sargazo ha llevado a una disminución en el número de turistas y, por ende, en los ingresos generados por esta industria vital para la economía local.

Los sargazos suelen aparecer en diferentes momentos del año, aunque las invasiones más intensas se han observado durante los meses de julio a agosto (Wang, 2019). Durante esta temporada, las corrientes marinas y los vientos pueden llevar grandes cantidades de sargazo hacia las costas de Punta Cana y otras áreas del Caribe.

Los principales efectos dañinos que genera la presencia de esta alga son:

- Reducción de luz y oxígeno en los mares, lo que provoca la muerte de especies marinas.
- Afectación a las poblaciones de tortugas marinas.
- Acidificación del agua que hace que crezcan más algas que corales.
- Pérdida de pastos marinos, lo que provoca la erosión de playas.

Planteamiento del problema

Según el Diario Libre la situación actual del sargazo en la República Dominicana es vista como crítica, específicamente si se considera lo que expuso José Reyes López, viceministro de Recursos Costeros y Marinos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, durante la Semana del Clima de América Latina y el Caribe 2022 (Cuevas, Graciela 2023). Cabe destacar que la cantidad excesiva de sargazo en las playas dominicanas tiene su origen en el calentamiento global, debido a que esta produce fuertes corrientes de viento que trae consigo dicho sargazo.

La Universidad del Sur de la Florida reportó en junio del 2022 que el sargazo ha ido aumentando en el Atlántico tropical, el mar Caribe, el Atlántico centro-occidental, el Atlántico centro-oriental

y el golfo de México. Junto a todas estas regiones, dio como total 24.2 millones de toneladas en junio de 2022, estableciendo un nuevo récord histórico.

Si bien el aumento vertiginoso del sargazo ha ocasionado ciertos conflictos en el aspecto turístico, no se debe obviar la advertencia que realizó José Reyes López, sobre que el sargazo ha ido afectando a la biodiversidad marina a los lugares a los cuales llega, a la anidación de tortugas, a las comunidades pesqueras, obstruyendo los arrecifes de coral y el ecosistema ambiental, perjudicando a las comunidades pesqueras e impactando cada vez más al sector turístico.

Además de estos aspectos ecológicos mencionados, la presencia del sargazo excesivo también representa un peligro para la salud colectiva. Un ejemplo claro de esto lo estipula el Dr Jose Vazquez en su artículo, explicando que estas masas de sargazo no sólo representan un daño importante a los ecosistemas naturales sino que también estos liberan sulfuro de hidrógeno cuando estos se pudren después de 48 horas al llegar a zonas costeras y playas. De hecho, el Dr José Vásquez también ha confirmado haber atendido en diferentes ocasiones pacientes con brotes leves debidos al contacto con el sargazo o incluso con la marea roja, las floraciones de algas nocivas. "Cualquiera que tenga antecedentes de asma, problemas respiratorios crónicos o alergias crónicas podría ser susceptible a grandes cantidades de sargazo porque emite irritantes en forma de un gas maloliente llamado sulfuro de hidrógeno", explicó el Dr. Vázquez. "Y podría irritar las vías respiratorias e irritar los ojos y las fosas nasales. Las personas propensas a tener esos síntomas podrían ser más susceptibles" (Vázquez, 2023 paf. 4).

Es importante que se tome en cuenta que el sargazo en sí mismo no representa un peligro relevante para la salud. Sin embargo, las masas de sargazo pueden liberar sustancias que pueden

ser perjudiciales para la salud, específicamente las personas que cuentan con afecciones respiratorias como el asma. Además, la desinformación sobre los efectos del sargazo en la salud puede ser un problema, ya que puede llevar a la gente a subestimar los riesgos y no tomar medidas preventivas.

Parte de la solución que se plantea para reducir la cantidad de sargazo en las playas de la República Dominicana es la digestión anaeróbica, pero esta misma presenta otro conflicto característico del sargazo como digestor, la presencia de metales pesados. Según la publicación de Rodríguez-Martínez et al. y otra de Chikani-Cabrera et al. el sargazo como alga tiene diversas cantidad de metales pesados algunos de estos son el As, Cl, Fe, Mn, K, P, S, Sr, Zn, entre muchos otros, pero resulta que no todos estos metales tienen un impacto directo en la sintetización del biogás, más bien muchos de estos metales, luego de la hidrólisis (el pretratamiento elegido) y la DA no reaccionan y se mantienen en la composta producida. Sin embargo uno de estos metales se unen con varios compuestos orgánicos, generando dos ácidos altamente peligrosos junto con el metano, durante la digestión: el NH_4 (amoníaco) y el H_2S (ácido sulfhídrico) en forma de gas. Por ello, este es otro conflicto que se debe de tomar en cuenta durante toda la investigación, procurando en lo posible eliminar estos gases nocivos y permitir que el biogás no dañe a sus consumidores.

Algunas de las preguntas que se plantearon al inicio de esta investigación fueron: ¿Cómo se puede elaborar una fuente de energía a base de sargazo? ¿Cuál sería el costo de un proyecto como este? ¿Qué materiales y utensilios serían necesarios para lograrlo? ¿Qué procesos químicos y biológicos debe pasar el sargazo para que pueda ser utilizado como biogás? ¿Qué impacto tiene al medio ambiente el uso del sargazo como fuente de biogás? ¿cómo hacer este proceso asequible a la sociedad?

Objetivos General

Producir biogás a partir las algas *Sargassum natans* y *S. fluitans* de las playas de Punta Cana, RD para ser utilizado como fuente de energía calorífica.

Objetivo Específico

- Establecer cuál es el tiempo óptimo para la producción de metano.
- Calcular qué cantidad de metano se produce por libra de sargazo.
- Examinar cuáles pretratamientos facilitan la digestión anaeróbica.
- Separar los gases nocivos del metano.
- Evaluar qué método se puede utilizar para eliminar dichos gases nocivos.
- Definir la viabilidad de la composta del sargazo como fertilizante.
- Determinar cuál ensamblaje abarca todos los procesos a realizar y que facilite su replicación.

Justificación del Proyecto

Se reconoce el impacto que tiene el sargazo en las playas de nuestro país República Dominicana, por lo tanto, se investiga este fenómeno y se buscan maneras de solucionar el problema de manera sostenible. La investigación reconoce que una de las maneras de aportar con la problemática y sacar provecho del almacenamiento del sargazo al limpiar las playas es de ser utilizada y procesada para que permita la producción de biogás. Esto aporta como una solución a

la contaminación que afecta: el turismo dominicano, la flora, la fauna y la salubridad del país. Además, es una solución viable e innovadora para el cuidado del medio ambiente y brindar a la República Dominicana una fuente de energía renovable. Es importante mencionar, el impacto del sargazo como GEI (gases de efecto invernadero) es menor que productos fósiles, usar esta alga para crear biogás para los locales alimenticios alrededor de las playas; además, mediante este proceso es posible la obtención de un fertilizante y de las sales resultantes se puede reutilizar en donde sea útil, manteniendo un ciclo de beneficios positivos.

Fundamentación Teórica

Al momento de enfrentar el conflicto y la problemática, la pregunta que se intenta responder se enfoca en aprovechar las muchas oportunidades que ofrece el sargazo, así como la solución de sus desventajas y efectos dañinos como digestor, por ello, al proseguir con la investigación, la literatura en el tema, muestra el camino a seguir, permitiendo así crear la base para el cumplimiento de los objetivos trazados. Entonces, según la investigación Orozco-González et al. se encontró que para la producción de biogás, bioetanol y biodiésel (lo que ellos querían lograr) era necesario trabajar primeramente con “...la complejidad de la pared celular del alga parda *Sargassum*” (2022). Orozco-González et al. identificaron que se “...requería un pretratamiento...” para lograr una digestión anaeróbica efectiva. Estos y otros trabajos que se irán mencionando identificaron que dicha DA, se podía hacer con el alga seca o húmeda, siempre en cuando se le haga un pretratamiento, para poder lograr obtener mejores resultados y facilitarle a las bacterias digestoras su trabajo, mientras que Supattra Maneein et al. decía que no siempre era necesario usar pretratamiento (2021).

En lo concerniente a que pretratamiento utilizar, Orozco-Gonzales et al. presenta varias opciones para dicho pretratamiento del macroalga, estos eran: la hidrólisis ácida o básica, líquidos Iónicos (ILs), pretratamiento hidrotérmico e hidrólisis. Luego discriminando estos procesos, se concluyó que la hidrólisis ácida funcionará mucho mejor como pretratamiento, es aquí donde Norinelia Pucelanos Blanco en su tesis sobre la optimización de la hidrólisis ácida par la “Obtención de azúcares totales a partir de algas pardas” se encuentran que diferentes tipos hidrólisis daban resultados diferentes en el trato del alga parda y su futura optimización, ya sea si fuese por hidrólisis enzimática, hidrólisis ácida, hidrólisis ácida diluida e hidrólisis ácida concentrada (2021). Pucelanos buscaba producir azúcares y alcoholes a partir del alga, pero, aún así explicaba que la hidrólisis prepara el alga, rompe los enlaces químicos y produce una solución acuosa y otra sólida, con las cuales se puede hacer lo que el investigador desee, justificando esto con los otros trabajos que mencionan la hidrólisis como su pretratamiento. En este proyecto se decidió utilizar una hidrólisis ácida con HCl 6 M, la razón de porque esta concentración se explicará más adelante.

Otro pretratamiento considerado fue el pretratamiento hidrotérmico, el cual consiste en colocar cierta cantidad de sargazo en un reactor, el cual contiene ciertos gases, soluciones y reactivos, se prepara el alga con dichos elementos y se procede a tratarlas a altas temperaturas con una presión constante (Montero-Hidalgo, Miriam et al. 2019). Se hace un rejuego con las diferentes medidas, concentraciones, reactivos y temperaturas para obtener diversos resultados, los cuales optimizarán la capacidad de producción metano (CH₄), nuestro biogás.

Ya en la antesala del producto final, el biogás metano, luego de seleccionar el pretratamiento se sigue con el proceso de la digestión anaeróbica. Este proceso cuenta de una bacteria que se encarga de alimentarse de la composta suministrada y mediante diversos procesos bioquímicos

se produce el metano CH_4 , nitrógeno de amonio $\text{NH}_4\text{-N}$ y ácido sulfúrico H_2S , todos en forma de gas, sumándole una biomasa restante la cual se puede optimizar como fertilizante (Castro, Yessica A., Rodríguez, Alvin. Rivera, Emin., 2022). Este proceso sucede dentro de un contenedor de plástico del volumen deseado donde estará el digestor anaeróbico, el cual por medio a unas válvulas llevará los gases a un centro de almacenamiento como un tanque de gas. En este tanque de gas no estará solo el metano, sino que se deberá de dividir y diseminar los gases allí presentes, pues la densidad de cada uno es muy parecida, por ende se tomará un paso extra para finalizar con nuestro producto. (Castro, et al. 2022).

En esta parte hay que resaltar la toxicidad del NH_4^+ y el H_2S , los cuales afectan en gran manera la salud de quienes los inhalan a corto o largo plazo. Estos son inevitables en el proceso de la experimentación, cuando el digestor devora los compuestos de nitrógeno del macroalga, las diversas reacciones producen todos estos gases consecuentemente. Por ello se añade un último paso, la filtración. Esta consiste en pasar los gases producidos por la DA y guiarlos a un contenedor sellado con HCl. Gracias a las cualidades que tiene el NH_4^+ y el H_2S , y al concepto de ácido-base de Brønsted-Lowry, sobre cómo algunas moléculas aceptan o entregan iones de H^+ , el amonio actúa como una base frente al ácido sulfhídrico, provocando así, que estas cuando reaccionan entre sí tengan una reacción de neutralización, solamente que esto no sucede con facilidad pues el amonio a veces también actúa como un ácido débil. Para que esto suceda es necesario utilizar el HCl como catalizador, pues al ser un ácido fuerte, provoca que el amonio actúe como base y el ácido sulfhídrico como ácido, haciendo que puedan realizar con facilidad, formando así una sal, sulfuro de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.

Metodología / Materiales

La investigación fue experimental mixta, es decir que cumple con componentes cualitativos y cuantitativos.

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

a) Reactivos

1. Ácido Clorhídrico 6 M.

b) Orgánicos

1. 6 kilogramos de sargazo
2. Probióticos (bacteria digestora)
3. Enzimas digestivas

c) Para el gas

1. Conector macho de bronce 12 X 4
2. Llave de zinc $\frac{3}{8}$ " X 2
3. Baikal de PVC X 2
4. Niple de Bronce $\frac{3}{8}$ "x2" X 2
5. Adaptador de metal 2"x $\frac{3}{8}$ " X 2
6. Manguera para gas 12
7. Tanque de gas de 20 galones
8. Teflón

d) Para el Digestor

1. 32'x8' de tubo PVC X 2
2. Tapas de tubo PVC 8' de diámetro X 4
3. 3'x $\frac{3}{4}$ ' de tubo PVC X 4

4. Válvulas de $\frac{3}{4}$ " de PVC X 4
5. Baikal de $\frac{3}{4}$ " de PVC X 2
6. Tapón de $\frac{3}{4}$ " de PVC X 2
7. Epoxy

e) Electromotriz

1. Bomba de aire X 2
2. Tubo de plástico flexible de 4 pies

Parte Experimental

1. Producción del biogás (metano)

1.1 Recolección y pretratamiento en seco

Se recolectó el sargazo a través de la corporación *SOS Carbon*, el cual fue buscado en las playas del este de la República Dominicana. El sargazo recolectado fue del tipo *Fluitans* y *Natans*; el cual pasó por un pretratamiento que consistía en limpiar el alga, removiendo arena, sal y cualquier otra micropartícula. Luego se secó el alga bajo el sol y fue almacenada.

1.2 Pretratamiento a la biomasa e hidrólisis

Del sargazo pulverizado se tomó un kilogramo que fue colocado en el primer contenedor designado para la hidrólisis y digestión anaeróbica. El contenedor utilizado consistió en un tubo PVC de 8 pulgadas de diámetro con un largo de 16 pulgadas a este se le colocó una tapa del mismo material del contenedor, en las partes de arriba y abajo. En la tapa superior se le hizo una apertura de $\frac{3}{4}$ de pulgada para facilitar la entrada del sargazo y el reactivo de la hidrólisis, utilizando un embudo para evitar derrames. Entonces, luego de que fue colocado 1 kilogramo de

sargazo y 1 litro de hidrólisis ácida diluida (HCl diluido). Este se dejó reposar por 1 hora permitiendo que se rompiesen los polímeros dentro del sargazo. Por último, se aseguró que el orificio estuviese debidamente sellado para evitar cualquier derrame.

1.3 Digestión anaeróbica

Se destapó el contenedor y se introdujo la bacteria encargada de realizar la digestión anaeróbica. Esta se dejó reposar y reaccionar con la composta generada luego de la hidrólisis durante un periodo de tiempo:

- a) 5 días

Esta sirvió como control para medir qué tiempo nos dio la mayor cantidad de metano. Este dio como resultado metano y en menor proporción ácido sulfhídrico y amonio.

1.4 Proceso de filtrado y eliminación de gases nocivos.

Dentro del contenedor, previo a la hidrólisis, se colocó una bomba de succión la cual se encarga de eliminar los gases del contenedor donde sucede la digestión y con un sistema de tubos (de material PVC) que traslada el gas formado hacia otro contenedor similar al anterior, con una apertura en la parte inferior conectada al sistema de tubos PVC. En el segundo contenedor, se colocó un 1 litro de HCl al 25%, el cual junto con el gas que se retira del digestor (metano, ácido sulfhídrico y amonio) reaccionó solamente el ácido sulfhídrico y amonio creando una sal $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Sin embargo, el metano no reacciona con el ácido por esta razón, subió y almacenó en la parte superior del contenedor en forma de gas.

1.5 Extracción de metano hacia un tanque de gas

Al igual que en el primer contenedor se colocó una bomba de succión, la cual en este caso se encargó de trasladar el metano del segundo contenedor al tanque de gas vacío. Esto se hizo al colocar un tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro y 3 pulgadas de largo, a la cual se adjuntó una llave de tres vías para gas. Este gas se almacenó en el tanque vacío, con el cual a través de su peso se identificó el volumen generado del metano.

Resultados

Resulta que luego de realizar todo el proceso para la obtención metano se encontró que el gas como tal no presentaba la densidad o densidad esperada para poder identificar correctamente el metano. Luego de que el gas pasó su proceso de filtración eliminando todo reactivo tóxico al reaccionar con el HCl, y este mismo sea extraído a través de las tuberías para luego ser almacenado en un tanque de gas. Se intentó probar la pureza del gas al comprobar sus capacidad de combustión, y se conectó el gas recolectado en el tanque de gas con una ornilla de gas; la cual luego de que abriera y se le acercase una mecha de fuego, se identificó que no se realizaban ningún tipo de combustión. Más bien, se encontró que se estaba escapando el gas por la hornilla, pero el mismo no realizaba la combustión esperada, así mismo había un olor característico parecido al de amonio o algún desecho orgánico por donde el gas estaba saliendo. Luego de hacer esto se cerró la hornilla y se procedió a realizar varias pruebas para identificar qué tipo de gas había allí.

En este paso se intentó medir la capacidad de reacción con compuestos oxidantes como el KMnO_4 o el $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, puesto que un gran grupo de compuestos orgánicos realizan esta reacción,

pero sucede que al intentar recolectar el gas utilizando la manguera que tenía el prototipo ya adjunta y colocando dicho gas en tubos de ensayo, se identificó que no había gas en dichos tubos de ensayos. Más adelante se tomaron otros tubos de ensayos, se repitió el proceso de inyectar el gas en los tubos, se cerraron y luego se le colocaron mechas encendidas para comprobar la combustibilidad del gas, la cual también resultó negativa.

Análisis de Resultados

Como se imposibilita poder adquirir la cantidad de metano esperada para responder a uno de las preguntas de investigación y cumplir con uno de los objetivos propuestos "Calcular qué cantidad de metano se produce por libra de sargazo", se decidió analizar las condiciones en las que se encontraba el ácido clorhídrico en el contenedor #1 (el digestor) y el contenedor #2 (el filtro).

En el primero (el digestor) se recogió una muestra del mismo HCl, el cual fue recolectado por la válvula inferior que fue previamente colocada, en cual se dejó caer en un matraz de 1000 ml para evitar cualquier salpicadura a la hora de sacar el líquido. Este, lógicamente, se tornó de un color amarillento, puesto que al reaccionar con el sargazo, el cual es también amarillo, pudo haber provocado que el HCl se tomara de dicho color, pues pequeñas partículas del sargazo se pudiesen encontrar en el reactivo. La cuales pudieron ser identificadas al mirar un precipitado marrón oscuro en el inferior del matraz, a la vez que se veían pequeñas partículas flotando en el líquido.

Este proceso de recolección se repitió en el segundo contenedor es decir el filtro, en el cual a sorpresa se había tornado de un color amarillo verdoso, lo cual parecía inusual. Al comentar los hallazgos con algunos profesores y realizar una lectura de la literatura concerniente al tema no se llegó a identificar qué reacción fue la que sucedió allí que pueda explicar el color. Basado en el

fundamento teórico, la reacción de neutralización iba a suceder pero no se llegó a identificar algún cambio de color en el HCl. Por ello se decidió tomar con un gotero, una pequeña muestra del HCl líquido del filtro y del digestor y en un cristal de reloj colocar un trozo de papel tornasol e identificar el nivel de acidez del mismo. Este era de 0 en ambos contenedores, es decir, entendiendo que el pH sigue una escala entre 0-14, este era muy alto. Esto llamó la atención pues se esperaba que al reaccionar las algas en el contenedor #1 la acidez disminuyera y que en el contenedor #2 sucediese lo mismo por el proceso de filtrado, se vió que este no fue el caso.

Conclusiones/Recomendaciones

Luego de analizar los resultados se concluyó que lo mejor que se puede hacer para optimizar la producción del biogás es primeramente pulverizar el alga, puesto que se estima que al realizar esto se puede ayudar a las bacterias y así permitir que estas realicen su digestión anaeróbica con mayor facilidad.

También luego de comentar los hallazgos con varios profesores de la universidad se cree que mantener el prototipo en un lugar con un clima controlado pudiese favorecer y ayudar a la digestión anaeróbica, al mismo tiempo que mantendría al HCl en mejores condiciones, pues este puede verse afectado por el calor. Así mismo se entiende que al tener el biodigestor en un mejor lugar que elimine cualquier contacto con el sol, pues aunque el prototipo se encontraba en buenas condiciones el reflejo del sol llegaba a tocarle, logrando así que cualquier reacción sucedida dentro de los contenedores sea voluntaria.

Así mismo se recomienda que a futuro se utilicen nuevas bacterias para este contenedor, pues los probióticos si pueden ser efectivos, pero salen costosos y su forma de mantenerlos en las condiciones correctas no sean favorables para lo que se quiere lograr. Si se utilizan otro tipo de bacterias sería bueno considerar bien en qué condiciones estas se encuentran, y cómo el prototipo favorece a esas condiciones.

Concerniente a la sal que se esperaba obtener, no se pudo obtener o extraer pues el volumen de la misma era ínfimo a lo que se pudiese extraer. Por ello, se recomendaría que se rectifique este proceso al intentar nueva vez obtener la sal.

Basado en la literatura que existe sobre el tema, aunque no sea la más amplia, casi toda apunta a que la obtención del metano es posible, solo que hay varios factores que es necesario que se tomen en cuenta a la hora de hacerlo. Por ello se exhorta buscar financiamiento y apoyo pues ciertos problemas encontrados en el proceso de experimentación surgieron a falta de materiales y herramientas disponibles.

Referencias Bibliográficas

- Abelló Linde. (n.d.). Cromatografía de gases. Linde. Retrieved April 1, 2023, from https://www.linde-gas.es/es/images/Cromatograf%C3%ADa%20de%20gases%2019107-01_tcm316-120150.pdf
- Blanco , N. (2021, September). Optimización de la hidrólisis ácida para la obtención de azúcares totales a partir de algas pardas (*Sargassum* spp.). Retrieved March 20, 2023, from <https://support.microsoft.com/en-us/windows/download-files-from-the-web-abb92c09-af3a-bd99-d279-a89848b54b0b>
- Castro, Y. A., Rodríguez, A., & Rivera, E. (2022). Biomethane production kinetics during the anaerobic co-digestion of *Sargassum* spp. and food waste using batch and fed-batch systems in Punta Cana, Dominican Republic. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, 11(3), 287–297. <https://doi.org/10.1007/s40243-022-00224-1>
- Chikani-Cabrera, K. D., Fernandes, P. M., Tapia-Tussell, R., Parra-Ortiz, D. L., Hernández-Zárate, G., Valdez-Ojeda, R., & Alzate-Gaviria, L. (2022). Improvement in methane production from pelagic sargassum using combined pretreatments. *Life*, 12(8), 1214. <https://doi.org/10.3390/life12081214>
- Cuevas, G. (2022, July 25). Viceministro de Medio Ambiente: "La Situación del Sargazo es crítica". *Diario Libre*. Retrieved March 31, 2023, from <https://www.diariolibre.com/planeta/medioambiente/2022/07/24/la-situacion-del-sargazo-en-la-region-del-caribe/1964112>
- Davis, D., Simister, R., Campbell, S., Marston, M., Bose, S., McQueen-Mason, S. J., Gomez, 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>

Gajda, I., Greenman, J., Melhuish, C., & Ieropoulos, I. (2015). Self-sustainable electricity production from algae grown in a microbial fuel cell system. *Biomass and Bioenergy*, 82, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.017>

León R., V. G. (2022, November 22). Norma Muñoz: “La gente no está informada de los efectos del sargazo, dice que las afectaciones las mandó Dios.” Ediciones EL PAÍS S.L.

<https://elpais.com/america-futura/2022-11-22/norma-munoz-la-gente-no-esta-informada-de-los-efectos-del-sargazo-dice-que-las-afectaciones-las-mando-dios.html>

Louime, C., Fortune, J., & Gervais, G. (2017). *Sargassum* invasion of Coastal Environments: A growing concern. *American Journal of Environmental Sciences*, 13(1), 58–64.

<https://doi.org/10.3844/ajessp.2017.58.64>

Magaña-Gallegos, E., Villegas-Muñoz, E., Salas-Acosta, E. R., Barba-Santos, M. G., Silva, R., & van Tussenbroek, B. I. (2023). The effect of temperature on the growth of holopelagic *Sargassum* species. *Phycology*, 3(1), 138–146.

<https://doi.org/10.3390/phycolgy3010009>

Maharjan, A. K., Kamei, T., Amatya, I. M., Mori, K., Kazama, F., & Toyama, T. (2020).

Ammonium-nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) removal from groundwater by a dropping nitrification reactor: Characterization of $\text{NH}_4^+\text{-n}$ transformation and bacterial community in the reactor. *Water*, 12(2), 599. <https://doi.org/10.3390/w12020599>

- Maneein, S., Milledge, J. J., Harvey, P. J., & Nielsen, B. V. (2021). Methane production from *Sargassum muticum*: Effects of seasonality and of freshwater washes. *Energy and Built Environment*, 2(3), 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.06.011>
- Méndez-Linares, A. P., Mendoza, E. T., Guzmán, H. M., & Enríquez, C. (2020). *Sargassum* blooms and beach erosion in the Caribbean: Temporal trends and potential ecological impacts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 240, 106807. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- Montero-Hidalgo, M., Espada, J. J., Rodríguez, R., Morales, V., Bautista, L. F., & Vicente, G. (2019). Mild hydrothermal pretreatment of microalgae for the production of biocrude with a low N and O content. *Processes*, 7(9), 630. <https://doi.org/10.3390/pr7090630>
- Núñez, E., & González, D. (2020). *¿Qué sabemos del sargazo?*. Ciencia UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/917/-que-sabemos-del-sargazo->
- Orozco-González, J. G., Amador-Castro, F., Gordillo-Sierra, A. R., García-Cayuela, T., Alper, H. S., & Carrillo-Nieves, D. (2022). Opportunities surrounding the use of *sargassum* biomass as precursor of biogas, bioethanol, and biodiesel production. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.791054>
- Rodríguez-Martínez, R. E., Roy, P. D., Torrescano-Valle, N., Cabanillas-Terán, N., Carrillo-Domínguez, S., Collado-Vides, L., García-Sánchez, M., & van Tussenbroek, B. I. (2020). Element concentrations in pelagic *Sargassum* along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. *PeerJ*, 8, e8667. <https://doi.org/10.7717/peerj.8667>

- Salgado-Hernández, E., Ortiz-Ceballos, Á. I., Martínez-Hernández, S., Rosas-Mendoza, E. S., Dorantes-Acosta, A. E., Alvarado-Vallejo, A., & Alvarado-Lassman, A. (2022). Methane Production of Sargassum spp. Biomass from the Mexican Caribbean: Solid-Liquid Separation and Component Distribution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 219. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010219>
- Smith, L. C., & Herndon, E. M. (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31273122/>
- 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>
- Soto, W. (2015, December 4). Sargazo, el primer embate del Cambio Climático a RD. Periódico elDinero. Retrieved March 31, 2023, from <https://eldinero.com.do/18473/sargazo-el-primer-embate-del-cambio-climatico-a-republica-dominicana/>
- Tapia-Tussell, R., Avila-Arias, J., Domínguez Maldonado, J., Valero, D., Olguin-Maciel, E., Pérez-Brito, D., & Alzate-Gaviria, L. (2018). Biological Pretreatment of Mexican Caribbean macroalgae consortiums using BM-2 strain (*trametes hirsuta*) and its enzymatic broth to improve biomethane potential. *Energies*, 11(3), 494. <https://doi.org/10.3390/en11030494>

Thompson, T. M., Young, B. R., & Baroutian, S. (2020). Efficiency of hydrothermal pretreatment on the anaerobic digestion of pelagic sargassum for biogas and fertilizer recovery. *Fuel*, 279, 118527. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118527>

Tides of trouble: What asthmatics and everyone should know about the risks from Sargassum (seaweed) along the coastline. (n.d.). Baptisthealth.net. Retrieved July 8, 2023, from <https://baptisthealth.net/es/baptist-health-news/what-asthmatics-and-everyone-should-know-about-the-risks-from-looming-sargassum-along-the-coastline>

Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019, July 5).

The Great Atlantic Sargassum Belt. Science.

<https://web.archive.org/web/20210827122157/https://science.sciencemag.org/content/365/6448/83>