

Elaboración de briquetas de aserrín enriquecidas con microalgas cultivadas a partir de fuentes contaminadas y ozonificadas

RESUMEN: Se evaluó el efecto de la adición de un consorcio de microalgas de *Chlorella spp* cultivada bajo condiciones de fermentación a partir de efluentes contaminados por actividad antropogénica para la formación de briquetas de aserrín. Este proceso está enfocado en el aprovechamiento de los sobrantes de la industria maderera de la zona (aserrín) y fuentes hídricas contaminadas con residuos de aguas residuales de la ciudad de Misantla y estuvo enfocado en contribuir con una alternativa para el aprovechamiento integral de la biomasa. Las briquetas se elaboraron mediante la combinación de aserrín de madera, microalgas y la adición de almidón de maíz como aglutinante, que mejoró la compactación, así como el mantenimiento de su integridad física. La forma de la briqueta propuesta, se debió a la facilidad que tuvo la elaboración de un compactador cilíndrico. Los parámetros cinéticos del consorcio microbiano mostraron un crecimiento del consorcio de microalgas de 7.08 log No. de cel/ml en el sustrato tratado y su concentración en el fotobio-reactor fue de 1.85 g/L. Esta microalga contiene generalmente un 30% de lípidos en base a su peso seco (No determinado) por lo que la combustión de las briquetas con microalgas fue superior, encendieron más rápidamente y se mantuvieron mayor tiempo encendidas que las briquetas control.

PALABRAS CLAVE:

Microalgas, briquetas, biomasa, aserrín



Colaboración

Karina Hernández Demetrio; Gustavo Martínez Castellanos; Daniela Guadalupe Reyes Méndez; Leslie Marleth García Cano, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ABSTRACT: The effect of the addition of a consortium of microalgae of *Chlorella spp* cultivated under fermentation conditions in grey wastewater for the formation of sawdust briquettes was evaluated. This process is focused on the use of biomass waste produced in the wood industry (sawdust) and water sources contaminated with waste water from the city of Misantla and focused on contributing as an alternative for the comprehensive use of both polluting wastes. The briquettes were made by combining wood sawdust, microalgae and the addition of corn starch as a binder that improved compaction, as well as maintaining their physical integrity. The shape of the proposed briquette was due to the ease with which the cylindrical compactor was made. The kinetic parameters of the microbial consortium showed a growth of the microalgae consortium of 7.08 log No. of cel/ml and the concentration of microbial biomass in the photobioreactor was 1.85 g/L. This microalgae generally contains 30% lipids based on their dry weight (Not determined) so the combustion of the briquettes with microalgae was superior, they ignited more quickly and they were kept on longer than the control briquettes.

KEYWORDS: Microalgae, briquettes, biomass, sawdust

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales y la demanda de energía obligan a los países a buscar nuevas alternativas ecológicas como son la energía eólica, mareomotriz, geotérmica, hidroeléctrica, solar y empleo de biomasa. Esta última se refiere al uso racional de los microorganismos para tratar y aprovechar en menos tiempo recursos biológicos. Recientemente, se han implementado nuevos usos de la biomasa, considerándola una alternativa limpia y segura, debido a la amplia gama de biocombustibles que derivan de esta fuente de energía (Celulosa, etanol, lípidos, electricidad, etc). Las microalgas pueden generar biomasa algal a través de los micronutrientes extraídos de aguas residuales debido a la biodegradación de la materia orgánica, utilizándo-

la para su reproducción, crecimiento y acumulación de lípidos, considerándola como una alternativa ecológica sustituyente de nutrientes sintéticos [1]. Las ciudades generan muchos residuos que pueden ser considerados como biomasa. En el caso de Misantla, Veracruz, existe una industria maderera muy importante en la región, que genera remanentes (aserrín, viruta, etc) de la transformación de la materia prima. Actualmente, estos sobrantes no son utilizados para ningún fin en particular, pero puede ser aprovechados por su composición como biocombustibles para elaboración de diversos subproductos, como es la formación de briquetas. En este mismo sentido, esta ciudad no cuenta con una planta de tratamiento para las aguas residuales, lo que resulta en un factor contaminante de enorme trascendencia para la población. Esta probado por diversos investigadores que las microalgas pueden aprovechar este tipo de residuos siempre y cuando existan los nutrientes necesarios y la carga contaminante no sea excesiva [2, 3, 4]. Por tanto, los nutrientes pueden ser un factor considerable para el desarrollo y reproducción de microalgas en estas condiciones, debido a que se adaptan de manera sorprendente a diversas condiciones ambientales y se pueden implementar para fines industriales. El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio exploratorio para la utilización de los remanentes de aserrín y su combinación con biomasa de microalgas, estableciendo un proceso de formación de un biocombustible sólido (Briquetas enriquecidas) con características mejoradas con respecto al uso común de los residuos de aserrín.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el desarrollo de este trabajo se planteó la elaboración de briquetas de aserrín enriquecidas con consorcios microbianos, para la formación y prueba de las briquetas se usó la siguiente metodología general (Figura 1):

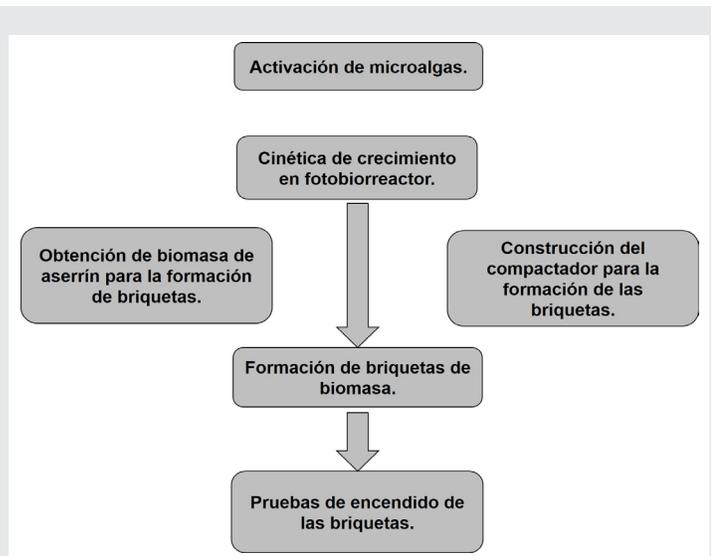


Figura 1: Diagrama de flujo del plan de trabajo de la investigación realizada. Tomado de elaboración propia

Microorganismos utilizados

Para realizar este trabajo se usó un consorcio fotosintético de microorganismos que se aislaron en el ITS Misantla, en el área de acuicultura del departamento de Ingeniería Ambiental con coordenadas de ubicación 19°55'51.86"N 96°51'6.09"O. Este consorcio se aisló en el año 2012 mediante medios de enriquecimiento y agotamiento de nutrientes para la selección del microorganismo y cuenta con al menos un 95% de células de morfología perteneciente al género *Chlorella*, identificado visualmente mediante un microscopio óptico compuesto (Carl Zeiss) y las características reportadas en la literatura: algas verdes unicelulares, con forma esférica, de 2 a 10 μm de diámetro, sin flagelo, con cloroplasto único y con clorofilas a y b [5].

Condiciones de crecimiento en fotobiorreactor

Para el crecimiento de las microalgas se utilizó un fotobiorreactor no estéril de 2L con las siguientes condiciones de trabajo: agitación a 100r.p.m., aireación de 240 L/h mediante una bomba ELIT 802, luz artificial provista mediante 4 lámparas ARGOS de 8w, (200 Lúmenes) con un fotoperiodo de 12 horas luz/12 horas de oscuridad y se cubrió el reactor con gasa simple para permitir el intercambio de gases (Figura 2).



Figura 2: Fotobiorreactor para el cultivo de microalgas.

Recolección del agua para la fermentación

La toma del agua superficial se realizó en un arroyo contaminado con aguas grises y negras ubicado a las afueras del ITS Misantla, utilizando las medidas necesarias para la recolección (guantes de látex, botas de plástico y cubre bocas). Las muestras tomadas se almacenaron en garrapas de plástico de 6 L y para eliminar la alta carga microbiana inicial del agua residual, se trataron con un ozonificador (CD-05 Ozone Generator), el cual se operó de manera continua en un lapso de 10 minutos en cada una de las garrapas utilizadas. Al terminar el proceso las muestras se hi-

genizaron por su parte externa y se guardaron en refrigeración a 7°C hasta su utilización.

Activación de los consorcios

Para la activación y crecimiento de las microalgas se preparó un medio de cultivo con un fertilizante comercial COMPO FOLIAR® PS a una concentración de 1 g/L [5]. Los microorganismos se dejaron incubando a una concentración de 20 % v/v de inóculo en el fotobiorreactor por un periodo de 5 días, realizando el conteo diario con la cámara de Neubauer.

Determinación del crecimiento de las cinéticas mediante conteo directo

Para las cinéticas de crecimiento se siguieron las mismas condiciones de cultivo e inóculo utilizada en la activación, sin embargo, para el crecimiento de los microorganismos se utilizaron las aguas residuales ozonificadas como medio de cultivo directo. Se realizaron las cinéticas durante 14 días evaluando su crecimiento diario mediante el conteo directo durante un periodo de 14 días usando una cámara de Neubauer a 40X.

Concentración de las microalgas

Para esta operación, se retiró el cultivo del fotobiorreactor, se depositó en una garrafa de 2 L, se dejó reposar por 6 h para sedimentar la microalga y se decantó el exceso de agua hasta obtener un volumen final de 300 mL.

Formación de las briquetas de aserrín

La biomasa algal concentrada se mezcló con el aserrín de madera de cedro obtenido en una carpintería local. La combinación de los elementos de la mezcla se realizó mediante un diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA) variando la concentración de las algas utilizadas, el aserrín y el aglomerante. La formación de las briquetas de microalgas se realizó mediante la implementación de un compactador construido en el taller de electromecánica del ITS Misantla. El compactador, tenía un tubo de acero de 3 in de diámetro y una altura de 10 cm, un pistón de acero y le fue adaptado un gato hidráulico de 4 ton. una vez elaboradas las mezclas, se sometieron al proceso de compactación y se secaron a condiciones medioambientales durante 5 días.

Evaluación de la capacidad de encendido

La prueba de encendido tuvo como finalidad establecer, la rapidez y la facilidad que tenían las briquetas elaboradas en prenderse para su uso como combustible. Para este propósito, se realizó una cama de aserrín con leña seca, igual para todas las briquetas y se clasificó de la siguiente manera [6]:

Enciende: Cuando al quemarse la cama las briquetas quedan encendidas por un tiempo considerable, hasta consumirse.

No enciende: Cuando al quemarse la cama las briquetas no encienden o enciendan y se apagan sin quemarse por completo.

RESULTADOS

La cinética de crecimiento mostró un mantenimiento constante del log No de cel/ml manteniéndose en valores cercanos y mayores a 7 unidades logarítmicas. En la cinética microbiana con el medio sintético el mejor valor de crecimiento se obtuvo al día 14 de crecimiento, sin embargo, en el medio de aguas residuales todas las cinéticas evaluadas mantuvieron valores cercanos a 7 log No. de cel/ml, por lo que las cinéticas se pararon al día 14, ya que se consideró que fue tiempo suficiente de adaptación y reproducción de la microalga a este medio de cultivo. Los parámetros cinéticos del consorcio microbiano mostraron un crecimiento del consorcio de microalgas de 7.08 log No. de cel/ml y la concentración de biomasa microbiana en el fotobiorreactor fue de 1.85 g/L.

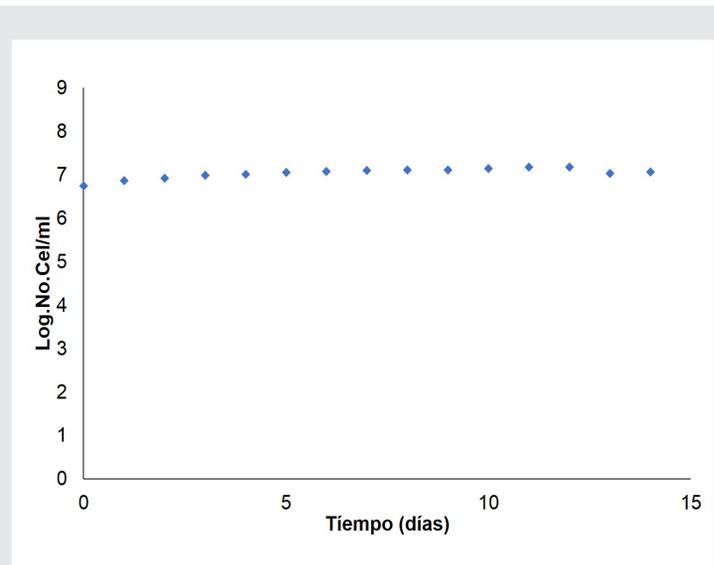


Figura 3: Resultados obtenidos de la cinética de agua residual.

Para determinar la formación de briquetas con consorcios de microalgas, se realizaron pruebas experimentales de acuerdo al DBCA planteado, sin embargo, muchas de las briquetas elaboradas mostraban exceso o falta de humedad y poca resistencia estructural, por lo que fueron inmediatamente descartadas.

Las briquetas que pasaron la prueba visual y manual, fueron las que contenían una proporción de 6 % de aglutinante, 25 % de aserrín y 69 % de líquido, incluyendo el consorcio concentrado de microalgas. Durante estas pruebas pudo establecerse, que si bien las briquetas con microalgas, disminuían su dureza estructural de 11 a 10 Kg/fuerza, evaluado con un durómetro marca Rockwell, tenían la resistencia suficiente para ser manipuladas sin perder la integridad estructural.

Puede observarse que las briquetas con microalgas eran uniformes, cilíndricas y no variaban su coloración con respecto al control (sin microalgas) (Figura 4).



Figura 4. Briquetas enriquecidas de aserrín sin microalgas (izquierda) y con biomasa de microalgas (derecha).

Para la evaluación de la prueba de tiempo de encendido y combustión, se dispuso de una cama de material inflamable, sobre la cual se colocaron las briquetas elaboradas estableciendo el tiempo de encendido (Tabla 1).

Tabla 1. Pruebas de encendido de las briquetas enriquecidas con microalgas y briquetas control.

TIPO DE BRIQUETA	PRUEBA DE ENCENDIDO	TIEMPO
Aserrín	Enciende	85 segundos
Aserrín con microalgas	Enciende	49 segundos

Como pudo observarse experimentalmente, la briketa enriquecida con microalgas tardó la mitad del tiempo en encenderse, permaneció encendida más tiempo que la briketa control y se consumió completamente.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación se enfocó a establecer la combinación de un subproducto inflamable (aserrín) con un consorcio de microalgas que mejorara su capacidad de utilizarse como combustible sólido inflamable, sin perder características estructurales. Pudo observarse que la utilización de un aglutinante como el almidón de maíz fue esencial para mantener la integridad estructural y que la adición de microalgas disminuyó la dureza de las briquetas, sin embargo, se mejoró la capacidad de encendido y aunque no se midió cuantitativamente, si se observó un mayor tiempo de combustión y consumo comple-

to del combustible propuesto. Mayores pruebas deben de ejecutarse para establecer a partir de este estudio, las proporciones adecuadas para la producción de este tipo de materiales combustibles a escala industrial y promover el uso de combustibles renovables que puedan contribuir a la disminución del uso de combustibles fósiles.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Acosta, & Paolini, J. (2006). *Dinámica de la biomasa microbiana (C y N) en un suelo de la península de Paraguaná tratado con residuos orgánicos Multiciencias*. 6: 180-187.

[2] Shelef, G., Azov, Y., Moraine, R., & Oron, G. (1980). *Algal Mass Production as an integral Part of a Wastewater Treatment and Reclamation System*. In *Algae Biomass*. Amsterdam: Shelef & Soeder, Ed., Elsevier/North-Holland Biomedical Press.

[3] Arbib, Z., Ruiz, J., Álvarez-Díaz, P., Garrido-Pérez, C., Barragan, J., & Perales, J. A. (2013). *Long Term Outdoor Operation of a Tubular Airlift Pilot Photobioreactor and a High Rate Algal Pond as Tertiary Treatment of Urban Wastewater*. *Ecological Engineering*, 52, 143-153.

[4] Cabanelas, I. T. D., Ruiz, J., Arbib, Z., Alexandre Chinalia, F., Garrido Pérez, C., Rogalla, F., Andrade Nascimento, I., & Perales, J. A. (2013). *Comparing the Use of Different Domestic Wastewaters for Coupling Microalgal Production and nutrient Removal*. *Bioresource Technology* 131, 429-436.

[5] Cresencio Gómez N., Madrigal Santos J. I., Carreón Aguilera P., Mejía Macario L. y Martínez Castellanos G. 2012. *Aislamiento y crecimiento de consorcios de microalgas y cianobacterias en fotobiorreactores con medios no definidos*. Artículo en extenso en *Memoria del Coloquio de Investigación Tecnológica del Estado de Veracruz 2012*. Misantla, Veracruz, México.

[6] López Rivera, J., Cajina Valdivia, C., Ramírez Camas, J., Reyes Aguilera, E., Olivas Reyes, N., & Molina Cruz, L. (2016). *Evaluación de los parámetros físicos y químicos de las briquetas obtenidas con la maquina briketadora construida en FAREM-Estelí*. *Revista Científica De FAREM-Estelí*, (16), 3-14.