



AVANCES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOTURBOSINA A PARTIR DE BIOMASA AGRÍCOLA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN LA ECONOMÍA CIRCULAR HACIA LA AGENDA 2030 DE LAS NACIONES UNIDAS

Juan Gabriel Segovia-Hernández ^a, César Ramírez-Márquez ^{b*}

^a Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, Noria Alta S/N, Guanajuato, Guanajuato, 36050, México.

^b Departamento de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, 58060, México. cesar.ramirez@umich.mx

Resumen

Este artículo explora la producción de combustible sustentable de aviación (bioturbosina), que se refiere a un biocombustible líquido sostenible utilizado en la aviación, derivado principalmente de biomasa agrícola. Se destacan cuestiones desde la selección de biomasa hasta el refinamiento, abordando desafíos como la adaptación a diversas composiciones de biomasa y las oportunidades centradas en innovaciones tecnológicas, como catalizadores eficientes y la explotación de biomasa residual. Se enfatiza la importancia de la colaboración entre sectores para convertir los avances científicos en soluciones prácticas y comerciales. La producción de bioturbosina surge no únicamente como un recurso, sino como un paso crucial hacia un futuro energético sostenible, alineándose con objetivos de economía circular y desarrollo equitativo.

Palabras clave: Bioturbosina; Biomasa agrícola; Combustible sostenible de aviación; Economía circular; Energía renovable.

ADVANCES IN THE PRODUCTION OF BIOJET FUEL FROM AGRICULTURAL BIOMASS: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN THE CIRCULAR ECONOMY TOWARDS THE UNITED NATIONS 2030 AGENDA

Abstract

This article explores the production of sustainable aviation fuel (biojet fuel), which refers to a sustainable liquid biofuel used in aviation, primarily derived from agricultural biomass. It highlights issues ranging



from biomass selection to refinement, addressing challenges such as adapting to various biomass compositions and opportunities focused on technological innovations, such as efficient catalysts and the utilization of residual biomass. The importance of cross-sector collaboration is emphasized to turn scientific advancements into practical and commercial solutions. The production of biojet fuel emerges not only as a resource but as a crucial step toward a sustainable energy future, aligning with circular economy objectives and equitable development goals.

Keywords: Biojet fuel; agricultural biomass; sustainable aviation fuel; circular economy; renewable energy.



1. Introducción

¿Alguna vez has viajado en avión o has pensado en hacerlo? Seguramente sí, y es posible que ya te hayas planteado cuestiones del vuelo como la seguridad, la velocidad, la duración o la capacidad de pasajeros. Sin embargo, ¿alguna vez has pensado en la cantidad de combustible que necesita un avión, en su impacto ambiental o cómo repercute este en la capa de ozono? Si la respuesta es no, tal vez es momento de comenzar a hacerlo.

El siglo XXI plantea un urgente deber para la sociedad: continuar el curso de la actividad humana sin causarle daños al ambiente. Para ello, surge la necesidad de replantear nuestros sistemas energéticos hacia fuentes más sostenibles que permitan construir una sociedad más equitativa y respetuosa con el entorno natural (Hancevic, et al., 2023). En virtud de lo anterior, la producción de combustible sustentable de aviación a partir de biomasa agrícola se alza como un destello de luz esperanzadora al ofrecer una alternativa que permita cambiar los dañinos combustibles fósiles, al mismo tiempo que brinda un remedio a la problemática de los residuos agrícolas en el marco de una economía circular.

En materia energética, factores como el cambio climático, el desgaste de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y la continua demanda energética nos obligan a buscar soluciones innovadoras y sostenibles. La biomasa agrícola, con su potencial para generar combustible sustentable de aviación, es una herramienta favorable en el camino hacia la sustentabilidad (Gaitán Tolosa, 2012). Su importancia radica en su naturaleza renovable y cuantiosa, siendo un recurso abundante que, de emplearse adecuadamente, puede ser la pieza central de una revolución en nuestro esquema energético.

La biomasa agrícola se refiere a los restos de cultivos, residuos de cosechas y otros materiales orgánicos derivados de la agricultura. Se encuentra en gran abundancia en regiones agrícolas y se considera una fuente prometedora de materia prima debido a su disponibilidad, bajo costo y el potencial de reducir residuos agrícolas.

El aprovechamiento juega un rol clave al señalar los beneficios de la bioturbosina. El mundo contemporáneo se caracteriza por la producción industrial y el desmesurado derroche, por lo que la minimización de desperdicio y la eficiencia en el uso de



recursos representan avances ambientales significativos. Estos avances no solo reducen el impacto ambiental, sino que también mejoran la sostenibilidad a largo plazo. Al aprovechar cultivos específicos y residuos agrícolas, no únicamente aminoramos la emisión de gases de efecto invernadero, al mismo tiempo que cerramos el círculo al reintegrar los subproductos agrícolas en un sistema que maximiza la eficiencia.

No todo es miel sobre hojuelas. Cada innovación requiere un análisis sobre sus desafíos y oportunidades. En este viaje hacia un futuro energético más sostenible, es esencial comprender los retos que enfrentamos. Si bien la bioturbosina se alza como una de las principales opciones para revolucionar nuestra anticuada matriz energética, es necesario estudiar aspectos como la complejidad técnica de su producción, los costos económicos implicados y abordar las consideraciones medioambientales tanto actuales como las que posteriormente pudieran surgir (Gómez Castro et al., 2019). Nos situamos en un momento único en el que la combinación de factores como el avance de la ciencia, las políticas progresistas y la necesidad global para actuar ante el cambio climático crean el

escenario propicio para impulsar la bioturbosina a partir de biomasa agrícola.

Los procesos de producción de bioturbosina deben adaptarse a las diversas composiciones de biomasa, lo que implica la necesidad de tecnologías flexibles y robustas capaces de manejar distintas características y variabilidades de la materia prima.

Catalizadores eficientes son sustancias que aceleran las reacciones químicas sin consumirse en el proceso, mejorando la selectividad y rendimiento de la producción de bioturbosina, lo que resulta en procesos más rápidos y económicamente viables.

Este fascinante campo nos adentra a un panorama de energías renovables catalizadoras de una posible revolución energética; el presente artículo explora las oportunidades y soluciones, además de los retos y dificultades, abordando esta innovadora visión desde una perspectiva realista, estableciendo su vínculo intrínseco con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, delineados para la Agenda 2030. La Agenda 2030 es un plan de acción global adoptado por todos los Estados miembros de la ONU en 2015, que establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con la meta de erradicar la pobreza, proteger



el planeta y garantizar la prosperidad para todos. Entre estos objetivos, destacan aquellos relacionados con la energía asequible y no contaminante (ODS 7), la acción por el clima (ODS 13), y la innovación e infraestructura (ODS 9).

La producción de bioturbosina se alinea directamente con estos objetivos, ya que representa una alternativa viable y sostenible a los combustibles fósiles tradicionales, reduciendo significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. A medida que aclaramos las dificultades de la producción de bioturbosina a partir de biomasa agrícola, se vislumbra un horizonte donde la relación entre la innovación y la sostenibilidad forja el camino hacia la transformación energética global que tanto necesitamos y que debemos a las siguientes generaciones. La bioturbosina puede jugar un papel crucial en la descarbonización del sector de la aviación, uno de los más difíciles de electrificar, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y fomentando el uso de recursos renovables. Además, el desarrollo de biorrefinerías integradas impulsaría la producción de bioturbosina, al mismo tiempo de generar subproductos valiosos, promoviendo una economía circular y generando nuevas oportunidades económicas

en áreas rurales. Esto aborda el ODS 7 al proporcionar energía asequible y sostenible, asimismo impulsa el desarrollo económico inclusivo (ODS 8) y fomenta la innovación (ODS 9).

La bioturbosina es una pieza clave en la transición hacia una energía más limpia y sostenible, y es fundamental para alcanzar varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Al adoptar y fomentar tecnologías de producción de bioturbosina, estamos invirtiendo en un futuro más verde y equitativo, asegurando que las generaciones futuras hereden un planeta habitable y próspero

.2. Procesos de Producción de Bioturbosina: Retos y Oportunidades

Para el eficaz y máximo aprovechamiento de los recursos renovables disponibles es fundamental apoyarse en todas las rutas y campos de oportunidad que la ciencia y la tecnología brindan. La producción de la bioturbosina a partir de la biomasa agrícola constituye una labor fascinante y compleja, por ello deben analizarse todos los posibles procesos o caminos a seguir destacando sus retos y oportunidades. Estos procesos se despliegan desde la recolección de materiales orgánicos hasta la obtención de combustible



sustentable de aviación de alta calidad, y cada etapa representa un paso más en la búsqueda de combustibles más amigables con el ambiente.

2.1. HEFA

Los procesos HEFA (Hidroprocesado de Ésteres y Ácidos Grasos) aprovechan ésteres y ácidos grasos de vegetales o grasas animales, sometiéndolos a un hidrotreatmento para producir hidrocarburos que cumplen con los estándares de calidad de la industria aeroespacial.

Retos:

- Competencia con la Industria Alimentaria: La competencia con la industria alimentaria por los aceites vegetales.
- Sostenibilidad de las Materias Primas: La sostenibilidad a largo plazo de las materias primas.

Oportunidades:

- Aceites de Microalgas: Investigar el uso de aceites de microalgas.
- Aceites de Cultivos Específicos: Desarrollar cultivos específicos para la producción de aceites.

2.2. ATJ

La tecnología ATJ (Alcohol a Jet) convierte alcoholes como etanol o metanol en hidrocarburos de alto peso molecular, aptos para su uso como combustible sustentable de aviación.

Retos:

- Eficiencia del Proceso: Mejorar la eficiencia de la conversión de alcoholes a hidrocarburos.
- Selección de Alcoholes: Evaluar la disponibilidad y sostenibilidad de los alcoholes.

Oportunidades:

- Biorrefinerías Integradas: Explorar biorrefinerías que puedan producir tanto bioturbosina como subproductos valiosos.
- Avances en Catálisis: Mejorar la selectividad y la velocidad de las reacciones químicas.

2.3. FT

La tecnología FT (Fischer-Tropsch) convierte el gas de síntesis (mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono) en hidrocarburos líquidos, adecuados para su uso como bioturbosina.

Retos:



- **Eficiencia del Proceso:** Optimizar la conversión del gas de síntesis en hidrocarburos líquidos.
- **Fuente de Materia Prima:** Asegurar el suministro sostenible de biomasa o residuos necesarios para la gasificación.

Oportunidades:

- **Mejoras en la Gasificación:** Desarrollar tecnologías de gasificación más eficientes y económicas.
- **Diversificación de Materias Primas:** Utilizar una variedad de fuentes de biomasa y residuos para aumentar la viabilidad del proceso.

2.4. HDCJ

La tecnología HDCJ (Hydroprocessed Depolymerized Cellulosic Jet) utiliza materiales celulósicos como residuos agrícolas y forestales, transformándolos en bioturbosina.

Retos:

- **Pretratamiento:** Mejorar los métodos de pretratamiento para descomponer eficazmente los materiales lignocelulósicos.

- **Conversión a Combustible:** Optimizar la conversión de intermediarios (azúcares o gas de síntesis) en bioturbosina.

Oportunidades:

- **Economía Circular:** Integrar procesos de HDCJ en una economía circular, utilizando residuos agrícolas y forestales.
- **Avances en Tecnología de Conversión:** Desarrollar tecnologías de conversión más eficientes y sostenibles para mejorar la producción de bioturbosina.

Cada etapa de los procesos se compone de distintos retos que debemos afrontar si queremos alcanzar nuestra meta de un futuro sustentable. No hay que tomar estos desafíos desde una perspectiva negativa, sino viéndolos como oportunidades y caminos prometedores hacia una producción de bioturbosina eficiente y sostenible. La labor no es sencilla, pero el empeño y la resiliencia engendran el progreso; el continuo esfuerzo por superar obstáculos es un paso obligado para avanzar hacia un nuevo esquema energético más limpio y compatible con los objetivos de desarrollo sostenible.



La elección del mejor proceso depende de varios factores, incluidos la disponibilidad de materias primas, los costos, la eficiencia del proceso y las consideraciones ambientales. Cada uno de estos métodos tiene sus propias ventajas y desafíos, y la investigación continua es crucial para optimizar estas tecnologías y hacerlas viables a escala comercial.

En su conjunto, estos procesos representan una amalgama de innovación tecnológica y utilización eficiente de recursos, encajando en un modelo de economía circular al aprovechar subproductos agrícolas. Este viaje hacia la producción de bioturbosina abre nuevas posibilidades en el campo de las energías renovables, e igualmente alinea a la industria con los objetivos de desarrollo sostenible delineados en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, ofreciendo un camino hacia un futuro más próspero y sostenible.

3. Desafíos, Perspectivas Futuras

La producción de combustible sustentable de aviación a partir de biomasa agrícola implica una serie de posibilidades y oportunidades que delinean el camino hacia un futuro energético más sostenible. No obstante, ningún proceso está exento de retos y dificultades que superar; en fases

preliminares, la diversidad en la biomasa y su diversidad de composiciones representan un desafío en la adaptación del proceso, mientras que la estabilidad operativa se convierte en un objetivo primordial. Las oportunidades prometedoras para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de este proceso se centran en las investigaciones en catalizadores y la explotación de biomasa residual.

En los procesos HEFA, la disputa por los aceites vegetales con la industria alimentaria se postula como el principal desafío, derivando en la sostenibilidad a largo plazo. La investigación en el uso de aceites de microalgas y el desarrollo de cultivos específicos ofrecen oportunidades para combatir estos desafíos y mejorar la resiliencia del proceso.

El proceso de tecnología ATJ presenta oportunidades emocionantes para mejorar la viabilidad económica y medioambiental, como la exploración de biorrefinerías integradas y avances en catálisis. Sin embargo, es necesario resolver desafíos en la eficiencia de la conversión de alcoholes y la selección sostenible de estos.

En el proceso de producción de bioturbosina, el refinamiento es una fase crucial para asegurar que el producto final cumpla con los



estándares de calidad requeridos para su uso en la aviación. En el refinamiento, se deben afrontar desafíos como la elección de productos intermedios y la optimización de condiciones. La recuperación de subproductos y la investigación en tecnologías de separación ayudan a mejorar la eficiencia y la calidad del combustible sustentable de aviación final.

La visión a futuro sobre la producción de combustible sustentable de aviación se centra en la colaboración entre sectores y la fusión entre los avances de la ciencia y la aplicación práctica nos hace pensar que la construcción de un porvenir sustentable es posible. Innovaciones en catálisis, tecnologías de separación y la exploración de nuevas fuentes de biomasa ofrecen prometedoras vías hacia la sostenibilidad y eficiencia. En este largo camino por lograr un entorno amigable con el ambiente es esencial aprovechar todas las herramientas que tenemos y que la ciencia nos ofrece.

4. Conclusiones

En conclusión, la producción de combustible sustentable de aviación a partir de biomasa agrícola representa un paso vital en la revolución hacia una matriz energética más sostenible. Los desafíos existen, como en

cualquier aventura, sin embargo, la intersección de avances tecnológicos y esfuerzos de investigación ofrece un panorama optimista. Este viaje tiene dos ámbitos que avalan su importancia, el primero es la independencia de combustibles fósiles y el segundo el desarrollo de una economía circular y sostenible. La actualidad del mundo nos obliga a actuar, es un momento crítico en el que nuestros siguientes pasos definirán el futuro de las generaciones posteriores, cambiar nuestros esquemas energéticos puede ser la diferencia entre un mañana celeste o grisáceo, entre un aire puro o uno contaminado.

Referencias bibliográficas

- Gaitán Tolosa, D.F. (2012). *Agrobiocombustibles en disputa. Simulaciones desarrollistas en Chiapas*. [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social]
- Gómez Castro, F.I., Gutiérrez Antonio, C., Hernández, S., Conde Mejía, C., López Molina, A., y Morales Rodríguez, R. (2019). Producción de biocombustibles en México: Parte 2. Procesos de producción y áreas de oportunidad. *Digital Ciencia@ UAQRO*, 2(3), 51-60.



Naturaleza y Tecnología
Mayo Agosto 2024
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

Hancevic, P., Núñez, H., y Rosellón, J. (2023). El sector energético en América Latina y el Caribe: oportunidades y desafíos del cambio climático. Policy Paper No. 18, Banco de Desarrollo de América Latina.