



## LA SEMILLA DE AGUACATE: UN DESECHO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Luis Caballero-Sánchez<sup>1</sup>, Pedro Eduardo Lázaro-Mixteco<sup>1</sup> & Agustín Jaime Castro-Montoya<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química. [luis.caballero@umich.mx](mailto:luis.caballero@umich.mx)

Los desechos de la industria de procesamiento de aguacate son las cáscaras y las semillas, las cuales constituyen del 21% al 30% del material procesado, la mayor parte de esta biomasa residual se desperdicia y carece de aplicaciones de valor comercial.

En este trabajo se muestra un enfoque para la valorización de la semilla de aguacate centrado en la producción de bioetanol que hemos obtenido experimentalmente a nivel laboratorio y en planta piloto, el cual se podría incorporar a la industria de procesamiento de este fruto para aumentar su competitividad económica y mitigar la generación de estos residuos.

**Palabras clave: semilla de aguacate, almidón, bioetanol.**

La producción nacional de aguacate en México ha ido creciendo, se reportaron 2.03 millones de toneladas producidas en el año 2017, mientras que para el año 2022 la producción fue de 2.54 millones de toneladas obtenidas (SIAP, 2023). Michoacán es el líder en producción de aguacate a nivel nacional con una contribución del 73%, seguido de Jalisco y el Estado de México con un aporte del 12 y 5%, respectivamente (Figura 1). La semilla y la cáscara del aguacate se obtienen como residuos después del procesamiento de este fruto con

finés alimenticios y carecen de aplicación comercial. En nuestro grupo de trabajo hemos descubierto que el 50% del peso de la semilla de aguacate es agua y aproximadamente el 30% es almidón (Caballero-Sanchez et al., 2023). El almidón es una mezcla de dos diferentes polisacáridos: amilosa y amilopectina, los cuales contienen exclusivamente glucosa que forman cadenas lineales o ramificadas de este azúcar (Araújo et al., 2018).

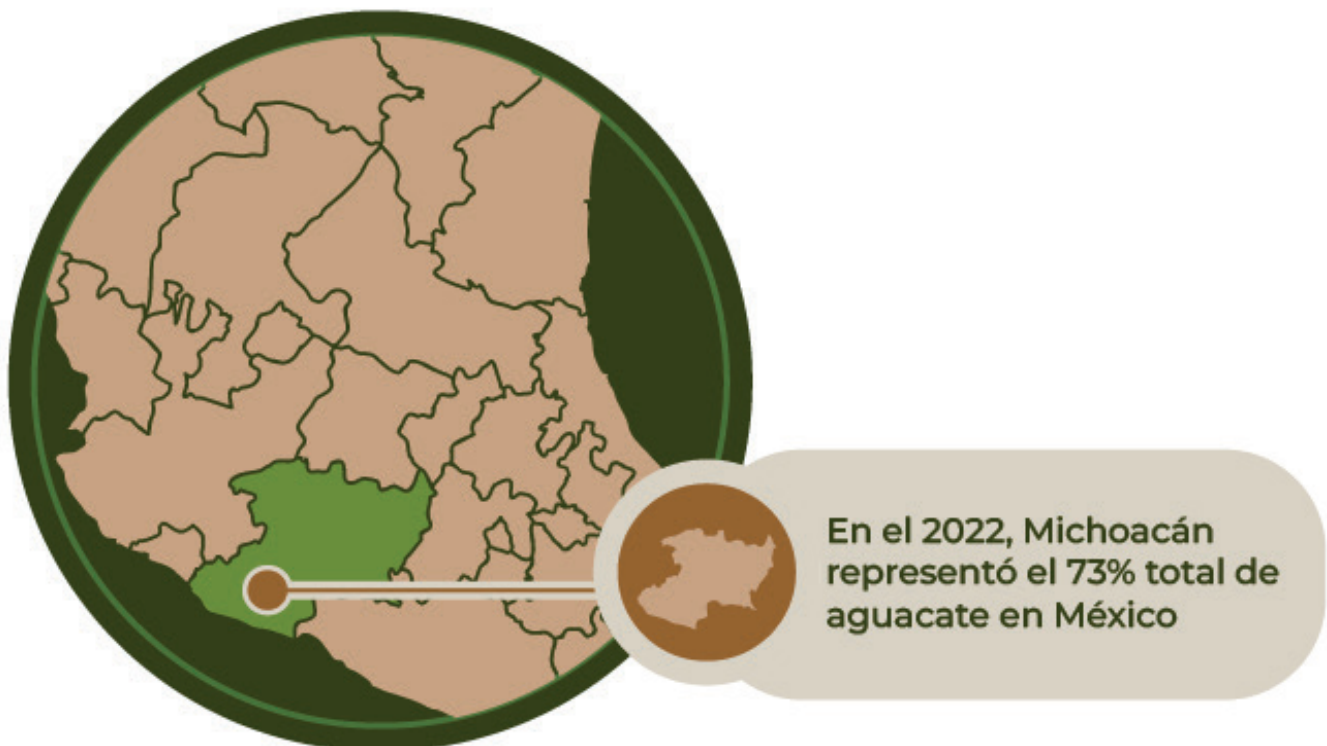


Figura 1. Región geográfica en donde se concentró el 90% de la producción de aguacate en México (2022), imagen elaborada con: freepik.com



Fig. 3. Proceso de obtención de almidón a partir de la semilla de aguacate. En el laboratorio se utilizaron 20 kg de semillas de aguacate tipo Hass para obtener 6 kg de almidón como materia prima para ser procesada en planta piloto. Imagen: elaboración propia.

Pero... ¿Cómo podría la semilla de aguacate y su contenido de almidón servir como materia prima en la producción de biocombustibles? Partamos de: ¿Qué son los biocombustibles?

Son aquellos combustibles que se producen a partir de la biomasa, la cual es materia orgánica originada en un proceso biológico (como la caña de azúcar, el sorgo, el girasol, los residuos de cultivos, etc.). La figura 2 ilustra algunos ejemplos de biomasa como: residuos de cultivos, girasol, sorgo, caña de azúcar y maíz. Estas permiten la producción de biocombustibles como: bioetanol, biodiesel, biogás, entre otros; los cuales son considerados como energía renovable (Diwan *et al.*, 2020).

Un ejemplo es el etanol, utilizado principalmente como combustible en mezclas con gasolina. En México, se puede utilizar hasta un 10% en volumen de etanol anhidro cuando se mezcla con gasolina (DOF, 2017); sin

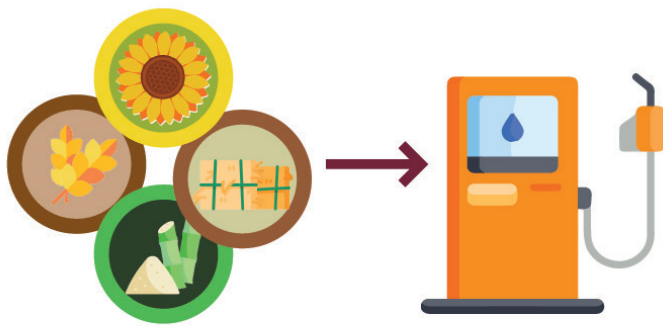


Fig. 2. Ejemplos de biomasa en la obtención de biocombustibles como: residuos de cultivos, girasol, sorgo, caña de azúcar y maíz. Imagen elaborada con: [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com)

embargo, puede llegar a combinarse hasta un 85% en volumen en vehículos de combustible flexible (Bušić *et al.*, 2018).

Ahora volvamos al aguacate... ¿Cómo se utiliza el almidón de la semilla de aguacate para producir bioetanol? Existen 4 etapas principales en el proceso de producción de bioetanol a partir de materias primas que contienen almidón en su estructura: pretratamiento, hidrólisis, fermentación y purificación (Bušić *et al.*, 2018). El pretratamiento consiste en romper la estructura vegetal de la biomasa para exponer sus componentes (como es el caso de la extracción de almidón, representado en la Figura 3).

Posteriormente, la etapa de hidrólisis consiste en descomponer el almidón en azúcar, es decir, la amilosa y la amilopectina se separan en unidades de glucosa a través de ácidos o enzimas. En la fermentación se utilizan microorganismos que son capaces de transformar los azúcares liberados en biocombustibles, un microorganismo muy conocido que realiza este proceso son las levaduras, las cuales consumen glucosa y la transforman en bioetanol. Finalmente, el bioetanol es purificado del caldo de fermentación para ser utilizado como biocombustible.

La producción de bioetanol a partir de la semilla de aguacate (figura 4), representa una alternativa que podría ser incorporada al procesamiento del aguacate para disminuir los residuos generados por esta industria y

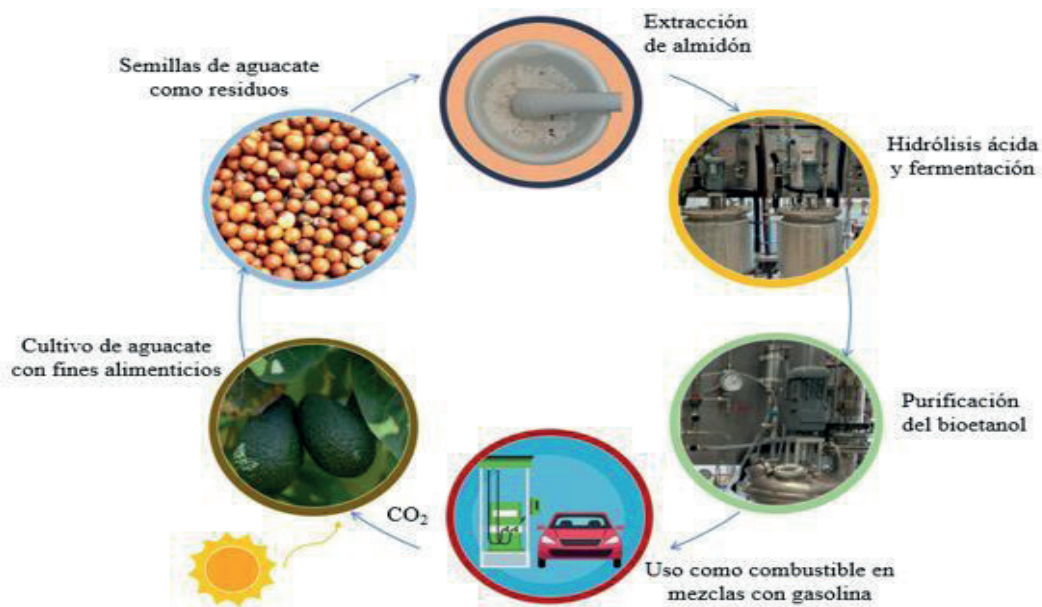


Fig. 4. Proceso general propuesto para la obtención de bioetanol a partir de la semilla de aguacate. En la planta piloto se procesaron 6 kg de almidón y fue tratado con ácido para producir glucosa, la cual fue fermentada por levaduras *Saccharomyces cerevisiae* para obtener 2.5 litros de bioetanol. Imagen elaborada con: [www.123rf.com](http://www.123rf.com)

transformarlos en un biocombustible que puede ser utilizado en mezclas con gasolina.

El almidón una de las materias primas utilizadas en la obtención de biocombustibles se puede obtener también del maíz, el trigo y la papa, sin embargo, todos ellos se encuentran en cultivos esenciales de consumo humano, por lo que el almidón contenido en la semilla de aguacate (un desecho del fruto) representa una fuente potencial de biomasa para la obtención de biocombustibles debido a que no compite con fuentes de alimento.

¿Cuáles son los retos del uso de la semilla de aguacate? Es evidente que, para disponer de este residuo, debe de existir la disponibilidad de este fruto; sin embargo, el consumo masivo de aguacate causa muchos problemas medioambientales derivados del uso del suelo (pérdida de biodiversidad y calidad del suelo relacionado con la conversión de bosques en monocultivos), el transporte (la mayor producción de este fruto es exportada) y la eliminación de sus residuos (Del Castillo-Llamosas *et al.* 2021). Por lo anterior la producción de este fruto debe ser regulada, es decir, no se trata de promover aún más el cultivo de aguacate, sino aprovechar los resi-

duos disponibles y aprovechar que es un fruto que se cultiva durante todo el año. Por otro lado, después de extraer el almidón, queda un residuo que deberá ser caracterizado y explorar alternativas de su procesamiento para la valorización integral de la semilla y, con ello, mitigar la generación de estos residuos.

## CONCLUSIONES.

En búsqueda de nuevas fuentes de biomasa para la obtención de biocombustibles, la semilla de aguacate tiene un enorme potencial para la producción de bioetanol, debido al alto contenido de almidón en su estructura y a su disponibilidad como residuo (no compite como fuente de alimento), por lo que su incorporación a los procesos productivos podría minimizar la generación de estos residuos y valorizar la industria de aguacate.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A., Bušić, N., Marđetko, S., Kundas, G., Morzak, H., Belskaya, M., Ivančić Šantek, D., Komes, S., Novak & Šantek, B. (2018). Bioethanol

production from renewable raw materials and its separation and purification: a review. *Food Technology and Biotechnology*, 56(3): 289-311. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.03.18.5546>

- A., Del Castillo-Llamosas, P. G., del Río, A., Pérez-Pérez, R., Yáñez, G., Garrote & Guillón, B. (2021). Recent advances to recover value-added compounds from avocado by-products following a biorefinery approach. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 28, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100433>
- Diario Oficial de la Federación. (2017, 26 de junio). Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos. Obtenido de: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5488031&fecha=26/06/2017#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5488031&fecha=26/06/2017#gsc.tab=0)
- Diwan, B., Mukhopadhyay, D. & Gupta, P. (2020). Recent trends in biorefinery-based valorisation of lignocellulosic biomass. En N., Krishnaraj-Rathinam & R. K., Sani (Eds.), *Biovalorisation of wastes to renewable chemicals and biofuels* (219-242). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817951-2.00011-0>
- L., Caballero-Sanchez, P.E., Lázaro-Mixteco, A., Vargas-Tah & Castro-Montoya, A.J. (2023). Pilot-scale bioethanol production from the starch of avocado seeds using a combination of dilute acid-based hydrolysis and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Cell Factories*, 22(119). <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02110-5>
- R. G., Araújo, R. M., Rodríguez-Jasso, H. A., Ruiz, M. M. E., Pintado & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80: 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>

•Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023, 26 de julio). Producción anual agrícola. Obtenido de: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>