

# **RESIDUOS DE CÁSCARA DE HUEVO, UNA ALTERNATIVA DE CATALIZADOR VERDE PARA OBTENCIÓN DE BIODIESEL**

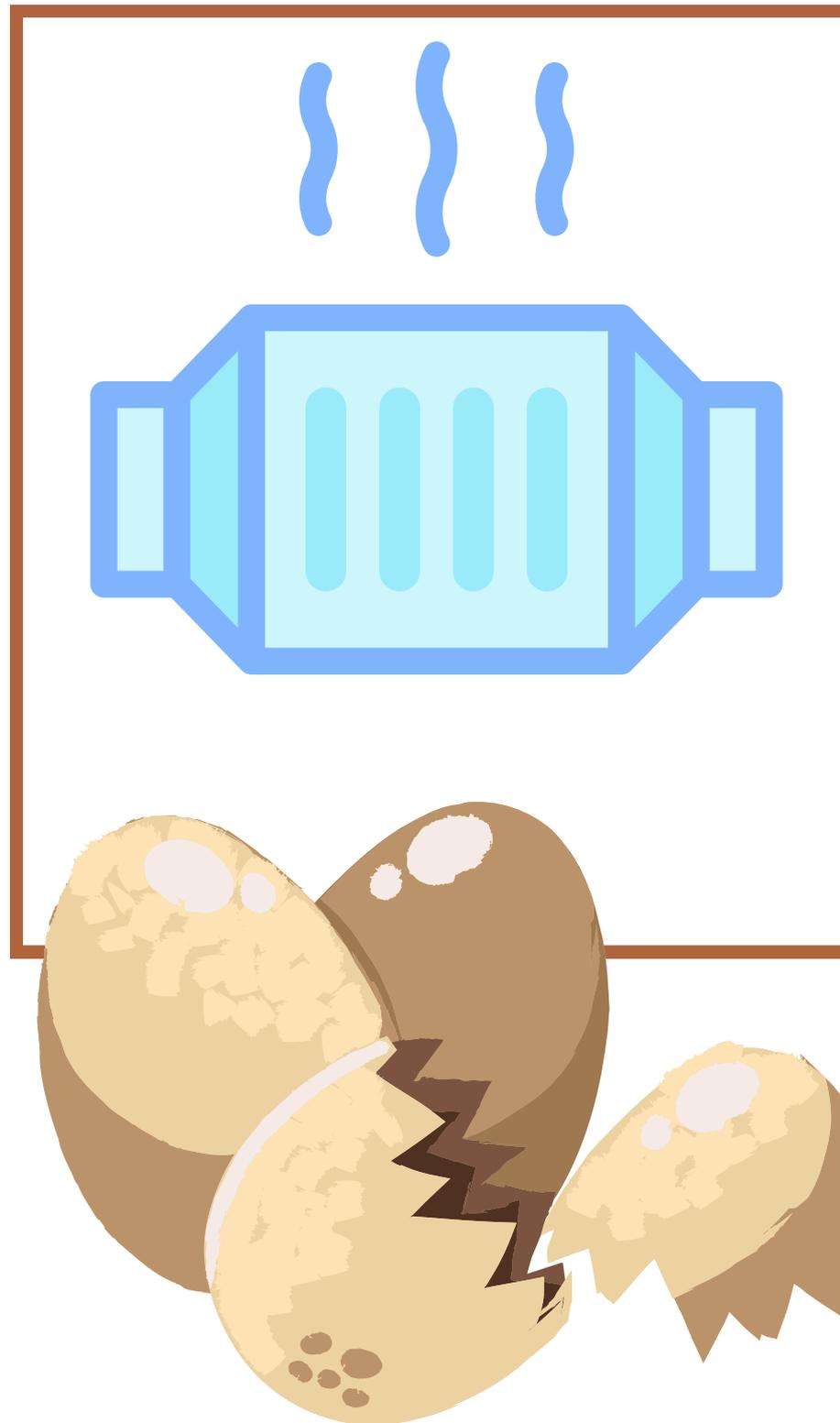
José Luis Alemán Ramirez<sup>1</sup>, Soleyda Torres Arellano<sup>1</sup>, Dulce K. Becerra-Paniagua<sup>2</sup>, P.J Sebastian<sup>2</sup>

## **Producción del huevo a nivel internacional**

En la actualidad, uno de los productos alimenticios de mayor demanda en los hogares de todo el mundo es el huevo. Este producto alimenticio es tan popular debido a su fácil acceso y alto valor nutricional, aportando aproximadamente 75 kcal por huevo de alta calidad que puede ser utilizada por los seres humanos. Además, de ser uno de los productos de origen animal más económico.

Suele ser uno de los pocos alimentos a nivel mundial que disfruta de las no restricciones para su producción y comercialización, por lo que le ha permitido llegar a cada rincón de la mayoría de los continentes. Se estima que la producción mundial del huevo en el 2018 fue de 76.7 millones de toneladas, pudiendo aumentar en los próximos 10 años un 14.95%.

En la Figura 1, se pueden observar las diferentes partes que conforman al huevo.



## Composición química de la cáscara de huevo

La cáscara de huevo está constituida por diversos minerales, compuestos químicos y por una capa orgánica conocida como cutícula, la cual tiene la principal función de proteger el interior de bacterias que puedan entrar a través de los poros de la cáscara. Otra de las funciones que tiene la cutícula es reducir la humedad y regular la pérdida de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que se genere en el interior a través de la cáscara, lo que trae consigo que el huevo tenga un mayor tiempo de vida durante su almacenamiento.

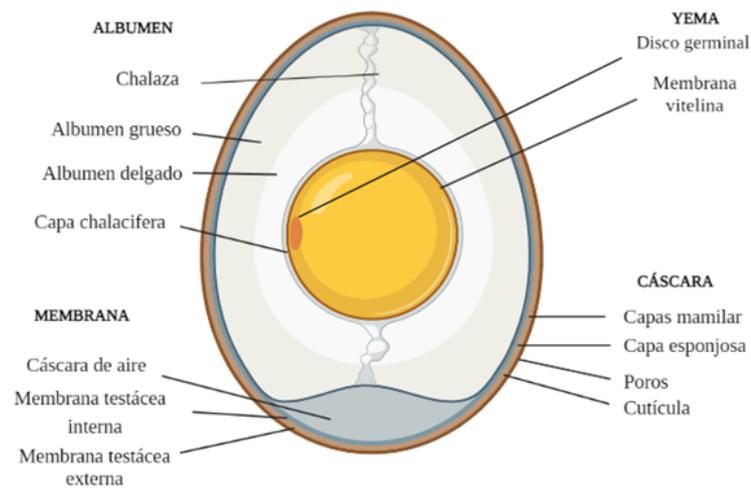


Figura 1. Las diferentes partes que forman la estructura del huevo. [Fuente: elaboración de los autores].

En la cáscara de huevo se pueden encontrar componentes orgánicos, como proteínas y lípidos que representan un 3%. Mientras que el 97% está constituido por materia orgánica como es el hidróxido de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o calcio, fosfato de calcio ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) con 1%, fosfato de magnesio ( $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ) en una concentración del 1%, y óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con un valor del 1%. Los minerales más abundantes que se pueden detectar son el hierro (Fe), cobre (Cu), molibdeno (Mo), manganeso (Mg) y azufre (S). Además, en la membrana de la cáscara de huevo se pueden encontrar colágeno (10%), glucosamina (10%), condroitina (9%), ácido hialurónico (5-10%), aminoácidos (65%), prolina (9.34%), ácido glutámico (9.70%), cisteína (8.50%) representando entre el 2 y el 4% del peso del huevo entero.

## ¿Qué es el biodiesel y cómo se obtiene?

El biodiesel lo podemos definir de diferentes formas, como un biocombustible alternativo, carburante o químicamente hablando como una mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos de cadena larga o por sus siglas en inglés FAME (Fatty Acid Methyl Esters). Una de las principales razones que lo hacen ser tan atractivo, es que durante su quema en motores de combustión interna (diesel) libera menos emisiones de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento gradual del planeta, como son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y óxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Este biocombustible es producido a partir de un proceso químico denominado reacción de transesterificación, donde suelen utilizarse una amplia gama de diferentes tipos de aceites y grasas como materia prima, como son aceites vegetales, grasas animales (grasa de pollo) o de aceites reciclados que se generan en tiendas de comida rápida, supermercados o incluso en los hogares y recientemente de microorganismos como son las microalgas. Esta reacción de transesterificación consiste principalmente en hacer reaccionar los ésteres metílicos o también llamados triglicéridos contenidos en grasas y aceites con un alcohol (metanol o etanol). Estos compuestos interactúan y reaccionan simultáneamente entre sí, transformando los triglicéridos a di-glicéridos mientras que estos a su vez pasan a mono-glicéridos.

Al obtener el biodiesel, se genera a su vez glicerol como subproducto. Para que la reacción se realice en un tiempo más corto se emplean catalizadores, estos tienen como función principal acelerar la reacción para que se lleve en un menor tiempo, con la ventaja que estos no cambian ni alteran las propiedades físicas y químicas del biodiesel.

Los principales materiales que suelen emplearse en esta reacción química como catalizadores químicos para la producción de este biocombustible son de origen alcalino (NaOH, KOH) o ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), y en algunos casos se pueden llegar a utilizar microorganismos tales como las lipasas actuando como biocatalizadores.

Este tipo de materiales suelen traer consigo algunos problemas que los hacen ser un poco desalentadores a la hora de ser utilizados en la producción del biodiesel. Por ejemplo, son de naturaleza altamente corrosiva dañando los equipos utilizados en el proceso, además son dependientes de la industria petroquímica. De igual forma, si se utilizan microorganismos estos requerirán de instalaciones apropiadas y reactivos químicos que suelen ser altamente costosos para su óptima propagación y crecimiento.

Sin embargo, existen otras alternativas para sustituir a este tipo de materiales a través de fuentes naturales como la biomasa, estos materiales son llamados comúnmente como catalizadores verdes o biológicos. Los cuales se pueden obtener a partir de residuos agroindustriales, agrícolas, hojas de árboles o plantas, ramas y de cortezas de árboles.

Este tipo de biomasa se caracteriza por estar constituida por diversos minerales, compuestos volátiles e inorgánicos, algunas proteínas y vitaminas. Para poder convertir esta biomasa en un catalizador heterogéneo verde, la biomasa debe someterse primeramente a un proceso térmico de calcinación a altas temperaturas que van de 550 a 1100 °C. A este proceso se le suele llamar activación.

Donde los principales constituyentes que conforman a la biomasa comienzan a desprenderse de su estructura interna y superficial, mientras que los minerales comienzan a formar compuestos de interés con características similares a los productos procedentes de la industria química, por ejemplo; óxido de calcio (CaO), óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y óxido de potasio (K<sub>2</sub>O). Más tarde, estos compuestos serán utilizados como catalizadores heterogéneos para la producción de biodiesel. En la Tabla 1 se muestran algunos ejemplos de catalizadores heterogéneos procedentes de diferentes tipos de biomasa.

Tipo de biomasa	Temperatura de activación (°C)	Compuesto químico y fórmula química	Referencia
Hojas de Moringa oleífera	500	· Dolomita (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	(Aleman-Ramirez et al., 2021)
		· Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	
		· Fairchildite K <sub>2</sub> Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Cáscara de arroz	500	· Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	(Sahu, 2021)
Cáscara de papa	700	· Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	(Daimary et al., 2022)
		· Carbonato de potasio (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	
Cáscara de papaya	700	· Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	(Gohain et al., 2020)
		· Sulfato de potasio (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	
		· Cloruro de potasio (KCl)	
Trigo	700	· Óxido de calcio (CaO)	(Gouran et al., 2021)

## ¿Cómo funciona el CaO durante la reacción de transesterificación?

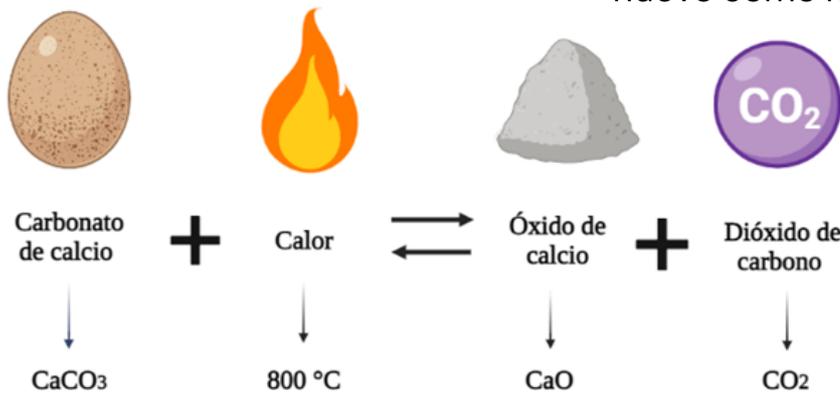


Figura 2. Reacción para la obtención del óxido de calcio. [Fuente: Elaboración de los autores.]

Para poder utilizar el residuo de la cáscara de huevo como material que sirva para la fabricación de biodiesel, este residuo se tiene que someter a un proceso de calcinación a una temperatura de 800 °C. Con este proceso, lo que se logra principalmente es descomponer el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) a una forma más simple como es el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), durante este cambio se libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) hacia la atmósfera (ver la Figura 2).

Una vez obtenido el óxido de calcio este podrá ser utilizado para llevar a cabo la reacción de transesterificación para la fabricación del biodiesel. Primeramente, el  $\text{CaO}$  se agrega al alcohol (metanol) logrando que este compuesto se disuelva y a la vez se active (ecuación 1 y 2). Luego, el grupo hidroxilo reaccionará con el metanol y con ello, se formará un anión metóxido (ecuación 3). Inmediatamente, el carbono del grupo carbonilo del triglicérido (aceite) es atacado por el anión metóxido para fabricar un intermediario. Después, el intermediario se reordena para formar el biodiesel o metil éster y un anión diglicérido (ecuación 4). Luego, el anión metóxido vuelve atacar a otro carbono del grupo carbonilo en el diglicérido, con ello se forma otro metil éster y un monoglicérido. Finalmente, el monoglicérido sufre el mismo ataque y con ello se forma otro metil éster y como subproducto de estas reacciones se produce glicerina (ecuación 4). En la Figura 3 se muestra cómo funciona el compuesto  $\text{CaO}$  durante el proceso de transesterificación para la producción de biodiesel.

### Investigación sobre el tema en el Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM)

Como parte de diversos proyectos de investigación que se desarrollan en el Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM), ubicado en el municipio de Temixco, Morelos; en el laboratorio de bioenergía bajo la dirección del investigador el Dr. Joseph Sebastian Pathiyamattom, se llevan a cabo trabajos de investigación enfocados en el desarrollo y aprovechamiento de diferentes fuentes de biomasa. Utilizados principalmente como catalizadores heterogéneos verdes para la fabricación del biodiesel. Se han utilizado principalmente las hojas del árbol de Moringa oleifera y el residuo de la cáscara de huevo como catalizadores heterogéneos verdes para la producción de biodiesel procedente del aceite de soya, girasol y aceites reciclados.

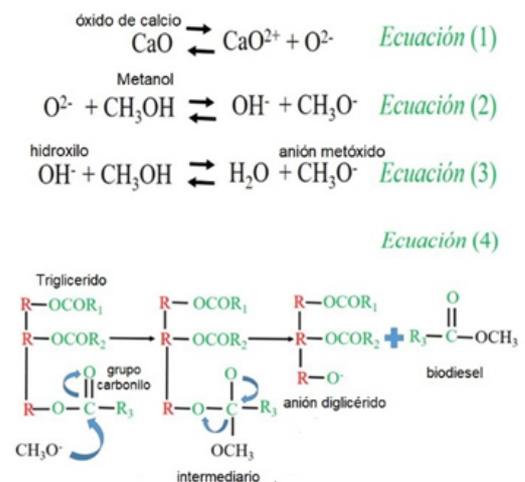


Figura 3. Reacciones químicas del  $\text{CaO}$  durante la producción de biodiesel. [Fuente: (Boro et al., 2012)]

En la Figura 4, se puede observar la fabricación del biodiesel a partir del aceite reciclado de cocina, utilizando como catalizador heterogéneo el residuo de la cáscara de huevo.

## Conclusiones

En México existen muy pocos trabajos de investigación enfocados en el aprovechamiento del residuo de la cáscara de huevo. Por lo que, su empleo como catalizador heterogéneo verde para la generación de biodiesel, traerá grandes beneficios tanto ambientales, de salud (humana y animal) y económicos. Sin embargo, se requieren de mayores esfuerzos para diversificar y reconocer el potencial que tiene el residuo de la cáscara de huevo como material idóneo, para sustituir a los productos químicos tradicionales que se emplean hoy en día para el sector de los biocombustibles líquidos.



Figura 4. Producción de biodiesel en el Instituto de Energías Renovables, en la parte superior se encuentra el biodiesel y en la inferior la glicerina (IER-UNAM). [Fuente: Elaboración del autor.]

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de doctorado otorgada a José Luis Alemán Ramírez con número 715276.

## Lecturas recomendadas

- Aditya, S., Stephen, J., & Radhakrishnan, M. (2021). Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 422–432. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.047>
- Aleman-Ramirez, J. L., Moreira, J., Torres-Arellano, S., Longoria, A., Okoye, P. U., & Sebastian, P. J. (2021). Preparation of a heterogeneous catalyst from moringa leaves as a sustainable precursor for biodiesel production. *Fuel*, 284, 118983. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118983>
- Benavides-Reyes, C., Folegatti, E., Dominguez-Gasca, N., Litta, G., Sanchez-Rodriguez, E., Rodriguez-Navarro, A. B., & Umar Faruk, M. (2021). Research Note: Changes in eggshell quality and microstructure related to hen age during a production cycle. *Poultry Science*, 100(9), 101287. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101287>

- Boro, J., Deka, D., & Thakur, A. J. (2012). A review on solid oxide derived from waste shells as catalyst for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 904–910. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.011>
- Daimary, N., Eldiehy, K. S. H., Boruah, P., Deka, D., Bora, U., & Kakati, B. K. (2022). Potato peels as a sustainable source for biochar, bio-oil and a green heterogeneous catalyst for biodiesel production. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(1), 107108. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.107108>
- Egg International Commission. (2022). Global Egg Production Continues to Grow. <https://www.internationalegg.com/resource/global-egg-production-continues-to-grow/>
- Gautron, J., Dombre, C., Nau, F., Feidt, C., & Guillier, L. (2022). Review: Production factors affecting the quality of chicken table eggs and egg products in Europe. *Animal*, 16, 100425. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100425>