

Vinagre: Una fuente natural, biodegradable y económica de celulosa bacteriana

*Dra. Abigail María Díaz Guerrero y Dra. Ana Beatriz Morales Cepeda**

Centro de Investigación en Petroquímica Secundaria, Campus 3, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero/Tecnológico Nacional de México, Parque Industrial Tecnia, Bahía de Aldahir S/N, C.P. 89603 Altamira, Tamaulipas, México.

**Autor de correspondencia: ana.mc@cdmadero.tecnm.mx*

Foto: Cobanoglu

Tema

Las madres del vinagre son películas de nata que se forman en la superficie del vinagre cuando se le deja fermentar por suficiente tiempo, como uno de los productos de la reacción de fermentación acética que ocurre gracias a las bacterias del género *Acetobacter*. Estas películas son una fuente natural de celulosa bacteriana, un material biodegradable y biocompatible que tiene numerosas aplicaciones en múltiples industrias, incluyendo la farmacéutica y la medicina. Se destaca que la celulosa bacteriana que se obtiene de las madres del vinagre es además un material de gran pureza, lo cual significa que no es necesario someterla a un tratamiento largo, complejo o costoso antes de poder usarla. En este artículo se abordan las ventajas de obtener celulosa bacteriana a partir de madres del vinagre. Adicionalmente, al final del artículo se propone una opción sustentable para obtener vinagre base a partir de desechos agroindustriales.

1.Introducción

Todos conocemos el vinagre, lo hemos usado como aderezo o como producto de limpieza en nuestros hogares. Lo que no todos saben es que este líquido de sabor agrio también guarda el potencial para crear papel, cartón, fibras textiles, cosméticos, alimentos y hasta medicinas, entre muchas otras cosas. Pero para entender cómo es que un ingrediente de cocina nos permite lograr todo esto, primero tenemos que comprender qué es el vinagre y de dónde viene.

El vinagre, cuyo nombre significa literalmente “vino agrio” (del latín *vinus*, que significa “vino”, y *acris*, que significa “agrio”), proviene del alcohol y se produce por medio de un proceso conocido como fermentación acética. Durante la fermentación acética, las bacterias de los géneros *Gluconobacter* y *Acetobacter* convierten el oxígeno y el alcohol de una sustancia alcohólica, como el vino o la sidra, en ácido acético, la sustancia que le da al vinagre su

característico sabor agrio. El alcohol, a su vez, proviene de otro proceso de fermentación llamado fermentación alcohólica, en el cuál, unos hongos microscópicos llamados levaduras convierten los azúcares de frutas y cereales en alcohol y dióxido de carbono (Karki 2023).

Así pues, el vinagre es el resultado de una doble fermentación, pero el proceso no termina ahí. Las bacterias del género *Acetobacter* pueden seguir fermentando el vinagre hasta producir unas natas conocidas como “madres del vinagre”.

Las madres del vinagre son unas películas gruesas y resistentes formadas en la superficie del vinagre tras prolongarse su fermentación acética durante algunos meses y están en su mayoría conformadas por un material conocido como celulosa. La celulosa, cuya estructura química se muestra en la Figura 1, es un polímero biodegradable y biocompatible con una gran capacidad de retención; y aunque contiene algunos productos secundarios de la fermentación, en general se le considera de alta pureza.

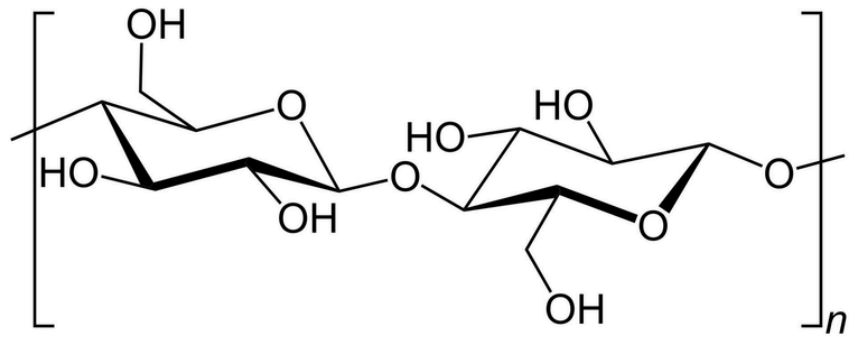


Figura 1. Estructura química de la celulosa.

Debido a estas propiedades, la celulosa tiene múltiples aplicaciones interesantes. Puede servir, por ejemplo, como materia prima para fabricar papel, cartón y telas. Puede usarse como soporte para partículas metálicas en materiales semiconductores y para retener los contaminantes en cuerpos acuíferos y contribuir a su remediación. En medicina se emplea como material de soporte quirúrgico y para implantes, y en las industrias farmacéutica y cosmética se utiliza para transportar medicinas y compuestos activos y aplicarlos en la parte del cuerpo donde el paciente lo necesita (Morales-Cepeda et al., 2024).



Foto: Qwazme

En este punto es importante señalar que existen diferentes tipos de celulosa, la mayoría de las cuales se obtienen de las plantas, siendo algunos ejemplos las nanofibras de celulosa o los nanocristales de celulosa. El tipo de celulosa que conforma las madres de vinagre recibe el nombre de *nanocelulosa bacteriana*, o simplemente *celulosa bacteriana*, por los microorganismos que las fabrican. La celulosa bacteriana resulta de particular interés para la comunidad científica debido a que su grado de pureza es más alto que en las otras variedades de celulosa al no encontrarse combinada con otros polímeros

naturales que se encuentran en las plantas, como lo son la lignina, la pectina y la hemicelulosa (Wang et al., 2019).

Pero, ¿por qué la alta pureza de la celulosa bacteriana es tan interesante? Para responder esta pregunta primero tenemos que entender cómo se obtiene la celulosa.

Obtención y producción de la celulosa de origen no bacteriano

El viaje de la celulosa de origen no bacteriano comienza con el cultivo y colecta de la materia prima, que puede ser madera, algodón o incluso bambú, entre muchas otras.

En dependencia del tipo de material empleado, se elige un método de separación apropiado para aislar la celulosa de la materia prima. Normalmente se utiliza un método de separación mecánico como lo pueden ser la molienda, el triturado, el filtrado, o el tamizado, el cual suele combinarse con métodos de separación químicos asistidos por solventes ácidos o básicos, o métodos biológicos asistidos por enzimas (Radotić y Mičić, 2016).

Además, es necesario purificar y homogeneizar la celulosa, lo cual se logra con un conjunto de reacciones químicas y métodos mecánicos. Esto se debe a que la celulosa que se extrae directamente de las plantas viene mezclada con otros compuestos orgánicos, entre ellos la hemicelulosa, la lignina y la pectina, así como diversas impurezas tanto orgánicas como inorgánicas. Estos compuestos son difíciles de remover, y es necesario usar mezclas químicas fuertes, como la combinación de sosa con sulfuro de sodio, o incluso ácidos como el ácido sulfúrico para eliminarlos (Guarnizo-Franco et al., 2009; Magalhães et al., 2023).

A pesar de sus múltiples pasos, el proceso para obtener y purificar celulosa es considerado relativamente económico, el verdadero problema radica en su impacto ambiental, ocasionado por la tala de árboles y el cultivo de plantas como algodón o lino, que sirven como materia prima (Esa et al., 2014; Singhanía et al., 2022). Esto sin mencionar la contaminación generada por los solventes químicos empleados durante su extracción y purificación, y las consecuencias del gasto energético durante la etapa de aislamiento mecánico.

Ahora puedes visualizar el impacto ambiental ocasionado por la producción del billón de toneladas de celulosa que se obtienen cada año alrededor del mundo (Phuong et al., 2022), la mayoría de la cual es obtenida a partir de plantas como el algodón, el lino, el cáñamo y el yute, así como de una gran variedad de árboles maderables (Bakri et al., 2022).

Volvamos entonces a la pregunta que nos planteamos arriba, ¿por qué la alta pureza de la celulosa bacteriana es tan interesante? Pues ocurre que la obtención de celulosa a partir de las bacterias nos permite saltarnos una gran cantidad de pasos enlistados, y reduce significativamente la cantidad de solventes químicos y métodos mecánicos que deben ser empleados para poder obtener un producto puro, listo para ser usado en alguna de sus múltiples aplicaciones.

Obtención y producción de la celulosa bacteriana

La obtención de celulosa bacteriana en forma de madres de vinagre, representada en la Figura 2, es un proceso mucho más sencillo y amigable para el medio ambiente.

El primer paso es obtener alcohol a partir de cualquier fruta o cereal, o incluso de otros tipos de plantas como hierbas o flores, siempre que contengan suficientes azúcares para que las levaduras puedan realizar la fermentación alcohólica. Es importante señalar que las plantas empleadas como material base para obtener el alcohol deberán estar sumergidas en agua y en un recipiente tapado. Lo primero es por conveniencia, ya que es más fácil trabajar con el alcohol y transportarlo cuando se encuentra diluido en agua. Lo segundo es necesario para que ocurra la reacción.

Resulta que las levaduras pueden vivir tanto en condiciones aerobias como anaerobias. Es decir, pueden vivir con o sin oxígeno. En condiciones normales, estos microorganismos obtienen la energía que necesitan para vivir directamente del oxígeno que se encuentra en el aire; pero si se bloquea su acceso al aire, pueden usar una ruta alternativa para sobrevivir. Las levaduras pueden descomponer las moléculas de glucosa (es decir, azúcar) contenidas en las frutas u otras plantas para obtener la energía que necesitan para vivir y reproducirse (Vázquez y Dacosta, 2007).

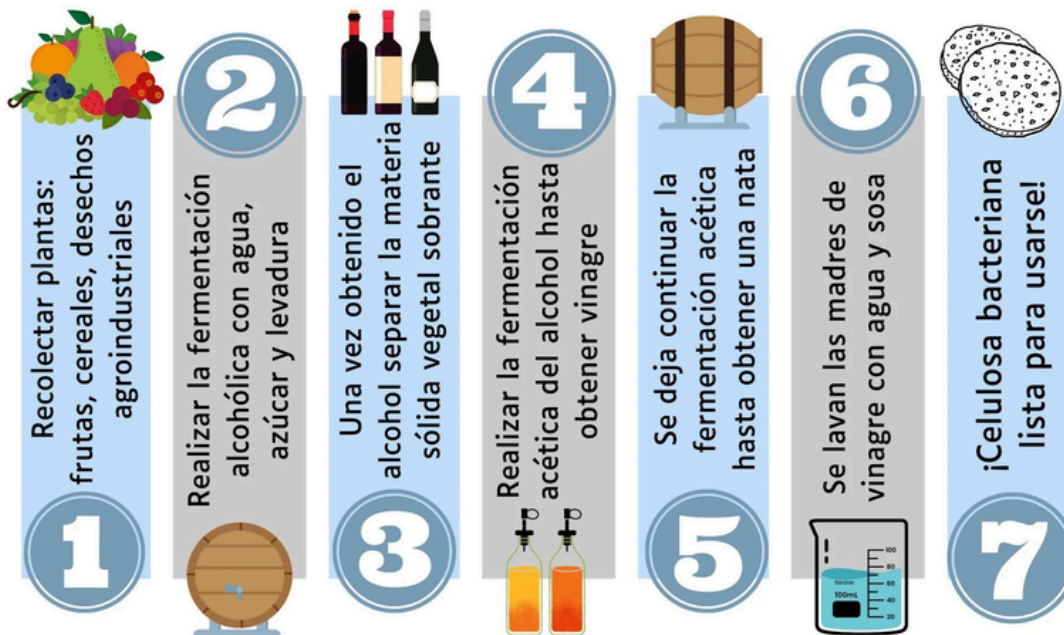
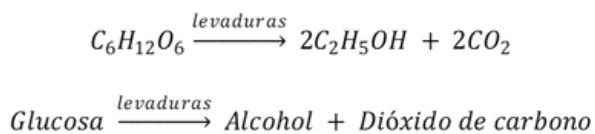


Figura 2. Proceso para obtener celulosa por medio de las madres de vinagre.

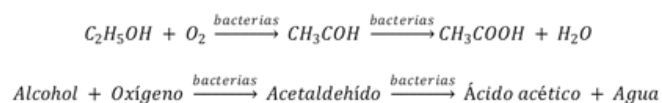
Esta reacción de descomposición da como resultado otros dos compuestos: el alcohol y el dióxido de carbono (¡de ahí que las bebidas alcohólicas sean burbujeantes!).

La reacción de la fermentación alcohólica se puede representar por medio de la siguiente ecuación química:



Es importante señalar que lo que se recupera de esta reacción es el destilado alcohólico, no la materia vegetal sólida.

Y una vez obtenido el destilado alcohólico, es hora de destapar el recipiente, porque las bacterias de los géneros *Gluconobacter* y *Acetobacter* sí necesitan el oxígeno para oxidar el alcohol y los azúcares sobrantes en la mezcla y así obtener en primer lugar un compuesto llamado acetaldehído, y posteriormente el ácido acético (Graham 2022). Este proceso se llama fermentación acética, y se puede representar por medio de la siguiente ecuación química:



Si se permite que la fermentación acética continúe durante un par de meses más, ya después de haber obtenido el vinagre, se obtendrán las madres de vinagre. Entonces las madres de vinagre se lavan con agua y sosa, y listo, así es como se obtiene celulosa a partir de vinagre.

No es necesario realizar operaciones mecánicas complejas ni tampoco emplear una gran cantidad de solventes y reactivos químicos para separar o aislar la celulosa del vinagre, ya que éste es líquido, así que basta con filtrar y enjuagar las natas con agua y sosa. Tampoco es necesario purificar u homogeneizar la celulosa bacteriana, ya que las madres de vinagre no contienen lignina ni pectina porque estos polímeros se quedan con la materia vegetal sólida que se desecha tras recuperar el alcohol. ¡Las madres de vinagre ya vienen casi listas para ser usadas!

Ahora seguramente te estarás preguntando, ¿pero es que acaso el impacto ambiental cultivar esas plantas para producir alcohol no es lo mismo que si se usaran para producir celulosa por medios tradicionales?

Recordemos que, si bien se necesitan plantas para producir alcohol, éstas no son la fuente primaria de las madres del vinagre sino el alcohol mismo. Es decir, que no se necesitan cultivos enteros o de alta calidad para llegar al resultado final, por lo que es posible usar desechos agroindustriales para obtener las madres de vinagre.

Oportunidades y mercado para la celulosa bacteriana

Actualmente ya existen algunas empresas que se enfocan en la producción de la celulosa bacteriana, por diferentes medios y con diferentes propósitos. Entre ellas se destacan Axcelon Biopolymers y Bowil Biotech, con sus sedes en Canadá y Polonia, respectivamente, que desarrollan biomateriales para uso en el campo de la biomedicina; Bioweg, en Alemania, que formula aditivos para alimentos, bebidas y cosméticos con diversos materiales biodegradables; y ScobyTec, también alemana, que se enfoca en obtener celulosa bacteriana para aplicaciones en el área textil y en la industria automotriz. De acuerdo con los analistas de mercado de The Insight Partners, se proyecta que el mercado de la celulosa bacteriana tenga un valor de 41.32 millones de dólares a nivel internacional para el año 2028 (Ummer 2023).

En México, la celulosa bacteriana también se está abriendo camino dentro del campo textil. En el año 2015, los hermanos mexicanos Axel y Alexis Gómez Ortigoza y su amiga Bárbara González Rolón se plantearon la idea de comenzar una empresa para fabricar biomateriales a partir de la celulosa bacteriana. Polybion fue establecido en León, Guanajuato, aunque actualmente su sede se encuentra en España, y produce celulosa bacteriana a partir de desechos agroindustriales de los cultivos de frutas locales. El producto final de la creatividad de

estos científicos y emprendedores mexicanos es el Celium, un textil similar al cuero que puede ser usado para fabricar carteras, ropa, calzado, y partes de automóviles, entre muchas otras cosas. Actualmente, los científicos de Polybion siguen explorando las propiedades del Celium, y en el año 2025 descubrieron que se pueden obtener diferentes grados de translucidez en el material, así como diferentes texturas, lo cual abre un nuevo abanico de posibilidades tan sólo para este textil (Mares 2026; Solís 2024).

En México, cada año se generan aproximadamente 76 millones de toneladas de desechos agroindustriales, siendo en su mayoría residuos de frutas y vegetales (González-Sánchez et al., 2015). Estos desechos no tienen la calidad necesaria para ser consumidos como alimento, pero con agua, bacterias, y mucha paciencia, podrían ayudarnos a producir miles de toneladas de madres de vinagre al año. Tan solo imagina todas las cosas que podríamos fabricar con tanta celulosa y el beneficio económico que ello podría representar para nuestros agricultores, y todo esto sin dañar el medio ambiente.

Referencias

- Bakri, M.K.B., Rahman, R., Chowdhury, F.I. (2022) Sources of cellulose. In *Fundamentals and Recent Advances in Nanocomposites Based on Polymers and Nanocellulose*. Oxford, England: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85771-0.00012-9>
- Esa, F., Tasirin, S.M., Rahman, N.A. (2014) Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.017>
- González-Sánchez, M.E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R., Yañez-Ocampo, G. (2015) Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(3), 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.05.003>

- Graham, K. (2022) Vinegar and Acetic Acid Fermentation. College of Saint Benedict/Saint John's University. Consultado el 10 de febrero de 2026. Obtenido de: <https://chem.libretexts.org/@go/page/306243>
- Guarnizo-Franco, A., Martínez-Yépes, P.N., Valencia-Sánchez, H.A. (2009) Biomass and cellulose pretreatments for saccharification. *Scientia et Technica*, 42, 284–289. <https://doi.org/10.22517/23447214.2655>
- Karki, K. (2023) Vinegar Fermentation: Definition, Process, Production. *Microbe Notes*. Consultado el 10 de febrero de 2026. Obtenido de: <https://microbenotes.com/fermentation-of-vinegar/>
- Magalhães, S., Fernandes, C., Pedrosa, J. F. S., Alves, L., Medronho, B., Ferreira, P. J. T., Rasteiro, M. d. G. (2023). Eco-Friendly Methods for Extraction and Modification of Cellulose: An Overview. *Polymers*, 15(14), 3138. <https://doi.org/10.3390/polym15143138>
- Mares, A. (2026) La mexicana Polybion expande el alcance de Celium en moda y diseño durante 2025. *Fashion Network*. Consultado el 08 de febrero de 2026. Obtenido de: <https://mx.fashionnetwork.com/news/La-mexicana-polybion-expande-el-alcance-de-celium-en-moda-y-diseno-durante-2025,1796289.html>
- Morales-Cepeda, A.B., Díaz-Guerrero, A.M., Ledezma-Pérez, A.S., Alvarado-Canché, C.N., Rivera-Armenta, J.L. (2024) Bacterial cellulose from mother of vinegar loaded with silver nanoparticles as an effective antiseptic for wound-healing: antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Chemical Papers*. <https://doi.org/10.1007/s11696-024-03366-w>
- Phuong, H.T., Thoa, N.K., Tuyet, P.T.A., Van, Q.N., Hai, Y.D. (2022) Cellulose Nanomaterials as a Future, Sustainable and Renewable Material. *Crystals*, 12(1), 106. <https://doi.org/10.3390/cryst12010106>
- Radotić, K., Mičić, M. (2016). Methods for Extraction and Purification of Lignin and Cellulose from Plant Tissues. In: *Sample Preparation Techniques for Soil, Plant, and Animal Samples*. New York, USA: Springer Protocols Handbooks. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3185-9_26
- Singhania, R.R., Patel, A.K., Tseng, Y.-S., Kumar, V., Chen, C.-W., Haldar, D., Saini, J.K., Dong, C.-D. (2022) Developments in bioprocess for bacterial cellulose production. *Bioresource Technology*, 344, 126343. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126343>
- Solís, J. (2024) Celium™ de Polybion. *Textiles paramericanos*. Consultado el 08 de febrero de 2026. Obtenido de: <https://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/2024/11/celium-de-polybion/>
- Ummer, H. (2023) Microbial Cellulose Market Key Players and Opportunities by 2028. *The Insight Partners*. Consultado el 08 de febrero de 2026. Obtenido de: <https://www.theinsightpartners.com/reports/microbial-cellulose-market>
- Vázquez, H.J., Dacosta, O. (2007) Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 249–259.
- Wang, J., Tavakoli, J., Tang, Y. (2019) Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review. *Carbohydrate Polymers*, 219, 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.008>

Sobre los autores

Dra. Abigail María Díaz Guerrero

Egresada de la Licenciatura en Ingeniería Química con especialidad en Ingeniería Ambiental por parte del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Cuenta con los grados de Maestra y Doctora en Tecnología Avanzada por parte del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, del Instituto Politécnico Nacional. Realizó una estancia posdoctoral en el Centro de Investigación en Petroquímica Secundaria, Campus 3, del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero/Tecnológico Nacional de México.

Dra. Ana Beatriz Morales Cepeda

La Dra. Morales obtuvo el título de ingeniera química y la maestría en ciencias, ambos en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Doctor en Ciencias por la Universidad de ULM en Alemania. Ingresó al Instituto Tecnológico en 1993, donde actualmente es investigadora permanente titular C. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel II. Sus líneas de investigación incluyen áreas relacionadas con la ingeniería química y los materiales.

Cita:

Díaz Guerrero, A. M., & Morales Cepeda, A. B. (2026). Vinagre: Una fuente natural, biodegradable y económica de celulosa bacteriana. *Biotecnológica Magazine*, 4(1), 29-34. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19072783>