



MEZQUITE Y AGAVE: POTENCIALES SUSTRATOS EN LA INDUSTRIA BIOTECNOLÓGICA DE MÉXICO

RAUL E. MARTÍNEZ-HERRERA, GLADIS M.
VEGA-SAUCEDA, ALEJANDRA S. RODRÍGUEZ-
RIVERA, MARÍA E. ALEMÁN-HUERTA*



Palabras clave: *Agavaceae*, biopolímeros, biocombustibles, fármacos, *Prosopis spp.*

Keywords: *Agavaceae*, biofuels, biopolymers, drugs, *Prosopis spp.*

RESUMEN

El mezquite y el agave son especies vegetales ampliamente distribuidas en México los cuales han sido empleados por diversos pueblos de nuestro país y poseen el potencial para ser utilizadas en diferentes aspectos biotecnológicos. La importancia de estas especies vegetales recae en su rol ecológico, tradicional y económico. Asimismo, en la investigación enfocada en la producción de nuevos alimentos, el aislamiento de compuestos con acción farmacológica, la síntesis de nuevos materiales (biopolímeros) y la producción de biocombustibles. Dada la relevancia de estas plantas en México, la presente revisión se basa en presentar un acervo de las características, propiedades y empleos, así como el prometedor uso en biotecnología que presentan estas especies vegetales.

ABSTRACT

Mesquite and agave are plant species widely distributed in Mexico which have been used by various folks of our country and have the potential to be used in different biotechnological aspects. The importance of these plant species lies in their ecological, traditional, and economic role. Likewise, research focused on the production of new foods, the isolation of compounds with pharmacological action, the synthesis of new materials (biopolymers), and the production of biofuels. Given the relevance of these plants in Mexico, this review is based on presenting characteristics, properties, and uses, as well as the promising use in biotechnology of these plant species.

INTRODUCCIÓN

La cuarta revolución industrial, el movimiento tecnológico, económico y social que está cambiando al mundo en el que vivimos ha generado un enfoque especial en el ámbito biotecnológico (Oliván Cortés, 2016). En este aspecto, destaca la búsqueda de nuevos sustratos para la obtención de metabolitos, nutrientes y biomateriales que sean útiles en agricultura, industria y medicina (Sánchez-Pascuala y de Lorenzo, 2016).

México es un país megadiverso cuyo potencial en recursos naturales lo hace un foco importante para el desarrollo de la industria biotecnológica, sin embargo, un manejo inadecuado de los mismos y la limitada inversión en ciencia y tecnología han estancado el crecimiento biotecnológico aunque, cabe destacar los esfuerzos llevados a cabo en diversos centros de investigación nacional, los cuales tienen como objetivo progresar en este rubro (Rodríguez et al., 2015).

El mezquite y el agave son dos especies vegetales abundantes en la región semiárida de nuestro país, cuya amplia disposición y bajo costo los convierten en sustratos potenciales para la obtención de diversos productos. Entre estos destacan la producción y elaboración de bebidas alcohólicas, fibras, alimento para ganado, fertilizantes y materiales adsorbentes (Peters, 2007; Palomo-Briones et al., 2017).

Dada la creciente importancia que presentan el mezquite y el agave, en esta revisión se presentan las características y propiedades de dichos sustratos vegetales, así como las perspectivas futuras que se contemplan para estos sustratos y su potencial utilidad en el desarrollo de la industria biotecnológica en nuestro país.

IMPORTANCIA DEL MEZQUITE

El árbol de mezquite (*Prosopis* spp.) es un árbol nativo de las zonas áridas y semiáridas del mundo, siendo el norte de México predilecto para su adaptación y desarrollo. En México predominan las especies como: *P. palmeri* (Baja California), *P. reptans* var. *cinerascens* (Tamaulipas), *P. pubescens* (Chihuahua), *P. articulata* (Sonora) y *P. glandulosa* var. *glandulosa* (Nuevo León, Coahuila, Durango y Zacatecas). Con importantes propiedades ecológicas como la fijación de nitrógeno y el enriquecimiento del suelo mediante la captación de minerales (Rodríguez et al., 2014). Asimismo, este árbol actúa como planta nodriza para diversas especies de aves y roedores nativos de la región (López-Franco et al., 2006).

Por otro lado, esta planta presenta un importante impacto económico en la región puesto que es empleada para la producción de leña, carbón y miel. Asimismo, las vainas del mezquite son aprovechadas para la producción de harinas ricas en carbohidratos y proteínas para consumo humano y animal. Además, cabe destacar que las gomas derivadas del mezquite son aprovechadas como texturizantes en un amplio rango de productos alimenticios dado que funcionan como agentes gelificantes (Bósquez-Molina y Vernon-Carter, 2005).

El mezquite ha sido reconocido desde la época prehispánica como parte de la medicina tradicional. Los compuestos que presentan las vainas del mezquite; en particular los compuestos antioxidantes (fenoles, taninos, flavonoides, alcaloides y terpenos), han llamado la atención debido a la potente actividad antibiótica y antiparasitaria, la actividad antitumoral, sus beneficios ante diversos padecimientos metabólicos (puesto que estos compuestos ayudan a la reducción de la glucosa en sangre, inhiben la oxidación del colesterol y presentan actividad cardioprotectora), así como sus amplios efectos benéficos sobre padecimientos nerviosos como el Alzheimer, Parkinson y epilepsia (Henciya et al., 2017; Ukande et al., 2019).



Figura 1. Importancia del árbol de mezquite en la ecología regional, la producción de diversos derivados de uso industrial/alimenticio y la generación de nuevos fármacos.

IMPORTANCIA DEL AGAVE

La planta de agave es una especie vegetal perenne perteneciente a la familia *Agavaceae*, la cual se compone de 159 especies siendo el octavo más diverso en la flora mexicana. Esta planta es cultivada y cosechada en las zonas semiáridas de México y es sumamente apreciada debido a que acumula diversos azúcares complejos (fructanos) y simples (fructosa y glucosa), los cuales son extraídos a partir del jarabe producido en la piña y empleados para diversas cuestiones alimenticias, la más destacable, la producción de bebidas alcohólicas (Palomo-Briones et al., 2017; García Mendoza et al., 2019).

El agave es una planta que, además de ser importante para la economía nacional, es un símbolo de nuestra historia. Esta planta se ha utilizado desde épocas prehispánicas ya que la producción de bebidas alcohólicas como el Tequila, Mezcal y Pulque han sido documentadas desde tiempos inmemorables. Asimismo, la fabricación de fibras a partir del bagazo de esta planta para la manufactura de tejidos e indumentarias, además de la obtención de insectos para su consumo han marcado parte de la tradición mexicana (Nava-Cruz et al., 2015).

Por otra parte, las investigaciones en torno a esta planta prehispánica han conducido a la obtención de prebióticos y compuestos bioactivos, los cuales tienen actividad contra diversas infecciones bacterianas. Además, la presencia de saponinas en el agave, lo hacen un precursor importante para fármacos de nueva generación y la presencia de diversos antioxidantes lo convierten en un potencial agente antitumoral (Peters, 2007; Nava-Cruz et al., 2015).

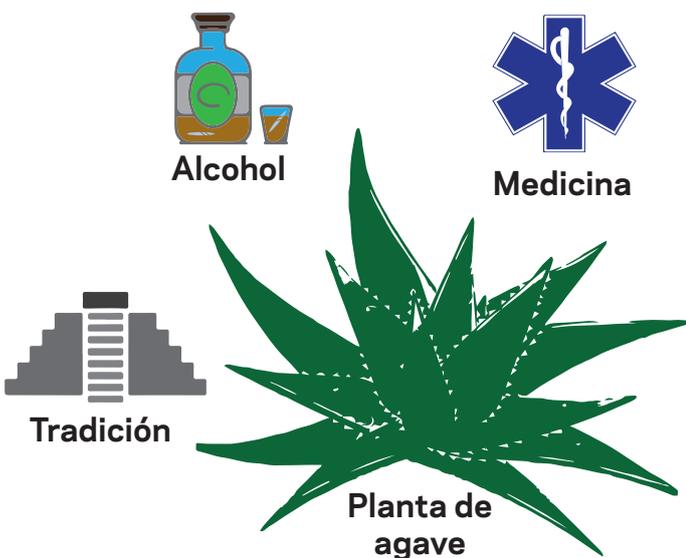


Figura 2. Importancia de la planta de agave en la producción de bebidas alcohólicas, la tradición mexicana y la generación de nuevos fármacos.

POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Dada la importancia presentada por el mezquite y el agave en diversos rubros de la economía y tradición mexicana, también se ha observado su potencial biotecnológico. Un ejemplo de esto es su aprovechamiento para la producción de polihidroxialcanoatos (PHAs), los cuales son biopolímeros bacterianos que presentan propiedades muy similares a las de los plásticos de origen sintético (actualmente considerado como el plástico del futuro) y son producidos bajo distintos estímulos nutricionales y de incubación (Koller, 2017). En el 2019, González-García y colaboradores obtuvieron la producción de PHAs por una cepa bacteriana de *Burkholderia sacchari* bajo la influencia de bagazo de agave. Posteriormente en 2020, Martínez-Herrera y colaboradores reportaron el primer caso experimental de producción de PHAs con miel de mezquite, evidenciando el potencial productivo de una cepa bacteriana de *Bacillus cereus* bajo la influencia de este sustrato como fuente de carbono. Por lo tanto, estos sustratos presentan un interesante potencial para la producción de biopolímeros de una manera económica y cuantiosa.

Otro aspecto que destacar es la producción de biocombustibles (etanol y biogas) empleando estos sustratos durante los procesos de fermentación. Cabe señalar que hoy en día hay una tendencia al alza sobre el uso de desechos de plantas, hojas y diversos residuos lignocelulósicos con los cuales se pueda abaratar y eficientizar los costos de estos procesos biotecnológicos (Palomo-Briones et al., 2017) which is an environmental concern due to its considerable volume of production (377,000 Ton in 2016, por lo que aun sigue siendo importante dirigir la investigación en el aprovechamiento de dichos residuos como fuente de carbono en los medios de cultivo utilizados para la producción de bioplásticos por fermentación.

Como perspectiva futura podemos mencionar que es importante seguir investigando las propiedades del mezquite y el agave con distinta utilidad dentro de la innovación y desarrollo de la industria biotecnológica en México. Por esto, la necesidad de involucrar al sector público y privado financiando proyectos con objetivos claros e innovadores, los cuales seguramente darán respuesta a un sin fin de problemas y serán de gran beneficio a futuras generaciones.

DISCUSIÓN

Como ya se ha visto anteriormente, el uso de mezquite y agave ha sido ampliamente documentado por sus múltiples propiedades, las cuales son aprovechadas por diversas comunidades rurales y han despertado un gran interés en la comunidad científica. Por consiguiente, es de suma importancia preservar estas especies vegetales evitando la tala o sustracción indiscriminada y seguir abogando por más leyes contra la biopiratería (aprovechamiento ilegal e inequitativo de recursos biológicos) en México (Isla, 2007).

De igual importancia es, unir esfuerzos entre los distintos sectores públicos y privados para generar y apoyar proyectos enfocados en mantener la sustentabilidad de los pueblos que aprovechan el mezquite y el agave como forma de subsistencia; es decir, proyectos que generen valores adicionales a estas especies vegetales y que despierten el interés de inversionistas nacionales y extranjeros; siempre y cuando se retribuya económica y tecnológicamente a los pueblos de origen como estipula el Protocolo de Nagoya del cual México forma parte (Jefferson *et al.*, 2018).

El potencial de estas especies vegetales ha sido demostrado mediante diversos enfoques tecnológicos, destacando aquellos aplicados a la producción de nuevos alimentos, la obtención de fármacos novedosos,

la síntesis de nuevos materiales y la generación de biocombustibles. Por lo que en esta revisión concluimos que el mezquite y el agave son especies prometedoras para el desarrollo de la industria biotecnológica en México; una industria enfocada en la sustentabilidad, la preservación de las tradiciones y el cuidado de los recursos naturales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) por el apoyo brindado a manera de beca nacional (Beca número 468,278 otorgada a Raul E. Martínez-Herrera).



LITERATURA CITADA

- Bósquez-Molina, E. y Vernon-Carter, E. J. 2005. Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 4(2): 157-162.
- García Mendoza, A. J., I. S. Franco Martínez, D. Sandoval Gutiérrez. 2019. Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta Botánica Mexicana*. (126): 1-18.
- González-García, Y., J. Grieve, J. C. Meza-Contreras, B. Clifton-García, J. A. Silva-Guzmán. 2019. Tequila Agave Bagasse Hydrolysate for the Production of Polyhydroxybutyrate by *Burkholderia sacchari*. *Bioengineering*. 6(115): 1-13.
- Henciya, S., P. Seturaman, A. R. James, Y. H. Tsai, R. Nikam, F. R. Chang. 2017. Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae leguminosae). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1): 187-196.
- Isla, A. 2007. An Ecofeminist Perspective on Biopiracy in Latin America. *Journal of Women in Culture and Society*. 32(2): 76-86.
- Jefferson, D. J., I.S. Fraire, L.F. Beltrán-Morales. 2018. Intellectual Property and the Governance of Plant Genetic Resources in Mexico: Trends and Implications for Research and Innovation. Pp. 131-148. En: Ortega-Rubio A. (Eds.). *Mexican Natural Resources Management and Biodiversity Conservation*. Springer, Cham.
- Koller, M. 2017. Advances in Polyhydroxyalkanoate (PHA) Production. *Bioengineering*. 4(4): 1-7.
- López-Franco, Y. L., F. M. Goycoolea, M. A. Valdez, A. M. Calderón de la Barca. 2006. Goma de Mezquite: Una Alternativa De Uso Industrial. *Interciencia*. 31(3): 183-189.
- Martínez-Herrera, R. E., Y. N. Juárez-Ibarra, V. Almaguer-Cantú, M. E. Alemán-Huerta. 2020. Statistical optimization and effect of mesquite honey and maize alkaline wastewater (nejayote) as substrates for cellular biomass production and polyhydroxybutyrate biosynthesis by *Bacillus cereus* 4N. *Mexican Journal of Biotechnology*. 5(2): 51-69.
- Nava-Cruz, N. Y., M. A. Medina-Morales, J. L. Martínez, R. Rodríguez, C. N. Aguilar. 2015. Agave biotechnology: An overview. *Critical Reviews in Biotechnology*. 35(4): 546-559.
- Oliván Cortés, R. 2016. La Cuarta Revolución Industrial, un relato desde el materialismo cultural. *Revista de estudios urbanos y ciencias sociales*. 6(2): 101-111.
- Palomo-Briones, R., I. López-Gutiérrez, F. Islas-Lugo, K. L. Galindo-Hernández, D. Munguía-Aguilar, J. A. Rincón-Pérez, M. A. Cortés-Carmona, F. Alariste-Mondragón, E. Razo-Flores. 2017. Agave bagasse biorefinery: processing and perspectives. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 20: 1423-1441.
- Peters, D. 2007. Raw materials. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 105: 1-30.
- Rodríguez, J.C., C.L. Navarro-Chávez, M. Gómez, M. Mier. 2015. Science, technology and innovation policy to sustain agricultural biotechnology in emerging economies: Evidence from Mexico. *International Journal of Biotechnology*. 13(4): 198-229.
- Rodríguez Saucedo, Elvia Nereyda, Rojo Martínez, Gustavo Enrique, ANÁLISIS TÉCNICO DEL ÁRBOL DEL MEZQUITE (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) EN MÉXICO. *Ra Ximhai* [en línea]. 2014, 10(3), 173-193 [fecha de Consulta 5 de Enero de 2021]. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46131111013>
- Sánchez-Pascuala, A. y de Lorenzo, V. 2018. La Biología Sintética Como Motor De La Bioeconomía Y De La Cuarta Revolución Industrial. *Mediterráneo Económico*. (31): 183-200.
- Ukande, M. D., M. S. Shaikh, K. Murthy, R. Shete. 2019. Review on Pharmacological potentials of *Prosopis juliflora*. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 9(4): 755-760.