

Agave y desarrollo sostenible en América: una revisión sobre su diversidad, productos derivados e impacto socioeconómico

Agave and sustainable development in America: a review of its diversity, derived products, and socioeconomic impact

Roberto A. Canales-Flores ^a

Abstract:

The genus *Agave* represents one of the most important biocultural resources in the American continent due to its diversity, ecological adaptability, and wide range of traditional and industrial uses. This review provides a comprehensive analysis of the importance of agave in America, focusing on its biological diversity, economic relevance, and environmental contributions. Key agave-derived products such as beverages, fibers, food, and bioenergy are examined. The ecological benefits of agave, particularly its Crassulacean Acid Metabolism (CAM), are also discussed. Major challenges such as genetic erosion and overexploitation are highlighted. Agave is identified as a strategic resource for sustainable development.

Keywords:

Agave, sustainable development, bioeconomy, biodiversity, America

Resumen:

El género *Agave* representa uno de los recursos bioculturales más relevantes del continente americano debido a su amplia diversidad, adaptabilidad ecológica y múltiples usos tradicionales e industriales. Esta revisión analiza la importancia del agave en América, considerando su diversidad biológica, su papel en los sistemas productivos, su impacto económico y su contribución a la sostenibilidad ambiental. A partir del análisis de literatura científica reciente e institucional, se examinan los principales productos derivados del agave, incluyendo bebidas fermentadas y destiladas, fibras, alimentos y bioenergía. Asimismo, se discuten los beneficios ecológicos del agave, particularmente su metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), que le permite prosperar en condiciones de sequía y contribuir a la mitigación del cambio climático. Finalmente, se abordan los principales retos relacionados con la pérdida de diversidad genética, la sobreexplotación y la necesidad de estrategias sostenibles. La revisión concluye que el agave es un recurso estratégico para el desarrollo sostenible en América.

Palabras Clave:

Agave, desarrollo sostenible, bioeconomía, diversidad biológica, América

Introducción

El género *Agave* comprende un grupo diverso de plantas suculentas originarias del continente americano, con una distribución que abarca desde el sur de Estados Unidos hasta Sudamérica. Estas especies han sido utilizadas por las sociedades humanas durante miles de años, desempeñando un papel fundamental en la alimentación, la producción de fibras, la medicina tradicional y la elaboración de bebidas fermentadas y destiladas. Por

ello, su relevancia radica no solo en su diversidad biológica, sino también en su profundo vínculo con la identidad cultural de diversas comunidades [1-4].

En las últimas décadas, el agave ha adquirido una gran importancia global debido al papel que desempeña en la producción de bebidas como el tequila y el mezcal, así como por su potencial en la bioeconomía y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, su creciente explotación plantea desafíos asociados a la conservación de su diversidad genética y la gestión sostenible de sus recursos [2].

^a Roberto Antonio Canales Flores, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Preparatoria Número Dos | Tulancingo de Bravo-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-7478-6830>, Email: roberto_canales8453@uaeh.edu.mx

Marco conceptual del agave en América

El género *Agave* pertenece a la familia Asparagaceae la cual comprende más de 200 especies, de las cuales la mayoría se encuentra en México, considerado como el principal centro de diversidad y domesticación [5]. Asimismo, estas especies se caracterizan por presentar una gran variabilidad morfológica y ecológica, lo que les permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales, especialmente en zonas áridas y semiáridas [3,6]. Históricamente, el aprovechamiento del agave en América ha sido diverso, incluyendo usos alimentarios, medicinales, industriales y rituales por parte de comunidades indígenas, lo cual ha dado lugar a la creación de sistemas agroecológicos complejos que combinan conocimientos tradicionales y prácticas sostenibles que fortalecen su importancia como recurso biocultural [7,8].

Importancia económica

Actualmente, el agave constituye un recurso económico clave en diversas regiones de América, especialmente en México, donde la producción de tequila y mezcal genera ingresos significativos y empleo rural [9]. En las últimas décadas, estas industrias han experimentado un crecimiento significativo debido a que han sido impulsadas por la demanda internacional y la valorización de productos tradicionales de estas especies [2]. En este sentido, estudios indican que, además de las bebidas alcohólicas, el agave se utiliza en la producción de jarabes, inulina, fibras textiles y biocombustibles, lo que amplía su importancia dentro de la bioeconomía. Es por ello que, con la diversificación de productos derivados de esta especie se contribuye al fortalecimiento de la economía rural y a la generación de más oportunidades de desarrollo sostenible [10,11].

Importancia ambiental

De acuerdo con la literatura, el agave posee características fisiológicas, como el metabolismo CAM, que le permite optimizar el uso del agua y fijar carbono de forma eficiente, favoreciendo con ello su crecimiento en zonas áridas o bajo condiciones de sequía [3,12]. Asimismo, estudios han demostrado que dichas características hacen del agave una planta clave que contribuye a la restauración de suelos degradados, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad. Debido a esto, el agave ha sido posicionado como una alternativa viable frente a los desafíos del cambio climático y la desertificación en diversas regiones vulnerables [11,13].

Importancia cultural y alimentaria

El agave ha sido un elemento central en la cultura de numerosas civilizaciones americanas, especialmente en Mesoamérica, donde ha sido utilizado en rituales, medicina tradicional y prácticas alimentarias. De esta manera, productos como el pulque, el aguamiel y

diversas preparaciones culinarias reflejan la riqueza cultural asociada a esta planta [14,15].

Desde el punto de vista nutricional, el agave representa una fuente importante de carbohidratos complejos y compuestos funcionales como la inulina, lo que lo convierte en un recurso relevante para la seguridad alimentaria y la industria alimentaria moderna [10,16].

Productos derivados del agave

Los productos derivados del agave evidencian su versatilidad e importancia en múltiples sectores, desde la industria alimentaria hasta la energética, como se muestra en la Tabla 1 y la Tabla 2. Se observa que, bebidas tradicionales como el tequila y el mezcal y productos industriales y energéticos como fibras y bioetanol, consolidan al agave como un recurso estratégico para la diversificación económica y la innovación tecnológica [2,10].

Especie	Región	Uso
<i>Agave tequilana</i>	México	Tequila
<i>Agave angustifolia</i>	México, Centroamérica	Mezcal
<i>Agave americana</i>	América	Fibra y alimento
<i>Agave salmiana</i>	México	Pulque
<i>Agave sisalana</i>	Brasil, México	Fibras textiles

Tabla 1. Principales especies de agave en América y sus usos [5,7,9,14].

Producto	Tipo	Uso
Tequila	Destilado	Consumo
Mezcal	Destilado	Consumo
Pulque	Fermentado	Tradicional
Jarabe de agave	Endulzante	Alimentario
Inulina	Fibra	Suplemento
Fibras	Industrial	Textiles
Bioetanol	Energía	Biocombustible

Tabla 2. Productos derivados del agave [2,5,9,10,14].

Retos y perspectivas

A pesar de su importancia, el agave enfrenta retos significativos como la sobreexplotación, la pérdida de diversidad genética y la expansión de monocultivos, particularmente de la industria tequilera, lo cual ha reducido su variabilidad genética y aumentado su vulnerabilidad a plagas y enfermedades [9].

En este contexto, es necesario promover e implementar estrategias de manejo sostenible que integren conocimientos tradicionales y avances científicos que conlleven a la conservación de especies silvestres, la diversificación productiva y el aprovechamiento integral de residuos para garantizar la sostenibilidad a largo plazo [11,14,15].

Conclusiones

El agave constituye un recurso estratégico y de gran importancia en América debido a su diversidad biológica, su valor cultural y su potencial económico y ambiental. Asimismo, su capacidad de adaptación a condiciones extremas y su amplia gama de productos derivados lo posicionan como una planta clave para el desarrollo

sostenible. Por tanto, la integración de enfoques interdisciplinarios que combinen ciencia, tecnología y conocimientos tradicionales permitirá fortalecer su aprovechamiento sostenible, contribuyendo al desarrollo de la bioeconomía y la seguridad alimentaria.

Referencias

- [1] Davis, S. C., Ortiz-Cano, H. G. (2023). Lessons from the history of Agave: Ecological and cultural context for valuation of CAM. *Annals of Botany*, 132(4), 819–833. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad072>
- [2] Ortiz-Cano, H. G., Hadfield, R., Gómez, T., Hultine, K., Mata-González, R., Petersen, S. L., Hansen, N. C., Searcy, M. T., Stetler, J., Cervantes-Mendivil, T., Burchfield, D., Park, P., Stewart, J. R. (2023). Ecological-niche modeling reveals current opportunities for Agave dryland farming in Sonora, Mexico and Arizona, USA. *PLOS ONE*, 18(1), e0279877. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279877>
- [3] Eguiarte, L. E., Jiménez-Barrón, O. A., Aguirre-Planter, E., Scheinvar, E., Gámez, N., Gasca-Pineda, J., Castellanos-Morales, G., Moreno-Letelier, A., Souza, V. (2021). Evolutionary ecology of Agave: Distribution patterns, phylogeny, and coevolution. *American Journal of Botany*, 108(2), 216–235. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1609>
- [4] Hodgson, W. C., Rosenthal, E. J., Salywon, A. M. (2023). Pre-contact Agave domesticates – Living legacy plants in Arizona’s landscape. *Annals of Botany*, 132(4), 835–853. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad113>
- [5] García-Mendoza, A. J. (2002). Distribution of Agave (Agavaceae) in Mexico. *Cactus and Succulent Journal*, 74(4), 177–188. <https://www.jstor.org/stable/42794767>
- [6] García-Mendoza, A. J., Franco-Martínez, I., Sandoval-Gutiérrez, D. (2019). Cuatro especies nuevas de Agave del sur de México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, 1–15. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461>
- [7] Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E., Valiente-Banuet, A. (2007). In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*, 100(5), 1101–1115. <http://doi.org/10.1093/aob/mcm126>
- [8] Colunga-GarcíaMarín, P., Zizumbo-Villarreal, D., Casas, A. (2007). Traditional management of agave diversity in Mexico. In *Ethnobotany of Mexico*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7>
- [9] Bowen, S., Valenzuela-Zapata, A. G. (2009). Geographical indications, terroir, and socioeconomic dynamics of tequila. *Journal of Rural Studies*, 25(1), 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.07.003>
- [10] Mancilla-Margalli, N. A., & López, M. G. (2006). Water-soluble carbohydrates and fructan structure patterns from agave. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7832–7839. <https://doi.org/10.1021/jf060354v>
- [11] FAO. (2021). The state of the world’s biodiversity for food and agriculture.
- [12] Nobel, P. S. (2002). *Cacti and Agaves: Biology and Uses*. University of California Press.
- [13] Anderies, J. M., Nelson, B. A., & Kinzig, A. P. (2008). Analyzing the impact of agave cultivation on famine risk in arid pre-Hispanic northern Mexico. *Human Ecology*, 36, 409–422. <https://doi.org/10.1007/s10745-008-9162-9>
- [14] Lira, R., Casas, A., Blancas, J. (2016). *Ethnobotany of Mexico: Interactions of people and plants in Mesoamerica*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7>
- [15] Delgado-Lemus, A., Torres, I., Blancas, J. (2014). Vulnerability and risk management of agave in Mexico. *Journal of Ethnobiology*. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-34.3>
- [16] Torres-García, I., Casas, A., Delgado-Lemus, A. (2015). Traditional ecological knowledge and agave management. *Economic Botany*. <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9313-2>