Agraria

AGRARIA VOL. 23, NÚM. 3, E768 (2026)

Artículo de divulgación

# Los agaves de las bebidas emblemáticas de México: pulque, mezcal y tequila

## *Agaves used in Mexico's emblematic beverages: pulque, mezcal and tequila*

**René García-Martínez [1,*], Areli Avendaño-González [2], Juan Carlos Montoya Jiménez [1], Luis Alberto León Bañuelos [3]**

1 Tecnológico Nacional de México-Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, División de Ingeniería Forestal; rgm1117@gmail.com, juan.mj@vbravo.tecnm.mx
2 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ingeniería Forestal Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, ram79pg@gmail.com
3 Tecnológico Nacional de México-Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, luis.lb@vbravo.tecnm.mx

* Autor para correspondencia: rgm1117@gmail.com

**Recibido:**
10/07/2026
**Aceptado:**
6/10/2026
**Publicado:**
11/11/2026

## RESUMEN

Los agaves son plantas de importancia cultural, económica y ecológica en México, donde varias especies se aprovechan para la elaboración de bebidas alcohólicas como pulque, mezcal y tequila. En este artículo se analiza el papel de los agaves emblemáticos del país en la producción de estas bebidas y el impacto ambiental que ha generado su producción. El pulque mantiene un sistema de producción predominantemente tradicional y artesanal, basado en la extracción y fermentación del aguamiel. Por su parte, el mezcal y el tequila tienen relevancia económica a nivel mundial y sus procesos comprenden la cocción de las piñas, extracción de azúcares, fermentación y destilación. Sin embargo, la expansión de plantaciones comerciales de agave ha generado impactos negativos relacionados con cambios de uso del suelo, pérdida de biodiversidad, erosión del suelo y disminución de su fertilidad, así como alteraciones en el ciclo hidrológico. Además, la generación de residuos como el bagazo y la vinaza ocasionan problemas ambientales cuando no se manejan adecuadamente. Por ello, en la producción de agaves para la fabricación de bebidas alcohólicas se requiere impulsar sistemas sostenibles para reducir el impacto ambiental en los ecosistemas.

**Palabras clave:** sostenibilidad; biodiversidad; fermentación; impacto ambiental; agroecosistemas; residuos agroindustriales.

## ABSTRACT

Agaves are plants of considerable cultural, economic, and ecological importance in Mexico, where several species are used to produce alcoholic beverages such as pulque, mezcal, and tequila. This article analyzes the role of Mexico's emblematic

CC BY SA

agave species in the production of these beverages and the environmental impacts associated with their production. Pulque production remains predominantly traditional and artisanal, relying on the extraction and fermentation of agave sap. In contrast, mezcal and tequila are economically important in global markets, and their production processes involve the cooking of agave hearts, sugar extraction, fermentation, and distillation. However, the expansion of commercial agave plantations has resulted in negative environmental impacts associated with land-use change, biodiversity loss, soil erosion and declining soil fertility, as well as alterations to the hydrological cycle. Furthermore, the generation of by-products such as agave bagasse and vinasse can cause environmental problems when they are not properly managed. Therefore, sustainable production systems should be promoted in agave cultivation for alcoholic beverage production to reduce environmental impacts on ecosystems.

**Keywords**: sustainability; biodiversity; fermentation; environmental impact; agroecosystems; agro-industrial residues.

## INTRODUCCIÓN

El género *Agave* es originario de América, y México constituye uno de sus principales centros de diversidad y endemismo (Mandujano-Bueno et al., 2018). Estas plantas se encuentran en regiones de clima árido y semiárido (Pérez-Molphe-Balch et al., 2012), son altamente productivas, y ante el escenario de cambio climático, se considera que responderán favorablemente al calentamiento global, tanto en entornos naturales como cultivados (Stewart, 2015). El género incluye aproximadamente 210 especies y 129 son endémicas del país (García-Mendoza et al., 2019). Ningún otro país del mundo tiene la diversidad de agaves que tiene México. Este endemismo se debe a la variabilidad climática, geológica y topográfica del país (León-Vázquez et al., 2013), lo que permite su distribución desde la franja costera hasta las zonas montañosas.

Algunas especies han sido intensamente aprovechadas como fuentes de fibras naturales, como *Agave lechuguilla* (Carmona et al., 2017), y para la fabricación de bebidas alcohólicas, entre ellas, *A. angustifolia* Haw (mezcal), *A. tequilana* Weber (tequila) y *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck (pulque). En superficie sembrada, el maguey tequilero ocupa el primer lugar (Figura 1) y se concentra en Jalisco y Guanajuato, seguido por agave mezcalero que se distribuye en Oaxaca, Guerrero, Puebla, Durango y San Luis Potosí, y finalmente, el maguey pulquero que se cultiva en áreas reducidas del centro del país, principalmente en Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México y Puebla (SIAP, 2023).

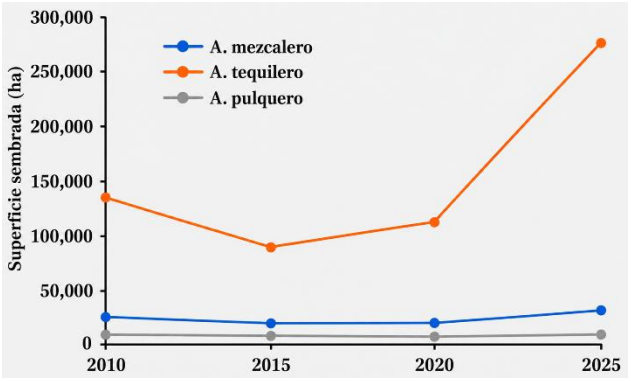



**Figura 1.** Comportamiento de la superficie sembrada de agave tequilero, mezcalero y maguey pulquero en México, 2010–2025. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

En este artículo se analiza el papel de los agaves emblemáticos de México en la producción de estas bebidas y el impacto ambiental que ha generado su producción.

## LA HISTORIA DE LOS AGAVES

Históricamente, el pulque ha tenido una importante relevancia cultural en México, sin embargo, en la actualidad está en riesgo su continuidad por la caída en la producción y consumo. El tequila ha generado riqueza económica en las zonas productoras del país, sin

embargo, en términos de crecimiento porcentual, valor percibido y tendencia de consumo cultural/gourmet, actualmente, el mezcal ha experimentado un auge histórico. Los procesos de fabricación difieren entre las bebidas, lo cual les confiere características particulares (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características de fabricación del pulque, tequila y mezcal.

| Proceso | Pulque | Tequila | Mezcal |
|---|---|---|---|
| Cocción | No requiere cocción de la piña. | Las piñas se cuecen en hornos o autoclaves. | Las piñas se cuecen, comúnmente en hornos de piedra. |
| Extracción | Extracción manual del aguamiel. | Trituración de las piñas cocidas para obtener el jugo. | Trituración de las piñas cocidas para obtener el mosto. |
| Fermentación | Fermentación natural del aguamiel en tinas de plástico o barro. | Fermentación de jugos en tanques de acero inoxidable. | Fermentación del mosto en tinas de madera. |
| Destilación | No se destila. | Generalmente se destila dos veces. | Se destila una o dos veces. |

El pulque es una bebida alcohólica tradicional mexicana producida por la fermentación espontánea del aguamiel, la savia extraída de diversas especies de *agave* (Astudillo-Melgar et al., 2025), entre ellos *A. atrovirens, A. salmiana, A. mapisaga y A. americana* (Valdivieso-Solís et al., 2021). En 2025 se produjeron entre 170 a 190 millones de litros de aguamiel (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2026).

El pulque tuvo un profundo significado ritual en culturas mesoamericanas como la teotihuacana, la azteca y la tolteca donde además era considerado como un alimento y medicina de carácter divino debido a sus aportes nutricionales y a las propiedades curativas que se le atribuían (Rocha-Arriaga y Cruz-Ramírez, 2022). Para su elaboración, el aguamiel fresco se somete a fermentación durante varios días para generar una semilla, que se transfiere a tinacales de fermentación y se alimenta repetidamente (dos veces al día) con aguamiel fresco (Bautista-Moreno et al., 2025). En la cadena de producción, la mayoría de la población rural mantiene una estructura familiar y artesanal, cuya distribución, comercialización y consumo se realiza informalmente en los mercados callejeros (Rojas-Rivas et al., 2018). Actualmente, la elaboración del pulque dejó de ser una fuente de ingresos importante, por lo que la bebida se produce por tradición, como elemento de la identidad cultural de zonas pulqueras y para cubrir gastos mínimos (Álvarez-Duarte et al., 2018). En los sistemas agroforestales mesoamericanos el empleo del metepantle (Figura 2), es una práctica agrícola ancestral, que hace referencia al cultivo de maguey en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno (García-Núñez et al., 2020). Sin embargo, estudios realizados en Hidalgo, México, indican que el manejo de las plantaciones se realiza con prácticas poco adecuadas, como la instalación de nuevos cultivos en áreas donde se remueve la vegetación natural, se cultiva de formas inapropiadas, conduciendo a la erosión del suelo, además para lograr un alto rendimiento se usan agroquímicos que representa efectos negativos al ambiente (Figueroa-Urbina et al., 2024).



**Figura 2.** Sistema metepantle de maguey pulquero (*A. mapisaga*) en Jiquipilco, Estado de México. Fuente: RGM.

El mezcal es una bebida alcohólica destilada tradicional elaborada a partir del cocimiento, fermentación y destilación de las piñas maduras de diversas especies de agave, entre ellas, *A. angustifolia*. Este maguey es una especie silvestre que se encuentra a lo largo de la Sierra Madre Occidental, desde Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora y Zacatecas (Fragoso-Gadea et al., 2021). Además, se encuentra en el listado de especies prioritarias para conservación (SEMARNAT, 2014).

ISSN: 3061-8754 https://doi.org/10.59741/agraria.v23i3.768

El mezcal está protegido por denominación de origen (Arellano-Plaza et al., 2022). En 2025 se produjeron 6.91 millones de litros (Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal [COMERCAM], 2026) y el estado de Oaxaca es el mayor productor (Pérez-Miranda et al., 2026). El proceso de fabricación del destilado (cosecha, cocción, molienda, fermentación, destilación y embotellado) desempeña un papel importante en el desarrollo de compuestos orgánicos volátiles, así como en la textura y el perfil sensorial (Sánchez-Fernández et al., 2025). Sin embargo, la producción de esta bebida se ha asociado a cambios de uso del suelo por el incremento de plantaciones comerciales (Figura 3). De acuerdo con Sandoval-García et al. (2024), a nivel de cuenca estos sistemas productivos afectan la funcionalidad de sus ecosistemas, con aumento de la temperatura a nivel local, pérdida de biodiversidad de flora y fauna, incremento en la escorrentía superficial, disminución de la capacidad de infiltración, erosión del suelo, pérdida de fertilidad y reducción en la recarga de los mantos acuíferos. Por otro lado, la industria mezcalera genera bagazo como uno de sus principales subproductos, que se desecha indiscriminadamente en vertederos al aire libre, ríos o fuentes de agua, lo que supone riesgos ambientales (Rocha-Arriaga y Cruz-Ramírez, 2022).



**Figura 3.** Plantación de maguey mezcalero (*A. angustifolia*) en el sur del Estado de México. Fuente: RGM.

El maguey tequilero (*Agave tequilana* Weber), conocido también como agave azul, es la especie utilizada como materia prima para la obtención del tequila en México (Sánchez-Soto, 2016). En 2025 se produjeron aproximadamente 583.53 millones de litros (Consejo Regulador del Tequila [CRT], 2026).

Es una bebida que está protegida por denominación de origen, que comprende 181 municipios en cinco estados mexicanos (Díaz-Montaño, 2025): Jalisco, Michoacán, Tamaulipas, Nayarit y Guanajuato. Sin embargo, las plantaciones de maguey tequilero han ocasionado serios problemas ambientales (Figura 4). Por ejemplo, en Tonaya, Jalisco, el incremento de la superficie plantada transformó el paisaje al reducir la superficie del bosque tropical caducifolio y generó impactos ambientales asociados a la producción, como el vertido de vinazas al drenaje urbano, que provocó malos olores y afectaciones a la población (Rodríguez-Contreras et al., 2017); pese a que estos problemas eran evidentes desde la década de 1960, las acciones de mitigación se implementaron varias décadas después. Recientemente, en Autlán de Navarro, Jalisco, se estimó una tasa de deforestación del 39.7% para instalar plantaciones de *A. tequilana*, el 90 % de las parcelas presenta erosión de moderada a severa, en el 73 % se aplican herbicidas y en el 60 % se aplican insecticidas (Guevara-Gutiérrez et al., 2026). Estos factores combinados generan pérdida de diversidad biológica por daños a la flora y fauna, así como disminución de la fertilidad del suelo y emisiones de $CO_2$ a la atmósfera.



**Figura 4.** Plantación de agave azul para la producción de tequila en México. Fuente: INIFAP, 2019.

## CONCLUSIÓN

En la producción de bebidas como el pulque, tequila y mezcal se utilizan distintas especies de agave. El pulque mantiene su carácter tradicional y local. El mezcal y el tequila son de importancia económica internacional y sus procesos de producción se han estandarizado y fortalecido para cumplir la demanda. Los impactos ambientales se han centrado en la instalación de

ISSN: 3061-8754 https://doi.org/10.59741/agraria.v23i3.768

plantaciones y la gestión de residuos. Es oportuno destacar la necesidad de promover modelos de producción sostenibles que integren la conservación ecológica y la preservación del conocimiento biocultural vinculado al cultivo y uso de agaves.

## Agradecimientos

Se agradece a la Asociación de Egresados de Ingeniería Forestal del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo por las facilidades brindadas para la obtención de las imágenes fotográficas utilizadas en este artículo.

## Literatura citada

Álvarez-Duarte, M. C., García-Moya, E., Suárez-Espinosa, J., Luna-Cavazos, M., & Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica*, 45, 205–222. https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.15

Arellano-Plaza, M., Paez-Lerma, J. B., Soto-Cruz, N. O., Kirchmayr, M. R., & Gschaedler, A. (2022). Mezcal production in Mexico: Between tradition and commercial exploitation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1-16. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.832532

Astudillo-Melgar, F., Hernández-Chávez, G., Rodríguez-Alegría, M. E., Ochoa-Leyva, A., López-Munguía, A., & Escalante, A. (2025). Evaluating the temporal stability of the core microbiota in traditional Mexican pulque fermentation. *Food Bioscience*, 71, 107306. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107306

Bautista-Moreno, F. A., Giles-Gómez, M., Silva-Chávez, M. A., Severiano-Pérez, P., Rodríguez-Alegría, M. E., Hernández, G., Bolívar, F., & Escalante, A. (2025). Design of a minimal starter culture for controlled fermentation of maguey sap: Microbial and sensory comparison with traditional pulque. *Food Bioscience*, 74, 107880. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107880

Carmona, J. E., Morales-Martínez, T. K., Mussatto, S. I., Castillo-Quiroz, D., & Ríos-González, L. J. (2017). Propiedades químicas, estructurales y funcionales de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(42), 100–122. https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i42.19

Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal. (2026). *Informe estadístico anual del sector mezcalero 2025: Volumen certificado de producción, envasado y comercialización*. COMERCAM. https://www.comercam.org

Consejo Regulador del Tequila. (2026). *Información estadística del sector tequilero: Cierre de producción y exportación 2025*. CRT. https://www.crt.org.mx

Díaz-Montaño, D. M. (2025). Influence of selected native yeast strains on fermentation behavior and chemical profile in *Agave tequilana* (blue Weber agave) juice fermentation for tequila production. *Food Bioscience*, 63, 105552. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105552

Figueroa-Urbina, C. J., Arce-Cervantes, O., & Castañeda-Ovando, A. (2024). Diversidad de agaves utilizados para la producción de jarabe de aguamiel en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, 58, 265–290. https://doi.org/10.18387/polibotanica.58.19

Fragoso-Gadea, T., Gutiérrez, A., Coronado, M. L., Terrazas, T., Ramos-Clamont, G., Vázquez-Moreno, L., Álvarez-Bajo, O., & Esqueda, M. (2021). Poblaciones silvestres de *Agave angustifolia* (Asparagaceae) de Sonora, México: variación morfológica y contenido de azúcares. *Acta Botánica Mexicana*, 128, e1889. https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1889

García-Mendoza, A., Franco-Martínez, I. S., & Sandoval-Gutiérrez, D. (2019). Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, e1461. https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461

García-Núñez, R. M., Galán-Reséndiz, M., Cuevas-Sánchez, J. A., & Álvarez-Hernández, R. (2020). Identificación y caracterización morfológica de agaves en sistemas agroforestales con metepantle en tierras campesinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 917-929. https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/es/article/view/2468/3257

León-Vázquez, N. I., Campos-Ángeles, G. V., Enríquez-del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V. A., Marini-Zúñiga, F., & Rodríguez-Ortiz, G. (2013). Diversidad de especies de agave en San Miguel Tilquiapam, Ocotlán, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1185-1195. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i6.1282

Guevara-Gutiérrez, R. D., Macias-López, V., Olguín-López, J. L., Barreto-García, O. A., Ramírez-Romero, J. M., & Mancilla-Villa, O. R. (2026). Agave azul: motor de deforestación, transformación del patrón de cultivo y erosión del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17(5), e4205. https://doi.org/10.29312/remexca.v17i5.4205

Mandujano-Bueno, A., Pons-Hernández, J. L., Paredes-Melesio, R., & García-Meza, P. (2018). Diversidad genética de maguey (Agave spp.) en las sierras y llanuras del norte de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 511-523. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1212

Pérez-Molphe-Balch, E., Esparza-Araiza, M. J., & Pérez-Reyes, M. E. (2012). Conservación in vitro de germoplasma de Agave spp. bajo condiciones de crecimiento retardado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(4), 279-287. https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35n4/v35n4a4.pdf

Pérez-Miranda, R., González-Hernández, A., Romero-Sánchez, A., Velasco-Bautista, E., Carrillo-Anzures, F., & Acosta-Mireles, M. (2026). Aptitud del terreno para el establecimiento de plantaciones de agave espadín en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17(5), e4205. https://doi.org/10.29312/remexca.v17i5.4002

Rocha-Arriaga, C., & Cruz-Ramírez, A. (2022). Yeast and nonyeast fungi: The hidden allies in pulque fermentation. *Current Opinion in Food Science*, 47, 100878. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100878

Rodríguez-Contreras, F. E., Martínez-Rivera, L. M., & Palomera-García, C. (2017). Contextualización socioambiental del agave en Tonaya, Jalisco, México. *Región y Sociedad*, 29(70), 71–102. https://doi.org/10.22198/rys.2017.70.a406

Rojas-Rivas, E., Espinoza-Ortega, A., Thomé-Ortiz, H., & Moctezuma-Pérez, S. (2018). Consumers' perception of pulque in Mexico. *Journal of Ethnic Foods*, 5(4), 311–316. https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.10.002

Sánchez-Fernández, R. E., Pérez-López, A., Morales-Solís, A., Manilla-Téllez, Y., Reyes-Carmona, E. D., & Avila-Uribe, G. (2025). Chemistry of Mezcal: Volatile Profile of Artisanal Mezcal Made from Wild Agaves of Oaxaca. *Foods*, 14(7), 1222. https://doi.org/10.3390/foods14071222

Sánchez-Soto, A. (2016). Necesidades de información y comportamiento informativo de los agricultores de agave azul de Tequila, Jalisco: un estudio de caso. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*, 30(69), 143–178. https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.04.016

Sandoval-García, R., Sandoval-García, C., Sandoval-García, C., & Marroquín-Morales, P. (2024). Pérdida de ecosistemas forestales en dos subcuencas del estado de Oaxaca, México, por el incremento de plantaciones de *Agave*. *Acta Botánica Mexicana*, (131), e2261. https://doi.org/10.21829/abm131.2024.2261

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2014). Especies de plantas con flor prioritarias para la conservación. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet9529.html

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Estadísticas de producción agrícola: agave en México*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de https://www.gob.mx/siap

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2026). *Anuario estadístico de la producción agrícola 2025: Cierre de la producción de maguey pulquero y aguamiel*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.gob.mx/siap

Stewart, J. R. (2015). *Agave as a model CAM crop system for a warming and drying world*. Frontiers in Plant Science, 6, Article 684. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00684

Valdivieso-Solís, D. G., Vargas-Escamilla, C. A., Mondragón-Contreras, N., Galván-Valle, G. A., Gilés-Gómez, M., Bolívar, F., & Escalante, A. (2021). Sustainable Production of Pulque and Maguey in Mexico: Current Situation and Perspectives. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 1-19. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.678168.

**Aviso legal/Nota del editor**: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Agraria ni de sus editores. Agraria y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.