

Agave: importancia y aplicaciones en México

Agave: value and applications in Mexico

Dra. Mónica Alejandra Robles Arias

Dra. Alma Elizabeth Cruz Guerrero

Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa,
Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México. C.P. 09340, México.

Correo electrónico: aec@xanum.uam.mx

ORCID: 0000-0002-9686-2267

Área de Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

Resumen

México es un país que cuenta con una gran biodiversidad de plantas. Entre esta vasta vegetación se encuentra la planta de agave, cuyo uso abarca diversas áreas. El agave es originario de México y de las 272 especies reportadas, 135 se consideran especies endémicas. Sin embargo, debido a su importancia económica destacan el *Agave tequilana* Weber Azul del cual se obtiene el tequila y el *Agave salmiana* o mejor conocido como agave pulquero. No obstante, su uso va más allá de la elaboración de bebidas alcohólicas. Por ejemplo, la planta de agave ha sido empleada con fines ornamentales siendo el *Agave victoria* y el *Agave americana* los más populares. Además, ha sido empleado para marcar límites dentro de las parcelas, concepto mejor conocido como “metepantle”. Como uso doméstico, es empleado en la elaboración de cepillos, escobas, platos, etc. Más aún, el agave, tiene presencia en la gastronomía mexicana, ya sea como condimento o su consumo directo, como la flor de maguey capeada. Adicionalmente, se le han atribuido propiedades medicinales, tales como antiséptico o para el tratamiento de enfermedades hepáticas. Debido a ello, se han realizado investigaciones cuyo objetivo consiste en establecer cuáles son los componentes con actividad bioactiva responsables de los efectos benéficos en la salud. Dado los múltiples campos de aplicación que tiene la planta de agave, la finalidad de este artículo es brindar información al lector para que conozca más de esta maravillosa planta y algunos ejemplos de sus tan diversos usos.

Palabras clave: *Agave, propiedades medicinales, compuestos bioactivos.*

Abstract

Mexico is a megadiverse country with a great biodiversity of plants and animals. Among this vast vegetation we can find the agave plant which has wide applications, we refer to the agave. The agave is considered native to Mexico and of its

approximately 272 reported species, 135 are considered endemic species. However, due to its economic importance, the *Agave tequilana* Weber Azul, from which tequila is obtained, and the *Agave salmiana* or better known as agave pulquero stands out. However, its use goes beyond the production of alcoholic beverages. For example, the agave plant has been used for ornamental purposes, with *Agave victoria* and *Agave americana* being the most popular. Additionally, it has been used to mark boundaries within plots, a concept better known as "metepantle". As domestic used, it is employed to make brushes, brooms, plates, etc. Furthermore, the agave has a presence in Mexican gastronomy, either as a condiment or its direct consumption, like the battered maguey flower. Furthermore, medicinal properties have been attributed to it, such as antiseptic or for the treatment of liver diseases. Due to this, research about establishing which are the components with bioactive activity responsible for the beneficial effects on health have been carried out. Given the multiple fields of application that the agave plant has, the purpose of this article is to give the reader closer to learning more about this wonderful plant and some examples of its many diverse uses.

Keywords: *Agave, medicinal properties, bioactive compounds.*

INTRODUCCIÓN

México es un país que cuenta con una gran biodiversidad de plantas y animales, de acuerdo con datos reportado en 2018 por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se ubica en el quinto lugar de entre los 12 países megadiversos del mundo. Entre toda esta vasta vegetación se halla la planta de agave. Esta planta surgió hace aproximadamente 8 millones de años, su nombre proviene del griego *Agavos* que significa "admirable o noble" (Eguiarte & Gónzales-Gonzáles, 2007). Sus hojas son grandes y carnosas, con espinas en su contorno y una terminación en aguja fina.

El agave es considerado originario de México. De sus 272 especies reportadas, 135 se consideran especies endémicas. Sin embargo, son dos especies las que destacan económicamente: el *Agave tequilana* Weber Azul del cual se obtiene el tequila y el *Agave salmiana* o mejor conocido como agave pulquero (Montañes-Soto y col., 2011; SIAP, 2018b).

El *Agave tequilana* Weber Azul es una planta que está integrada por hojas (también llamadas pencas) y tallo, las cuales al unirse comprenden la porción conocida como piña que, al cosecharse, es empleada para la producción de tequila y recientemente para la producción de miel de agave e inulina (Bautista-Justo y col., 2001; Ceja-Ramírez y col., 2017; Montañes-Soto y col., 2011) (**Figura 1a**).

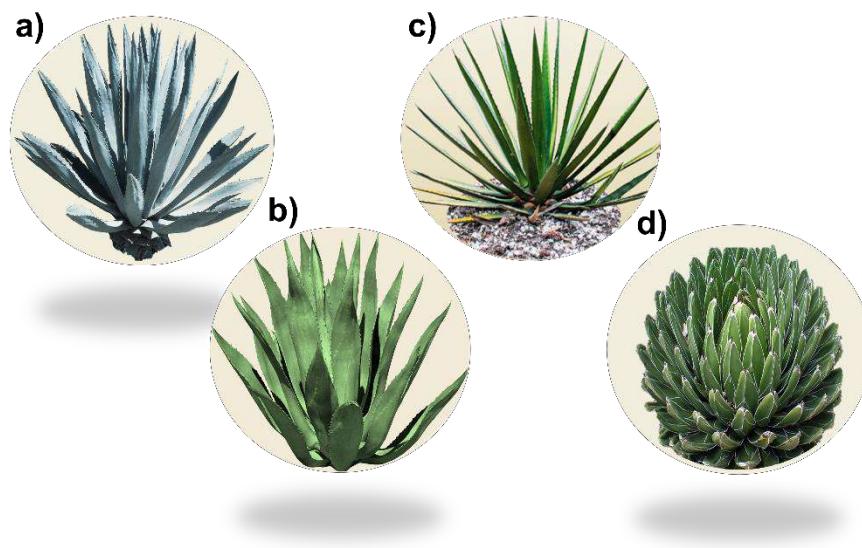


Figura 1. Anatomía del Agave. a) *Agave tequilana* Weber Azul. b) *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck. c) *Agave lechuguilla*. d) *Agave victoria-reginae*

El *Agave salmiana* es empleado para la elaboración de pulque. Esta planta presenta un color verde opaco, pasando por el verde claro, verde amarillento al verde azulado

y se caracteriza por lo alto y ancho de sus pencas, las cuales llegan a medir hasta 3 m de altura y 28 cm de ancho (Cruz-Vasconcelos, 2019) **(Figura1b)**.

A pesar de que las especies antes mencionadas presentan una relevancia económica debido a las bebidas que de ellas se obtienen, existen otras especies importantes en cada uno de sus ámbitos. Por ejemplo, el *Agave victoriae-reginae* (originaria de México) es empleada con fines ornamentales y es muy popular gracias a su llamativo aspecto. Desafortunadamente, esta especie se encuentra en grave peligro de extinción debido a su extracción intensiva de su hábitat natural con fines lucrativos (González-Elizondo y col. 2015).

Por otra parte, el *Agave lechuguilla*, es empleado para la extracción de fibras las cuales son empleadas principalmente para la elaboración de cepillos, siendo el 93% de su producción exportada a Estados Unidos, Países Bajos, Suiza y Honduras, países donde México es el único exportador (Carmona y col. 2017).

Pese a que la planta de agave ha destacado por su uso en la producción de bebidas alcohólicas como el tequila y el mezcal, su uso abarca desde productos alimenticios, domésticos, textil y hasta la construcción. El objetivo de este artículo es ampliar el panorama limitado a las bebidas alcohólicas que se tienen del agave y acercar a los lectores a los diversos usos que se le ha dado a esta planta desde tiempos remotos hasta investigaciones innovadoras alrededor del agave.

1. EL AGAVE EN MÉXICO

En México, se encuentra exclusivamente, poco más de la mitad de todas las especies de agave actualmente conocidas, siendo los territorios del Altiplano Mexicano su lugar de origen. Dicha región abarca desde el centro del país hacia el norte, siendo la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental quienes marcan los límites oriente y poniente. A pesar de ser este su centro de origen, sus especies

se diversificaron, permitiéndonos encontrar diferentes especies a lo largo del país (CONABIO, 2021) (**Figura 2**), esto, debido en gran parte a su capacidad de sobrevivir con una disminución en el contenido de agua de sus tejidos de hasta 80 o 90% (Ramírez-Tobías, 2014). Por ejemplo, el *Agave angustifolia* Haw, conocido como “maguey delgado” o “espadín, se distribuye principalmente a lo largo de toda la República Mexicana siendo esta variedad la fuente de bebidas alcohólicas como el bacanora y el mezcal (Barrientos-Rivera y col., 2019). Por su parte, el *Agave americana* variedad *oaxacensis*, solamente se encuentra domesticada en la zona donde se une el valle de Tehuacán en Oaxaca y el extremo oriental de la cuenca del Balsas (ubicada en límite entre los estados de Guerrero y Michoacán) a partir de esta especie es posible obtener el mezcal, sin embargo, la producción de dicha bebida se ve limitada debido a que esta especie tarda alrededor de 20 años en madurar (CONABIO, 2021).



Figura 2. Distribución de los agaves en México.

2. USOS DE LA PLANTA DE AGAVE

Se sabe que los agaves han sido muy importantes en Mesoamérica desde hace 9,000 años, es más, los Huicholes, describieron al agave como la primera planta creada por Dios. Es tal la diversidad de esta planta que, tan sólo en Yucatán se encuentran reportadas al menos unas 40 formas de empleo, entre las que destacan la obtención de bebidas como el pulque, aguamiel, tequila, bacanora y el mezcal entre otros, sin embargo, el uso de la planta de agave se extiende más allá de la elaboración de bebidas alcohólicas (García-Mendoza y col., 2017).

2.1. ORNATO

A pesar del interés comercial e industrial del agave, esta planta también embellece el campo mexicano por lo que en muchos hogares es empleado con fines ornamentales (**Figura 3a, b**). Además, no requieren de mayor cuidado y pueden crecer fácilmente tanto en maceta como directo en el suelo. Algunos de los agaves ornamentales más vistosos son el *Agave victoria reginae* (**Figura 3a**) el cual es un hermoso agave succulento que posee hojas no muy alargadas, cortas y rígidas cuya floración se da entre los meses de junio a agosto. El *Agave americana* (**Figura 3b**), es una de las especies que se observa con más frecuencia en los jardines mexicanos, se caracteriza por sus hojas lanceoladas, alargadas, con espinas a lo largo de los bordes y con inflorescencias que llegan a medir hasta 10 m de altura (García-Suárez & Serrano, 2021).

Sin embargo, la planta de agave no se limita a embellecer el paisaje donde se encuentra, en muchos estados distintas partes de la planta son empleados con otros fines, por ejemplo, las semillas son destinadas para la elaboración de sonajas, adornos corporales o juguetes para niños, mientras que, las fibras del tallo de la flor del maguey (también conocidas como quiote) embellecen los tocados para mujeres (**Figura 3c**) (Esparza-Ibarra y col., 2015).



Figura 3. Usos ornamentales de la planta de agave. **a)** *Agave victoria reginae*. **b)** *Agave americana*. **c)** Productos elaborados con semillas de agave.

2.2. USO DOMÉSTICO

En los hogares mexicanos el agave ha tenido un uso muy diverso, en el cual se ha aprovechado las bondades de la planta en general, por ejemplo, con sus raíces se han elaborado cepillos para lavar, escobas y canastas (**Figura 4a**); mientras que sus espinas han sido empleadas como clavos, incluso, las púas con fibras han servido como aguja con hilo incluido. Además, en algunos estados como Hidalgo donde se acostumbra a cocinar barbacoa de hoyo, siendo el agave utilizado para cubrir dicho alimento (**Figura 4b**). Así mismo, desde civilizaciones prehispánicas hasta nuestros días se han utilizado las pencas de agave como recipientes para comida, de hecho, recientemente se ha empleado la fibra del agave para la elaboración de plásticos biodegradables destinados a la elaboración de recipientes para comida, cubiertos desechables, etc. (López-Montúfar & Anzures-Jaimes, 2014; Bioplásticos, 2020).



Figura 4. Uso del agave en el hogar. **a)** Productos domésticos elaborados a partir de la planta. **b)** Elaboración de la barbacoa.

2.3. COMIDA Y CONDIMENTOS

La cocina mexicana se distingue por su gran variedad de sabores y aromas en sus platillos, por lo que no es de extrañar que encontremos el agave como ingrediente, ya sea como condimento y hasta el consumo directo de la planta (**Figura 5a**). En Hidalgo, Tlaxcala y el Estado de México se consume como postre el quiote dulce del agave (**Figura 5b**). Tanto el quiote como la flor son comestibles, siendo estas servidas rellenas de queso, capeadas o la mexicana (**Figura 5c**) (SIAP, 2018a). En esta categoría también encontramos el conocido jarabe de agave (**Figura 5d**), el cual es empleado como edulcorante para sustituir el uso del azúcar refinado, debido a que tiene un índice glucémico menor que el azúcar común. Además, entre sus pencas y raíces, podemos encontrar insectos comestibles que evocan la alimentación prehispánica, los conocidos gusanos de maguey y los escamoles (**Figura 5e**) (Onofre-Sánchez y col., 2022).



Figura 5. Productos alimenticios obtenidos a partir de la planta de agave. **a)** Planta de agave en floración. **b)** Quiote dulce. **c)** Flor de agave capeada. **d)** Jarabe de agave. **e)** Gusanos de maguey.

2.4. CONSTRUCCIÓN

Aunque parece difícil de creer, el agave también es empleado en la rama de la construcción. Por ejemplo, el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (CUAAD) diseñó un prototipo de muro ecológico creado a partir de la mezcla de la fibra de agave y hiel seco (Gonzáles & Ballesteros, 2015). Por otro lado, investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de México, han trabajado en la creación de bloques de adobe a partir de residuos de agave (Ruíz-Serrano, 2002), mientras que en algunos estados como Oaxaca emplean los quiotes secos y las pencas de maguey para construir los techos en las casas (**Figura 6a**), así como palapas que aportan sombra a los trabajadores en el campo (**Figura 6b**) (REZPIRAL, 2020).

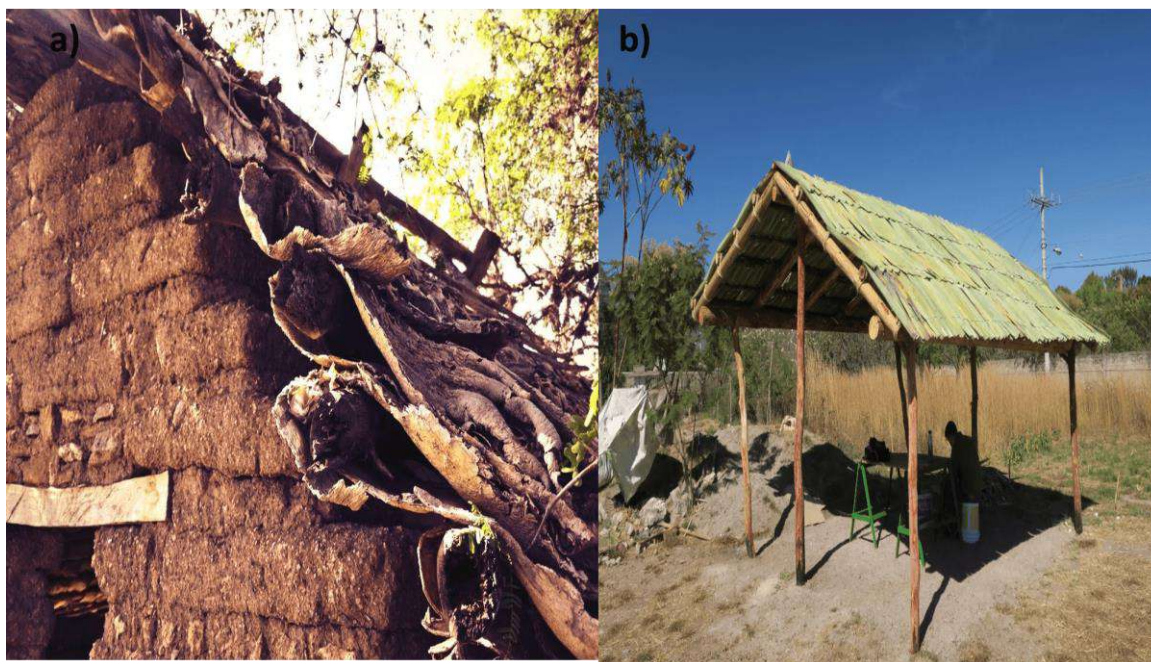


Figura 6. Uso de la penca de agave como techo en la elaboración de **a)** casas y **b)** palapas.

2.5. BEBIDAS

Como bien sabemos, el agave es conocido en su mayoría por las bebidas elaboradas a partir de él, siendo las más populares el tequila y el mezcal (**Figura 7 a, d**) (que incluso tienen denominación de origen) así como el aguamiel y el pulque. No obstante, existen otras bebidas que se obtienen a partir de esta planta y que, sin embargo, no son tan populares. Ejemplo de ello, es el bacanora (**Figura 7b**), destilado que se obtiene a partir del agave espadín. El bacanora, es un producto típico de Sonora que cuenta con denominación de origen. Pese a que, en el entonces gobierno de Plutarco Elías Calles, se prohibió su producción y consumo, y aunque no se eliminó por completo, la prohibición de ese entonces ha tenido consecuencias visibles hasta nuestros días (Domínguez-Arista, 2020).

Posiblemente sea una de las razones por la cual, el bacanora no goza de tanta popularidad como el mezcal y el tequila. Otro ejemplo de bebidas a partir del agave es el aguamiel (**Figura 7c**) conocido también como clachique, urapi o tlachique. Esta bebida se obtiene principalmente del maguey pulquero y se encuentra fácilmente en estados como Zacatecas, Tlaxcala, Michoacán, Puebla, etc. Sin embargo, se tiene conocimiento de que el aguamiel ya se extraía en el año 200 a.C. en Tula, Teotihuacan y Tulancingo. Cabe mencionar, que esta bebida tiene la ventaja de contener todos los aminoácidos esenciales (excepto la metionina), así como ser rica en vitaminas como la biotina y niacina (Escalante y col., 2011).

Otro de los productos más conocidos que se obtiene a partir del agave es el pulque, el cual se elabora mediante la fermentación del aguamiel. El consumo del pulque se ha ido modificando con los años. En la época prehispánica, su consumo era únicamente en rituales u ofrecido a los dioses como ofrenda, de hecho, fuera de esas fechas, sólo se les permitía consumirlo a los ancianos (Erlewein y col., 2013). Actualmente su consumo es en toda la República Mexicana y parte de los Estados Unidos, siendo el Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Michoacán los estados con mayor producción y consumo (SAGARPA, 2015). No obstante, su consumo, no se limita a satisfacer nuestro paladar, en esta bebida, podemos encontrar un sin número de bacterias probióticas que ejercen una influencia positiva en la salud de sus consumidores, dentro de las bacterias que podemos encontrar destacan diferentes cepas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, así como *Leuconostoc* (Rodríguez-Juárez y col., 2021).

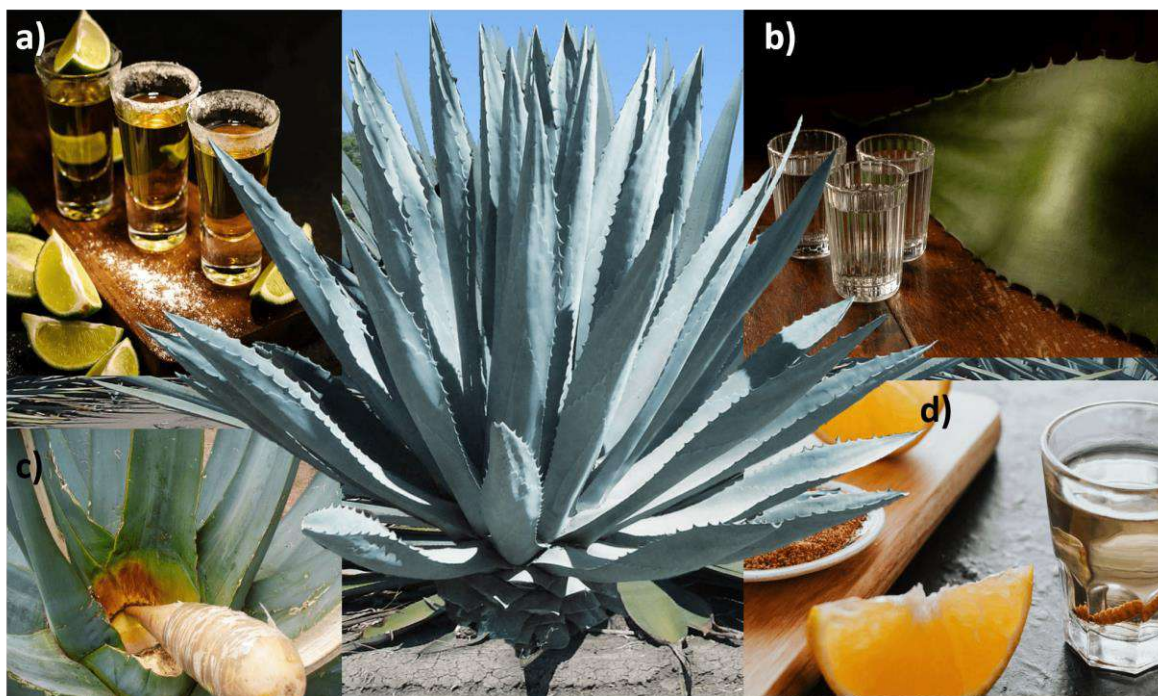


Figura 7. Bebidas alcohólicas obtenidas a partir de la planta de agave. **a)** Tequila. **b)** Bacanora. **c)** Aguamiel. **d)** Mezcal.

2.6. PROPIEDADES MEDICINALES

Desde tiempos remotos hasta la fecha, se ha utilizado la planta de agave como remedio para tratar distintos malestares. Antiguamente, era empleado entre los pobres y combatientes en las guerras para tratar infecciones. Sin embargo, las propiedades medicinales asociadas a la planta de agave se han diversificado a lo largo de los años (Escalona-Paneque y col., 2019). En la **Figura 8** se muestra algunos ejemplos de ello. Debido a las propiedades antisépticas tanto externas e internas de la savia del agave (llamada aguamiel), esta ha sido empleada para tratar desordenes digestivos causados por bacterias, como, por ejemplo, *Helicobacter pylori*, causante, además, de úlceras intestinales (Frisby-Morales y col., 2018). En

general, sus recomendaciones como planta medicinal abarcan desde el tratamiento de tuberculosis pulmonar (empleando el extracto de la raíz), tratamiento de enfermedades hepáticas, empleando directamente las hojas secas o en infusión. Mientras que, la fibra remojada en agua sirve como tónico en casos de alopecia (Escalona-Paneque y col., 2019).

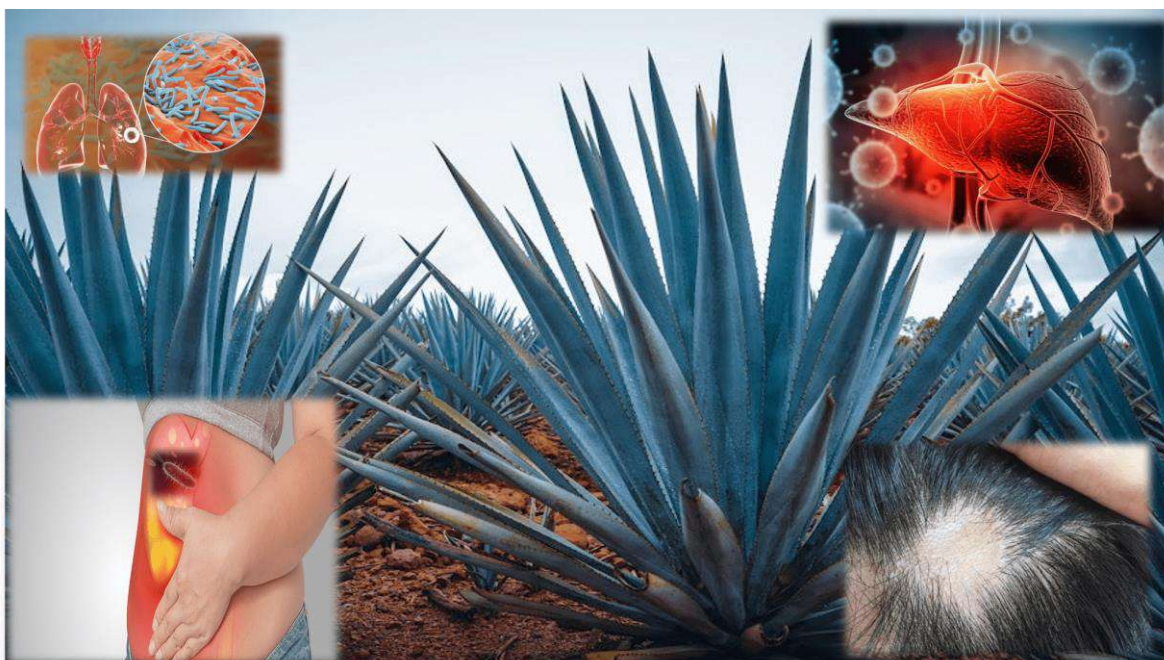


Figura 8. Usos medicinales de la planta de agave.

2.7. USO DEL MAGUEY EN LA AGRONOMÍA

Hace más de dos mil años, agricultores de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y el Estado de México, practicaban el cultivo de milpas entre hileras de magueyes, llamando a este sistema “metepantle” (Viniegra-González, 2019). La palabra metepantle proviene de los vocablos “metl” maguey o agave y “pantli” bandera o división, y a pesar de ser

una práctica ancestral, es aún empleada en nuestros días, aunque no con el mismo auge que en épocas pasadas. Esta práctica consiste en el cultivo del maguey en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno (García-Nuñez y col., 2020) **(Figura 9a)**.

En Tlaxcala, los magueyes son ampliamente usados para marcar límites dentro de las parcelas, lo que ayuda a disminuir el efecto de las heladas, así como evitar la erosión de suelos en áreas deforestadas por efecto de la fuerza del viento y del agua **(Figura 9b)**. Además, ofrece los beneficios de obtener bebidas como el pulque o aguamiel, alimento como los gusanos de maguey, escamoles y flores comestibles, etc. (SEMARNAT, 2019).



Figura 9. Uso del agave en la agronomía. **a)** Metepantle. **b)** Disminuir erosión en áreas deforestadas.

3. INVESTIGACIONES RECIENTES

Estudios que se están llevando a cabo sobre el agave han permitido esclarecer que compuestos son los responsables de los beneficios que tiene esta planta. En la **Figura 10**, se muestran algunos efectos benéficos que se han encontrado, por ejemplo, se ha reportado que los fructanos presentes en el agave contribuyen a disminuir la ganancia de peso, niveles de glucosa en sangre, además un bioconjugado fructanos-laurato induce la disminución de triglicéridos (Padilla-Camberos y col., 2023). Además, estos fructanos, presentan actividad prebiótica, ayudando al crecimiento de bacterias benéficas en el organismo de los consumidores, regulan el tránsito intestinal, la absorción de minerales y están relacionados con la inmunidad (Pineda-Tapia y col., 2021) (**Figura 10a**).

Adicionalmente, debido a la presencia de fitoquímicos como las saponinas y flavonoides, se le atribuyen al agave propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas (**Figura 10b**) (Álvarez-Chávez y col., 2021). Por su parte, las sapogeninas, han sido empleadas en la industria farmacéutica como precursores en la síntesis de hormonas esteroidales, así como su uso en el desarrollo de antiinflamatorios. En la planta de agave, se encuentra la hecogenina; sapogenina responsable del mayor efecto terapéutico de esta planta (Ingawale, 2020)

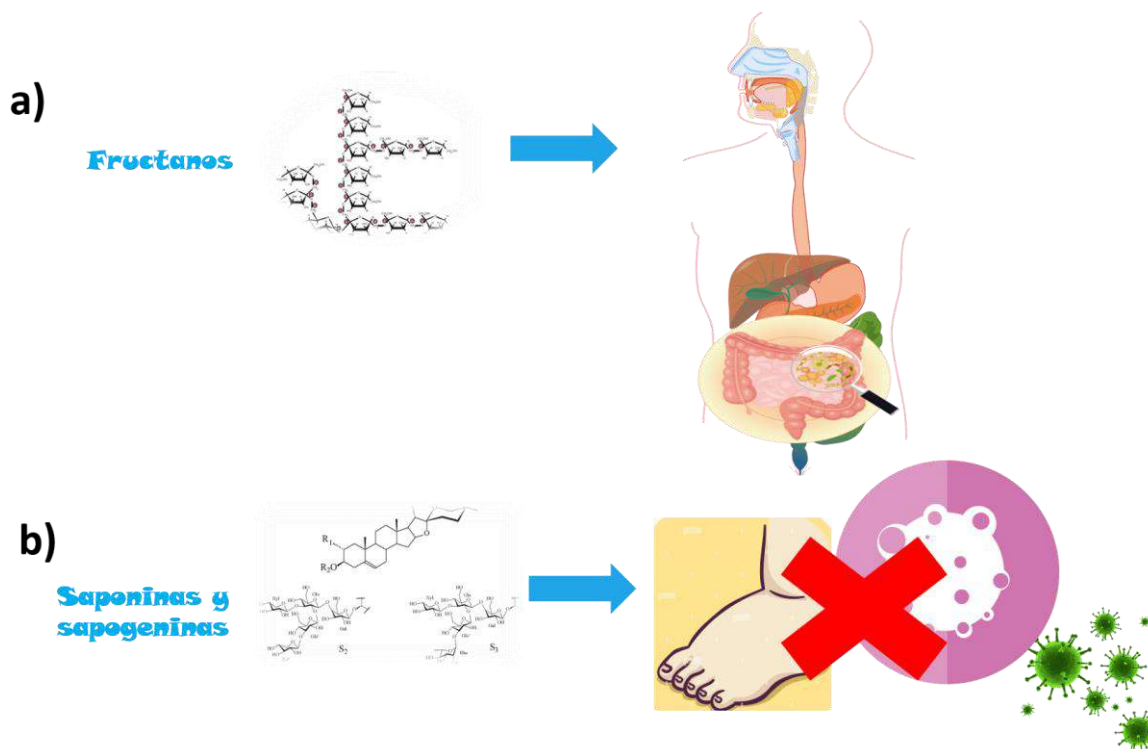


Figura 10. Efectos benéficos a la salud de compuestos recientemente encontrados en la planta de agave a) Actividad prebiótica. b) Efectos de las saponinas y sapogeninas como antiviral, anticancerígeno y antiinflamatorio

CONCLUSIONES

El agave es una planta que desde tiempos remotos hasta los actuales ha estado presente en nuestras vidas, sin embargo, su uso ha ido variando con el fin de adaptarse tanto a nuestras necesidades básicas; ya sea empleando distintas partes de la planta como instrumentos, adornos o para elaborar remedios para tratar distintos malestares, hasta la elaboración de distintas bebidas que se satisfagan los gustos no solo de la población mexicana, si no del mundo entero. No obstante, el desarrollo de la ciencia ha permitido encontrar una excelente materia prima a partir de la cual podemos extraer compuestos que aporten múltiples beneficios a la salud

de sus consumidores, por ejemplo, el efecto prebiótico de los fructanos, o las múltiples actividades biológicas que presentan las saponinas y sapogeninas. Sin embargo, mientras la ciencia avanza y nos da la oportunidad de acceder específicamente a los compuestos antes mencionados, sigamos disfrutando de la planta de agave y sus múltiples beneficios, ya sea consumiéndola como alimento y condimento, así como las bebidas elaboradas a partir del agave como el pulque y el aguamiel.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para el estudiante de posdoctorado MARA. Además, agradecen a la Universidad Autónoma Metropolitana por el financiamiento para la elaboración de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Chávez, J., Villamiel, M., Santos-Zea, L. & Ramírez-Jiménez, A. K. (2021). Agave by-products: An overview of their nutraceutical value, current applications, and processing methods. *Polysaccharides*, 2(3): 720-743.

Axioma Group S.A.S (2017). Bioplástico mexicano hecho con agave. Tecnología del plástico. [En línea]. Disponible en: <https://www.plastico.com/es/noticias/bioplastico-mexicano-hecho-con-agave>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023

Barrientos-Rivera, G., Esparza-Ibarra, E. L., Segura-Pacheco, H. R., Talavera-Mendoza, Ó., Sampedro-Rosas, M. L. & Hernández-Castro, E. (2019). Caracterización morfológica de *Agave angustifolia* y su conservación en Guerrero, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(3): 655-668.

Bautista-Justo, M., García-Oropeza, L., Corona, J. B. & Parra-Negrete, L. A. (2001). El *Agave tequilana* Weber y la producción de tequila. *Acta Universitaria*. 11(2): 26-34.

CONABIO (2021) Diversidad biológica Magueyes. Biodiversidad mexicana. [En línea]- Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/magueyes/diversidad-magueyes>. Fecha de consulta: 2 de febrero 2023.

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.

Ceja-Ramírez, R., González-Eguiarte, D. R., Ruiz-Corral, J. A., Rendón-Salcido, L. A. & Flores-Garnica, J. G. (2017). Detección de restricciones en la producción de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. azul) mediante percepción remota. *Terra Latinoamericana*. 35(3): 259-268.

Cruz, M.S, Barroso, S.C, Navoni, J.A, Teles, M. M. R. S., Barbosa-Filho J.M., de Oliveira-Rocha, H.A., do Amaral, V. S. (2016). Effect of Hecogenin on DNA instability. *Toxicology Reports*. 3: 539-543.

Cruz-Vasconcelos, S. T. (2019). Crecimiento y fisiología de maguey pulquero (*Agave salmiana* Ottoo ex Salm-Dyck) obtenido por semilla. [En línea]. Disponible en <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3201> Fecha de consulta: 2 de febrero 2023.

Domínguez-Arista, D. R. (2020). Bacanora, mezcal of Sonora: From clandestinity to Denomination of Origin. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*. 30(56):2-23.

Eguiarte, L. & González-González, A. (2007). De genes y magueyes estudio y conservación de los recursos genéticos del tequila y el mezcal. *Ciencias*. 087.

Erlwein, S., Mira-Tapia, J. R. & Velasco- Pegueros. A. (2013). Proceso de elaboración del pulque, su importancia económica y concepción social en Apan, Hidalgo. *Ejercicios etnográficos, aprendiendo a investigar*. [En línea]. Disponible en: <https://www.enah.edu.mx/publicaciones/documentos/32.pdf>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023.

Escalante, A., Giles-Gómez, M., Esquivel-Flores, G., Matus-Acuña, V., Moreno-Terrazas, R., López-Munguía, A. & Lappe-Oliveras, P. (2011). In Y. H. Hui, E. (Eds) *Pulque Fermentation. Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology* (pp. 691-706). Boca Ratón, Florida.

Esparza-Ibarra, E. L., Violante-González, J., Monks, S., Cadena-Iñiguez, J., Araujo-Andrade, C. & Rössel-Kipping, E. D. (2015). Los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y Zacatecano. *Estudios en biodiversidad*. Volumen I (pp227-245) Zea Books. Lincoln, Nebraska.

Frisby-Morales, A., Córdova-Yáñez, A. & Medina-Ortiz, F. A. (2018). Diversificación en el uso del agave del bacanora: oportunidad económica para Sonora. [En línea]. Disponible en: http://ru.iiiec.unam.mx/4278/1/4-Vol2_Parte2_Eje12_Cap1-039-Frisby-Cordova-Medina.pdf Fecha de consulta. 2 de febrero de 2023.

García-Mendoza, A., Cházaro-Basañez, M. J., Nieto-Sotelo, J., Sánchez-Teyer, L., Tapia, E., Gómez-Leyva, J., Tamayo-Ordoñez, M. Narváez-Zapata, J. A., Rodríguez-Garay, B., Palomino-Hasbach, G.A., Martínez-Ramón, J., Martínez-Rodríguez, J. C., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G., Beltrán-García, M. J., Quí-Zapata, J. A., Guzmán-Mendoza, R., Mercado-Flores, Y., Ragazzo-Sánchez, J. A., Calderón-Santoyo, M. & Gutiérrez-Mora, A. (2017). Panorama del aprovechamiento de los Agaves en México. *Red Temática Mexicana*

Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves (pp. 49)
AGARED. México.

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.

García-Suárez, M. D. & Serrano, H.. 2021. Agaves de ornato *asparagaceae*. Tecnoagro. 149. [En línea]. Disponible en: <https://tecnoagro.com.mx/no.-149/agaves-de-ornato-asparagaceae>. Fecha de consulta. 2 de febrero de 2023.

González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., López-Enríquez, I. L., Reséndiz-Rojas, L., Tena-Flores, J. A. & Retana-Rentería, F. I. (2011). El complejo Agave victoriae-reginae (Agavaceae). *Acta botánica mexicana*. (95): 65-94.

González, M. & Ballesteros, A. (2015). Crean muros ecológicos con fibra de agave y hielo seco. Universidad de Guadalajara. Red Universitaria de Jalisco. [En línea]. Disponible en: <https://www.udg.mx/es/noticia/crean-muros-ecologicos-con-fibra-de-agave-y-hielo-seco>. Fecha de consulta 2 de febrero de 2023

Ingawale (Mandlik) D. K. (2020). Saponins and sapogenins of agave with respect to diverse pharmacological role of hecogenin: Pharmacological Role of Hecogenin. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 12(2): 1–7.

Lara, L. (2020). Concreto con adición de fibras de *Agave americana* L. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales, en San Carlos - Huancayo. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7479>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023.

López-Montúfar, A. & Anzures-Jaimes, N. (2014). El registro arqueológico e histórico del maguey. *Arqueología Mexicana*. 57: 12-13.

Montañez-Soto, J., Venegas-González, J., Vivar-Vera, M. & Ramos-Ramírez, E. (2011). Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber azul. *Bioagro*. 23(3): 199-206.

Onofre-Sánchez, J., Testón-Franco, N. & Pinón-Vargas, M. (2022). La entomofagia y florifagia en el Valle del Mezquital, Hidalgo México, valor cultural y uso alimentario. *Sosquua*. 4(1): 9–21.

Padilla-Camberos, E., Arrizon, J. & Sandoval, G. (2023). Effect of Agave Fructan Bioconjugates on Metabolic Syndrome Parameters in a Murine Model. *Pharmaceuticals*. 16(3): 412.

Paneque-Escalona, T., Polanco-Arias, M., Jiménez-Nogueras, C. & Piquera-Palomino, Y. (2019). Estudio etnofarmacológico de algunas especies endémicas de agave utilizados en la medicina tradicional. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8297>. Fecha de consulta. 2 de febrero de 2023.

Pineda-Tapia, F. J., Villarruel-López, A. & Iñiguez-Muñoz, L. E. (2022). Efectos de los fructanos del Agave mexicano como potencial prebiótico y su importancia en la microbiota humana. *Acta de Ciencia en Salud*. 16: 39-44.

Ramírez-Tobías, H. M., Pena-Valdivia, C. B. & Aguirre, J. R. (2014). Biochemical and physiological responses of Agave Species to moisture restriction. *Botanical Sciences*. 92(1): 131-139.

REZPIRAL (2020). [En línea]. Disponible en: <https://rezpiral.com/rezidency/4-casas-de-maguey-bio-construccion-con-marco-sanchez/>. Fecha de consulta. 6 de febrero de 2023

Rodríguez-Juarez, F.A., Carrasco-Urbina, H. S. & Hernández-Zapata, A. (2021). Pulque: contenido probiótico y potencial en la industria biotecnológica. *RD-ICUAP*. 7(20): 95-110.

Ruíz-Serrano (2019). Conformación de bloques de adobe con residuos de agave "Angustifolia Haw". Estrategia para el desarrollo Local sustentable en Santa María La Asunción, Zumpahuacán, Estado de México. [En línea]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105029>. Fecha de consulta 2 de febrero de 2023.

SAGARPA (2015). Pulque, bebida de Dioses. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/pulque-bebida-de-dioses#:~:text=El%20pulque%20es%20tan%20famoso,%2C%20Tlaxcala%2C%20Morelos%20y%20Michoac%C3%A1n>. Fecha de consulta. 2 de febrero de 2023

SEMARNAT (2018). México, biodiversidad que asombra. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-biodiversidad-que-asombra>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023

SEMARNAT (2019). Experiencias de agroforestería. [En línea]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/106048/EXPERIENCIAS%20DE%20AGROFORESTER%C3%8DA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023.

Serrano, M. R. & Pérez, J. I. J. (2022). Elaboración de adobes con fibras de Agave angustifolia Haw. en Zumpahuacán, Estado de México. Estrategia para promover el desarrollo local sostenible. *Contexto Humano*. 1(1): 43-55.

SIAP (2018a). El quiote y sus flores, las delicias del maguey. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-quiote-y-sus-flores-las-delicias-del-maguey?idiom=es>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023.

SIAP (2018b). Pulque bendito, dulce tormento ¿Qué haces afuera? ¡Vamos pa' dentro!. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [En línea]. Disponible

en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/maguey-pulquero?idiom=es>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023.

Viniegra-González, G. (2019). El metepantle (milpa entre magueyes) antiguo sistema con futuro sostenible. Investigación y desarrollo. [En línea]. Disponible en: <https://invdes.com.mx/politica-cyt-i/el-metepantle-milpa-entre-magueyes-antiguo-sistema-con-futuro-sostenible/>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2023.