

Un método rápido y simple para disminuir la carga microbiana del aguamiel fresco de maguey pulquero (*Agave salmiana*)

A rapid and simple method for reducing the microbial load of fresh aguamiel (agave sap) from “maguey pulquero” (*Agave salmiana*)

Darío E. Hernández Islas ^a, Teresa Romero Cortes ^b, José E. Aparicio Burgos ^c, Martín Peralta Gil ^d, Jaime A. Cuervo Parra ^e, Víctor H. Pérez España ^f

Abstract:

Agave salmiana is a plant of great cultural, economic, and ecological importance in the Mexican highlands, used for obtaining fibers, food, and beverages. Among its products, aguamiel stands out, which has nutritional and medicinal properties and a low glycemic index. However, aguamiel has an extremely short shelf life (about 2 hours at room temperature) due to its high microbial load and susceptibility to fermentation. Therefore, this study focuses on the search for sterilization methods that will allow its commercialization to expand beyond the areas of production. Of the seven treatments (T1-T7) tested, treatments T4 (80 °C for 30 minutes) and T6 (63 °C for 30 minutes) proved to be the most effective, reducing the microbial load from levels of 1.5×10^6 CFU/ml (at T0) to undetectable levels or less than 3×10^2 CFU/ml. Furthermore, under these conditions, there were no significant changes in the percentage of reducing sugars, which was approximately 2.3% in the samples analysed. The ultrasound method (T7) showed a slight decrease in bacterial load. This work demonstrated that it is possible to drastically reduce the bacterial load of mead at relatively low temperatures (63 °C) without significantly altering its sugar content. These findings suggest a quick and simple method for extending the shelf life of mead, facilitating its distribution and preservation.

Keywords:

Agave salmiana, Maguey pulquero, aguamiel, agave nectar

Resumen:

El maguey pulquero (*Agave salmiana*) es una planta de gran importancia cultural, económica y ecológica en el altiplano mexicano, utilizada para la obtención de fibras, alimentos y bebidas. Entre sus productos destaca el aguamiel, la cual tiene propiedades nutricionales, medicinales y un bajo índice glucémico. Sin embargo, el aguamiel posee una vida de anaquel extremadamente corta (cerca de 2 horas a temperatura ambiente) debido a su alta carga microbiana y susceptibilidad a la fermentación. Por ello, este estudio se centra la búsqueda de métodos de esterilización que permitan expandir su comercialización más allá de las zonas de producción. De los siete tratamientos (T1-T7) probados, los tratamientos T4 (80 °C por 30 minutos) y T6 (63 °C por 30 minutos) resultaron ser los más efectivos, reduciendo la carga microbiana desde niveles de 1.5×10^6 UFC/ml (en T0) a niveles indetectables o inferiores a 3×10^2 UFC/ml. Además, bajo estas condiciones no se observaron cambios significativos en el porcentaje de azúcares reductores, el

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Apan | Apan-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0002-4872-6620>, Email: he306581@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Apan | Apan-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-2615-1435>, Email: romero@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Apan | Apan-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-7611-7825>, Email: jose_aparicio@uaeh.edu.mx

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Apan | Apan-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-1261-6633>, Email: martin_peralta10391@uaeh.edu.mx

^e Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Apan | Apan-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-6586-8914>, Email: alioscha@uaeh.edu.mx

^f Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Apan | Apan-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0003-2519-8677>, Email: victorhugo_perez@uaeh.edu.mx

cual se mantuvo en alrededor de 2.30% en las muestras analizadas. Por su parte, el tratamiento con ultrasonido (T7) mostró una leve disminución de la carga bacteriana. Este trabajo demostró que es posible reducir drásticamente la carga bacteriana del aguamiel a temperaturas relativamente bajas (63 °C), sin alterar de manera significativa su contenido de azúcares. Estos hallazgos sugieren que dicho procedimiento constituye una alternativa rápida y sencilla para prolongar la vida útil del aguamiel, lo que podría facilitar su conservación y distribución.

Palabras Clave:

Agave salmiana, *Maguey pulquero*, *aguamiel*, *agave néctar*

Introducción

El maguey pulquero (*Agave salmiana*) es una planta originaria de México, pertenece a la familia Asparagaceae que se caracteriza por grandes hojas carnosas; así como su capacidad para adaptarse a crecer en zonas semiáridas, frías y de climas secos, en suelos pobres con escasas precipitaciones (Nieto Aquino, et al., 2016). *A. salmiana* es una de las especies más grandes de maguey, alcanza alturas de hasta 3 m, juega un papel ecológico importante y evita la erosión del suelo (Moreno Vilet y Leyva Trinidad, 2020; Higuera-Orbe, 2025).

En las regiones del altiplano mexicano, esta planta tiene gran importancia cultural, económica y culinaria; se le considera una planta clave para la subsistencia y en la economía local. El maguey pulquero es aprovechado en la obtención de: fibras (ixtle), material de construcción, forraje, combustibles, alimentos (como gualumbos, quiotes, pencas y tallos florales jóvenes o "huevito") y bebidas (aguamiel y sus derivados). Además, es un ingrediente indispensable como condimento en la elaboración de platillos tradicionales como barbacoa, ximbó y mixiotes (cutícula), y para la producción de insectos comestibles, como chinicuiles y gusano blanco (Hernández Ruedas, 2010).

El aguamiel, también conocido como tlachique, néctar de agave o hidromiel, es la savia que exuda el tallo de los denominados magueyes pulqueros después que estos alcanzan su madurez fisiológica y han sido raspados, se produce naturalmente por la hidrólisis de sus fructanos. Una vez fermentada, se obtiene una bebida alcohólica llamada pulque. Sin embargo, ambas bebidas presentan una corta vida de anaquel, debido a su riqueza microbiana (Palafox González, 2017; Corona Pérez, 2025).

El aguamiel se colecta manualmente dos veces al día, directamente del cajete formado por el raspado de la piña, del corte previo del escapo floral. El tlachiquero es la persona encargada de raspar y colectar el aguamiel durante los 3 a 6 meses que dura la vida productiva del maguey. Después de ese tiempo, la planta muere (Erlwein, s.f.; Pérez España et al., 2023).

De acuerdo a lo estipulado en la Declaración de Protección de la Indicación Geográfica "Aguamiel de la Región Aguamielera de Hidalgo" (DOF, 2025), el aguamiel del estado de Hidalgo es "un líquido ambarino translúcido, de olor característico y sabor dulce afrutado, constituido principalmente por azúcares simples, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales; así como fructooligosacáridos y una diversidad de microorganismos con potencial prebiótico y probiótico, respectivamente". El aguamiel se puede consumir directamente; o bien, se concentra y envasa para usarse como jarabe. El aguamiel deshidratado produce una miel de alto valor nutritivo, que se puede utilizar para preparar mermeladas, galletas, atole y artículos para el cuidado de la piel (Narvaez Suárez et al., 2016).

El aguamiel tiene propiedades benéficas, como: suplemento nutricional, probiótico y diurético, además de ser una bebida con un bajo índice glucémico, antihipertensivo, antioxidante y nutraceutico (Romero-López et al., 2015; Tovar Robles, et al., 2011; Huezcas-Garrido, et al., 2022, Mendoza, et al., 2025). Sin embargo, su vida de anaquel es de aproximadamente 2 horas a temperatura ambiente, debido su alta susceptibilidad a la fermentación (Noriega Juárez, et al., 2025). Por ello, se han buscado métodos de pasteurización que permitan prolongar su vida útil y ampliar su comercialización más allá de la región donde se produce (Ganster et al., 1991; Palafox González, 2017; Serment Moreno, et al., 2017; Calderón García, et al., 2024; Rascón, et al., 2020). En este estudio, se busca un método rápido y sencillo para eliminar la carga microbiana del aguamiel, con el fin que se pueda utilizar en cocinas de zonas rurales.

Materiales y Métodos

Obtención y preparación de aguamiel

El aguamiel se obtuvo de plantas de *Agave salmiana*, var. manso, del Rancho "Los duraznos", en Chimalpa Tlalayote, Hidalgo, propiedad del señor Salomé se almacenó en frascos estériles y se refrigeró rápidamente al llegar al laboratorio. Posteriormente, se prepararon

alícuotas de 100 ml para cada tratamiento, incluyendo el control.

Análisis de las muestras

Se realizaron 6 tratamientos de esterilización (T) preliminares, a los cuales se les determinó el porcentaje de azúcares reductores y el crecimiento bacteriano.

Azúcares reductores

Los azúcares reductores se determinaron con la prueba de Fehling. Para ello se tomaron 5 ml de cada reactivo de Fehling A y B (de la marca Meyer, cat. 8670 y 8675, respectivamente) y adicionando 25 ml de agua destilada en un matraz. Se prepararon diluciones 1:10 de aguamiel en agua destilada, y se colocaron en una bureta. Una vez que los reactivos empezaron a ebulir en el matraz, se agregaron 8 gotas de azul de metileno y de inmediato se comenzó la titulación de manera rápida hasta cambiar el color de azul a rojo/naranja, se registra el volumen utilizado hasta el cambio de color.

El porcentaje de azúcares se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ azúcares reductores} = \frac{F * Va}{Vt * Vm} \times 100$$

Donde;

F=Factor de Fehling

Va=Volumen de aforo de muestra (ml)

Vt=Volumen gastado en titulación (ml)

Vm=Volumen de muestra utilizada (ml)

Tratamientos de esterilización

Tratamiento 0 (T0) o Testigo

El tratamiento 0 es el aguamiel a temperatura ambiente durante 10 minutos y posteriormente mantenido en hielo hasta la determinación de azúcares reductores y evaluación del crecimiento microbiano.

Tratamiento 1 (T1)

El primer tratamiento consistió en la esterilización tradicional en autoclave (121°C a 15 psi por 15 minutos). Al finalizar el proceso, las muestras se colocaron en hielo durante 15 minutos. Posteriormente, se determinó el porcentaje de azúcares reductores y se sembraron para la evaluación del crecimiento bacteriano.

Tratamiento 2 (T2)

En el segundo tratamiento, se usó la autoclave a 110°C, 12 psi por 10 minutos (Changoluisa Maigua, 2020). Al término del proceso, la muestra se colocó en hielo por 15

minutos, posteriormente se determinó el porcentaje de azúcares reductores y el crecimiento bacteriano.

Tratamiento 3 (T3)

En este tratamiento, se empleó la temperatura y los tiempos propuestos por Chagua Rodríguez y cols. (2020). Las muestras se sometieron a 80 °C en baño María durante 10 minutos. Una vez que las muestras alcanzaron los 80 °C, se comenzó a tomar el tiempo. Al terminar el tratamiento, los matraces fueron trasladados a un recipiente con hielo por 15 minutos. Posteriormente, se determinó el porcentaje de azúcares reductores y se evaluó el crecimiento bacteriano.

Tratamiento 4 (T4)

En este tratamiento, las muestras se calentaron a 80 °C en baño María durante 30 minutos. Después del tratamiento térmico, se enfriaron en hielo durante 15 minutos. Posteriormente, se determinó el porcentaje de azúcares reductores y se sembraron en cajas para evaluar el crecimiento bacteriano.

Tratamiento 5 (T5)

En este tratamiento, las muestras se sometieron a 80 °C en baño María durante 45 minutos. Al finalizar el tratamiento, se enfriaron y se les determinó el porcentaje de azúcares reductores y el crecimiento bacteriano.

Tratamiento 6 (T6)

En este tratamiento se redujo la temperatura con el fin de evitar la caramelización de los azúcares. Para ello, las muestras se sometieron a 63 °C en baño María durante 30 minutos y, una vez concluido el tiempo, se colocaron en hielo durante 15 minutos. Posteriormente, se determinó el porcentaje de azúcares reductores y se sembraron cajas Petri para evaluar el crecimiento bacteriano.

Tratamiento 7 (T7)

En este tratamiento se utilizó un sonicador o baño de ultrasonido de 5.6 L, 230 V, serie CPX, modelo 3800, a 55 °C durante 30 minutos y una frecuencia de 40 kHz. Al finalizar el tratamiento, se determinó el porcentaje de azúcares reductores y se sembraron cajas para evaluar el crecimiento bacteriano.

Medición del crecimiento bacteriano

El crecimiento bacteriano se evaluó mediante la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en agar para métodos estándar (marca BD Bioxon). Para ello, se prepararon diluciones decimales seriadas de 10⁻¹ a 10⁻⁶ utilizando agua peptonada estéril. Posteriormente, se sembraron 0.1 mL de cada dilución por extensión superficial, por duplicado, y las cajas se

incubaron a 37 °C durante 24 horas. Se seleccionaron aquellas placas donde aparecieron entre 30 a 300 UFC para disminuir el error en la cuenta.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de factor simple (de una sola vía), para comparar medias de dos o más grupos con una sola variable, con un nivel de significancia del 5%. Como prueba post hoc se seleccionó la prueba Tukey HSD (Diferencia Significativa Honesta). El análisis se realizó en el software R en RStudio.

Resultados y Discusión

En este estudio, se realizaron diferentes métodos de esterilización en aguamiel, con el objetivo de reducir la carga bacteriana sin causar un cambio significativo en el porcentaje de azúcares reductores. En este sentido, no se observaron variaciones significativas en el contenido de azúcares reductores; con excepción del tratamiento T2, en el que se registró un porcentaje mayor en comparación con el resto de los tratamientos, incluido el control sin tratamiento (T0). Este resultado podría indicar la ocurrencia de hidrólisis térmica, proceso en el cual la sacarosa, que es un azúcar no reductor, se descompone en glucosa y fructosa, ambos azúcares reductores (Chagua Rodríguez et al., 2020).

Con respecto al efecto de los tratamientos sobre el crecimiento bacteriano, se observó una carga microbiana indetectable o por debajo del límite de cuantificación en los tratamientos T4 y T6 (80 °C y 63 °C en baño María, respectivamente, durante 30 minutos), lo que sugiere una alta eficacia de ambos métodos. Por otro lado, el tratamiento con sonicación (T7) mostró una disminución menos marcada de la carga microbiana, sin lograr su eliminación completa, en concordancia con lo reportado por López (2018).

Conclusión

El aguamiel de *Agave salmiana*, var. manso, en un producto de alto valor comercial y nutraceutico, sin embargo, es altamente inestable debido a la carga microbiana, por ello, es necesario someterlo a un proceso que permita conservar sus propiedades nutricionales, como la pasteurización. En este trabajo reportamos que es factible realizar una disminución eficiente de la carga microbiana a temperaturas no elevadas (63 y 80 °C) que se pueden alcanzar en cocinas tradicionales.

Referencias

- Calderón-García, C., Guadarrama-Mendoza, P. C., Ponce-Alquicira, E., Escalante, A., Ruiz-Ramírez, Y., & Valadez-Blanco, R. (2024). A Semi-Continuous Fermentation Process for Pulque Production Using Microfiltration-Sterilized Aguamiel and Aseptic Conditions to Standardize the Overall Quality of the Beverage. *Fermentation*, 10(7), 342. <https://doi.org/10.3390/fermentation10070342>
- Chagua Rodríguez, P., Malpartida Yapias, R. J., & Ruíz Rodríguez, A. (2020). Tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas y de capacidad antioxidante de aguamiel de *Agave americana* L. 22(1), 45-57.
- Changoluisa Maigua, R. A. (2020). Estabilización de una bebida refrescante a partir de aguamiel de agave americana (*Agave americana* L.). [Tesis de licenciatura]. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (12 de agosto de 2025) Declaración de protección de la indicación geográfica "aguamiel de la región aguamielera de Hidalgo". Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/5766921>
- Huezcas-Garrido, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J. A., Zafra-Rojas, Q. Y. (2022). By-products of *Agave salmiana* of nutritional and functional interest. *Revista chilena de nutrición*, 49 (2), 250-262.
- Hernández Ruedas M. A. (2010) Caracterización del sistema de aprovechamiento del género *Agave* en el municipio de Villa de Carbón, Estado de México. [tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Higuera-Orbe, C. L., García Barrón, S. E., Moreno Vilet, L. (2025) La importancia del maguey pulquero (*Agave salmiana*) en la alimentación y soberanía alimentaria. *Ciencia y Sociedad*, 3(1), 235-248. ISSN. 3061-709X. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14713628>
- López Martínez, E. (2018). Optimización del proceso de termoultrasonido en aguamiel de maguey manso (*Agave atrovirens* Karw) sobre sus propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y antioxidantes. [Tesis de Licenciatura] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Chagua Rodríguez, P. C., Yapias, R. J. M., & Rodríguez, A. R. (2020). Tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas y de capacidad antioxidante de aguamiel de *Agave americana* L. *Revista de Investigaciones Altoandinas-Journal of High Andean Research*, 22(1), 45-57.
- Corona-Pérez, A. C., Hernández-Ramos, L., García-Mateos, Ma. del R, Gómez-Cruz, A., Martínez-Romero, S., Corrales-García, J. y Ybarra-Moncada, Ma. C. (2025). Impacto de la aplicación de ozono en la vida de anaquel de aguamiel. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 17, e24010. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2024.03.010>
- Erlwein, S., Mira Tapia, J. R., Velasco Pegueros, A. (s.f.) Proceso de elaboración del pulque, su importancia económica y concepción social en Apan, Hidalgo. Ejercicios etnográficos, Aprendiendo a Investigar. Recuperado de <https://www.enah.edu.mx/publicaciones/documentos/32.pdf>
- Mendoza B. M., Fernández A. G. E., Ramos Z. G. C., Vargas G. A., García E. A. Comparison of the antihypertensive effect of maguey (*Agave salmiana*) sap concentrate extracts by in vitro and in vivo tests. *Functional Foods in Health and Disease*. 2025; 15(10): 669 – 687. DOI: <https://doi.org/10.31989/ffhd.v15i10.1733>
- Moreno-Vilet, L., & Leyva-Trinidad, D. A. (2020). La miel de maguey un producto artesanal para impulsar el cultivo de una planta ancestral. *TecnoAgave*, (66), 4-8. <https://www.tecnoagave.com.mx/>

- Nieto Aquino R., Vargas Monter J., Nieto Aquino J. C. y Ortiz Balderas MPM (2016) Manejo Agronómico del Maguey pulquero. En Nieto Aquino et al. (eds.) El cultivo de maguey pulquero (*Agave salmiana*) en el valle del mezquital. pp. 15-32. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Hidalgo, México.
- Narváez Suárez, A. U., Martínez Saldaña, T., & Jiménez Velázquez, M. A. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola*, (56), 33–44. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2016.56.005>
- Noriega-Juárez, A. D., Meza-Espinoza, L., García-Magaña, M. d. L., Ortiz-Basurto, R. I., Chacón-López, M. A., Anaya-Esparza, L. M., & Montalvo-González, E. (2025). Aguamiel, a Traditional Mexican Beverage: A Review of Its Nutritional Composition, Health Effects and Conservation. *Foods*, 14(1), 134. <https://doi.org/10.3390/foods14010134>
- Romero-López, M.R., P. Osorio-Díaz, A. Flores-Morales, N. Robledo y R. Mora-Escobedo. 2015. Chemical composition, antioxidant capacity and prebiotic effect of aguamiel (*Agave atrovirens*) during in vitro fermentation. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14 (2), 281-292.
- Palafox González, L. (2017) Desarrollo de alternativa de consumo de productos de maguey mediante la microfiltración de aguamiel y pulque de los estados de Puebla y Tlaxcala. [Tesis de maestría]. Colegio de postgraduados, campus Córdoba, Veracruz, México.
- Pérez España, V. H., Cuervo-Parra, J. A., Tamayo Rivera, L., Gutiérrez Amador, M. del P., & Romero-Cortés, T. (2023). Herramientas para la producción del aguamiel y microestructura del raspado. En E. I. Roldán Cruz & C. Medina Mendoza (Eds.), *Maguey aguamiel/pulque: Una visión para el desarrollo territorial* (Vol. 1, pp. 121–144). El Colegio del Estado de Hidalgo.
- Rascón, L., Cruz, M., Rodríguez-Jasso, R. M., Neira-Vielma, A. A., Ramírez-Barrón, S. N., & Belmares, R. (2020). Effect of Ohmic Heating on Sensory, Physicochemical, and Microbiological Properties of “Aguamiel” of *Agave salmiana*. *Foods*, 9(12), 1834. <https://doi.org/10.3390/foods9121834>
- Serment-Moreno, V.; Franco-Vega, A.; Escobedo-Avellaneda, Z.; Fuentes, C.; Torres, J.A.; Dibildox-Alvarado, E.; Welti-Chanes, J. (2017) The logistic-exponentialWeibull model as a tool to predict natural microflora inactivation of *Agave mapiaga* aguamiel by high pressure treatments. *J. Food Process Preserv.* 41, e12816. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12816>
- Tovar-Robles, C. L., Perales-Segovia, C., Cedillo, A. N., Valera-Montero, L. L., Gómez-Leyva, J. F., Guevara-Lara, F., ... Silos-Espino, H. (2011). Effect of aguamiel (agave sap) on hematic biometry in rabbits and its antioxidant activity determination. *Italian Journal of Animal Science*, 10(2). <https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e21>