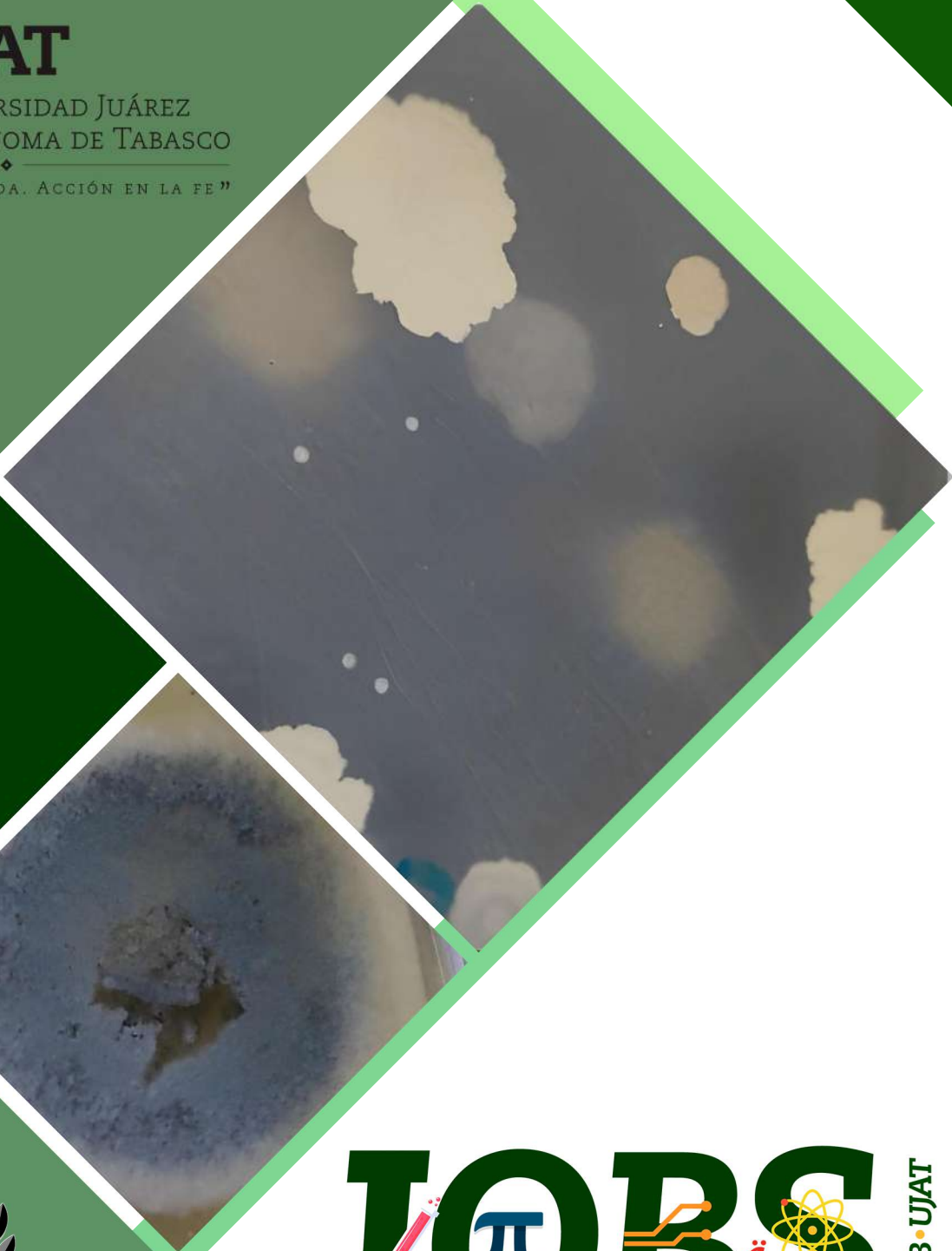




UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



JOB π BS

DACB • UJAT

Journal of Basic Sciences

Volumen 10 • número 29 • septiembre-diciembre 2024

ISSN:2448-4997

<https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>





En el número 29 del Journal of Basic Sciences, los lectores podrán encontrar reportes de investigaciones en diversos ámbitos del quehacer de las ciencias básicas, que al generar y aplicar el conocimiento científico, se encaminan hacia la atención de problemáticas específicas y también a una mejor comprensión del universo.

Por ejemplo, el desarrollo de procedimientos analíticos para el control de calidad de productos para el consumo humano, es indispensable para asegurar los beneficios, así como disminuir los riesgos potenciales que puedan estar asociados. Es así que se presenta un estudio dirigido a la optimización de un método de preconcentración dirigido a la determinación de contaminantes derivados del ácido ftálico, que pueden estar presentes en bebidas embotelladas. El método reportado presenta una buena precisión y buenos límites de detección, por lo que se considera una buena opción en el pretratamiento de muestras. Por otro lado, se incluye una aportación dirigida a evaluar la calidad microbiológica de dos bebidas ancestrales: el aguamiel y el pulque, cuyo consumo puede representar un beneficio por el aporte de probióticos y prebióticos, aunque es necesario el establecimiento de parámetros normados de calidad e inocuidad, que puedan dar certeza a los procesos de fabricación de las mismas.

Una problemática actual en la química ambiental, son los denominados contaminantes emergentes, los cuales no están regulados en su disposición final por encontrarse en bajas concentraciones, pero que tienen la propiedad de ser bioacumulables, representando un riesgo potencial para la salud. Este es el caso de colorantes industriales como el naranja ácido 52, para el cual se presenta un estudio de su procesos de degradación mediante diversas tecnologías avanzadas de oxidación, con resultados efectivos para su remoción. En otro orden de ideas, el diseño de materiales con propiedades específicas es también un área de gran interés, como lo muestra el artículo relacionado con la evaluación de hidrogeles de carboximetilcelulosa como agentes para la liberación controlada de fármacos.

Además, en este número se presenta un estudio relacionado con la estimación de parámetros para la interacción de tres especies en un nicho ecológico: planta, plaga y agente de biocontrol, empleando la modelación matemática por un método multipasos. No menos importante, es la contribución presentada para la determinación numérica de los estados ligados de un sistema cuántico, con un pozo de potencial triangular, lo que permitió profundizar en la comprensión de este tipo de sistemas.

Así, con este número del Journal of Basic Sciences, se difunde el quehacer científico en diferentes vertientes, esperando sea de utilidad para nuestros lectores.

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

- Lic. Guillermo Narváz Osorio. Rector
- Dr. Luis Manuel Hernández Govea. Secretario de Servicios Académicos
- Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez. Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación
- Dr. Pablo Marín Olán. Director de Difusión, Divulgación Científica y Tecnológica

Directorio Divisional

División Académica de Ciencias Básicas

- Dra. Hermicenda Pérez Vidal. Directora
- Dr. Luis Manuel Martínez González. Coordinador de Investigación
- M.C. Abel Cortazar May. Coordinador de Docencia
- L.Q. Esmeralda León Ramos. Coordinador de Difusión Cultural y Extensión

Comité Editorial

- Dr. Carlos Ernesto Lobato García. Editor en Jefe
- Dr. Adib Abiu Silahua Pavón. Gestor Editorial
- Mtra. Claudia Gisela Vázquez Cruz. Editora Asociada. Actuaría
- Mtra. María Hortensia Almaguer Cantú. Editora Asociada. Ciencias de la Computación
- Dr. José Arnold González Garrido. Editor Asociado. Ciencias Farmacéuticas
- Dr. José Luis Benítez Benítez. Editor Asociado. Física
- Mtro. Guillermo Chávez Hernández. Editor Asociado. Geofísica
- Dra. Addy Margarita Bolívar Cimé. Editora Asociada. Matemáticas
- Dra. Nancy Romero Ceronio. Editoria Asociada. Química

CONTENIDO

	Pag.
Determinación de ftalatos en bebidas envasadas con PET, empleando un método MSFIA acoplado a HPLC-DAD	1-16
Evaluación de la calidad microbiológica del aguamiel y pulque de San Agustín Tlaxiaca, Hgo., México	17-26
Análisis químico de la degradación del naranja ácido 52 aplicando Tecnologías Avanzadas de Oxidación	27-36
Cinética de liberación controlada del acetaminofén a partir del gel de carboximetilcelulosa	37-49
Numerical estimation of parameters in mathematical models for pest control	50-63
Método multi-escalón para determinar el espectro de energía de diferentes pozos de potencial cuánticos	64-72

Evaluación de la calidad microbiológica del aguamiel y pulque de San Agustín Tlaxiaca, Hgo., México

Liborio-Aldana, G. E.¹, Castañeda-Ovando, A.¹, Jaguey-Hernández, Y.^{2*}, Romo-Gómez, C.¹, Contreras-López, E.¹, Jaimez-Ordaz, J.¹, Tapia-Ignacio, C.¹

¹Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

²Área Académica de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, México.

*yjaguey@upfim.edu.mx

Resumen

El pulque y el aguamiel son bebidas que contienen una elevada cantidad de microorganismos y compuestos con capacidad probiótica y prebiótica que pueden favorecer la variabilidad de la microbiota intestinal. A pesar de los potenciales beneficios, su consumo ha disminuido. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad microbiológica del aguamiel y el pulque de San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo. Para ello, se evaluó la presencia de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras. En el aguamiel se encontraron 1.8×10^3 UFC/mL de mesófilos aerobios y 6.5 NMP/100 mL de coliformes totales. En el pulque, los mesófilos aerobios aumentan hasta 1.02×10^5 UFC/mL, se observa ausencia de coliformes totales y 6.43×10^6 UFC/mL de mohos y levaduras. Se observó la presencia de bacilos y cocobacilos Gram-, mohos y levaduras. La calidad microbiológica está determinada por diversos factores, sin embargo, establecer buenas prácticas permitirá obtener pulque con menor carga de microorganismos no deseados.

Palabras claves: aguamiel, pulque, calidad microbiológica, microbiota intestinal

Abstract

Pulque and aguamiel contain many microorganisms and compounds with prebiotic and probiotic properties that can enhance intestinal microbiota diversity. Despite the potential benefits, their consumption has decreased. This study aimed to evaluate the microbiological quality of aguamiel and pulque from San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo. The study examined the presence of aerobic mesophiles, total coliforms, molds, and yeasts. In aguamiel, 1.8×10^3 CFU/mL of aerobic mesophiles and 6.5 NMP/100mL of total coliforms were found. In pulque, the aerobic mesophiles increased to 1.02×10^5 CFU/mL, without totals coliforms and 6.43×10^6 CFU/mL of molds and yeasts. The presence of Gram-bacilli and coccobacilli, molds, and yeasts were observed. Microbiological quality is determined by various factors; however, establishing good practices will allow obtaining pulque with a lower load of unwanted microorganisms.

Keywords: aguamiel, pulque, microbiological quality, gut microbiota

Recibido: 31 de mayo de 2024, Aceptado: 07 de noviembre de 2024, Publicado: 16 de diciembre de 2024

1. Introducción

El aguamiel y el pulque son bebidas con una gran tradición en la historia de México [1] y su producción se encuentra en una gran parte de México, siendo Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México y Puebla los mayores productores del maguey pulquero (*Agave salmiana*) en el 2017 [2]. Navarrete-Torres y García-Muñoz, 2021 reportaron que el Estado de Hidalgo sigue siendo el mayor productor de maguey pulquero con el 78.14% de la producción nacional [3], la producción mayoritaria se encuentra en el Valle del Mezquital y la Altiplanicie Pulquera, se presume que los *hñähñu* fueron los primeros en producirla hacia el año 1500 – 2000 a.C. [4,5]. Estas regiones han perdido con creces su capacidad para introducir al aguamiel y productos derivados de éste al mercado debido a que son productos perecederos, aunado a la falta de apoyo gubernamental y falta de economía para implementar nuevas tecnologías [6,7]. El aguamiel se ha empleado para la elaboración de jarabes de alta fructosa conocidos como miel de aguamiel o jarabe de aguamiel [8], sin embargo, el principal producto del aguamiel continúa siendo el pulque, una bebida alcohólica fermentada con una importante carga de microorganismos.

Los principales componentes del aguamiel son los carbohidratos, con importante presencia de fructooligosacáridos que actúan como prebióticos [9] también destaca la presencia de algunos aminoácidos esenciales. Por su parte, los microorganismos presentes en el pulque poseen capacidad probiótica [10]. A pesar de los potenciales beneficios, el consumo de ambas bebidas ha mermado de manera importante, con la consecuente disminución de su producción, tan solo en los últimos años, la producción de pulque en el estado de Hidalgo se ha reducido en hasta un 66%, prueba de ello son los 171 millones de litros de pulque producidos en 2019, frente a los casi 504 millones de litros que se produjeron en el año 2013 [7].

La cantidad y tipos de microorganismos encontrados en el aguamiel y el pulque varían en función de la especie de agave del que se extrajo el aguamiel, las condiciones de recolección y manipulación, la adición de semilla, tiempo de fermentación, así como el almacenamiento, respectivamente. El presente estudio tiene por objetivo evaluar la calidad microbiológica del aguamiel y el pulque de la región de San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México para determinar su posible uso en el desarrollo de alimentos que permitan reintroducir estas bebidas ancestrales.

2. Metodología experimental

2.1 Obtención de la muestra

A partir de 15 L de aguamiel obtenido de la región de San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México (20°06'32.7''Norte - 98°52'16.6''Oeste), recolectados en dos periodos: diciembre de 2023 y febrero de 2024. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Físicoquímica de Alimentos en el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en un lapso menor a 2 h y se congelaron a -20°C hasta su uso.

Para la obtención de la semilla, se mantuvieron 100 mL de aguamiel a temperatura ambiente durante 24 h, posteriormente, se adicionaron 50 mL de aguamiel cada 12 h durante 60 días manteniendo la mezcla a temperatura ambiente en un recipiente de polietileno cerrado con tapa. El pulque se obtuvo fermentando el aguamiel mediante la adición de la semilla obtenida previamente manteniendo una relación 4:1 durante 36 h a temperatura ambiente. Pasado el tiempo, se realizó el análisis microbiológico y el resto del pulque se congeló a -20°C [11].

2.2. Evaluación microbiológica

La evaluación microbiológica del aguamiel y del pulque se realizó conforme las normas oficiales vigentes aplicables en cada caso. Se empezó con el proceso de descongelación de la muestra recolectada de aguamiel, una vez alcanzado una temperatura de 25 ± 2 °C, se procedió a realizar el análisis correspondiente para determinar la calidad microbiológica con la presencia de mesófilos aerobios y coliformes totales. En el caso del pulque se analizó además la presencia de mohos y levaduras. Se realizaron diluciones decimales seriadas en agua peptonada y de inoculó 1 mL de cada dilución (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) mediante la técnica de vertido en placa. Pasado el tiempo de incubación en cada caso se estimó el número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/mL empleando la ecuación 1.

$$\text{UFC/mL} = (\text{No de colonias}) (\text{dilución correspondiente}) (\text{volumen de la muestra}) \quad \text{Ec.1}$$

Se determinó la cuenta viable de mesófilos aerobios de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994 [12], empleando agar para métodos estándar, las cajas de Petri se incubaron a 35 ± 2 °C por 48 ± 2 h, pasado este tiempo se contabilizaron las colonias y se consideraron aquellas diluciones con 25-250 colonias. Mohos y levaduras se determinaron según a la NOM-111-SSA1-1994 [13] en agar papa dextrosa, las cajas de Petri se incubaron a 25 ± 1 °C, las colonias se contaron a las 72, 96 y 120 h de incubación, se emplearon las cajas que contenían entre 10-150 colonias. El conteo de coliformes totales se realizó conforme a la NOM-113-SSA1-1994 [14] en agar rojo violeta bilis, una vez inoculadas las cajas de Petri con las diluciones correspondientes se incubaron a 35 ± 2 °C por 24 ± 2 h, pasado el tiempo el conteo de UFC/mL se obtuvo considerando las diluciones que contenían 15 a 150 colonias. Finalmente se realizó un frotis para tinción de Gram siguiendo la técnica reportada por Bauman [15]. Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran las cifras que se obtuvieron para la cuenta viable de mesófilos, coliformes totales, así como mohos y levaduras en las muestras de aguamiel y pulque.

Tabla 1. UFC/mL de las muestras de aguamiel y pulque.

Productos	Parámetro analizado		
	Mesófilos aerobios UFC/mL	Coliformes totales UFC/mL	Mohos y levaduras UFC/mL
Aguamiel	$1.8 \times 10^3 \pm 0.3 \times 10^2$	$6.5 \times 10^1 \pm 0.01^a$	$(2.69 \pm 3.6) \times 10^4$
Pulque	$1.02 \times 10^5 \pm 1.73 \times 10^3$	Ausente	$(6.43 \pm 0.72) \times 10^6$

Datos expresados en UFC/mL; ^a datos expresados en número más probable (NMP/100 mL)

Se puede observar un aumento significativo en el número de mesófilos presentes en el aguamiel comparado con el pulque, esto se explica por la adición del inóculo de microorganismos presentes en la semilla, estos aprovechan los carbohidratos presentes en el aguamiel como una fuente de carbono de modo que aumenta el número de microorganismos de 1.8×10^3 UFC/mL en el aguamiel a 1.02×10^5 UFC/mL en el pulque después de 36 h de fermentación.

Tabla 2. Comparación de cifras de mesófilos y coliformes totales para la carga microbiológica del aguamiel.

Parámetros microbiológicos	Datos propios	Palafox-González, 2017	Sepulveda-Saenz, 2020	Ramírez-Cuellar et al., 2018
Mesófilos aerobios	$1.8 \times 10^3 \pm 0.3 \times 10^2$	>250	$3.87-6.27 \times 10^4$	NA
Mohos y levaduras	$2.6895 \times 10^4 \pm 3.6 \times 10^4$	>150	$0.19-8.90 \times 10^4$	NA
Coliformes totales	$6.5 \times 10^1 \pm 0.01^a$	9.2 ^a	$0.10-1.7 \times 10^3$	35.66-55.33

Unidades expresadas en UFC/mL. NA: no analizados. a datos expresados en NMP/100mL

En la Tabla 2 se compara la carga microbiológica del aguamiel del presente estudio con los reportados en otros estudios. Se puede apreciar que, el aguamiel analizado en el presente estudio presenta una carga de mesófilos totales mayor a lo reportado por Palafox-González [16], pero 20 veces menor que lo reportado por Sepulveda-Saenz [11].

Para el caso de mohos y levaduras se observa que las concentraciones encontradas por Sepulveda-Saenz [11] y los datos propios son semejantes al entrar en el mismo rango de valores, sin embargo, dichas concentraciones son de hasta 180 veces mayor a lo encontrado por Palafox-González [16].

Por otro lado, se encontraron 65 NMP/100mL de coliformes totales en el aguamiel analizada, este dato es similar a lo reportado por Ramírez Cuellar y colaboradores [17], quienes reportan de 35 a 55 NMP/100 mL, pero superior a lo reportado por Palafox-González [16], además, los datos de Sepúlveda-Saenz [11] reportan una concentración de hasta 1.7×10^3 que representa la concentración más elevada de los datos comparados.

En cuanto a la regulación vigente, se ha considerado el yogurt en la NOM-181-SCFI-2010 “Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba” [18] en donde especifica que, el yogurt deberá contener como mínimo 10^7 UFC/g de la suma de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus* viables, sin considerar valores de seguridad de coliformes totales. Por otro lado, la NOM-185-SSA1-2002 “Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias” [19] establece las especificaciones microbiológicas para los productos lácteos fermentados y acidificados el límite máximo de coliformes totales en <10 UFC/g. Sin embargo, en ambos casos se trata de productos lácteos fermentados, y no se consideran productos naturales que contienen microorganismos desde el origen.

Mientras que, para el análisis de agua para consumo humano la NOM-127-SSA1-1994 [20] establece un límite de 2 NMP/100mL de organismos coliformes totales, sin embargo, actualmente, la NOM-127-SSA1-1994 [20] se encuentra derogada, pero la NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano [21]. Límites permisibles de la calidad del agua menciona el límite permisible para coliformes fecales en “no detectable/100 mL”. En la Tabla 3 se muestra la comparación de la carga microbiológica del pulque analizado con otros estudios previos. Se observa que la muestra de pulque obtenida en el presente estudio presenta la mayor cantidad de mesófilos aerobios con 1.02×10^5 , dicha concentración se debe a que los microorganismos presentes en el aguamiel aprovechan las biomoléculas existentes para su desarrollo,

además del periodo de tiempo que se mantuvo la fermentación; Mohos y levaduras con 6.43×10^6 y no se observa la presencia de coliformes totales.

Con los resultados obtenidos, el pulque analizado puede ser considerado como pulque de tipo I según la Norma Mexicana NMX-V-037 [22] y NMX-V-022-1972 [23] que reconoce dos tipos de pulque: el tipo I incluye el pulque de semilla, que es utilizado como inoculo inicial para la fermentación, puesto que enriquece la microbiota natural, este tipo de pulque se le denomina que fue elaborado con aguamiel de alta calidad, y el tipo II que hace referencia al pulque comercial, este mismo pulque se le denomina que fue elaborado con aguamiel de calidad pobre o ligeramente ácido [24].

Tabla 3. Comparación de cifras de mesófilos, mohos y levaduras y coliformes totales para la carga microbiológica del pulque.

Parámetros microbiológicos	Datos propios	Palafox-González, 2017	Sepúlveda-Saenz, 2020
Mesófilos aerobios	$1.02 \times 10^5 \pm 1.73 \times 10^3$	123-173	$0.70-14.13 \times 10^4$
Mohos y levaduras	$6.43 \pm 0.72 \times 10^6$	430-510	$0.20-1.20 \times 10^4$
Coliformes totales	Ausente	$< 1.1^*$	Ausente- < 0.001

Unidades expresadas en UFC/mL. (*) Dato expresado en NMP/100 mL.

La presencia de microorganismos en el aguamiel varía en función de la especie de agave, la temporada de recolecta y la técnica y utensilios empleados en su obtención, se ha reportado que, en temporada de lluvia, el agua puede diluir el aguamiel disminuyendo la cantidad de nutrientes disponibles para los microorganismos [11]. Mientras que, en el pulque, la presencia de estos microorganismos depende de la calidad del aguamiel, el tiempo de fermentación y la adición de semilla.

Llama la atención la ausencia de coliformes totales en el pulque comparado con el aguamiel inicial. Esta ausencia está relacionada con el proceso de fermentación, el proceso de producción del pulque se lleva a cabo en 4 etapas, (a) fermentación ácida originada por *Lactobacillus sp.* y *Leuconostoc*; (b) fermentación alcohólica por *Saccharomyces cerevisiae* y *Zymomonas mobilis*.; (c) producción de exopolisacáridos como dextranos y fructanos producidos por *Leuconostoc sp.* y *Z. mobilis*., y (d) fermentación de bacterias productoras de ácido acético como *Acetobacter* y *Gluconobacter* [8,9]. El ácido láctico y ácido acético son los principales causantes del descenso del pH, limitando el crecimiento de especies neutrófilas patógenas. Sepúlveda-Saenz [11] reportó una disminución significativa de coliformes totales después de la fermentación del aguamiel, este efecto también se reportó en un estudio realizado por Díaz-Cruz [25] que investigó el comportamiento de *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* en aguamiel y pulque, encontrando una reducción significativa en todos ellos a excepción de *E. coli* O157:H7 que mantuvo estable su población hasta por más de 60 horas después de la fermentación.

La presencia de ácidos orgánicos en el pulque debido a la fermentación es relevante en la reducción del pH, así como en la dificultad de la sobrevivencia de microorganismos patógenos, esto ocasionado por el equilibrio ácido-base que presentan. Al comparar el ácido láctico y el acético en un diagrama lineal de zonas de predominio (DLZP) se observa que, el ácido láctico (Figura 1A) presenta un pKa de 3.8, mientras que, el ácido acético tiene un pKa de 4.8 (Figura 1B).

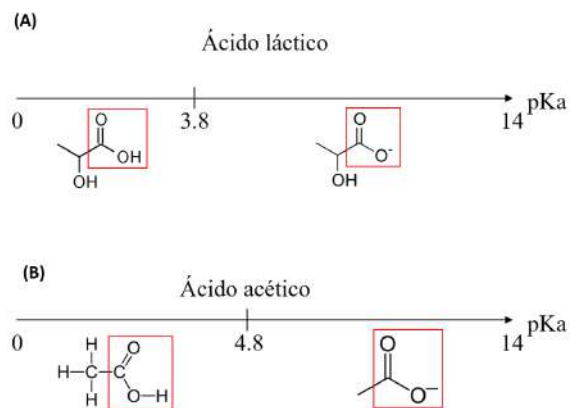


Figura 1. Diagrama lineal de zonas de predominio. (A) ácido láctico, (B) ácido acético.

En la Figura 1B se muestra que, hay una determinada zona en donde predomina la especie ácido acético (HAc), este rango permite predecir que, en un determinado alimento acidificado el HAc se mantendrá estable en el espacio extracelular de la bacteria, hasta que esa misma molécula ingrese a la célula, donde finalmente se produzca la disociación de la especie a acetato (AcO⁻) porque el pH interno de la célula es mayor que el extracelular. Finalmente, el acetato producirá las afecciones a la estabilidad y sobrevivencia de la bacteria [26, 27]. Algo similar ocurre para el caso del ácido láctico (Figura 1A), pero tiene la diferencia de que el grupo alcohol del segundo carbono intercambia carga por efecto inductivo, lo que estabiliza la base conjugada (lactato), produciendo así un pK_a menor, en comparación del ácido acético [28].

Por otro lado, para el análisis de mesófilos aerobios estudiados en agar para métodos estándar se obtuvieron colonias de forma irregular, borde irregular, planas de color blanco (Fig. 2A), la microscopía de la muestra teñida con tinción de Gram reveló la presencia de bacilos y cocobacilos Gram negativos (Fig. 3A).

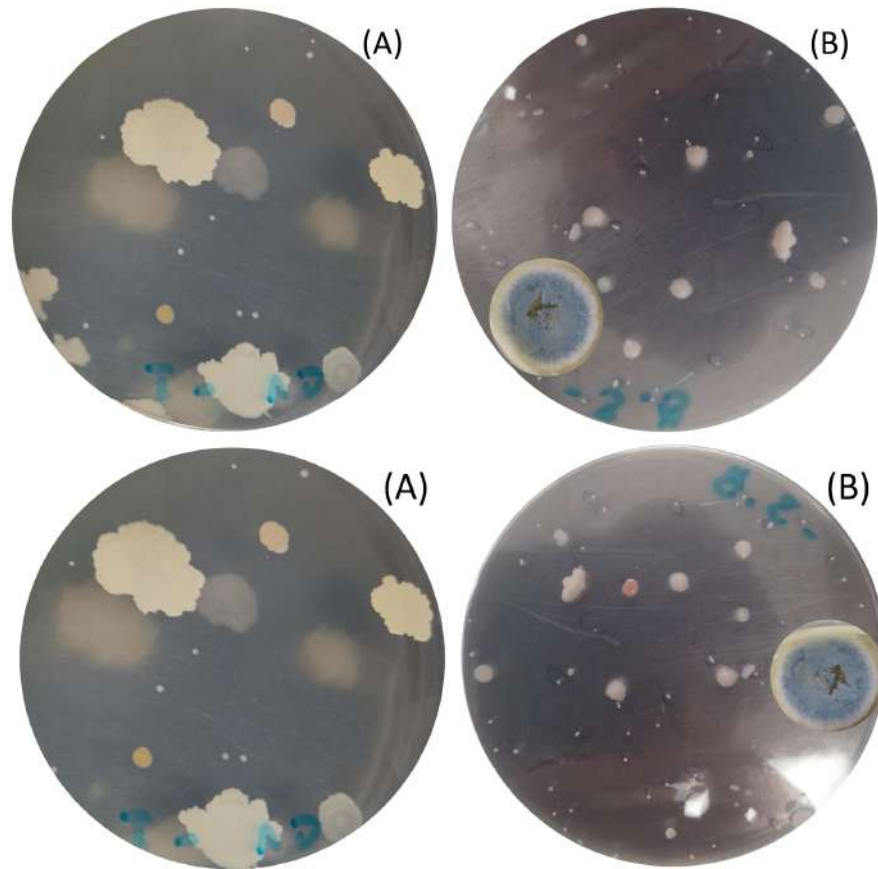


Figura 2. Morfología macroscópica de las colonias obtenidas de aguamiel y pulque. (A) Colonias de mesófilos aerobios en agar para métodos estándar. (B) Colonias de levaduras en agar papa dextrosa, *insept* colonias de mohos.

En el caso del agar papa-dextrosa, se obtuvieron colonias de forma filamentosa, borde filamentoso, elevación convexa y color blanco, así como la presencia de colonias de forma filamentosa, algodonosas de color blanquecino al inicio y verdoso pasados 5 días de incubación que son características de *Penicillium* (Fig. 2B *insept*) Al microscopio óptico se observó la presencia de partes de ramificación de conidióforo, se observa la existencia de esporas o conidias, métula y conidióforo característico de *Penicillium sp.*, así como la presencia de estafilococos y levaduras (Figura 3B)

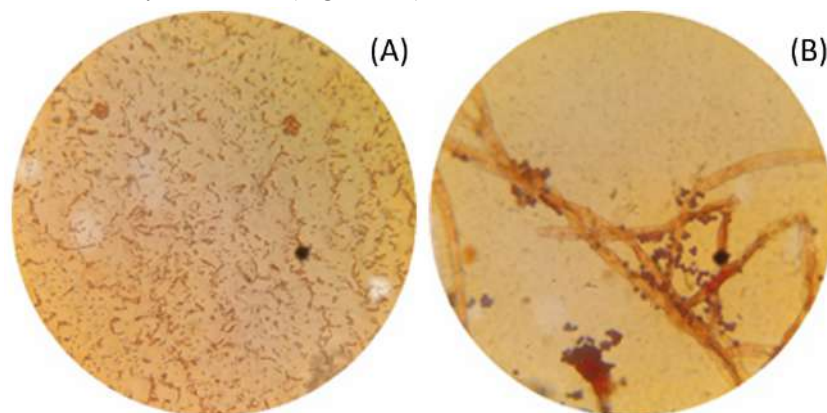


Figura 3. Micrografías de tinción de Gram de las colonias obtenidas en pulque. (A) Mesófilos aerobios. (B) Mohos y levaduras.

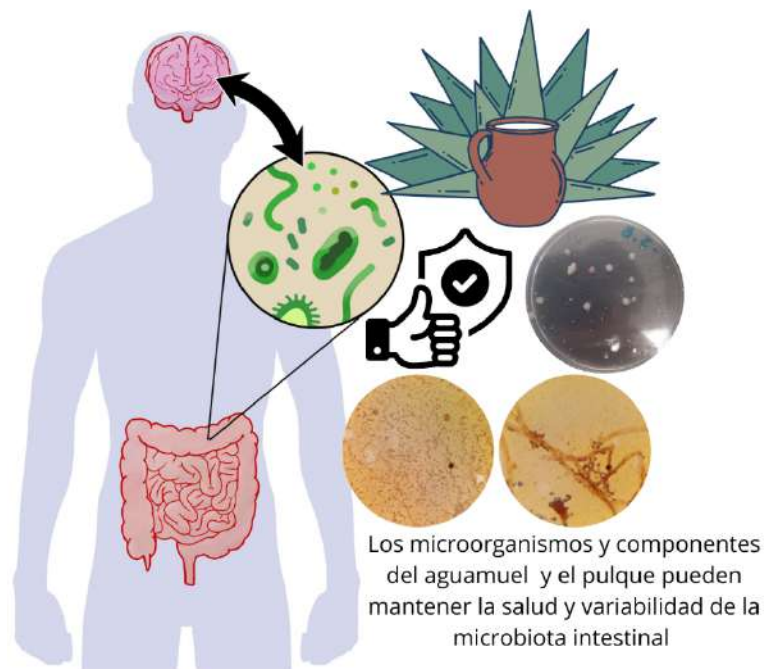
5. Conclusiones

El aguamiel y el pulque son bebidas con gran potencial para su consumo por la presencia de probióticos y prebióticos, por lo que, pueden ser empleados en el desarrollo de nuevos alimentos. Rescatar el consumo de estas bebidas ancestrales permitirá recuperar parte de la superficie de hectáreas de agave plantadas. El aguamiel y pulque analizados se consideran como de alta calidad y seguros para el consumo humano por la baja y nula presencia de coliformes totales respectivamente. Sin embargo, en la actualidad no existe normativa vigente sobre la inocuidad de estos alimentos ricos en microorganismos por lo que es necesario actualizar las legislaciones vigentes que contemplen este tipo de bebidas tanto aguamiel como pulque para mantener un parámetro de calidad e inocuidad que permitan dar certeza sobre las buenas prácticas agrícolas y de manufactura de dichos productos. Los esfuerzos científicos y legislativos en torno a estas bebidas proporcionarán condiciones favorables para la innovación, reactivación económica y del campo, además de la atracción de potenciales consumidores.

6. Agradecimientos

ACO, YJH, CRG, ECL, JJO y CTI agradecen el apoyo del CONAHCyT. Este trabajo fue parcialmente financiado por el CONAHCYT a través del proyecto 317510.

7. Resumen Grafico



8. Referencias

- [1] S. Alberro, "Bebidas alcohólicas y sociedad colonial en México: un intento de interpretación," *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 51, no. 2, pp. 349-359, 1989. DOI: <https://doi.org/10.2307/3540692>.
- [2] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, "Maguey pulquero," Gobierno de México. [Online]. Available: [https://www.gob.mx/siap/articulos/maguey-pulquero?idiom=es#:~:text=El%20maguey%20pulquero%20\(Agave%20salmiana,con%2010%20metros%20de%20circunferencia](https://www.gob.mx/siap/articulos/maguey-pulquero?idiom=es#:~:text=El%20maguey%20pulquero%20(Agave%20salmiana,con%2010%20metros%20de%20circunferencia). [Accessed: May 27, 2024].
- [3] M. del C. Navarrete-Torres and A. C. García-Muñoz, "El pulque la bebida de los dioses con valor y tradición milenaria," *Journal of Tourism and Heritage Research*, vol. 4, no. 1, pp. 19-36, 2021.
- [4] C. Medina-Mendoza, E. I. Roldán-Cruz, and M. Vázquez-Jahuey, "Caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del aguamiel y pulque del Alto Mezquital, Hidalgo," *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i4.1412>.
- [5] M. C. Álvarez-Duarte, E. García-Moya, J. Suárez-Espinoza, M. Luna-Cavazos, & M. Rodríguez-Acosta, "Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala," *Polibotánica*, vol. 45, pp. 205-222, 2018. DOI: 10.18387/polibotanica.45.15.
- [6] B. Aguilar-Juárez, J. R. Enríquez del Valle, G. Rodríguez-Ortiz, D. Granados-Sánchez, & B. Martínez-Cerero, "El estado actual de *Agave salmiana* y *Agave masipaga* del Valle de México", *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, vol. 1, pp. 106-120, 2014.
- [7] D. G. Valdivieso Solís et al. "Sustainable Production of Pulque and Maguey in Mexico: Current Situation and Perspectives". *Front. Sustain. Food Syst*, vol. 5, pp. 1-17. 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.678168>
- [8] J. M Vera-Morales, M. Vargas-Hernández, A. Dector-Espinoza, & D. M. Amaya-Cruz. "Aguamiel y pulque: más que bebidas tradicionales". *Perspectivas de La Ciencia y La Tecnología*, vol. 7, no. 12, pp. 40-51. 2024. <https://doi.org/10.61820/pct.v7i12.1117>
- [9] I. Peralta-García. "Evolución de los fructanos de agave del aguamiel durante la vida productiva del agave". Tesis para la obtención del grado en Maestro en Ciencias, Ciencias Bioquímicas, Cuernavaca, Mor. 2019.
- [10] A. Escalante, D. R. López-Soto, J. E. Velázquez-Gutiérrez, M. Giles-Gómez, F. Bolivar, & A. López-Munguía. "Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage: historical, microbiological, and technical aspects". *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, pp. 1-18, Junio 2016.
- [11] L. F. Sepúlveda-Sáenz. "Evaluación del efecto estacional sobre el microbioma involucrado en la fermentación del aguamiel y su influencia en las propiedades químicas del pulque", Tesis para la obtención del grado de Maestría en Ciencias en Biotecnología, Facultad de Ciencias Químicas, Chihuahua, Chih. 2020.
- [12] Secretaría de Salud (SSA). "NOM-092-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa", 1995. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0
- [13] Secretaría de Salud (SSA). "NOM-111-SSA1-1994: Bienes y servicios: Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos", 1995. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0
- [14] Secretaría de Salud (SSA). "NOM-113-SSA1-1994: Bienes y servicios: Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa", 1995. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mex13519.pdf>
- [15] R. W. Bauman. *Microbiology with diseases by taxonomy*. 5th Edition. USA: Pearson, 2014

- [16] L. Palafox González. “Desarrollo de alternativa de consumo de productos de maguey mediante la microfiltración de aguamiel y pulque de los Estados de Puebla y Tlaxcala”, Tesis para la obtención del grado en Maestría en Tecnología en Agroindustria, Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Amatlán de los Reyes, Ver. 2017.
- [17] L.I. Ramírez-Cuellar *et al.* “Capacidad antioxidante, fenoles totales y análisis microbiológico del aguamiel”. *IDCTA*, vol. 3, pp. 497-499, 2018.
- [18] Secretaría de Economía (SCFI), “Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba”, 2010. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4209/seeco/seeco.htm>
- [19] Secretaría de Salud (SSA). “Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias”, 2002. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5049093&fecha=16/10/2002#gsc.tab=0
- [20] Secretaría de Salud (SSA). “NOM-127-SSA1-1994: Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, 1995. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969#gsc.tab=0
- [21] Secretaría de Salud (SSA), “Modificación a la NOM-127-SSA1-2021: Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, 2022. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0
- [22] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI). “NMX-V-037-1972, pulque manejado a granel”, 1972. [Norma Mexicana]. Disponible en: <https://gotomexico.today/media/doc/nmx-v-037-1972.pdf>
- [23] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI). “NMX-V-022-1972 Aguamiel”, 1972. [Norma Mexicana]. Disponible en: <https://gotomexico.today/media/doc/nmx-v-022-1972.pdf>
- [24] R. Guzmán-Pedraza, & J. C. Contreras Esquivel. “Aguamiel y su fermentación: Ciencia más allá de la tradición”. *Mexican journal of biotechnology*, vol. 3, no. 1, pp. 1-22. 2018.
- [25] C. A. Díaz-Cruz, "Comportamiento de *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157 y *Staphylococcus aureus* en aguamiel y pulque," Tesis para la obtención del título en Químico en Alimentos, Área Académica de Química, Mineral de la Reforma, Hgo., 2008.
- [26] G. S. Reyes-León. “Efecto sinérgico antimicrobiano in vitro de ácidos orgánicos y fitoquímicos, frente a *Vibrio parahaemolyticus*, potencialmente patógenos aislados de cultivos de camarón *Litopenaeus vannamei* (Bone, 1931)”, Tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias, Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos, La Paz, B.C.S. 2017.
- [27] E. N. Rodríguez-Sauceda. “Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas”. *Ra Ximhai*, vol. 7, pp. 156-159. 2011.
- [28] D. Klein. *Organic Chemistry*. 2nd Edition. USA: WILEY, 2015.