

Alimentos tradicionales de Oaxaca con funciones probióticas asociadas a la presencia de bacterias ácido lácticas

Danae Alicia Martínez-Martínez¹

Flor de Belem Pérez Chávez²

Tania Nadhieli Mijangos Cárdenas³

Diana Matías-Pérez^{1*}

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26004853>



¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca, México.

² Departamento de Química y Biquímica, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca, México.

³ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca, México.

Resumen

El estado de Oaxaca cuenta con gran riqueza histórica, cultural y biológica que se refleja en la diversidad de alimentos y bebidas tradicionales elaboradas mediante procesos artesanales y empleo de ingredientes endémicos como maíces nativos, chiles, cacao, insectos comestibles y diversas plantas silvestres. Estos alimentos son elaborados a partir de conocimientos ancestrales, transmitidos de generación en generación, y reflejan la identidad cultural de las comunidades. Dentro de los alimentos tradicionales de Oaxaca tenemos quesos artesanales como el quesillo, elaborado con leche cruda, bebidas fermentadas como el pulque, tepache y atole agrio, que se llevan a cabo por la fermentación espontánea de su microbiota nativa como hongos, levaduras y bacterias, principalmente las bacterias ácido lácticas (BAL), que confieren características distintivas a los alimentos tradicionales. En el quesillo, modifican el pH de la cuajada mediante la producción de ácido láctico y, al fundirla en agua caliente, se logra la textura fibrosa y elástica de las hebras; en el pulque, las BAL producen exopolisacáridos responsables de la viscosidad característica; en el atole agrio, estos microorganismos fermentan la masa, desarrollando aromas y sabores únicos.

Además, algunas cepas BAL son reconocidas como probióticos por su capacidad de conferir beneficios a la salud, como la prevención de la disbiosis intestinal y estimulación del sistema inmunológico; son empleadas en el tratamiento de enfermedades entéricas y tienen efecto en la reducción del colesterol sérico. Los principales géneros BAL presentes en alimentos fermentados incluyen *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., *Streptococcus* spp. y *Weissella* spp. El estudio de los alimentos tradicionales, además de valorar su importancia cultural y gastronómica, permite explorar su potencial como fuentes de microorganismos benéficos y compuestos bioactivos que podrían contribuir al desarrollo de alimentos funcionales basados en la riqueza biocultural de la región.

1. Introducción

La dieta mexicana se caracteriza por una profunda riqueza histórica, cultural y biológica que se refleja en la gran variedad de alimentos tradicionales consumidos a lo largo del país (1). Estos alimentos se han desarrollado a partir de conocimientos ancestrales transmitidos de generación en generación y están estrechamente vinculados con los recursos naturales disponibles en cada región. Ingredientes como el maíz, frijol, chile, calabaza, cacao y diversas especies vegetales y animales constituyen la base de numerosos platillos tradicionales, formando parte esencial de la alimentación cotidiana de muchas comunidades (2).

El valor de los alimentos tradicionales va más allá de su aporte nutricional, ya que representan una expresión de identidad cultural, patrimonio gastronómico y prácticas sociales asociadas a la producción, preparación y consumo de los alimentos. En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) reconoció en 2010 a la gastronomía mexicana como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad, destacando la importancia de sistemas alimentarios tradicionales basados principalmente en el maíz, así como las técnicas culinarias, rituales y prácticas comunitarias asociadas a la alimentación (3).

Además, muchos de estos alimentos tradicionales se elaboran mediante procesos artesanales y fermentaciones naturales que favorecen la presencia de microorganismos benéficos, como bacterias ácido lácticas (BAL), las cuales pueden contribuir a mejorar la digestibilidad, aumentar la biodisponibilidad de nutrientes y aportar posibles beneficios para la salud humana. Los principales géneros BAL presentes en alimentos fermentados incluyen *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., *Streptococcus* spp., y *Weissella* spp. (3). Por ello, en años recientes ha surgido un creciente interés científico por estudiar estos productos desde una perspectiva funcional, reconociendo su potencial como fuentes naturales de microorganismos con propiedades probióticas (4).

El estado de Oaxaca destaca como una de las regiones con mayor diversidad cultural, biológica y gastronómica del país. Su compleja geografía favorece una amplia variedad de ecosistemas que albergan una gran riqueza de recursos naturales utilizados en la alimentación, como

maíces nativos, frijoles, chiles, quelites, cacao, insectos comestibles y una amplia gama de plantas silvestres que forman parte fundamental de la cocina regional. Asimismo, Oaxaca es reconocido por su notable diversidad cultural, al ser hogar de numerosos pueblos indígenas, entre ellos zapotecos y mixtecos quienes han preservado sus conocimientos tradicionales que han permitido conservar una gastronomía profundamente arraigada en la identidad de las comunidades y estrechamente vinculada con sus sistemas productivos y su entorno natural (2).

Dentro de los alimentos tradicionales de Oaxaca se encuentran bebidas a base de maíz y cacao, productos derivados del maíz nixtamalizado, salsas tradicionales, quesos artesanales y preparaciones que incorporan insectos comestibles. Muchos de estos alimentos se elaboran mediante métodos artesanales que favorecen el desarrollo de microbiotas naturales (3). En este contexto, el estudio de los alimentos tradicionales de Oaxaca no solo permite valorar su importancia cultural y gastronómica, sino también explorar su potencial como fuentes de microorganismos benéficos y compuestos bioactivos que podrían contribuir al desarrollo de alimentos funcionales basados en la riqueza biocultural de la región.

2. Bacterias ácido lácticas y sus propiedades probióticas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) son microorganismos seguros, no patógenos; poseen un comportamiento homo y heterofermentativo, producen ácido láctico como principal producto de la fermentación, así como vitaminas, ácidos orgánicos, bacteriocinas y enzimas que ayudan a mejorar las cualidades nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales de los alimentos (1). Se encuentran en ambientes ricos de nutrientes, en alimentos tradicionales como reservorios de bacterias autóctonas procedentes de la materia prima, como el maguey para el caso del pulque, nixtamal en el atole agrío o aquellas nativas de la leche; también pueden ser introducidas durante el proceso, a través de recipientes, equipos y el ambiente. Estos microorganismos son utilizados en la elaboración de alimentos fermentados de origen animal y vegetal; contribuyen mejorando el perfil sensorial, como la textura, sabor, aroma; prolongan la vida útil y

conservación del alimento (5). Los géneros más prevalentes en alimentos fermentados incluyen *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., *Streptococcus* spp. y *Weissella* spp. (3).

Cepas específicas de BAL son reconocidas como probióticos por la capacidad de conferir beneficios a la salud del huésped; cuentan con capacidad de producir sustancias antimicrobianas como ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos; adherencia al epitelio intestinal, la mucosa y el fortalecimiento de la barrera epitelial, así como la modulación del sistema inmune, son utilizadas en la prevención y tratamiento de enfermedades entéricas (5).

Propiedades probióticas de las bacterias ácido lácticas

La importancia de las bacterias ácido lácticas (BAL) se relaciona principalmente con su actividad metabólica segura, que proporciona numerosos beneficios funcionales y para la salud a través de los alimentos fermentados; gran número de cepas probióticas pertenecen al grupo de las BAL (5). Los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped. Para que una cepa sea reconocida como probiótica, debe cumplir con las pautas establecidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), que contempla la identificación de los microorganismos a nivel género, especie y cepa, mediante métodos genotípicos, así como criterios de seguridad, funcionalidad y tecnología (6).

Seguridad

Las bacterias ácido lácticas probióticas tienen el llamado estado Generalmente Reconocido como Seguro (GRAS por siglas en inglés *Generally Recognized as Safe*) y cumplen con los requisitos de presunción cualificada de seguridad (QPS por siglas en inglés de *Qualified Presumption of Safety*) en Europa; deben ser de origen humano (secreciones, cavidad oral, vaginal, intestinos, entre otros) o aisladas de alimentos. Demostrarse su inocuidad,

ausencia de genes de virulencia y de resistencia antimicrobiana transferible. Estos criterios permiten asegurar que el probiótico no solo sea viable en el alimento, sino también efectivo y seguro para el consumidor (7).

Funcionalidad

Las bacterias ácido lácticas deben tener la capacidad de supervivencia a través del tracto gastrointestinal (TGI), presentar resistencia a la acidez gástrica y sales biliares; así como de proliferar y adherirse a las células del huésped en el intestino delgado y el colon, donde ejercen sus efectos beneficiosos, presentar actividad antagonista contra patógenos y evitar su adhesión al epitelio intestinal y actividad de la enzima hidrolasa de sales biliares (6).

Tecnológicas

La cepa probiótica debe cumplir con diversos criterios tecnológicos para garantizar su eficacia y seguridad en los alimentos. En primer lugar, debe estar presente en una cantidad suficiente de células viables que permita ejercer el efecto benéfico demostrado en el hospedador. Generalmente, se establece que el microorganismo debe encontrarse en concentraciones mínimas de 1×10^6 UFC/g o mL en el producto al momento de su consumo. Asimismo, la cepa debe mantener su viabilidad durante el procesamiento del alimento, así como estabilidad y supervivencia a lo largo del almacenamiento, conservando su actividad hasta el final de la vida útil del producto. Además, es fundamental que la cepa cuente con evidencia científica que respalde sus efectos benéficos en seres humanos, obtenida mediante estudios *in vitro*, modelos animales y, especialmente, ensayos clínicos controlados en humanos (6).

Los principales beneficios a la salud reportados por el consumo de bacterias ácido lácticas (BAL) probióticas son el equilibrio de la comunidad microbiana intestinal, la estimulación del sistema inmunológico, la reducción del riesgo de enfermedades entéricas y la reducción del colesterol sérico. El principal mecanismo de la actividad probiótica de las BAL se da por la producción de sustancias antimicrobianas y ácidos

orgánicos, evitando que el patógeno se adhiera a la capa epitelial del intestino y compita por nutrientes (7).

3. Diversidad de alimentos tradicionales de Oaxaca

Los alimentos tradicionales de cada región geográfica se diferencian por la especificidad de sus ingredientes y métodos de producción. Esta singularidad está profundamente arraigada en la tradición popular y se relaciona con la producción de alimentos únicos obtenidos con la participación de especies microbianas endémicas (5).

El estado de Oaxaca se distingue por una extraordinaria diversidad de alimentos y bebidas tradicionales, tanto fermentados como no fermentados, que reflejan la riqueza biocultural de sus regiones (2). Muchos de estos productos, elaborados principalmente a base de maíz y cacao, han sido asociados con efectos benéficos para la salud, en parte por la presencia de bacterias ácido lácticas (BAL) y otros microorganismos autóctonos que participan en procesos de fermentación espontánea (7). Estas comunidades microbianas, adaptadas a las condiciones locales, contribuyen no solo a la conservación del alimento, sino también al desarrollo de características sensoriales únicas y, potencialmente, a propiedades funcionales (8).

En su elaboración se incorporan ingredientes endémicos como chiles nativos, chapulines, hierbas aromáticas y granos básicos como maíz, frijol y cacao, lo que fortalece su identidad territorial. Estos alimentos mantienen un estrecho vínculo con las tradiciones, los saberes ancestrales y las prácticas comunitarias, formando parte esencial de la dieta cotidiana oaxaqueña y de sus festividades (2). Entre los productos más representativos se encuentran quesos tradicionales como el quesillo en los Valles Centrales; el atole agrio de Huautla de Jiménez, en la región de la Cañada; así como bebidas fermentadas como el tepache, el pulque y el mezcal, producido en distintas regiones del estado con sus diferentes variantes de materia prima y procesos (ver Figura 1). Otras preparaciones emblemáticas como los moles y el tejate también representan matrices alimentarias complejas cuya microbiota ha sido poco explorada desde una perspectiva científica.

3.1 Quesos tradicionales

En México, los quesos tradicionales son elaborados de manera artesanal con leche cruda de vaca, realizados de forma manual con escaso uso de maquinaria, en áreas o talleres acondicionados dentro de sus casas (5). En Oaxaca, existe una gran diversidad de quesos frescos artesanales debido a los diferentes ingredientes endémicos incorporados en su elaboración, como chiles frescos y secos, hierbas de olor, flores, chapulín; así como el material de sus recipientes o empaques de presentación, como las hojas de totemoxtle, aros de madera, palma, que le confieren características identitarias.

El quesillo es un queso tradicional de Oaxaca, reconocido como patrimonio cultural y gastronómico. Este alimento posee un fuerte vínculo con las costumbres y tradiciones oaxaqueñas, como la Guelaguetza; es tan importante que cada año se realiza una feria con el objetivo de valorizar y rescatar este producto tradicional. Es clasificado como queso de pasta hilada, debido a que se presenta en largas hebras, de sabor a leche y ligeramente ácido. Para su elaboración, la cuajada atraviesa un proceso de fermentación natural por acción de su microbiota nativa presente en la leche cruda, principalmente bacterias ácido lácticas, que modifican la acidez de la cuajada, logrando que, al fundirla en agua caliente, esta adquiera una consistencia chiclosa y se estire, hasta formar largas hebras. Este conocimiento práctico permite a los productores controlar, a través de la experiencia sensorial (olor, textura, elasticidad), el punto óptimo de fermentación.

Las hebras se enrollan entre sí hasta formar una pieza redonda, presentación característica de este alimento.

3.2 Bebidas tradicionales

La fermentación es el método más antiguo de procesamiento y conservación de alimentos, utilizado para prolongar la vida útil y mejorar las características sensoriales de los productos, lo que resulta en una fuente importante de nutrientes y compuestos que promueven la salud humana. Las bebidas fermentadas tradicionales son un elemento esencial del patrimonio cultural y culinario de muchos países (9). En México, existe una amplia diversidad de bebidas fermentadas, elaboradas de manera

tradicional y artesanal a base de maíz, cacao, frutas, plantas, hierbas, raíces y tallos; sus métodos de procesamiento y microbiota varían entre regiones, localidades y productores (3). Además, se realiza una fermentación espontánea por la microbiota natural (bacterias, hongos, levaduras), presente en las materias primas. Estas bebidas fermentadas tienen una gran importancia histórica, cultural, tradicional y económica en la vida cotidiana de las comunidades mexicanas (1).

En Oaxaca, bebidas tradicionales como el tepache, atole agrio, téjate, pulque y mezcal, son símbolo de la cultura zapoteca consideradas bebidas sagradas, empleadas en ceremonias y rituales de conmemoración, actualmente se consumen de forma cotidiana, en festividades o celebraciones que forman parte de las costumbres y tradiciones de la cultura Oaxaqueña (2).

Tepache

El tepache es una bebida prehispánica de México, originalmente de maíz (náhuatl “tépiatl” o “tepiatzin”); se elabora en diferentes estados del sur. En Oaxaca, esta bebida tradicional forma parte de la identidad cultural y se consume ampliamente en ferias regionales y celebraciones. Posee sabor dulce y ligero, con ácidos orgánicos, bajo contenido de etanol (menor a 1 %) y otros compuestos volátiles que le confieren características organolépticas agradables para los consumidores (4). El tepache es elaborado con cáscaras de piña, panela (piloncillo) y agua; se deja reposar dentro de barriles de madera u ollas de barro llamadas “tepacheras” durante 1 a 5 días a temperatura ambiente. Durante su elaboración se lleva a cabo un proceso de fermentación espontánea mixta láctica-alcohólica (5).

Atole agrio

El atole agrio es una bebida mexicana, sin alcohol y ácida; se obtiene cuando la masa de maíz fermenta de forma natural, sin adición de azúcar. Se consume en el sureste de México, especialmente en los estados de Tabasco, Chiapas, Veracruz y Oaxaca; se conoce también como xo-coatole o atolxuco; es consumido con fines nutricionales, medicinales y ceremoniales (8).

En Oaxaca, el atole agrio se prepara con maíz criollo, el cual atraviesa una fermentación espontánea por acción de la microbiota mixta de bacterias, levaduras y hongos. Para su elaboración, el maíz se deja remojar en agua durante 3 a 5 días, hasta que los granos estén suaves para molerlos y obtener una masa que se deja fermentar una noche más. Posteriormente, la masa se diluye y se hierva para gelatinizar el almidón y así obtener una bebida espesa y viscosa que se consume caliente (1). El producto final se saboriza con azúcar, canela o cacao, o se consume solo. En algunas regiones de Oaxaca, como en Huautla de Jiménez, en la Región Cañada, se le acompaña con frijoles y una salsa de pipián, ajonjolí y semillas de chile chiltepe, lo que le da un toque especiado. Su sabor es ácido con un aroma intenso (3).

Tejate

El tejate es una bebida prehispánica originaria de los Valles Centrales de Oaxaca, símbolo de la cultura zapoteca asociada con ceremonias y rituales para transiciones importantes de la vida. Forma parte de la familia de bebidas frescas, cubiertas con espuma; es elaborada a base de maíz y cacao, es considerada una bebida refrescante con propiedades saciantes, de gran valor cultural y social (2).

La preparación del tejate requiere de habilidad y experiencia. En los Valles Centrales de Oaxaca se prepara utilizando maíz nixtamalizado con ceniza de madera (cuanextle). Al hacer una mezcla tostada y molida de cacao rojo (*Theobroma cacao* L.), flores de rosita de cacao (*Quararibea funebris*), semilla de mamey o pixtle (*Pouteria sapota*). En algunas áreas se utiliza cacao blanco (*T. bicolor*) u otros ingredientes como coco, cacahuete o nuez. El tejate se sirve en una jícara decorada en forma de tazón hecha de *Crescentia cujete* L. El tejate, además de ser fuente de energía, proteína y grasa, es también de metilxantinas y minerales, como potasio, hierro, zinc, magnesio y calcio; sin embargo, no se cuenta con información referente a su composición microbiológica. Es importante la exploración de la microbiota natural y la evaluación de las propiedades funcionales (2).

Pulque

El pulque es la bebida más antigua y tradicional de México; se consume en varios estados del país. Es obtenido como producto de la fermentación del aguamiel, conocido también como savia azucarada, principalmente de las variedades de *Agave salmiana* y *Agave atrovirens*, obteniendo una bebida con 4 a 6 % de alcohol. Es de color blanco lechoso, viscoso y ligeramente ácido. Se consideró una bebida esencial en los rituales; se consumía en ceremonias, celebraciones y se usaba como ofrenda. Fuera de estas, solo se permitía ingerirla a los ancianos (10).

El proceso comienza eligiendo agaves entre 6 y 15 años, próximos a florecer; el capullo floral se corta haciendo un agujero en su tallo central con capacidad de 1 a 2 litros, donde se almacenará el aguamiel. La cavidad se raspa en la superficie para acelerar la producción de la savia líquida; después, es sellada con hojas y piedras para proteger contra insectos, polvo y evitar derrame. La colecta del aguamiel se realiza dos veces al día y para la fermentación se coloca en tinajas o “tinacal” de madera, barro o plástico, donde se lleva a cabo la fermentación a temperatura ambiente durante 12 a 48 horas (11).

La fermentación inicia en el maguey, que funciona como el reservorio natural de consorcios de microorganismos como hongos, levaduras y bacterias, sobresaliendo la presencia de bacterias lácticas (BAL), que de acuerdo con su tipo de fermentación heterofermentativa transforman los azúcares disponibles en la savia en diferentes compuestos como etanol, ácido acético, dióxido de carbono, peróxido de hidrógeno, además de producir metabolitos y exopolisacáridos que confieren la viscosidad al pulque. Posteriormente, algunos artesanos aceleran el proceso de fermentación agregando una porción de pulque, que funciona como inóculo. La fermentación se realiza en recipientes limpios y a temperatura ambiente; en días cálidos puede durar 12 horas y en ambientes fríos se puede prolongar hasta 48 horas. Conforme avanza la fermentación, se presentan cambios importantes en el pulque, como el incremento del porcentaje de etanol y el cambio en la viscosidad por la producción de exopolisacáridos. Al terminar el proceso, se obtiene una bebida alcohólica de 4 a 6% de etanol; en algunas regiones es apreciada por su aporte nutricional, principalmente vitaminas y minerales (5).

Mezcal

El mezcal, del náhuatl “mexcalli”, que significa agave horneado, es una bebida alcohólica ancestral, símbolo de identidad y herencia cultural, producida aproximadamente en 26 estados de México. El mezcal se obtiene de la fermentación de los azúcares de las piñas de diferentes especies de agave o maguey. En el estado de Oaxaca, el maguey espadín (*Agave angustifolia*) es la especie más utilizada, así como otras variedades silvestres como tobalá y tepestate. El proceso de producción del mezcal puede variar por las condiciones de la región e instalaciones; sin embargo, las etapas claves del proceso son el corte de la piña, la cocción, molienda, fermentación y destilación (12). Su cocción en hornos de tierra, molienda con tahona y fermentación natural, ofreciendo perfiles ahumados, dulces y terrosos.

Para elaborar mezcal, se cosechan agaves entre 4 a 5 años en especies pequeñas y entre 10 a 25 años en especies grandes. Las plantas son cortadas desde su base, las hojas se retiran; a esta actividad se le conoce como “jimado”, para obtener el corazón del agave o “piñas”. Después, se transportan para la cocción en hornos de tierra y molienda en tahona. En esta etapa, los polisacáridos presentes en la “piña” se hidrolizan para generar un jarabe con alto contenido de fructosa, el cual posteriormente es sometido a fermentación alcohólica por acción de las levaduras nativas (13). Esta etapa de fermentación constituye una de las fases más relevantes en la elaboración del mezcal, ya que durante ella se desarrollan las principales características sensoriales de la bebida, tales como el sabor, el cuerpo y el aroma. Finalmente, el mosto fermentado, que alcanza concentraciones de etanol de 2 a 13 % v/v (volumen/volumen), es sometido a un proceso de destilación para obtener mezcal blanco o joven (12).

4. Microbiota asociada a los alimentos tradicionales de Oaxaca y sus propiedades probióticas

Los métodos tradicionales y artesanales de elaboración de estos alimentos se caracterizan por el uso de fermentaciones espontáneas, que se llevan a cabo por la microbiota natural presente en las materias primas, como

hongos, levaduras y bacterias, donde destaca la presencia de bacterias ácido lácticas (5), que participan significativamente en el proceso de fermentación y confieren características sensoriales como el sabor, aroma y textura distintivos de los alimentos. También son de gran importancia dada su capacidad antimicrobiana, que ayuda a proteger a los alimentos fermentados de la contaminación, el deterioro y su conservación (14). (Tabla 1).

Las fermentaciones mejoran el sabor y la calidad nutricional de los alimentos y aumentan su vida útil. Los alimentos fermentados se consideran una buena fuente de probióticos naturales porque se ha informado que su ingesta mejora la función intestinal, ayuda a reforzar la inmunidad y previene alergias (7).

En bebidas como el tepache, la fermentación es resultado de consorcios microbianos complejos que incluyen bacterias lácticas, levaduras y, en algunos casos, bacterias acéticas, cuya interacción define el perfil sensorial y la calidad del producto final. Los géneros de BAL predominantes son *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus* y *Streptococcus*, que transforman los azúcares en alcohol, ácido acético y, en menor cantidad, ácido láctico, que confiere el sabor, gusto y aroma característicos al tepache. Se han asociado beneficios a la salud al consumir esta bebida, como mejorar el equilibrio intestinal y reducir el riesgo de enfermedades gastrointestinales (4); también es una fuente natural de péptidos antimicrobianos como la nisina y enterocina con capacidad para inhibir organismos patógenos y ayudar en la conservación de la bebida (14).

El atole agrío se obtiene mediante la fermentación natural de masa de maíz nixtamalizado, donde las bacterias ácido lácticas desempeñan un papel fundamental en la acidificación, estabilidad microbiológica y desarrollo de compuestos aromáticos. Estos microorganismos dominan notablemente; los géneros más prevalentes incluyen *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp., *Pediococcus* spp. y *Weissella* (15). Estos microorganismos producen vitaminas, ácidos orgánicos, bacteriocinas y enzimas, mejorando las características nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales de la bebida. Las contribuciones funcionales clave incluyen la degradación de factores antinutricionales, como el ácido fítico, y la mayor disponibilidad de fibra soluble, arabinosilanos solubles, ácidos fenólicos libres y péptidos bioactivos (1).

En el pulque, las bacterias ácido lácticas (BAL) forman parte de la microbiota autóctona del maguey. Los principales géneros presentes son *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Weissella*. El papel que desempeñan las BAL durante la fermentación del aguamiel para obtención del pulque es conferir las características sensoriales de aroma, sabor y textura distintiva de esta bebida (3). Varias especies de *Leuconostoc*, como *L. mesenteroides*, poseen la capacidad de producir exopolisacáridos (EPS) como el dextrano y frutano, que otorgan al pulque la viscosidad característica, valorada por un grupo específico de consumidores (5). Los géneros *Lactobacillus* y *Pediococcus* presentes en pulque poseen capacidad antimicrobiana e inhiben el crecimiento de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. El pulque ha sido considerado como una fuente de probióticos, su consumo se ha relacionado con diversos beneficios a la salud, como la prevención o mejora de enfermedades gastrointestinales e infecciones renales y reducción de colesterol sérico (11).

La producción artesanal de mezcal implica procesos como la cocción en hornos cónicos de tierra, la molienda en tahona y la fermentación en tinas de madera o recipientes abiertos, donde la microbiota ambiental contribuye de manera significativa al carácter distintivo de cada región. Es predominante la presencia de bacterias ácido lácticas importantes en el proceso de fermentación, en el mosto se han identificado principalmente los géneros *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Weissella* y *Leuconostoc* (12). Al inicio de la fermentación predomina la presencia de bacterias lácticas *Weissella* y *Leuconostoc*. El género *Lactobacillus* se hace presente conforme avanza la fermentación, registrándose una mayor presencia hacia el final del proceso. Cepas específicas de estos géneros han sido reportadas por presentar tolerancia a condiciones similares al tracto gastrointestinal y propiedades antiinflamatorias, así como la producción de exopolisacáridos (EPS) ante la presencia de fructanos del agave.

En Quesillo, al ser elaborado con leche cruda de bovino, representa una fuente natural de microorganismos beneficiosos, como las bacterias ácido lácticas, que confieren características sensoriales de sabor, aroma y textura únicas. En quesos tradicionales se han identificado principalmente los géneros *Lactococcus spp.*, *Leuconostoc spp.*, *Lactobacillus spp.* y *Streptococcus spp.* (5), reconociendo, principalmente, a *Lactobacillus* por sus propiedades probióticas.

Estos sistemas productivos, basados en prácticas empíricas y en el aprovechamiento de microbiotas nativas, no solo preservan la identidad cultural de los alimentos oaxaqueños, sino que también favorecen la diversidad microbiana. Desde una perspectiva científica, representan modelos de fermentación tradicional con alto potencial para la identificación de cepas autóctonas con propiedades funcionales, fortaleciendo así la valorización de los productos regionales y su reconocimiento como patrimonio alimentario.

5. Valorización, sostenibilidad y desarrollo regional de los alimentos tradicionales de Oaxaca

Oaxaca es un estado con gran diversidad cultural y gastronómica, con amplia variedad de alimentos vinculados al territorio, sus tradiciones y costumbres, elaborados artesanales, lo que representa una oportunidad para fortalecer procesos de desarrollo local basados en la identidad cultural, la innovación y el aprovechamiento sostenible de los recursos regionales (2). La valorización de los alimentos tradicionales de Oaxaca representa una estrategia clave para la preservación del patrimonio cultural, la promoción de sistemas alimentarios sostenibles y el impulso del desarrollo regional. Los alimentos tradicionales son elaborados a partir de conocimientos ancestrales y recursos locales (3), reflejando la identidad cultural de las comunidades y generalmente es la principal fuente de ingresos de los productores artesanales. En este sentido, su reconocimiento y promoción permiten fortalecer las economías locales, fomentar el consumo responsable y contribuir a la conservación de la biodiversidad alimentaria.

Los alimentos tradicionales se producen mediante métodos artesanales, a pequeña escala; se utilizan ingredientes endémicos como maíces criollos, frijoles, chiles secos, chapulín y otras especies, favoreciendo la conservación de recursos genéticos y promoviendo prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones ecológicas de cada región y técnicas de bajo impacto ambiental (1). Asimismo, la valorización de estos productos exige el reconocimiento y la protección, a través de las denominaciones de origen, indicaciones geográficas y marcas colectivas, que permiten destacar la calidad, autenticidad y vínculo territorial de los alimentos. Estas estrategias no solo protegen los saberes tradicionales asociados a su elaboración, sino

que también generan oportunidades de mercado y agregan valor a los productos locales, fortaleciendo la competitividad de las regiones productoras.

En cuanto al desarrollo regional, la promoción de alimentos tradicionales puede estimular actividades complementarias como el turismo gastronómico, la investigación científica y la innovación en productos derivados. Además, el estudio de sus características nutricionales, microbiológicas y funcionales ha despertado un creciente interés académico, particularmente en relación con la presencia de microorganismos benéficos y compuestos bioactivos que podrían aportar beneficios para la salud (5). En este contexto, la articulación entre conocimiento tradicional, investigación científica y políticas públicas resulta fundamental para impulsar la valorización de los alimentos tradicionales. Este enfoque permite preservar la riqueza cultural y gastronómica de las regiones, generar alternativas de desarrollo sostenible que beneficien a las comunidades productoras y contribuyan a la seguridad alimentaria.

6. Referencias

1. Torres-Gregorio M, Ribas-Aparicio R, Aguilera-Arreola M, Gutiérrez-López GFS. Potencial probiótico de algunas bacterias ácido lácticas aisladas de atole agrio de maíz azul de Veracruz, México. *Fermentation*. 2025;11(8):474. <https://doi.org/10.3390/fermentation11080474>
2. Soleri DC. Alimentos tradicionales, globalización, migración y salud pública y planetaria: el caso del tejate, una bebida de maíz y cacao en Oaxaca. *Challenges*. 2025;14(1):9. <https://doi.org/10.3390/challenges14010009>
3. Ojeda-Linares C, Álvarez-Ríos G, Figueredo-Urbina C, Islas L, Lappe-Oliveras P, Nabhan G, et al. Traditional fermented beverages of Mexico: a biocultural unseen foodscape. *Foods*. 2021;10(10):2390. <https://doi.org/10.3390/foods10102390>
4. Gutiérrez-Sarmiento W, Peña-Ocaña B, Lam-Gutiérrez A, Guzmán-Albores J, Jasso-Chávez R, Ruíz-Valdiviezo V. Microbial community structure, physicochemical characteristics and predictive functionalities of the Mexican tepache fermented beverage. *Microbiol Res*. 2022;260:127045. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127045>

5. Santander-Cortés A, Castro-Rosas J. Isolation of lactic acid bacteria with probiotic potential from typical fermented Mexican food: a review. *Pädi Bol Cient ICBI*. 2024;11(22):59-68. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11i22.11072>
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Rome: FAO/WHO Working Group; 2002.
7. Marinova-Yordanova V, Kizheva Y, Rasheva I, Hristova P. Alimentos fermentados tradicionales búlgaros como fuente de bacterias beneficiosas del ácido láctico. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2024;16(1):7. <https://doi.org/10.31083/j.fbe1601007>
8. Väkeväinen K, Valderrama A, Espinosa J, Centurión D, Rizo J, Reyes-Duarte D, et al. Characterization of lactic acid bacteria recovered from atole agrio, a traditional Mexican fermented beverage. *LWT Food Sci Technol*. 2018;88:109-18. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.004>
9. Pérez-Armendáriz B, Cardoso-Ugarte G. Traditional fermented beverages in Mexico: biotechnological, nutritional, and functional approaches. *Food Res Int*. 2020;136:109307. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109307>
10. Matías-Luis G, Peña-Caballero V, Reyna-González W, Domínguez-Díaz L, Martínez-Hernández J. Nutritional and medicinal value of pulque. *J Negat No Posit Results*. 2019;4(12):1291-303. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3148>
11. Cerero-Calvo C, Sánchez-Medina M, Pérez-Santiago A, Matías-Pérez D, García-Montalvo I. Probióticos presentes en bebidas fermentadas mexicanas. *TIP Rev Esp Quím Biol*. 2022;25(1):1-13. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.436>
12. Espinoza-Martínez V, Jiménez-Pacheco A, Palma-Cruz F, López-Sánchez C. Diversidad microbiana presente durante la fermentación del proceso de producción artesanal de mezcal en Coixtlahuaca, Oaxaca. *Rev Cent Grad Investig*. 2020;35(86):68-74.
13. Pérez-Hernández E, Chávez-Parga M, González-Hernández J. Review of agave and mezcal. *Rev Colomb Biotecnol*. 2026;18(1):148-64. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
14. De la Fuente-Salcido N, Castañeda-Ramírez J, García-Almendárez

- B, Bideshi D, Salcedo-Hernández RC. Isolation and characterization of bacteriocinogenic lactic bacteria from M-Tuba and Tepache, two traditional fermented beverages in México. *Food Sci Nutr*. 2015;3(5):434-42. <https://doi.org/10.1002/fsn3.236>
15. Pérez-Cataluña AE. Diversity and dynamics of lactic acid bacteria in atole agrio, a traditional maize-based fermented beverage from South-Eastern Mexico, analysed by high throughput sequencing and culturing. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2018;111(1):385-99. <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0960-1>

Figura 1. Alimentos tradicionales de Oaxaca. a) Quesillo, b) Tepache c) Atole agrio, d) Tejate, e) Pulque, f) Mezcal.



Tabla 1. Principales alimentos tradicionales de Oaxaca. Principales sustratos para la fermentación, microorganismos descritos y beneficio a la salud.

Alimento fermentado	Sustrato principal	Principales géneros BAL	Especie identificada como probiótico	Beneficio a la salud	Referencia
Tepache	Ananas comosus	<i>Enterococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Weissella</i> , <i>Streptococcus</i> .	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Producción de péptidos antimicrobianos (nisina y enterocina).	(De la Fuente-Salcido et al., 2015) (Gutiérrez-Sarmiento et al., 2022).
Atole agrio	<i>Zea mays</i>	<i>Enterococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Weissella</i> .	<i>L. plantarum</i> , <i>Lc. Lactis</i> , <i>Levilactobacillus brevis</i> , <i>Loigolactobacillus coryniformis</i> , <i>Leuc. Pseudomesenteroides</i> , <i>Ped. Pentosaceus</i> , <i>Weissella confusa</i> .	Producción de vitaminas, ácidos orgánicos, bacteriocinas y enzimas.	(Torres-Gregorio et al., 2025) (Väkeväinen et al., 2018).
Pulque	<i>Agave spp.</i>	<i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Weissella</i> .	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , <i>Lacticaseibacillus paracasei</i> UTMB4, <i>Levilactobacillus brevis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> , <i>Leuconostoc citreum</i> y <i>Leuconostoc kimchi</i> .	Capacidad antimicrobiana (<i>E. coli</i> y <i>S. aureus</i>). Producción de exopolisacáridos. Pruebas in-vitro de potencial probiótico bajo condiciones gastrointestinales simuladas.	(Santander-Cortés y Castro-Rosas, 2024) (Ojeda-Linares et al., 2021).
Mezcal	<i>Agave spp.</i>	<i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Oenococcus</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Weissella</i> .	<i>Pediococcus parvulus</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus composti</i> , <i>Lactobacillus parabuchneri</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> y <i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Tolerancia a condiciones in vitro similares al tracto gastrointestinal y propiedades antiinflamatorias. Producción de exopolisacáridos (EPS).	(Ojeda-Linares et al., 2021) (Espinoza-Martínez et al., 2020).
Quesillo	<i>Leche</i>	<i>Lactococcus spp.</i> , <i>Leuconostoc spp.</i> , <i>Lactobacillus spp.</i> y <i>Streptococcus spp.</i>			(Santander-Cortés y Castro-Rosas, 2024).

