

# La inventiva de nuestros antepasados y



Derivado empíricamente de los beneficios a la salud que se obtienen por su consumo, nuestros antepasados utilizaron este proceso cada vez con mayor frecuencia en la producción de alimentos. Existen muchas leyendas e hipótesis sobre cómo se explicaban el proceso a sí mismos, así como de la forma en que lo descubrieron. Se señala, por ejemplo, que inicialmente se usaban cenizas volcánicas, que posteriormente sustituyeron por cal. Las antiguas civilizaciones mesoamericanas fueron capaces de observar los efectos adversos de consumir maíz si antes de producir tortillas y otros productos derivados no se sometía al proceso de la cocción alcalina. Así, estas grandes culturas continúan impresionándonos por la maestría con la que aprendieron a transformar los productos que formaban parte de su dieta. La maestría incluye también el cómo los pueblos originarios supieron conservar el proceso e irlo transmitiendo hasta llegar a la riqueza culinaria de la que disponemos actualmente.

**Dra. Ma. del Carmen Wachter Rodarte**  
Facultad de Química, UNAM  
wacher@unam.mx

*Carmen Wachter es Profesora Investigadora de la Facultad de Química de la UNAM con toda una trayectoria de investigación dedicada a la microbiología, particularmente a la microbiología del pozol. Desde los inicios de su carrera abordó el estudio de este maravilloso producto de la fermentación de maíz que heredamos del México antiguo y actualmente lo hace empleando las herramientas modernas de la ecología molecular. La revista Biotecnología en Movimiento, órgano de divulgación del Instituto de Biotecnología, tuvo la magnífica iniciativa de dedicar un número especial a las tecnologías biológicas que datan de la época prehispánica (<https://biotecnologiaibtunam.files.wordpress.com/2017/05/bm9.pdf>). Hemos reproducido ya dos artículos dedicados a la espirulina y al pulque, continuando esta semana con la aportación de la Dra. Wachter sobre el pozol. Agradecemos al Comité Editorial de la revista la autorización para reproducir este texto. Agustín López Munguía*

## El maíz

El papel que jugó el maíz en la historia de Mesoamérica es fundamental para entendernos como nación, para entender nuestra historia y nuestra cultura. Quizás hoy las nuevas generaciones no lo perciben en toda su dimensión porque lo consumimos cotidianamente, pero el maíz sigue siendo la base de la alimentación de la mayoría de los mexicanos y un alimento muy especial tanto por su contenido nutricional, como por la gran diversidad de formas en las cuales lo consumimos. Aunque existen 74 variedades de maíz, las más importantes son el blanco, el amarillo y el azul y si bien su producción data de los inicios de la agricultura, se consume actualmente gracias a que los pueblos originarios adaptaron su cultivo a los diversos nichos ecológicos característicos de toda Mesoamérica (1).

## La nixtamalización: un proceso químico de transformación del maíz

La palabra nixtamalización es un vocablo náhuatl (nextli "cenizas de cal" y tamalli, "asa de maíz cocido"). Es un proceso que fue desarrollado en Mesoamérica, que posteriormente fue transmitido por los pueblos indígenas. Consiste en hervir el maíz en agua con cal hasta que se desprende la cascarilla, luego se lava para

eliminar el exceso de cal, se remoja y se muele. Se forma una masa, que se conoce como nixtamal o masa nixtamalizada y a partir de esta masa se obtienen las tortillas, que ha sido el principal alimento en la dieta del pueblo mexicano y la base de su supervivencia desde hace más de 3500 años (2).

Esta masa tiene en promedio 9 a 10 % de proteínas, dentro de las cuales existen unas que se disuelven en agua, otras en alcohol, otras en soluciones de sal y otras en soluciones alcalinas (como la de la cal). La calidad nutritiva del maíz depende del tipo de proteínas que tiene y especialmente de la proporción de aminoácidos esenciales que contenga (los aminoácidos forman las proteínas) y los aminoácidos esenciales son los que el organismo no produce, por lo que se les debe consumir en cantidades establecidas o recomendadas por organismos de salud como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La cocción alcalina y el remojo provocan cambios químicos en el maíz que traen como consecuencia un incremento en la fibra dietaria insoluble, hoy en día considerada como un componente clave de los alimentos, por sus funciones fisiológicas asociadas a nuestra salud. Otras consecuencias de este proceso es el

aumento en la concentración de calcio y la biodisponibilidad de la niacina, (la vitamina B3) cuya deficiencia ocasiona la enfermedad conocida como pelagra (pelle: piel, agrá: áspera). Destaca el hecho de que esta enfermedad no ocurre precisamente donde se consume maíz nixtamalizado.

## El pozol: biotecnología tradicional

La masa de maíz nixtamalizado es la materia prima para la preparación no sólo de tortillas, y las muy diversas formas en que las consumimos (tacos, quesadillas, totopos, chilaquiles, en-



La nixtamalización consiste en hervir el maíz en agua con cal hasta que se desprende la cascarilla, luego se lava para eliminar el exceso de cal, se remoja y se muele.



## ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: editorial@acmor.org.mx



# los fermentados de maíz

chiladas, etc.) sino también de otros alimentos clave de nuestra dieta, como el atole o los tamales. Dentro de estos productos destacan particularmente los fermentados, es decir, aquellos cuya transformación requiere de la acción de los microorganismos, tal como sucede en el pan, el queso o el yogurt, por citar algunos. Todos ellos ubicados dentro de una aplicación de la biotecnología que hoy clasificamos como antigua o tradicional, pero que, al igual que los procesos de la biotecnología moderna, requiere del eficiente trabajo de transformación que realizan los microorganismos. Dentro de estos procesos de la biotecnología antigua se encuentran los atoles agrios, el tesguino y el pozol, todos ellos resultado de la fermentación del maíz.

El pozol (del nahuatl *pozolli*, espumoso) es una bebida de origen mesoamericano, con propiedades refrescantes que se elabora a partir de masa nixtamalizada, con la cual se elaboran manualmente bolas, que se envuelven en hojas de la planta del plátano. Se consume después de un día o hasta un mes de fermentación. Hasta la fecha, el pozol se sigue consumiendo en el sureste mexicano y actualmente, a pesar del proceso de mestizaje, los mayas mantienen viva esta costumbre heredada de sus ancestros. A los pueblos originarios les debemos la conservación de esta bebida, que ha pasado de generación en generación.

Como el pozol se elabora con masa de nixtamal, se desarrolla un conjunto de microorganismos muy especiales. Dentro de éstos se encuentra *Streptococcus infantarius* ssp. *infantarius*, que es una bacteria que se encuentra siempre en la masa, constituyendo uno de los misterios de la bebida.

Para resolver estos misterios, se han usado métodos modernos de estudio de los microorganismos. Estos métodos consisten, a diferencia de los tradicionales, en extraer el material genético de las bacterias que crecieron en la masa, y generar -a partir de este material- un perfil que, como si fuera una huella digital, nos muestra el conjunto de microorganismos presentes. Con esta metodología fue muy fácil determinar la estructura de la comunidad microbiana del pozol y la sorpresa fue que la huella más intensa corresponde al género *Streptococcus*. Esto causó sorpresa, ya que en otros alimentos de maíz predominan otras bacterias, muy particularmente las bacterias lácticas. Dentro de los *Streptococcus*, *S. infantarius* ha mostrado ser muy especial, ya que presenta características inusuales. Primeramente, utiliza el almidón para crecer, pero lo hace más rápido que otras bacterias, lo que pensamos se debe a su nivel de adaptación al nixtamal. Esto lo concluimos en parte por el hecho de que en el pozol no crecen bacterias que sí encontramos en otros alimentos de maíz que se

elaboran con maíz que no se ha nixtamalizado. Otro misterio que mi grupo de investigación ha tratado de resolver es que a pesar de que este microorganismo predomina inicialmente, la proporción de bacterias amilolíticas (aquellas que fermentan hidratos de carbono de reserva de granos, es decir del almidón), disminuye durante la fermentación con respecto a otras poblaciones. Hemos además reportado el aislamiento de bacterias capaces de usar compuestos del maíz que se encuentran en el nixtamal, pero que no están disponibles en el maíz. Me refiero a materiales derivados de la hemicelulosa, como los xilanos. Así, además de *S. infantarius*, otras bacterias como *Weissella confusa*, no crecen en almidón, pero sí en este tipo de compuestos.

Descubrimos también que otra bacteria (*Leuconostoc citreum*) posee una enzima inusual. Las enzimas son los catalizadores que las células necesitan para que ocurran las reacciones en la naturaleza, y lo inusual de la enzima de *L. citreum* es que puede producir polímeros de fructosa (inulina), importante para la salud, ya que favorece el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino.

Otro aspecto biotecnológico de particular importancia es el que descubrieron los pioneros en el estudio del pozol, los doctores Teófilo Herrera y Miguel Ulloa, del Instituto de Biología de la UNAM y el Dr. Javier Taboada,

del Instituto de Química de la UNAM. Ellos encontraron una bacteria fijadora de nitrógeno en el pozol, lo cual es inusual porque nunca se había reportado un proceso como éste en un alimento fermentado. En esa época (en la década de los 70's) no se consideró un hallazgo significativo, hasta que recientemente, en un estudio aún no publicado, encontramos componentes proteicos que dan lugar a la fijación de nitrógeno en el pozol. Esto se hizo usando métodos en los cuales se extraen y analizan directamente las proteínas del alimento (proteómica).

El pozol: microorganismos en un ambiente complejo

El pozol es un alimento que contiene lo que se conoce como una "microbiota compleja": un conjunto de microorganismos de muy diversas especies. A partir de la época de Pasteur y de Koch, para estudiar a los microorganismos se acostumbra usar métodos en los cuales se les cultiva sembrándolos de forma diluida en una caja que tiene una gelatina que contiene las sustancias nutritivas que requiere el microorganismo para crecer. Posteriormente, estas cajas se guardan a la temperatura que requieren los microorganismos y cuando cada microorganismo se reproduce, se acumula en montículos que denominamos "colonias". Así, los contamos como "unidades formadoras de colonias".

La microbiología ha evolucionado y en la actualidad se usan métodos en los cuales, en vez de cultivar los microorganismos, se extrae su material genético (el ADN) de una muestra (por ejemplo de una masa de pozol) y a partir de éste se estudian. Esto fue posible, ya que el Prof. Carl Woese de la Universidad de Yale, descubrió que si extraía el ADN de los microorganismos y lo secuenciaba (el ADN está compuesto de cuatro moléculas, que se encuentran en un orden determinado) para después comparar esta secuencia con una lista de las secuencias de microorganismos que se hayan determinado previamente, los podía identificar. Fue así como en el pozol identificamos *Streptococcus*, *Weissella* y *Leuconostoc*. Todos estos hallazgos están siendo estudiados usando las técnicas más recientes, como la secuenciación masiva y la proteómica (que han sido descritos en números previos de esta revista), para comprender cómo actúan y cómo interaccionan todos estos microorganismos.

## Sabiduría tradicional

Se debe reconocer a los pueblos



Se debe reconocer a los pueblos originarios, cuyos antecesores fueron los que preservaron esta sabiduría tradicional, que pasó de generación en generación y que se mantiene viva.

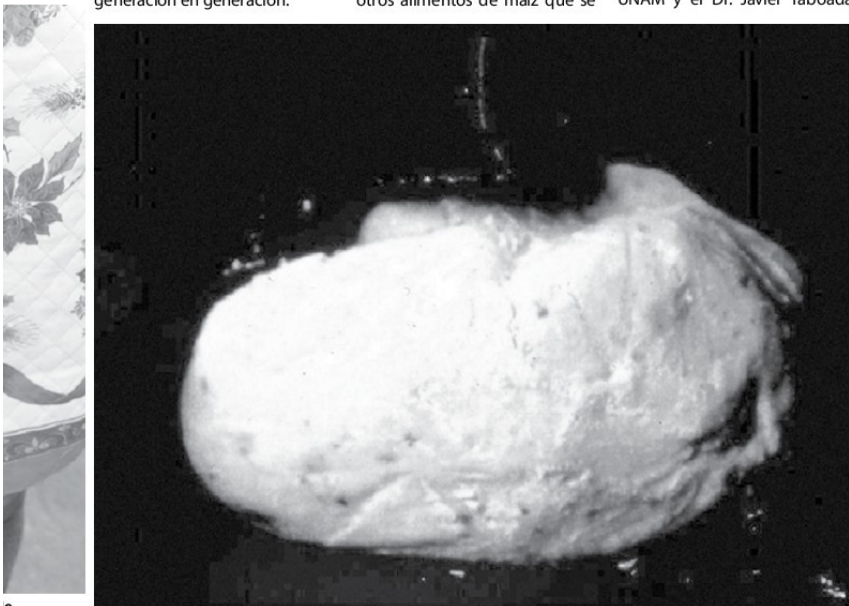
originarios, cuyos antecesores fueron los que preservaron esta sabiduría tradicional, que pasó de generación en generación y que se mantiene viva. Y qué mejor reconocimiento que contribuir a destacar esta sabiduría ancestral, estudiando las bases y eventualmente produciendo estos alimentos con los métodos de higiene y control que hoy en día demanda la población. Estos beneficios deben llevarse a nivel rural, de manera que los pueblos originarios sean los primeros beneficiados tanto a nivel de la salud como en el nivel económico. Se trataría de producir el alimento en condiciones que se pudieran controlar para obtenerlo en forma segura y atractiva desde el punto de vista nutricional y organoléptico. En otras aplicaciones, dentro de las actividades denominadas de bioprospección, es posible pensar en el uso de microorganismos específicos del pozol con objetivos de producción de nuevos alimentos, aprovechando que la industria de alimentos está siempre en búsqueda de innovación y nuevos procesos. Todo esto asegurando que los pueblos originarios sean los primeros beneficiados.

## Referencias

1. Domínguez-Ramírez, L.L., Gloria Díaz-Ruiz, G. y Wachter, C. (2017). Maize (*Zea mays* L. subsp. *mays*) Fermentation. *Fermented Food—Part II: Technological Interventions*. Editores: Ramesh C. Ray and Didier Montet. CRC Press.

2. Paredes López, O., Guevara Lara F., Bello Pérez L. A. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias 92*, octubre-marzo, 60-70.

Disponible en: <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/41-REVISTA/REVISTA-CIENCIAS-92-93/205-lanixtamalizacion-y-el-valor-nutritivo-del-maiz-05.html>.



Aspecto de una bola de masa de maíz una vez fermentada.