Estudio preliminar del *Axokot*, bebida tradicional fermentada, bajo una perspectiva transdisciplinaria

María Guadalupe Sánchez Dirzo[1], Clementina Esmeralda López Ferrer[1,2], Martha Flores Valadez[1,2], Ana Luisa Jofre Garfias[1], José Antonio Aguirre Rodríguez[1], Erika Jazmine Morales Cruz[1], Ricardo Reyes Chilpa[3].

[1]Universidad Simón Bolívar,
[2]Instituto Politécnico Nacional,
[3]Instituto de Química, UNAM.

Resumen

El Axokot es una bebida que preparan y consumen los nahuas de la Sierra Norte de Puebla. Se elabora con maíz nixtamalizado (Zea mays) y una pasta preparada con cal y axokotxihuit (Fleischmannia pycnocephala), cuya identidad botánica no había sido determinada. Su estudio se llevó a cabo a través de la entrevista y la observación directa de su elaboración en una comunidad nahua de Cuetzalan. Se exponen los avances realizados sobre su contenido nutricio y microbiota obtenidos mediante técnicas de normatividad vigentes para el análisis bromatológico y microbiológico.

Palabras clave: *Axokot, bebida tradicional fermentada, etnobotánica, microbiota, análisis bromatológico.*

Abstract

The Axokot is a traditional fermented beverage made and drink by the nahuas from the North Mountains of Puebla. It is made by peeled corn (Zea mays) and a paste prepared with calcium oxide and axocotxihuit (Fleischmannia pycnocephala), which botanical species was not been determined previously. The study was made by direct interview with preparing people and the observation of its elaboration. It is exposed the latest advances about its nutritional contents and microbiota obtained by actual normativity techniques for both bromatological and microbiological analysis.

Keywords: *Axokot, traditional fermented beverage, ethnobotany, microbiota, bromatological analysis.*

Introducción

Los alimentos fermentados se han consumido en México desde épocas prehispánicas (Vargas, 1999; Escamilla y Escamilla, 2007), su historia se pierde en el tiempo y lo que actualmente sobrevive, es el testimonio de un conocimiento antiguo y recreado en las cocinas indígenas de nuestro país.

Las bebidas fermentadas, se han investigado desde la época colonial hasta nuestros días. Al inicio, se centraron en aspectos, historiográficos, antropológicos, étnicos, sociales y médicos; posteriormente incluyeron la química y microbiología de estos productos (Herrera, 1993; Lozano, 1997). Trabajos más recientes, abordan el estudio de las bebidas y alimentos fermentados bajo una perspectiva interdisciplinaria, integrando el conocimiento étnico, microbiológico y químico (Lappe y Ulloa, 1989; Calderón, 1993).

Algunas bebidas tradicionales han trascendido en el tiempo y espacio y continúan siendo objeto de estudio por su importancia socioeconómica e

industrial, como el caso del tequila y el mezcal, (Lozano, 1997; Lozano, 1998); por su importancia histórica, como el pulque, (Goncalves, 1990; Soberón, 1998; Cervantes, 2007); o por su importancia alimenticia y cultural, como el *pozol* y el *tesgüino* (Taboada, 1997). Sin embargo, se soslayan las bebidas fermentadas con o sin alcohol, que se siguen produciendo, sobre todo en las comunidades indígenas de nuestro país, cuya preparación es local y su importancia regional (Vargas, 1999). Tal es el caso del *Axokot*, una de las bebidas agrias no alcohólicas, que se prepara para su consumo en eventos rituales como el inicio del ciclo agrícola; ceremonias de curación; en eventos religiosos, como bautizos, casamientos, *levantada de la cruz* una vez concluido el novenario posterior al fallecimiento de un ser querido, fiestas del santo patrón, durante los días de Semana Santa y la construcción de una casa.

De acuerdo con la traducción de Molina, (1992), *xococ* es "cosa agria", *xocolia* es "acedar o avinagrar algo" y *xocotl* es "fruta agria". En Cuetzalan, la palabra *xokok* designa alguna cosa agria, como una fruta u otro alimento, y a la naranja le dicen *xocot*. Alude asimismo al proceso de fermentación y nombra los productos sometidos a este proceso: *xokoatol*, "atole agrio" y *Axokot* "agua agria" que son algunos de los atoles agrios que se preparan con nixtamal en la región (Valderrama y Ramírez, 1993; Valderrama, 2010).

Nuestro encuentro con el *Axokot* se dio a través de la voz de Don José Martín Arroyo, su esposa María Antonia Ramos García y Doña Inés Méndez Nava, indígenas nahuas con una profunda raíz de su cultura, quienes son oriundos de San Andrés Tzicuilan, una comunidad de Cuetzalan. Nos compartieron su conocimiento milenario, la receta artesanal del *Axokot*, los ingredientes que se utilizan, las plantas que se usan y dónde las colectan, la leña que consiguen para encender el fuego y para alimentarlo.

No obstante que el proceso de elaboración de esta bebida varía de una familia a otra y de una comunidad a otra, y como dice Don Martín *"muchos lo hacen, pero cada vez sabe diferente"*, utilizan los mismos componentes indispensables que dan identidad al Axokot: maíz nixtamalizado (*nexti* "ceniza", *tamal* "masa de maíz") y una pasta preparada en el metate con cal y *axokotxihuit* (*xihuit* "yerba" del "*axokot*") y/o *tzopelicxihuit* (*tzopelik* "dulce", *xihuit* yerba. "yerba dulce") y para Don Martin y su esposa *"el que le da sabor al Axokot es el axokotxihuit"*, además, es necesaria una olla lavada de barro cubierta con hojas de *poxne*, donde se deja reposar el atole, durante 3 días *"si no se cubre la olla, no se va a llegar"*, y por último, brasas candentes se arrojan sobre el atole, antes de tapar la boca de la olla con hoja de plátano, *"para que no se enfríe luego"*.

El tiempo de fermentación puede variar de uno a tres días, para Don Martín *"a los tres días se llega, una vez que ya está llegado el Axokot, ya no le pasa nada, a los seis días ya está más fuerte, a los 10 días se rehierve, si no se ha acabado"*, y así es como se continúa su consumo. Dice Doña que *"fermentar es cambio, humedad, es tiempo, es calor, es todo junto para hacer que el maíz vaya cambiando de su estado, para que el maíz si se deja en agua nixtamalizada se pueda hacer masa; para que se transforme el atole en Axokot"*. Así que una vez que *"está llegado"*, el Axokot tiene una consistencia acuosa, no es atole, es agua con sabor agrio, aroma *sui generis*, color verde claro, con imperceptible contenido alcohólico.

Como corolario Don Martín apunta *"el Axokot es una bebida que se consumía con mayor frecuencia como agua de tiempo, después llegaron los refrescos y bebidas embotelladas y terminaron por relegar su preparación sólo para acompañar eventos especiales*-. Entonces le preguntamos a Don Martín si el *Axokot* se queda o se va, y él simplemente responde: -*"Mientras haya maíz, va a haber Axokot y más"*.

Los resultados de este trabajo nos permitieron aproximarnos al universo cultural, bromatológico y microbiológico que rodea al *Axokot*, a través de la palabra de los nahuas entrevistados, para continuar desarrollando ese conocimiento tradicional que aún persiste a pesar de la modernización.

Objetivo

Estudiar la bebida tradicional del *Axokot*, a través de la descripción de su proceso de producción, identificación de las materias primas vegetales e inorgánicas; caracterizar su composición nutricional y microbiológica, con la finalidad de dejar plasmado un conocimiento milenario transmitido de modo oral, aprender de los indígenas "el enriquecimiento natural" de los alimentos y contribuir al conocimiento del *Axokot* en su contexto cultural.

Método

a) Proceso de elaboración del *axokot*

Fue elegido el método transdisciplinario, tal como se entiende en estudios etnobotánicos (Estrada, 1995), complementado con la entrevista; recolecta, herborización e identificación de material botánico, observación directa y toma fotográfica del proceso de elaboración del *Axokot*, análisis y sistematización de la información.

b) Identificación de material botánico

Para la elaboración del *Axokot* se utilizaron dos tipos de maíz (*Zea mays* L.), maíz blanco (*istaktaol*) y una mazorca de maíz rojo (*tsikataol*). Las plantas de *axocotxihuit (Fleischmannia pycnocephala)*, *poxne (Telanthophora grandifolia)*, *tzopelicxihuit (Lippia dulcis)*, plátano (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*), fueron colectadas en San Andrés Tzicuilan, Estado de Puebla, México. La identificación del *axokotxihuit* y el *poxne* fue realizada por O. Hinojosa E. del Instituto de Biología, UNAM. El *tzopelicxihuit* y el *plátano* fueron identificadas por M. G. Sánchez Dirzo, de la Universidad Simón Bolivar (tabla 1).

c) Recolección de muestras de *Axokot*

El *Axokot* fue elaborado por Don Martín, su esposa María Antonia y Doña Inés en las fechas (1) 20 de agosto de 2009, (2) 13 de noviembre de 2009 y (3) 11 de abril de 2010. Cada lote fue preparado siguiendo el procedimiento tradicional (figura 1). Se tomó una muestra asépticamente en un frasco ámbar. La muestra fue conservada en una hielera de unicel con bolsas de gel congeladas, durante un periodo de 24 a 36 hrs. hasta su análisis en laboratorio.

d) Medición de parámetros fisicoquímicos

Se registró la temperatura (termómetro *Lloyd´s register quality company*) del agua empleada al inicio y final de la elaboración del atole de maíz, y a los tres días de fermentado el *Axokot*, listo para su consumo. Se determinó el pH (tiras de pH Metrix) del agua, la pasta, el atole de maíz (al inicio y final de su elaboración) y del *Axokot* fermentado por 3 días.

e) Composición química

La determinación de la composición química se realizó de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas para análisis bromatológico de alimentos: proteínas, (NOM-F-508-2002), lípidos (NOM-F-615-2004), carbohidratos (NOM-F-312-1978), fibra (NOM-F-613-2003), cenizas (NOM-F-607-2002), humedad (NOM-F-428-1982).

Determinación de la microbiota

a) Recolección de muestras vegetales para determinación de microbiota

Se tomaron muestras de maíz blanco (cosecha de Don Martín) usado para preparar el atole, de la pasta, del atole al inicio y final de la fermentación, así como de hojas de las plantas empleadas en la elaboración del *Axokot, axokotxihuit y tzopelicxihuit*. El material usado para la toma y transporte de la muestra se esterilizó previamente en los tres muestreos realizados.

b) Técnicas microbiológicas

El aislamiento y conteo de microorganismos se realizó mediante técnicas microbiológicas de estría cruzada y dilución e inoculación por dispersión en superficie o vaciado en placa en los medios adecuados para cada grupo microbiano (American Public Health Ass. APHA, 2005). En el caso de las bacterias lácticas se usó agar Lee y Man, Rogosa y Sharpe (MRS); para bacterias mesofílicas y mesofílicas esporuladas el agar infusión cerebro corazón (BHI) y agar cuenta estándar.

Las bacterias mesófilas y termófilas anaerobias fueron sembradas en agar anaeróbico de Brewer y tioglicolato, y las bacterias coliformes en agar Mac Conkey. El aislamiento y cuenta de levaduras se realizó en agar papa dextrosa (PDA) (Ruiloba y Ortigoza, 2004). La identificación de los microorganismos se realizó con base en las metodologías propuestas por González-Ruiz Velasco y Guerra-Infante, 2005. La levadura fue identificada por la Dra. Lourdes Villa Tanaka, del Instituto Politécnico Nacional, mediante estudios genéticos.

Tabla 1. Plantas usadas en el proceso de elaboración del *Axokot*

Nombre científico Familia Nombre común	Uso en la medicina tradicional	Compuestos químicos	Propiedades terapéuticas	Ref
Zea mays *L. Poaceae* Maíz	Dolor de estómago, pujos.	Semillas: Fenoles	Antioxidante antimutagénico anticancerígeno	1,2, 3,4
Fleischmannia pycnocephala (Less.) King & H.E. Robins Asteraceae *Axokoxihuit*	Acelerar el parto y baños posparto. sudorífico (A)	Partes aéreas Terpenos. Diterpenos Triterpeno		4,5,6
Lippia dulcis (Trev.). Verbernaceae *Tzopelikxihuit*	Afecciones respiratorias. Dolor de estómago, mareo vómito, cólicos.	Parte aérea. Flavonoides. Taninos Monoterpenos Sesquiterpenos	Expectorante Emenagoga	3,4,7, 8
Telanthophora grandifolia (Less.) H. Rob&Brettel var. *grandifolia* *Asteraceae poxne*		Hojas alcaloides pirrolizidinas y eremofilanos.	Antiviral, anticancerígena, antidiabética	8
Musa acuminata *Colla x* ***M. balbisiana*** *Colla Musaceae* plátano	Catarro	hojas flavonoides ca-mferol y quercetina, ácidos orgánicos, aspártico, cítrico, esteroles triterpenos		3,4

[1]Cabrera, L. *et al.* 2007. [2]Gorriti, A. *et.al.* 2009. [3]Martínez, A. M. 2001. [4]Biblioteca digital de la medicina tradicional Mexicana, 2009. [5]Bohlmann, *et al.* 1981. [6]Jakupovic, J. *et al.* 1989. 7Romo, A., *et al.* 2007, [9]Marquez, *et al.* 1999

Resultados

Proceso de elaboración del *Axokot*.

La bebida fue preparada por Don José Martin, su esposa Doña Antonia y Doña Inés Méndez de San Andrés Tzicuilan, Cuetzalan. En la tabla 2 se enumeran los ingredientes vegetales, minerales y los utensilios, posteriormente se describe e ilustra el proceso de elaboración del *Axokot* (figura 1) y se resume, el proceso de elaboración y los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados (figura 2).

Tabla 2. Ingredientes y utensilios empleados en la elaboración del Axokot.

Ingredientes	Utensilios
Agua	Recipientes de plástico
Material vegetal	Metate
Maíz blanco	Olla de aluminio
Axocoxihuit	Fogón (Tilxochit, tenamates) leña
Poxne	Olla de barro (Tecomit)
Tzopelikxihuit	Costales de ixtle, cobijas y bolsa de plástico.
Material mineral	Palo de café para remover el atole.
Cal	
Brasas	

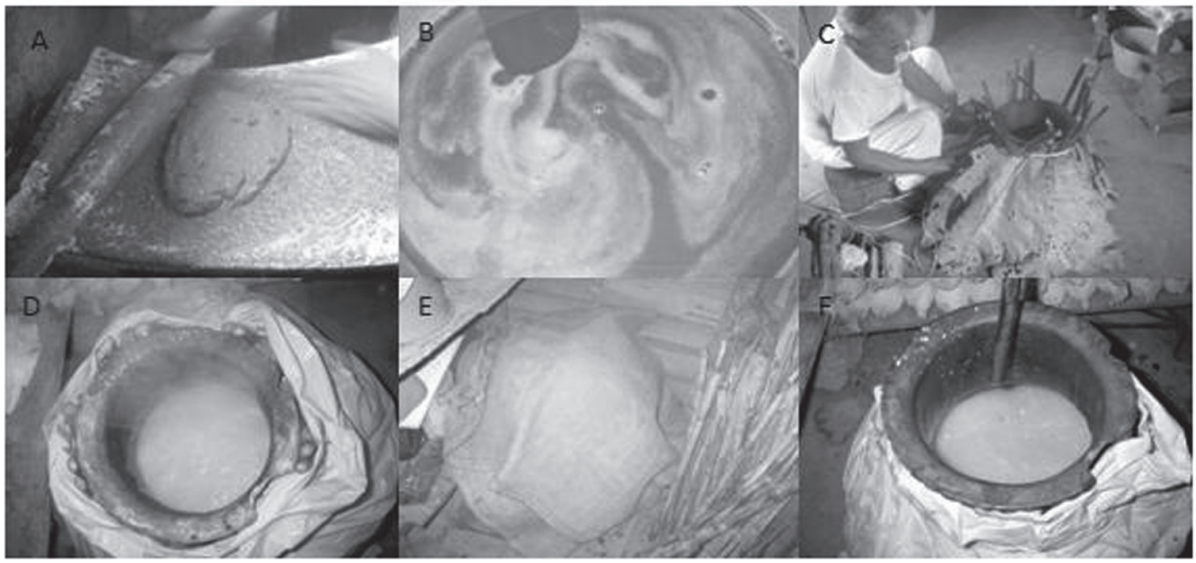
Procedimiento.

En el metate previamente lavado, se pulverizó un trozo de cal, se eliminó la mayor parte de esta, la que se adhiere en el metate se mezcló con las hojas del *axokotxihuit* y/o *tzopelikxihuit* para obtener una pasta (figura 1A) posteriormente se aparta y con un poco de agua se lava el metate y ese liquido se recoge y se pone en un recipiente de plástico (figura 1B). Se encendió el fogón con leña de sauco (Sambucus mexicana), olotes (mazorca desgranada) y *totomoxtes*, (brácteas u hojas que cubren la mazorca de maíz).

Se colocó, una olla de aluminio con agua, aproximadamente 6-8 litros; mientras se calentaba, con 4 *tantos* de maíz nixtamalizado, aproximadamente 1.5 kg, se hizo una masa de gránulo pequeño en el metate y ya preparada, se agregó al agua caliente, se puso a hervir y constantemente se removió con un palo, (rama de la planta de café *Coffea arabica*) para evitar que se pegara la masa en el fondo de la olla. Una vez obtenida la consistencia de atole, después de 1 hora y media aproximadamente, se vació a la olla de barro, que previamente es cubierta con las hojas del *poxne* (figuras 1C y 1D), y puesta en el suelo sobre tres ladrillos cubiertos con cartones y *totomoxtes*, se le agregó el agua de *axokotxihuit/ tzopelikxihuit* con la cal (figura 1B), se agitó con el palo de café; finalmente se le agregaron trozos de brasas candentes tomadas del fogón.

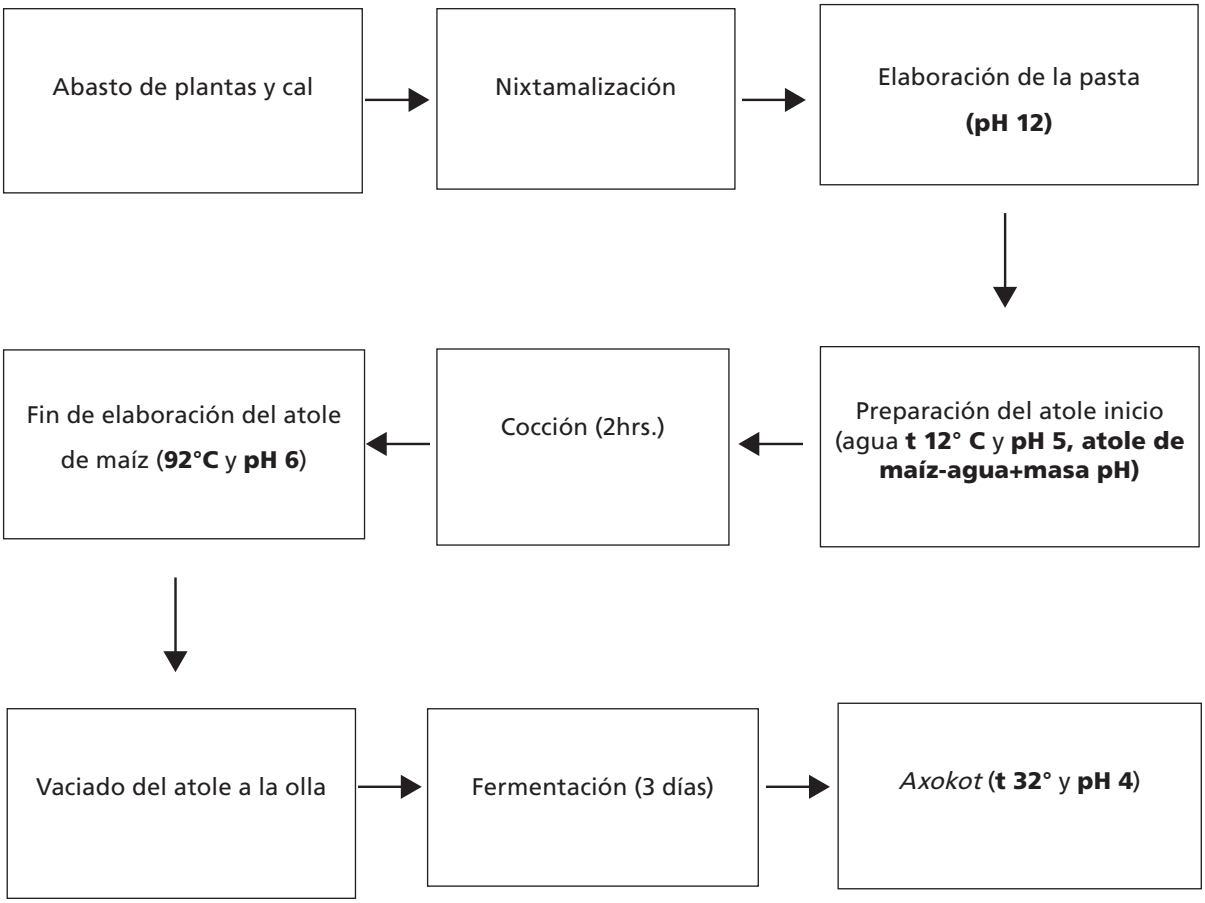
Se tapó la boca de la olla, con hojas de plátano y se cubrió con plástico, luego una cobija y al final un costal de yute (figura 1E). Se dejó reposar durante tres días, en un lugar oscuro y fresco, transcurrido ese tiempo, estuvo listo para su consumo (figura 1F). En esas condiciones, puede durar el *Axokot* hasta 8 o diez días.

Figura 1. Proceso de elaboración del *Axokot*.



A) Pasta elaborada con *axokotxihuit/tzopelikxihuit* y cal;
B) Agua con cal y *axokotxihuit/tzopelikxihuit*;
C) Olla cubierta con *Poxne*;
D) Atole de maíz;
E) Atole en reposo;
F) *Axokot* (Fotos. M. G. S. D.)

Figura 2. Resumen del Proceso de elaboración del *Axokot* estudiado y parámetros fisicoquímicos evaluados



Composición química.

Los resultados de la composición química promedio de las tres muestras analizadas se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del análisis bromatológico del *Axokot*.

Humedad (%)	Lípidos (%)	Proteína (%)	CHO (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)
94.68	0.26	0.96	3.84	0.13	0.15

* Promedio obtenido de tres muestras.

Análisis microbiológico.

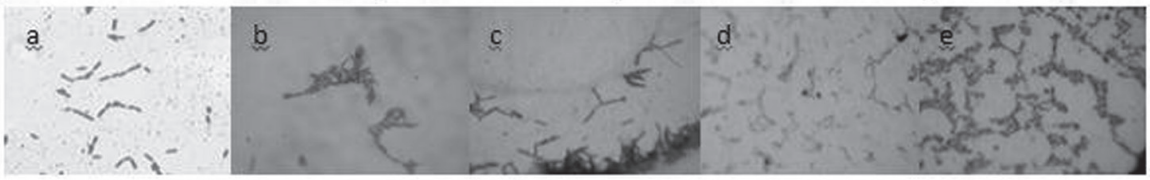
La microbiota aislada de las muestras de la bebida, así como de las materias vegetales y pasta se presenta en la tabla 4. Las características microscópicas de la microbiota aislada se presentan en la figura 3.

Tabla 4. Grupos microbianos aislados en la bebida de *Axokot* y materias vegetales y pasta.

Nombre científico	Sustrato utilizado por el microorganismo	Productos de la fermentación	Propiedad conferida a la bebida	Titulo UFC/mL*	Referencia
BACTERIAS MESOFILICAS AEROBIAS.				3.6×10^9	
Bacillus subtilis[1] *Bacillus cereus*[2] *Bacillus*[3] *sp.*	Hidroliza almidón con producción de azúcares simples y oligosacáridos (Produce amilasas)	Degrada carbohidratos generando CO_2	Contribuye al aroma y sabor de la bebida.		a, c
BACTERIAS LÁCTICAS[4]				8.3×10^2	
Lactobacillus acidophillus[4] *Lactobacillus plantarum*	Azúcares simples presentes en la bebida.	Homofermentativa. Producción de ácido láctico.	Actividad probiótica.		b
BACTERIAS ANAEROBIAS ESPORULADAS[4]				3×10^5	
Clostridium tirobutyricum Clostridium bifermentans	Carbohidratos y proteínas	Fermentación propiónica. Genera ácido butírico, acético, propiónico, H_2 y CO_2	Contribuye al aroma y sabor de la bebida		a, b, c
LEVADURAS[4]				3.2×10^2	
Saccharomyces cerevisiae	Glucosa	Fermentación alcohólica. Produce etanol y CO_2.	Producción de etanol		a, b, c

* Promedio obtenido de tres muestras.
[1]Microorganismo aislado de la mayoría de las muestras colectadas a excepción de la hierba dulce. [2]Microorganismo aislado sólo del maíz desgranado y del atole de maíz. [3]Microorganismo aislado de la hierba dulce. [4]Microorganismos aislados de la bebida.
a) Madigan, M. *et al.* (2006). b) Stefanie J.W.H. *et al.* (2001). c) Schöbitz, T. *et al.* (2005).

Figura 3. Características microscópicas de los microorganismos aislados teñidos por Gram [Aumento 100x.]



a. *Lactobacillus plantarum.*
b. *Clostridium bifermentans.*
c. *Bacillus subtillis.*
d. Bacillus cereus.
e. *Saccharomyces cerevisiae.*

Discusión

"Siempre sabe diferente"

La elaboración del *Axokot* es sencilla, artesanal pero laboriosa. El *Axokot* estudiado se preparó de acuerdo a la costumbre de Don Martín, su esposa Antonia y Doña Inés; las cantidades de materias vegetales e inorgánicas variaron cuantitativamente, y la disponibilidad de éstas también influyeron en el resultado del producto, sólo en el primer muestreo la pasta se preparó con la mezcla de *axokotxihuit* y *tzopelikxihuit* mas cal, las dos últimas se prepararon únicamente con *axokotxihuit*.

En otros lugares de Cuetzalan también el *Axokot* se prepara con las dos plantas *axokotxihuit* y *tzopelicxihuit*, (Valderrama y Ramírez, 1993; Valderrama, 2010) o bien sólo se usa esta última (Guadarrama, 2007). Además varia la forma en que se adiciona la pasta, hay quienes la untan en la olla de barro (Valderrama y Ramírez, 1993; Valderrama, 2010; Guadarrama, 2007) y otros como Doña Antonia que añade la pasta diluida con agua, lo que también se refleja en el tiempo de fermentación, algunos lo dejan 20 horas (Valderrama, 1993), en nuestro caso fue de tres días, al igual que el Axokot estudiado por Guadarrama *et al.* (2007).

Debido a la estructura propia de las bebidas fermentadas, existen diferentes concentraciones de nutrientes, pH, humedad, actividad acuosa y microambientes con diferentes características, es erróneo suponer que las condiciones son siempre uniformes (Fleet, 1999), de modo tal que la variación organoléptica del *Axokot* es previsible, y también se ve afectada por las variedades de maíz y el modo de preparación.

"Fermentación es humedad, es tiempo, es calor..."

En unas notas realizadas por Martínez Alfaro, sobre la noción que se tiene de la fermentación en la Sierra Norte de Puebla, se define en términos de "provocar la destrucción de algo vivo para crear nueva vida", sugiere considerar lo fermentado "como algo mutable o transformable", tal aproximación es proyectada también por Doña Inés, quien atribuye a la humedad, al calor y al tiempo factores necesarios para que *"el maíz vaya cambiando de su estado, para que el maíz si se deja en agua nixtamalizada se pueda hacer masa; para que se transforme el atole en Axokot"*. En las bebidas fermentadas el proceso de elaboración conlleva la transformación de un sustrato mediante la actividad metabólica de microorganismos, y los factores como la humedad, la temperatura, el pH, son decisivos en el establecimiento de estos consorcios microbianos.

Durante la preparación de la bebida, se evaluaron la temperatura y el pH. La temperatura se incrementó de 12°C a 92°C; durante la cocción del atole de maíz, ya vertido en la olla cubierta con *poxne*, se le arrojaron las brasas, con el fin de mantener el calor, *"para que no se enfríe luego"*, mientras que Valderrama y Ramírez (1993) registran que se hace para evitar que *"le hagan ojo"* a la bebida. La temperatura final fue de 32°C.

Otra variación encontrada es la cubierta de la olla de barro, Valderrama y Ramírez (1993) señalan que la cubren con "las enaguas de lana negra de la señora", lo que le atribuyen un mayor sabor a la bebida. Doña Antonia y Don Martín usan el poxne como cubierta de la olla, pues tiene la cualidad de ser *"húmedo y fresco, la olla de barro lo hace sudar, es resistente y conserva el calor"*. Durante el proceso de elaboración del *Axokot*, se da un decremento del pH conforme avanzó el tiempo de fermentación, al inicio se atribuye su alcalinidad a la masa nixtamalizada y a la pasta, al final se tiene una bebida ácida (pH 4), como se ve en la figura 2.

En una bebida fermentada se recrea un ecosistema con una amplia diversidad microbiológica, las relaciones entre los organismos, las especies presentes y los productos de su metabolismo ejercen una influencia en las propiedades organolépticas de la bebida, así como en su duración y mejoramiento de su calidad nutritiva (Fleet, 1999). Los microorganismos aislados de la bebida al final de su elaboración definieron un consorcio de bacterias y levaduras, las primeras fueron las más abundantes. A las bacterias mesofílicas aerobias y anaerobias esporuladas, se les puede atribuir las características organolépticas que presenta la bebida (tabla 3) Las condiciones de pH y temperatura del ambiente presentado en el proceso de elaboración de la bebida, explica la presencia de estos microorganismos termodúricos que resisten estas condiciones. Estos microorganismos son en su mayoría esporulados, y por ello no encontramos coliformes ya que son termosensibles y neutrófilos.

Las interacciones entre los microorganismos se consideran positivas, en cuanto a la captación de nutrientes, eliminación de ciertos metabolitos que al acumularse en la bebida pueden llegar a ser tóxicos y además se da un control de flora microbiana alterante de la fermentación. El producto final, es una bebida que puede tener propiedades probióticas (Zhisheng, *et.al.*, 2003). *Bacillus cereus, B. subtilis y los Lactobacillus* tienen actividad proteolítica y amilolítica que puede contribuir con productos que favorecen la digestibilidad de la bebida.

Guadarrama, *et al*. (2007), aislaron las bacterias lácticas del "*Axokotl*" elaborado con maíz nixtamalizado y pasta preparada únicamente con hierba dulce *tzopelicxihuit* y la cal, por medio del análisis de ADN ribosomal amplificado (ARDRA), obtuvieron en el nixtamal *Lactobacillus paracasei* y L. *plantarum* y durante el proceso, predominaron un tipo diferente de *L. plantarum* y *Pediococcus damnosus* (o *Aerococcus viridans*). Con esta técnica empleada, se coincidió con el *L. plantarum*, y las condiciones similares de tres días de fermentación y la diferencia en la forma de agregarle la pasta.

Los carbohidratos son fuente alimenticia de la microbiota de las bebidas fermentadas y en particular en el *Axokot* de acuerdo al análisis bromatológico; gracias a éste se obtuvo un aumento en el porcentaje proteínico y de cenizas, y una disminución de su contenido de carbohidratos, fibras y lípidos. Haciendo el análisis comparativo con los datos reportados en las Tablas de Composición de Alimentos Mexicanos (INNSZ, 2004), sobre harina de maíz nixtamalizado y los análisis bromatológicos realizados al Axokot, encontramos un aumento de 7.86% de proteína y 1.19 % en cenizas y una disminución de 3.29 % en lípidos, 0.58% en fibra y 5.8% de carbohidratos, esto prueba la transformación de estos últimos por los microorganismos y el incremento proteínico de los microorganismos.

Dentro de los productos metabólicos de las bacterias y levaduras aisladas del *Axokot*, es la producción de ácidos orgánicos, debido a que llevan a cabo la degradación de azúcares como fuentes de carbono más sencillo, lo cual sugiere la disminución del pH (tabla 4, figura 2).

"Lo que le da el sabor al Axokot es el axokotxihuit"

Actualmente, es conocido el papel catalizador de los aditivos vegetales en el proceso de fermentación de las bebidas. Pueden proporcionar microorganismos fermentadores, factores de crecimiento para los microorganismos que influyen en la secuencia microbiológica, fortifican la bebida, proveen sustancias químicas que dan a la bebida un sabor definitivo, un olor y un color sui generis a la bebida. (Litzinger, 1983, mencionado por Godoy, Herrera y Ulloa, 2003).

En la preparación del *Axokot* los aditivos vegetales fueron el *axokotxihuit*, una planta de la especie *Fleischmannia pycnocephala*, y el *tzopelicxihuit*, de la especie *Lippia dulcis*. Para ambas especies se han reportado sus usos en la medicina tradicional siendo la hierba dulce una planta de uso muy antiguo en México. Para la yerba del *Axokot*, se han registrado sesquiterpenos y triterpenos, que son compuestos con amplia actividad terapeútica, y en la yerba dulce, la presencia de flavonoides le confiere propiedades antioxidantes, y además está probada experimentalmente su actividad expectorante (tabla 1).

En estos momentos desconocemos el papel que juegan en fortificar a la bebida, pero si es factible sugerir, a partir de los microorganismos aislados de estas plantas, (*Bacillus cereus* y *B. subtilis* y un *Bacillus sp*. este último en la hierba dulce), que proporcionan una parte de la microbiota fermentadora a la que se le atribuyen las propiedades organolépticas de la bebida. Estos microorganismos están presentes durante todo el proceso de su elaboración, posiblemente se deba a su capacidad de producir estructuras de resistencia.

"Una vez que está llegado ya no le pasa nada"

Los atoles preparados con maíz nixtamalizado se conservan por más tiempo, por efecto de una fermentación de tipo láctica en la que los azúcares del maíz se desdoblan en ácido láctico por el efecto enzimático de los microorganismos que constituyen el fermento. La fermentación láctica transforma los azúcares en ácido láctico de fácil asimilación y produce el antibiótico *nicina*, el cual reduce la contaminación bacteriana.

"Si hay maíz, hay Axokot y más"

Es bien sabido que la alimentación está inserta dentro de contextos culturales que se traducen en gustos y preferencias y en toda sociedad el desplazamiento o permanencia de alimentos en la dieta es un proceso constante, pero no dudamos de la permanencia del *Axokot*, aunque en este momento sea para acompañar eventos especiales.

Conclusión

El *Axokot* es una bebida tradicional que sintetiza un conocimiento milenario transmitido de modo oral sobre el enriquecimiento natural de los alimentos. Es una bebida fresca, acuosa, fermentada hecha de maíz nixtamalizado y una pasta preparada con cal y *Fleischmannia pycnocephala* y/o *Lippia dulcis*. Su proceso de elaboración es artesanal y presenta una variación intrínseca debido al modo de preparación, a las cantidades de los ingredientes y a la disponibilidad de la materia vegetal.

Por la presencia de bacterias heterofermentadoras, se sugiere una fermentación ácido- mixta. No fue posible detectar presencia de alcohol. No hubo desarrollo de hongos ni bacterias coliformes. El análisis químico comparativo entre el *Axokot* y el maíz utilizado en su elaboración indica que la bebida tiene un importante aumento en su contenido proteínico. Los *Bacillus subtilis, Bacillus cereus* y *Bacillus sp.* encontrados en el *axocoxihuit* y *tzopeliczihuit*, sugiere que las plantas usadas son fuentes de inoculación de los bacilos aislados en las muestras estudiadas.

Los resultados obtenidos nos dan pauta para seguir avanzando en la caracterización científica de esta bebida que continua presente en el escenario de los alimentos tradicionales fermentados de Cuetzalan del Progreso, Puebla.

Agradecimientos

Agradecemos a Don José Martín Arroyo, su esposa María Antonia Ramos García y Doña Inés Méndez Nava de San Andrés Tzicuilan por compartirnos su conocimiento; a la Dra. Lourdes Villa Tanaka del Laboratorio de Genética microbiana del Departamento de Microbiología Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. del Instituto Politécnico Nacional por la determinación de la Saccharomyces cerevisiae; al biólogo Oscar Hinojosa Espinosa del Instituto de biología, Universidad Autónoma de México por la determinación del poxne y axocoxihuit y a Julio Cesar García Zebadúa por sus comentarios.

Referencias

American Public Health Association. (2007). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington D. C USA: Marvin L. Speck Editor.

Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (2009). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Recuperado el 22 de abril de 2010 en http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx

Bohlmann, F., Dhart. A., Jakupovic, J., King, R. y Robinson, H. (1981). "A caryophyllene derivative from Fleischmannia pycnocephaloides". En Phytochemistry 20. 6. 1425-1426.

Cabrera, L., Salinas Y., Velázquez, G. y Espinoza, E. (2009). "Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas". En Agrociencias 43. 827-839.

Cervantes, M, Pedroza, A. (2007). "El pulque: características microbiológicas y contenido alcohólico, mediante espectroscopía". En Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. 5:8 Jul. Dic.

Domínguez, X., Sánchez V., Del Rio, E., Vázquez, G. y Abdel A. (1988). "Desoxypetiolaride and other constituentes from Fleischmannia pycnocephala and Ageratina virburnoides". En Revista Latinoamericana de química 19(1). 43-4.

Estrada, L., Florencio C. y Castellanos, C. (1995). El método en etnobotánica: el enfoque transdisciplinario. Lecturas para el diplomado internacional de Plantas Medicinales. México: Universidad Autónoma de Chapingo. 35-47.

Escamilla, M., y Escamilla, M. G. (2007). "Los alimentos fermentados que comían nuestros abuelos". En Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de la Ciencia. 58:2. 75-84.

Fleet, G. (1999). "Microorganisms in food ecosystems". En International Journal Food Microbial. 50.101-117.

García-Garibay, M., Quintero-Ramírez, R. y López-Munguía, C. (2005). Biotecnología alimentaria. México: Limusa. 313-315.

Godoy, A., Herrera, T. y Ulloa, M. (2003). Más allá del pulque y el tepache. Las bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México. México: Instituto de investigaciones antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Goncalves, O. (1990). Pulque, balché y pajaguaru en la etnobotánica de las bebidas y de los alimentos fermentados. México: Fondo de Cultura Económica.

Gonzalez-Lugo, G. y Guerra-Infante. F. (2005). Manual de Microbiología Veterinaria de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 42-49

Gorriti, A., Arroyo, J., Negrón, L., Jurado, B., Purizaca, H., Santiago, I., Taype, E. y Quispe, J. (2009). "Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (Zea mays L.): Método de extracción". En Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 8 (6). 509 – 518.

Guadarrama, K., Ruiz, F., Sainz, T., Lappe, P. y Wacher, C. (2007). Tipificación de bacterias lácticas aisladas de axokotl, atole agrio de la Sierra Norte de Puebla, por medio de ARDRA. Recuperado el 15 de mayo en http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/morelia07/TRABAJOS/Area_VI/CARTELES/CVI-4.pdf

Herrera, T. (1993). "Semblanza del estudio de las bebidas y los fermentados mexicanos. Alimentos fermentados indígenas de México". En Wacher, M. y Lappe, P. (comp). Alimentos fermentados indígenas de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 21-27.

Jakupovic, J., Tsichritzis, F., Tamayo-Castillo, G., Castro, V., y Bohlmann, F. (1989). "Diterpenes from Fleischmannia hymenophylla and Brickellia laciniata". En Phytochemistry. 28.10.2741-4.

Lappe, P. y Ulloa, M. (1989). Estudios Étnicos, microbianos y químicos del Tesgüino Tarahumara. México: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Lozano, T. (1997). "Mezcales pulques y chinguiritos". En Long, J. (coord.) Conquista y comida. Consecuencias del encuentro de dos mundos. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 421-435.

Lozano, T. (1998). "De fuego y de maguey: mezcal". En Beber de tierra generosa. Historia de las bebidas alcohólicas de México. México: Fundación de Investigaciones Sociales.

Madigan, M. y Martinko J. (2006). Biología de los microorganismos. España: Pearson-Prentice Hall.

Márquez, A., Lara, O., Esquivel, R. y Mata, E. (1999). Plantas Medicinales de México. Tomo II. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 95.

Martínez, A. (1993). "Notas etnobotánicas sobre plantas alimenticias y fermentación en la Sierra Norte de Puebla, México". En Wacher, M. y Lappe, P. (comp). Alimentos fermentados indígenas de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 43-46.

Martínez, A., Evangelista O., Mendoza, C., Morales, G., Toledo, O. y Wong, L. (2001). Catálogo de plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla. México: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 27. 206 y 255.

Molina, A. (1992). Vocabulario en Lengua Castellana y Mexicana, Mexicana y Castellana. México: Porrúa. 5-6.

Taboada, R. (1997). "Bebidas fermentadas indígenas: cacao, pozol, tepaches, tesgüino y tejuino". En Long, J. (coord.) Conquista y comida. Consecuencias del encuentro de dos mundos. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 437-448.

Rivera, E. (2004). Manual de laboratorio de Bioquímica Microbiana de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México: Instituto Politécnico Nacional.103-143.

Romo, A., Pérez, A., Arciniegas, A. y Villaseñor, J. (2007). Secondary Metabolites from Mexican Species of the Tribe Senecioneae (Asteraceae). México: J. Mex Chem Soc. 51 (3). 160-172.

Ruiloba, S. y Ortigoza-Ferado, J. (2005). Manual de Microbiología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México: Instituto Politécnico Nacional. 33-37 y 51-81.

Schöbitz, T., Uribe, M., Molina, C. y Espina, U. (2005). "Control del desarrollo de bacterias ácido butíricas en queso tipo gouda empleando diferentes concentraciones de nitrato y temperaturas de maduración". En Agrosur. Chile. 33 (1). 48-57.

Soberon, M. (1998). "Elíxir milenario: el pulque". En Beber de tierra generosa. Historia de las bebidas alcohólicas de México. México: Fundación de Investigaciones Sociales.

Stefanie, J., Elferink, O., Driehuis, F., Gottschal, J. y Spoelstra, F. (2001). Estudio 2.0 - Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. Depósito de Documentos de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations. Departamento de Agricultura. Institute for Animal Science and Health (ID-DLO). Holanda: Dept. Microbiology, Groningen State University. Recuperado el 18 de junio 2010 en http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s04.htm

Ulloa, M. y Herrera T. (1976-1982). "Estado actual del conocimiento sobre la microbiología de bebidas fermentadas indígenas de México: pozol, tesgüino, pulque, colonche y tepache". En Anales del Instituto de Biología de la UNAM. Serie botánica. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 47-53. 145-163.

Valderrama, P. y Ramírez, C. (1993). "Alimentos de maíz y fermentados en Cuetzalan Puebla". En Wacher, M. y Lappe, P. (comp). Alimentos fermentados indígenas de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 63-67.

Valderrama, P. (2010). Cocina tradicional indígena, saberes culinarios y prácticas domésticas. Atoles, tamales y fermentados de maíz. Recuperado el 10 de marzo de 2010 en http://www.sic.gob.mx/ficha.php?table=frpintangible&table_id=65

Vargas, L., Aguilar, P., Esquivel, G., Gispert, M., Gómez, A., Rodríguez, H., Suárez, C. y Wacher, C. (1998). "Bebidas de la tradición". En Beber de tierra generosa. Historia de las bebidas alcohólicas de México. México: Fundación de Investigaciones Sociales. 169-202.

Vargas, L. (1999). "Bebidas mexicanas". En Cuadernos de Nutrición. 22. (3). 117-124.

Zhisheng, Y. y Hongxun, Z. (2003). "Pretreatments of cellulose pyrolisate for ethanol production by Saccharomyces cerevisiae". En Biomass and Bioenergy. 24. 257-262.