



FERMENTACIONES TRADICIONALES INDIGENAS DE MEXICO

MIGUEL ULLOA
TEOFILO HERRERA
PATRICIA LAPPE

INSTITUTO NACIONAL INDIGENISTA

**FERMENTACIONES TRADICIONALES
INDIGENAS DE MEXICO**

SERIE DE
INVESTIGACIONES SOCIALES

COLECCION
Número 16



MIGUEL ULLOA
TEOFILO HERRERA
PATRICIA LAPPE

FERMENTACIONES TRADICIONALES INDIGENAS DE MEXICO

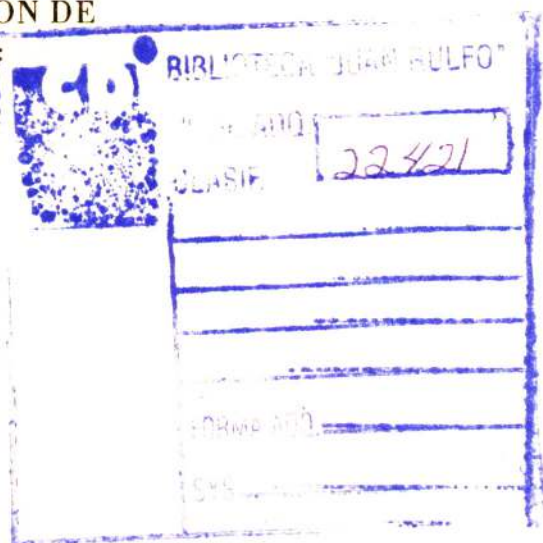
INSTITUTO NACIONAL INDIGENISTA

SECRETARIO DE EDUCACION PUBLICA:
MIGUEL GONZALEZ AVELAR

DIRECTOR GENERAL DEL INI:
MIGUEL LIMON ROJAS

SECRETARIO TESORERO DEL INI:
JAIME HUGO TALANCON

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
CONTROL Y DISTRIBUCION DE
PUBLICACIONES DEL INI:
IRAIS RODRIGUEZ CALDERON



22 421

© INSTITUTO NACIONAL INDIGENISTA
Avenida Revolución 1279
C.P. 01010
México, D.F.

ISBN 968-822-080-9

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Misión Jesuita de la Sierra Tarahumara, en Creel, Chihuahua, en especial a los padres Luis Verplanken y Carlos Bravo, al señor Juan Daniel Villalobos y a la señora María de la Luz D. de Nevárez, por las facilidades brindadas para la realización de los estudios etnológicos del tesguino. Asimismo queremos expresar nuestro reconocimiento al Ing. Quím. Francisco Guerrero Arcocha, Director de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial, por haber autorizado que los químicos Laura León y Ruperto Hernández realizaran las determinaciones cromatográficas y bromatológicas de diversos compuestos del tesguino.

Por último, damos las gracias a la bióloga Laura Estrada Cuéllar por su ayuda en la transcripción mecanográfica del texto.

INTRODUCCION

México es un país multiétnico con más de 70 grupos, muchos de los cuales utilizan diversos alimentos y bebidas fermentadas con fines nutricionales, estimulantes, medicinales y religiosos (Ulloa, 1981).

La elaboración de estos productos fermentados se basa en conocimientos empíricos antiguos que han sido transferidos por generaciones hasta la actualidad. No obstante, los estudios microbiológicos acerca de estos productos son relativamente recientes, excepto en el caso del pulque, sobre el cual se hicieron las primeras observaciones microscópicas en 1870. El conocimiento de los microorganismos de estas bebidas y alimentos fermentados es todavía incompleto y es necesario realizar más investigaciones para conocer el papel que dichos microorganismos desempeñan en la fermentación.

Como las bebidas fermentadas indígenas se elaboran sin un control exacto respecto a sus ingredientes, especialmente desde el punto de vista microbiológico, los tipos y cantidades de microorganismos que se desarrollan en los diferentes sustratos empleados para obtener estas bebidas son variables y en ocasiones impredecibles, y su presencia está determinada por los ingredientes, las modalidades en los procesos de elaboración y las condiciones ecológicas de los sitios de preparación. Por esto es difícil obtener productos higiénicamente controlados y con las características que aprecian los grupos indígenas y mestizos que los consumen habitualmente.

En la mayoría de los casos, los microorganismos involucrados en la fermentación producen cambios favorables en los produc-

tos finales. Por ejemplo, en el caso del pozol hay cambios en textura y olor, aumento en el tiempo de almacenamiento (preservación) y mejoramiento en las prioridades nutritivas debido al aumento de proteínas y vitaminas. Pero, por otro lado, a veces se pueden desarrollar microorganismos patógenos o potencialmente patógenos para los consumidores, o por lo menos microorganismos que causan cambios indeseables que reducen la calidad del producto final, como son los sabores y olores desagradables (Hesseltine, 1965; Ulloa, 1974).

Aunque la mayoría de las especies de microorganismos registrados de las bebidas fermentadas indígenas de México (y de muchos otros países) se consideran como benéficos o inocuos, se han encontrado algunos que se conocen por su capacidad para ocasionar estados patológicos leves o severos en el hombre y en los animales. Así, por ejemplo, del pozol han sido aislados organismos benéficos, como *Saccharomyces cerevisiae* y otras levaduras que sintetizan proteínas y vitaminas que mejoran el producto, o como *Agrobacterium azotophilum* y *Aerobacter aerogenes*, bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, que son las responsables del aumento en nitrógeno total del pozol, comparado con el de la masa del maíz sin fermentar; pero del pozol también se han aislado hongos patógenos o potencialmente patógenos, como *Candida parapsilosis* y otras especies de *Candida*, *Trichosporon cutaneum*, *Geotrichum candidum*, *Aspergillus flavus* y *Phialophora richardsiae* que pueden causar candidiasis, piedra blanca, geotricosis, aspergilosis y aflatoxicosis, y feosporotricosis, respectivamente (Ulloa, 1974).

Algunas especies de levaduras se encuentran en varias de las bebidas que se discuten en este trabajo. *S. cerevisiae* ha sido aislada del pozol, tesguino, pulque, tuba, tepache y tibicos; *C. parapsilosis* de pozol y pulque, y *Pichia membranaefaciens* de tesguino, pulque, tepache y tibicos (Ulloa y Herrera, 1976-1982).

El objeto de conocer mejor la variada e interesante biota microbiana de las bebidas fermentadas autóctonas es el de constituir una base para el enfoque de nuevos estudios que permitan desarrollar una tecnología adecuada y aplicar los conocimientos

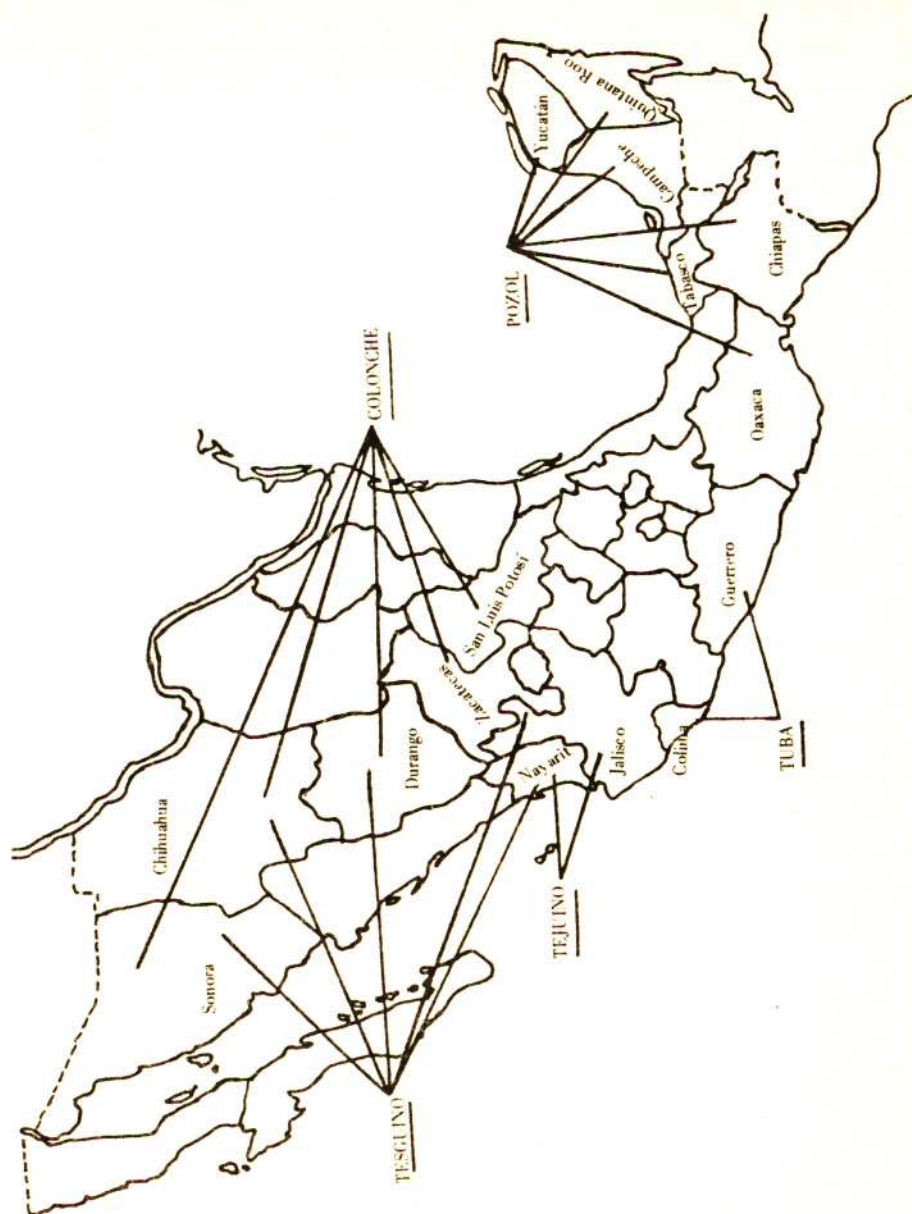


Figura 1. Distribución geográfica de algunas bebidas fermentadas de México. El pulque, el tepache y los tибicos son de uso general en el país.

obtenidos de este amplio campo de estudio. Tomando en cuenta que la población humana está en constante crecimiento y que los alimentos que contienen proteína de origen animal son cada vez más costosos y escasos, será necesario elaborar nuevos tipos de alimentos y otros productos útiles en los que intervengan microorganismos capaces de transformar sustratos vegetales, generalmente con un contenido relativamente bajo en proteínas, en productos fermentados con mejores cualidades nutritivas.

Este trabajo incluye información etnológica, microbiológica y química sobre *pozol* y *tesgüino* (de maíz), *pulque* y *tuba* (de savia de plantas), *colonche* y *tepache* (de frutas), y *tibicos* (asociaciones microbianas utilizadas para fermentar sustratos azucarados), todos ellos productos fermentados indígenas de México, importantes para grandes grupos de la población autóctona y mestiza de la República Mexicana. En la figura 1 se muestra la distribución geográfica de los productos mencionados.

1. POZOL

ESTUDIOS ETNOLOGICOS

El pozol, del náhuatl *pozolli*, espumoso (Robelo, 1940), es un producto alimenticio de origen maya preparado por fermentación de masa de maíz, que disuelta en agua es consumida cruda por varios grupos étnicos del sur y sureste de México, como los chontales y choles de Tabasco; los mayas de Campeche, Yucatán y Quintana Roo; los lacandonés, tzotziles o chamulas, tzeltales, zoques, choles y mames de Chiapas, y los zapotecos de Oaxaca.

Esta bebida ha sido objeto de diversos estudios etnológicos encaminados a determinar su uso en la alimentación, en la medicina y en diversos rituales (Cruz-Ulloa y Ulloa, 1973). Es ingerida durante las jornadas de trabajo, la comida o a cualquier hora del día como una bebida refrescante, y constituye un alimento básico para muchos de los grupos mencionados, en especial de aquellos que los consumen como único alimento, por lo menos en determinados momentos y circunstancias. Debido a su alto grado de conservación, las bolas de pozol son utilizadas por diversos grupos étnicos como provisiones para sus largas travesías a través de la selva. Además de su uso como alimento, esta bebida ha sido empleada con fines medicinales y ceremoniales, y se ha recabado información sobre estos tópicos desde la época colonial.

En el pasado, las bolas de pozol eran utilizadas por los mayas como cataplasma, para prevenir o curar las infecciones superficiales y las heridas. Actualmente los lacandonés utilizan el pozol mezclado con miel para bajar la fiebre y controlar la diarrea y

otros padecimientos intestinales, de manera semejante al uso que hacen otras personas de medicamentos o alimentos que contienen levaduras y lactobacilos.

El pozol también ha tenido una gran importancia ceremonial, pues ya desde tiempos prehispánicos se usaba como ofrenda en las diversas festividades mayas relacionadas con el cultivo y la cosecha del maíz.

Este alimento es preparado ya sea en forma doméstica, para el consumo de la misma familia que lo hace, o en escala semicomercial para ser vendido en el mercado. Es elaborado de acuerdo con la manera tradicional como se indica en la figura 2 y el proceso de fermentación dura por lo general de 1 a 5 días. Sin embargo, algunos grupos indígenas, como los lacandones y los chamulas, dejan fermentar la masa dos o más semanas y consumen el pozol enmohecido. En el estado de Tabasco hay una

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pozol.

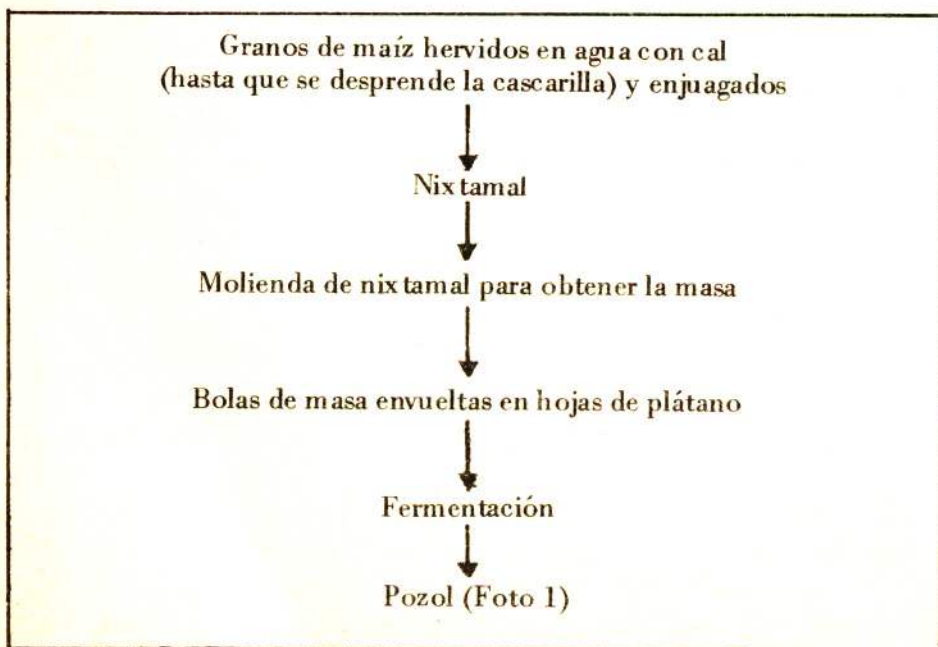




Foto 1. *Bolas de pozol de ocho días de fermentación, envueltas en hojas de plátano, Cárdenas, Tabasco.*

modalidad de pozol llamada chorote, que se obtiene por fermentación de masa de maíz mezclada con granos de cacao molidos. La masa de pozol es entonces disuelta en agua en una proporción aproximada de 1 a 2 ó 1 a 3, y bebida sola o con sal, azúcar, miel de abeja, pulpa de coco o diferentes clases de chiles secos, que han sido tostados y molidos. Ulloa (1974) da una explicación más detallada acerca de la preparación del pozol y sus usos.

ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS

El primer estudio microbiológico del pozol fue hecho por Salinas Ch. (1958), y en él fueron registradas dos especies bacterianas aisladas de este alimento: *Bacillus cereus* Frank y Frank, y *Paracolobactrum aerogenoides* Borman, Stuart y Wheeler. A partir de 1970 (Herrera y Ulloa, 1970-1971; Ulloa y Herrera, 1970) se iniciaron nuevas investigaciones sobre el pozol. En algunos de estos trabajos se reportó la presencia de diversas especies de bacterias, levaduras y mohos, algunas de las cuales son conocidas por su capacidad para ocasionar enfermedades leves o graves en el hombre (Ulloa y Herrera, 1973; Ulloa y Kurtzman, 1975), mientras que en otros se describieron nuevas especies de microorganismos (Ulloa y Herrera, 1972), o se registraron dos fenómenos importantes, el de la fijación de nitrógeno atmosférico elemental realizado por las bacterias *Agrobacterium azotophilum* y *Aerobacter aerogenes*, por primera vez observado en un alimento fermentado (Taboada *et al.*, 1971, 1973, 1975; Ulloa *et al.*, 1971), y el del antagonismo microbiano que tuvo *in vitro* tanto el pozol como *Agrobacterium azotophilum* sobre varias especies de bacterias, levaduras y mohos, algunas de ellas registradas en la literatura como patógenas al hombre. No obstante, todavía se desconoce la naturaleza química del o de los compuestos responsables de este antagonismo (Herrera y Ulloa, 1975).

Finalmente, en 1974 Ulloa estudió la sucesión de la micoflora

en muestras de pozol de Tabasco, de las que fueron aislados e identificados los mohos y levaduras presentes en cada una de las fases de elaboración y fermentación del alimento, y registrados los cambios de pH, contenido de humedad y temperatura a lo largo de todo el proceso. Se observó que los mohos presentes en los granos de maíz (*Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) de Vries y *Fusarium moniliforme* Sheld.) eran destruidos durante el tratamiento con cal y calor, y que la inoculación de la masa se realizaba durante la molienda del nixtamal y la formación de las bolas de pozol, por lo que las fuentes de inóculo eran muy diversas. No obstante, existen varias especies de levaduras y mohos que están casi siempre presentes en muestras de pozol, lo que podría estar relacionado con el tipo de sustrato y con las condiciones ambientales que prevalecen en los lugares donde se prepara este alimento. Así, *Geotrichum candidum*, *Trichosporon cutaneum* y varias especies de *Candida* están con frecuencia asociados al pozol de pocas horas de fermentación, mientras que algunos mohos, como *Cladosporium cladosporioides* o *C. herbarum*, *Monilia sitophila* y *Mucor rouxianus* o *M. racemosus*, aparecen en el pozol cuando su superficie se va secando y su pH va disminuyendo.

Hasta la fecha, de la compleja microbiota del pozol han sido estudiados los microorganismos que aparecen en la tabla 1.

Recientemente, Steinkraus (1983) ha establecido que durante las primeras fases de la fermentación del pozol predominan las bacterias (principalmente lácticas) sobre las levaduras, y que quizás son las responsables de la producción de la mayoría del ácido láctico durante las primeras 24 horas de fermentación. Por lo general, la mayoría de estas bacterias no se encuentran asociadas a procesos de fermentación para producir alimentos y aún no se conoce en detalle su importancia dentro del proceso de elaboración del pozol.

Aunque a la fecha se conocen muchos de los microorganismos que forman parte de la microbiota del pozol, aún es necesario determinar cuáles son los que producen los cambios primordiales en el sustrato, como son el incremento en la acidez y el

Tabla 1. *Microorganismos aislados del pozol*

<i>Bacterias</i>	<i>Mohos</i>
<i>Achromobacter pozolis</i> Ulloa y Herrera	<i>Alternaria tenuis</i> Nees
<i>Aerobacter aerogenes</i> Kruse, Beijerinck	<i>Aspergillus flavus</i> Link
<i>Agrobacterium azotophilum</i> , Ulloa y Herrera	<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arnau d
<i>Bacillus cereus</i> Frank y Frank	<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link
<i>Escherichia coli</i> (var.) <i>neapolitana</i> (Topley y Wilson) Yale	<i>Epicoccum</i> sp.
<i>Paracolobactrum aerogenoides</i> Borman y Stuart	<i>Fusarium</i> sp.
<i>Pseudomonas mexicana</i> Fuentes, Herrera y Ulloa	<i>Geotrichum candidum</i> Link
	<i>Monilia sithophila</i> (Mont.) Sacc.
	<i>Mucor racemosus</i> Fres.
	<i>Mucor rouxianus</i> (Calmette) Wehmer
<i>Levaduras</i>	<i>Penicillium claviforme</i> Bainier
<i>Candida guilliermondii</i> (var.) <i>guilliermondii</i> (Cast.) Langeron y Guerra	<i>Penicillium cyclopium</i> Westling
<i>Candida krusei</i> (Cast.) Berkhout	<i>Penicillium expansum</i> Link
<i>Candida parapsilosis</i> (Ashford) Langeron y Talice	<i>Penicillium italicum</i> Wehmer
<i>Candida tropicalis</i> (Cast.) Berkhout	<i>Penicillium lanoso-viride</i> Thom
<i>Hansenula fabiani</i> Wickerham	<i>Phialophora richardsiae</i> (Melin y Nannf.) Conant
<i>Kluyveromyces fragilis</i> (Jorgensen) van der Walt	<i>Rhizopus nigricans</i> (Ehrenb. ex Fr.) Lind.
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Meyen ex Hansen	<i>Trichoderma viride</i> Pers.
<i>Trichosporon cutaneum</i> (de Beurm, Gourgerot y Vaucher) Ota	

desarrollo de un aroma peculiar que confieren al pozol sus cualidades refrescantes. Una vez conocidos los microorganismos esenciales, se podrá elaborar este alimento bajo condiciones controladas para obtener un producto sano y de buena calidad que satisfaga mejor las necesidades nutricionales de los grupos que lo consumen.

Tabla 2. *Análisis químico del pozol y del maíz utilizado en su preparación*

<i>Constituyentes</i>	<i>Maíz*</i> <i>g/100 g</i>	<i>Pozol*</i> <i>g/100 g</i>	<i>Diferencia en porcentaje entre maíz y pozol**</i>
Humedad	11.20	61.20	+ 546.42
Cenizas	1.69	1.65	- 2.40
Nitrógeno	1.68	2.43	+ 44.00
Proteína	10.50	15.18	+ 44.00
Extracto etéreo	4.73	8.60	+ 81.00
Fibra cruda	2.55	1.51	- 40.70
	<i>mg/100 g</i>	<i>mg/100 g</i>	
Calcio	28.00	249.00	+ 889.20
Fósforo	438.00	4.52	- 99.00
Tiamina	0.40	0.27	- 32.50
Riboflavina	0.15	0.78	+ 420.00
Niacina	3.26	9.84	+ 201.00
Aminoácidos esenciales			
Arginina	3.08	3.34	+ 8.40
Histidina	2.54	2.07	- 18.51
Lisina	3.05	3.36	+ 29.80
Leucina	12.95	10.02	- 22.70
Isoleucina	5.00	5.16	+ 3.20
Treonina	5.05	5.69	+ 12.66
Valina	4.51	4.53	+ 0.40
Triptofano	0.46	0.71	+ 54.34
Metionina	1.54	1.48	- 0.38
Fenilalanina	5.34	4.30	- 19.47

* Datos según Cravioto *et al.*, 1955.

** Diferencias calculadas por los autores.

ESTUDIOS QUIMICOS

Considerando la importancia que tiene el pozol en la dieta de miles de personas, Cravioto *et al.* (1955) realizaron un estudio químico comparativo del pozol y los granos utilizados en su elaboración (ver tabla 2). Los análisis mostraron que durante el proceso de fermentación hubo un aumento en nitrógeno proteico total, en algunos aminoácidos, como la lisina y el triptofano; en algunas vitaminas, como la niacina y la riboflavina, y en

algunos otros constituyentes; sin embargo, debido al tratamiento de los granos de maíz con agua de cal y calor, para obtener el nixtamal, algunos componentes disminuyeron, como la tiamina y el fósforo. Además, por medio de aminogramas y bioensayos establecieron que la proteína del pozol era de mejor calidad que la del maíz, y registraron un incremento en el nitrógeno total del pozol, en comparación con la masa no fermentada, lo que pudo deberse, como se dijo, a procesos de fijación de nitrógeno atmosférico. El conocimiento de este fenómeno reviste una gran importancia pues puede ser utilizado para aumentar el contenido de nitrógeno de otros productos alimenticios amiláceos y de forrajes.

En la actualidad, el pozol sólo es consumido en el sur y sureste de México, pero consideramos que si logra desarrollarse la tecnología para elaborarlo bajo condiciones controladas, es posible que su consumo se extienda, pues es un alimento con mayor valor nutricional y menor precio que otros alimentos que generalmente se consumen, y que por sus características puede ayudar a combatir la desnutrición de los grupos marginados.

2. TEGÜINO

ESTUDIOS ETNOLOGICOS

El tesgüino, del náhuatl *tecuin*, latir el corazón (Robelo, 1948), es una bebida alcohólica semejante a la cerveza, que es consumida por grupos étnicos del norte y noroeste de México, como los yaquis y pimas de Sonora; los tarahumaras de Chihuahua; los guarijíos de Chihuahua y Sonora; los tepehuanes de Durango; los huicholes de Jalisco y Nayarit, y los zapotecos de Oaxaca.

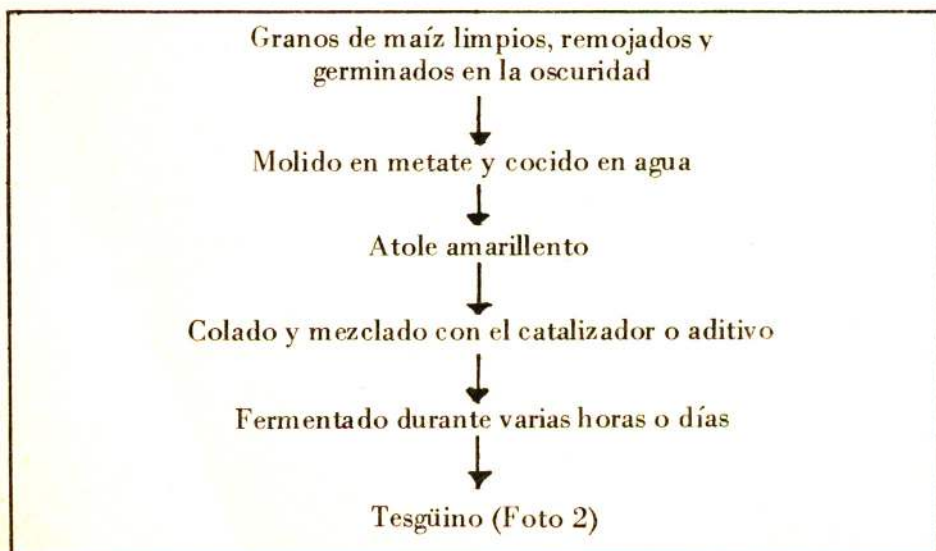
Es la bebida preferida en todas las celebraciones familiares, religiosas y deportivas, y en las llamadas tesgüinadas, que son los eventos más importantes en la vida de algunos grupos indígenas, como los tarahumaras, en los que se toman decisiones políticas y económicas, o con los que se remunera el trabajo comunitario. Diluida con agua, esta bebida es ingerida por lactantes y niños, y en ocasiones constituye un complemento importante de su dieta. La cantidad y frecuencia de consumo de esta bebida varía con la edad, el consumidor, la época del año y la ocasión, pero por lo general es de 250 ml a varios litros por día (Lumholtz, 1902; Pennington, 1963).

Los procedimientos para elaborar tesgüino varían entre los grupos étnicos, los que utilizan diversos productos vegetales como materia prima y diferentes plantas como catalizadores o fortificadores, por lo que puede considerarse que existen varias modalidades de tesgüino, que reciben diferentes nombres de acuerdo con los productos vegetales utilizados en su elaboración. Al tesgüino que se prepara con granos de maíz se le llama *batári*, *šuguiki* o *navaitai*; al que se hace con jugo de cañas de maíz se le conoce como *pačiki* o *ma batári*; al que se obtiene con frutas, como las bayas de madroño, se le llama *urúbisi*, y *túriši* al de du-

raznos; cuando se elabora con granos de trigo también se le denomina *šuguiki*, mientras que al que se hace con granos de sorgo o con el jugo de hojas de maguey se le llama sólo tesgüino (Bye, Jr., 1979; Cruz-Ulloa y Ulloa, 1973; Pennington, 1963, 1969; Taboada *et al.*, 1977; Ulloa y Herrera, 1977).

Sin embargo, el tipo más común de tesgüino es el que se elabora con granos de maíz germinados, siguiendo el procedimiento resumido en la figura 3. El tiempo de fermentación de esta bebida varía de 1 a 10 días o más, dependiendo del gusto de los consumidores. Los catalizadores utilizados son fragmentos de plantas existentes en la región donde esta cerveza se elabora; entre los catalizadores más comunes en la tarahumara baja (región del cañón de Urique) están las cortezas de *Randia echinocarpa* Moc. y Sessé; de *R. watsoni* Robinson; de *R. laevigata* Standl., y de *Coutarea pterosperma* (S. Wats) Standl. En la tarahumara alta (zona de bosques de pino y de encino) se utilizan como catalizadores las hojas de *Quercus crassifolia* Humboldt y Bonpl. de *Stevia serrata* Cav.; de *Chimaphila maculata* Pursh., o de *Datura metoloides* Dunal; a veces se usan los tallos y semi-

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del tesgüino indígena.



llas de *Bromus arizonicus* (Shear) Stebbins, o las raíces de *Phaseolus metcalfei* Woot y Standl., o de *Hieracium fendleri* Sch. Bip.

En algunas regiones cercanas al río Conchos, en Chihuahua, los tarahumaras no elaboran el tesgüino con catalizadores, sino con fortificadores. Estos son plantas con alcaloides alucinógenos que provocan un efecto más placentero en los consumidores, siendo las más frecuentemente utilizadas *Lophophora williamsii* (Lem.) Coulter (el peyote) y *Ariocarpus fissuratus* (Engelm.) Shum.

Una vez fermentado, el tesgüino es consumido sin filtrar y sin pasteurizar, por lo que contiene los microorganismos vivos que provocan la fermentación, las sustancias metabolizadas por ellos y los residuos de los materiales vegetales utilizados.

Otro tipo de tesgüino, denominado *ma batári*, es elaborado con tallos de maíz machacados y mezclados con agua. La mezcla es hervida durante varias horas y después de enfriar se le añaden los catalizadores indicados. La mezcla se deja fermentar en un lugar oscuro durante 2 ó 3 días, para que adquiera las carac-



Foto 2. Olla con tesgüino de 50 horas de fermentación, Gonogochi, Chihuahua.

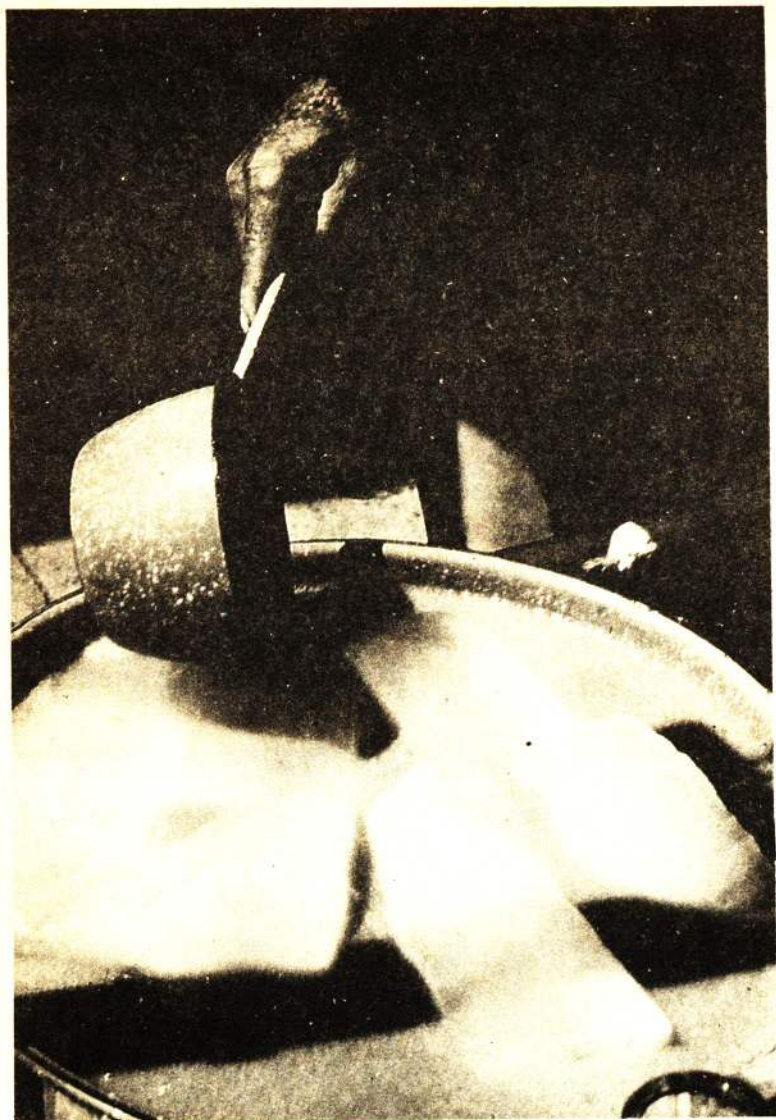
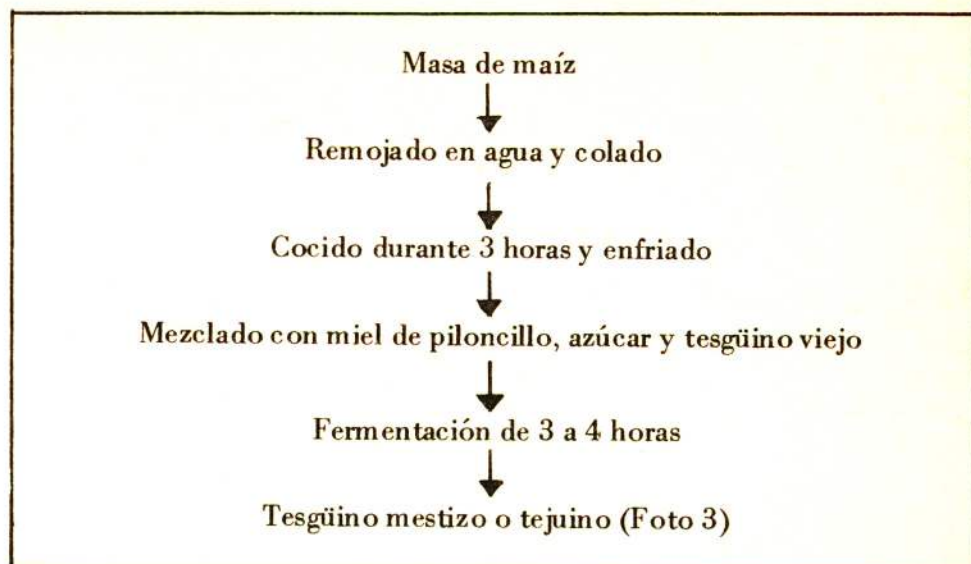


Foto 3. *Tejuino a la venta en un puesto ambulante, Guadalajara, Jalisco.*

terísticas apreciadas por los consumidores. Hay un tipo más, que se obtiene por fermentación del jugo de las hojas de *Agave*, al que se le añaden raíces de *Phaseolus metcalfei* como catalizador.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del tesgüino mestizo.



En algunos de los estados del país donde los grupos indígenas preparan tesgüino, la población mestiza elabora una modalidad de dicha bebida, denominada *tejuino*. Esta es una bebida refrescante preparada con nixtamal o con granos de maíz germinados y molidos, azúcar y piloncillo, a la que no se le añade ningún catalizador, sino tejuino viejo (pie) para promover el proceso de fermentación (véase la figura 4). Es una bebida con bajo contenido alcohólico que es consumida como refresco, alimento o diurético, y a la que frecuentemente se le adiciona sal, nieve y jugo de limón.

ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS

Los estudios microbiológicos del tesgüino son bastante recientes. Se iniciaron en 1973 cuando Herrera y Ulloa aislaron la levadura *Saccharomyces cerevisiae* de dos muestras de tesgüino de maíz de Chihuahua, una fermentada con *Bromus arizonicus* y otra fermentada sin él. Más tarde, Ulloa y Herrera (1977) encontraron la levadura *Pichia membranaefaciens* Hansen y su

estado asexual, *Candida valida* (Leberle) van Uden y Buckley en otra muestra de tesgüino de Chihuahua. La bacteria *Bacillus megaterium* de Bary fue aislada de un tesgüino de Chihuahua hecho con jugo de maguey (Ulloa *et al.*, 1974).

De 1979 a 1982 Litzinger (1983) estudió dos procesos completos de elaboración y fermentación del tesgüino tarahumara, y 11 muestras de tesgüino ya fermentado, con el fin de describir en detalle el proceso aborigen de la elaboración de la bebida, de determinar la cinética de la fermentación, de investigar cuáles eran las fuentes de inóculo de la bebida, de cómo se mantenían los microorganismos responsables de la fermentación, y de determinar el papel de los catalizadores en la elaboración de la bebida. De los microorganismos aislados, la mayoría correspondieron a la levadura *S. cerevisiae*, lo que corrobora la hipótesis planteada por Ulloa y Herrera (1976-1982) de que esta levadura es la principal responsable de la fermentación del tesgüino. Dicha levadura fue encontrada en el sedimento de la olla y en la planta utilizada como catalizador (*Bromus* sp.), por lo que se consideran como fuentes de inóculo. Otros de los microorganismos aislados correspondieron a bacterias y mohos identificados únicamente hasta género.

A partir de 1982, uno de los autores (P. Lappe) inició el estudio etnológico, microbiológico y químico del tesgüino de maíz de la Sierra Tarahumara. Investigó la sucesión de la microbiota desde la materia prima (granos de maíz) hasta el producto final (tesgüino de 50 horas de fermentación). Los mohos presentes en el maíz (*Aspergillus ruber* [Konig, Spiekermann y Bremer] Thom y Church, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* Wr. y Reink, *Penicillium chrysogenum* Thom y *Penicillium* sp., y *Phoma pomorum* Thüm) se destruyeron durante el proceso de cocción del atole; al enfriar éste comenzaron a desarrollarse bacterias lácticas que predominaron durante las primeras etapas de fermentación. Posteriormente aparecieron diversas especies de levaduras que se fueron sucediendo a lo largo del proceso, y cuyas poblaciones también se modificaron. De las levaduras, las más persistentes y abundantes

fueron *Hansenula anomala* (Hansen) Sydow, *Candida guilliermondii*, *Saccharomyces kluyveri* Phaff, Miller y Shifrine, y *S. cerevisiae*. De la compleja microbiota presente en el tesgüino

Tabla 3. *Microorganismos aislados de diferentes tipos de tesgüino.*

<i>Tesgüino tarahumara hecho con granos de maíz</i>	
<i>Bacterias</i>	
	<i>Lactobacillus</i> spp.
	<i>Leuconostoc</i> spp.
	<i>Pediococcus</i> spp.
	<i>Streptococcus</i> spp.
<i>Mohos</i>	
	<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierchx
<i>Levaduras</i>	
	<i>Brettanomyces intermedius</i> (Krum. y Tausch.) van der Walt y Kerken
	<i>Candida guilliermondii</i> (Cast.) Lan y Guerra
	<i>Candida lusitanae</i> van Uden y Do Carmo Sousa
	<i>Candida pulcherrima</i> (Lindner) Windisch
	<i>Candida valida</i> (Leberle) van Uden Buckley
	<i>Cryptococcus albidus</i> (Saito) Skinner
	<i>Hansenula anomala</i> (Hansen) H y P. Sydow
	<i>Pichia membranaefaciens</i> Hansen
	<i>Saccharomyces kluyveri</i> Phaff, Miller y Shifrine
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Meyen ex Hansen
<i>Tesgüino tarahumara hecho con jugo de hojas de maguey</i>	
<i>Bacterias</i>	
	<i>Bacillus megaterium</i> de Bary
<i>Tesgüino mestizo o tejuino</i>	
<i>Mohos</i>	
	<i>Geotrichum candidum</i> Link
<i>Levaduras</i>	
	<i>Candida milleri</i> Yarrow
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Meyen ex Hansen

indígena, hasta la fecha han sido aislados e identificados los microorganismos que aparecen en la tabla 3.

Los estudios microbiológicos del tejuino fueron iniciados por Ulloa *et al.* en 1977, y continuados por P. Lappe en 1979. Todas las muestras analizadas fueron de Jalisco, de varias horas de fermentación, y los microorganismos hasta ahora aislados e identificados son las levaduras *Candida milerri* Yarrowy, *S. cerevisiae* (esta última aislada de todas las muestras trabajadas, por lo que se piensa que es el microorganismo responsable de la fermentación de esta bebida) y el moho *Geotrichum candidum*.

ESTUDIOS QUIMICOS

Los únicos estudios químicos del tesguino son los realizados por Litzinger (1983) y Lappe (datos aportados en el presente trabajo). El primer autor determinó la concentración de etanol en 13 muestras de tesguino tarahumara listo para ser ingerido, y estableció que ésta variaba de 2.6 a 3.2 por ciento. Posteriormente P. Lappe determinó el contenido de ácido láctico, ácido acético, etanol, proteína, grasa, cenizas y niacina en cada una de las fases de elaboración y fermentación de la bebida. Encontró que durante el proceso de fermentación, el contenido de ácido láctico y etanol se incrementa gradualmente. A partir de la mezcla del atole colado con la liga (*Bromus arizonicus*) la concentración de ambos compuestos aumenta notablemente, lo que se debe al incremento en las poblaciones de los microorganismos fermentadores que producen tales metabolitos. Además, empieza a acumularse ácido acético que puede ser producido por bacterias heterolácticas y por la levadura *Brettanomyces intermedius* (Krumbholtz y Tauschanoff) van der Walt y Kerken, esta última aislada del sedimento de la olla y de la mezcla del atole con la liga (pero no de las fases subsecuentes de fermentación), lo que pudo deberse a que esta levadura es poco competitiva y su población no se incrementa suficientemente, quedando enmascarada por las otras levaduras; por ello, para detectarla hubiera sido necesario hacer diluciones menores a las realizadas en la presente investigación.

Conforme transcurre la fermentación aumenta la concentración de los tres productos, aunque en la fase final la cantidad de ácido láctico disminuye, mientras que se incrementa la del ácido acético, por lo que el pH (con un valor de 3) no se modifica. A este pH la cerveza mantiene su estado coloidal, con las partículas de almidón no gelatinizadas y los residuos de las plantas uniformemente repartidos en el líquido; sin embargo, es posible que si el pH sigue bajando se rompa la estructura coloidal de la cerveza y se sedimenten los diversos componentes, como sucede con diversas cervezas africanas (*Bussa, Merissa, Pito y Burukutu*) que entonces se consideran echadas a perder (Ekundayo, 1969; Faparusi *et al.*, 1973; Nout, 1980 a, 1980 b).

El etanol es la sustancia que más se acumula en el sustrato y es primordialmente producida por las especies de *Saccharomyces* que predominan en la fase final de la fermentación. Analizando los cambios químicos del sustrato se puede afirmar que el tipo de fermentación que se lleva a cabo en el tesgüino tarahumara es una fermentación láctica-alcohólica, seguida de una alcohólica-acética.

Respecto al contenido de proteína y grasa en las diferentes etapas de elaboración del tesgüino, se puede mencionar que durante el malteado del maíz hay un ligero aumento en la proteína, la que disminuye durante la cocción del atole, pero vuelve a aumentar gradualmente conforme avanza la fermentación alcanzando valores hasta de 13.2 por ciento. La grasa disminuye durante el malteado y la cocción, pero se incrementa paulatinamente durante la fermentación; ambos aumentos corresponden con el incremento en las poblaciones de los microorganismos involucrados.

En cuanto al contenido de niacina originalmente presente en los granos de maíz, se halló un decremento en la cocción del atole y en las primeras etapas de la fermentación (en estas últimas debido probablemente al crecimiento de las bacterias lácticas que demandan niacina), seguido de un incremento gradual en las fases de fermentación subsecuentes, por el desarrollo de levaduras que sintetizan vitaminas del complejo B. No obstante, hay que hacer notar que desde las primeras horas de fermenta-

ción aparecen levaduras que requieren de niacina para crecer, como son *H. anomala* y *C. guilliermondii*.

Tabla 4. Análisis químico de tesguino (tejuino), pulque, tuba y colonche*

Constituyentes	Tejuino ¹	Tejuino con cáscara ²	Agumiel	Pulque	Tuba	Colonche ¹	Cerveza ³
g %							
Humedad	73.9	79.5	94.0	97.0	95.0	—	94.5
Cenizas	—	—	0.40	0.2	—	0.27	0.14
Proteína	2.0	2.94	0.30	0.44	0.25	0.31	0.29
Extracto etéreo	0.26	1.04	—	—	—	—	—
Fibra cruda	0.21	0.43	0.0	—	—	—	—
mg %							
Calcio	—	8.0	20.0	10.0	—	16.0	11.0
Fósforo	—	81.0	9.0	10.0	—	34.0	33.0
Hierro	2.52	1.32	—	0.7	—	2.36	0.58
Tiamina	0.03	0.11	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01
Riboflavina	0.03	—	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03
Niacina	0.29	0.64	0.40	0.30	0.50	0.18	0.79
Vitamina C	0.0	—	6.7	6.2	8.8	6.2	—

* Datos según Cravioto *et al.*, 1951 y Massieu *et al.*, 1959.

1 No hay análisis químico para los sustratos no fermentados de estas bebidas.

2 Aunque el agumiel no es una bebida fermentada, es incluido en esta tabla porque una vez fermentado se transforma en pulque.

3 Cerveza de cebada, incluida para fines de comparación.

— No hay datos.

Parece ser que la concentración de niacina, de grasa y quizá de algunos otros compuestos no determinados (riboflavina, tiamina, piridoxina, etc.), fluctúa durante el tiempo de fermentación del tesguino debido al anabolismo y catabolismo de los microorganismos presentes. Pero es claro que las propiedades nutritivas del tesguino son superiores a las de las materias primas utilizadas, es decir, que el balance total arroja incrementos en proteínas y grasa, además de aumentos en el contenido de etanol y ácido láctico que constituyen fuentes de calorías para los consumidores, lo que indica por qué la cerveza de maíz constituye un complemento importante de la dieta de los grupos étnicos que la preparan y consumen.

En lo que al tejuino se refiere, los primeros estudios químicos fueron realizados por Massieu *et al.* en 1959, quienes analizaron varias muestras de la bebida y encontraron que contenía una cantidad de proteína considerablemente mayor (particularmente en el caso de tejuino elaborado con granos con cascarilla) que las otras bebidas estudiadas (véase la tabla 4). Posteriormente, González (comunicación personal) determinó, por medio de cromatografía de gases las concentraciones de ácido láctico, ácido acético y etanol en cada una de las fases de elaboración de tejuino de Guadalajara, y encontró que conforme avanzaba el proceso de fermentación, se incrementaba la cantidad de tales sustancias, siendo la más abundante el etanol (1 por ciento), seguido del ácido láctico (0.36 por ciento).

3. PULQUE

ESTUDIOS ETNOLOGICOS

El pulque, del náhuatl *poliuhqui*, descompuesto (Robelo, 1948), es una bebida alcohólica que se obtiene por fermentación del aguamiel, que es la savia azucarada de varias especies de magueyes pulqueros del género *Agave*, en especial *Agave atrovirens* Karw. El pulque es una bebida típica de México, consumida por poblaciones indígenas y mestizas de muchas regiones del país, particularmente en las áreas de la meseta central, donde los magueyes del pulque del género *Agave* pueden crecer.

En tiempo de los aztecas dicha bebida tenía un significado religioso muy importante, pues se utilizaba como ofrenda para el dios Mayahuel, deidad del pulque. Sin embargo, con la caída del imperio azteca, el pulque perdió su importancia dentro de los rituales religiosos y en la actualidad permanece sólo como una bebida popular, que es considerada "la bebida nacional de México". Es consumida por diversos grupos étnicos, como los nahuas del Distrito Federal, Estado de México, Tlaxcala, Morelos, Guerrero, Michoacán, Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca y Puebla; los otomíes del Distrito Federal, Estado de México, Morelos, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz; los mazahuas del Estado de México, y los matlatzincas (pirindas) de Morelos y del Estado de México, quedando también los mestizos de estas regiones del país.

El pulque es una bebida blanca y viscosa, que presenta de 4 a 6 por ciento de alcohol, y cuyo consumo varía de acuerdo con la edad y el gusto del consumidor, así como con la ocasión. A los niños en edad escolar se les suministra tres veces al día, lo

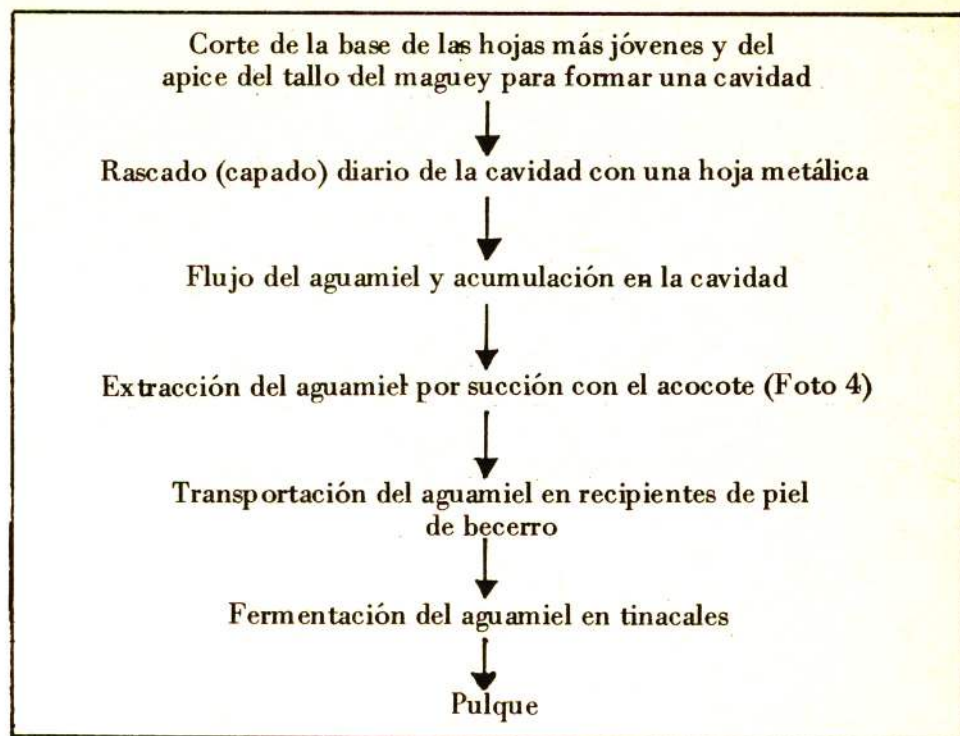
que les aporta de 2.2 a 12.4 por ciento de las calorías, y del 0.6 al 3.2 por ciento de las proteínas requeridas en su dieta diaria. Los adultos consumen de 1/4 de litro a varios litros al día, cantidad que ingieren durante las comidas o los ratos de ocio (Herrera *et al.*, 1977; Sánchez Marroquín, 1977).

Los principales consumidores de pulque son personas de bajos recursos económicos, aunque durante las festividades también es consumido por la clase media para acompañar la comida tradicional. Para los primeros, dicha bebida tiene una gran importancia nutricional, pues no sólo es ingerida como bebida alcohólica, sino como un complemento alimenticio por su contenido de proteínas y vitaminas del complejo B.

Tradicionalmente se le han asignado al pulque algunas cualidades medicinales, por lo que es utilizado para combatir algunos desórdenes gastrointestinales, anorexia, astenia e infecciones renales. Recientemente, Sánchez Posada obtuvo, a partir del aguamiel fermentado con especies de lactobacilos y *Leuconostoc*, un producto ácido que denominó Naturacid AB, capaz de curar algunos padecimientos del aparato digestivo, como úlceras gastro-duodenales, gastritis y esofagitis.

El proceso de elaboración del pulque, que en forma tradicional ha seguido hasta la época actual, presenta algunas variaciones acordes con el grupo étnico involucrado. Sin embargo, comúnmente se prepara según se indica en la figura 5. Por lo general, la fermentación se promueve mediante la adición de residuos de un pulque previo y dura de 8 a 30 días, dependiendo de la temperatura, de los cambios estacionales y de otros factores no controlados. Actualmente, esta bebida también se elabora en forma controlada, fermentando aguamiel pasteurizado con una mezcla de cultivos puros de lactobacilos homo y heterofermentativos, *Zymomonas mobilis* (Lindner) Kluyver y van Niel, *Leuconostoc* sp. y *S. cerevisiae*, con lo que se obtiene un producto de características uniformes y envasado. Además del pulque común, existe el llamado pulque curado que se elabora en la forma descrita, pero adicionando diversos vegetales durante la fermentación, principalmente frutas.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pulque.



El pulque es la bebida fermentada indígena de México que ha sido más estudiada desde diversos puntos de vista, debido a su gran importancia económica y social.

ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS

Ulloa y Herrera (1976-1982) presentaron una relación detallada de los estudios microbiológicos hechos en el pulque desde 1890, enumerando las diversas especies de bacterias y levaduras hasta entonces aisladas de dicha bebida. Posteriormente, P. Lappe aisló la levadura *Candida guilliermondii* (datos no publicados) de una muestra de pulque de Tulancingo (Hgo.), por lo que los microorganismos hasta ahora obtenidos de tal bebida son los que se enlistan en la tabla 5. Sin embargo, de todos ellos, *Leuco-*



Foto 4. Succión de aguamiel de un maguey (*Agave* sp.), para la elaboración de pulque. San Andrés Totoltepec, México, D.F.

nostoc mesenteroides (Tsen.) van Tieghem, *L. dextranicum* (Beijerinck) Hucker y Pederson, *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces cerevisiae* y *Zymomonas mobilis* parecen ser los más importantes en el proceso de fermentación. Las especies de *Leuconostoc* producen dextranas (polisacáridos que confieren al pulque su viscosidad), pero además incrementan la acidez del aguamiel durante las primeras etapas de fermentación. Los lactobacilos, tanto homo como heterofermentativos, producen ácido láctico, y la levadura *S. cerevisiae* y *Z. mobilis* son los principales organismos productores de alcohol. Sin embargo, el microorganismo clave en la fermentación del pulque parece ser la bacteria *Zymomonas mobilis*, que transforma la glucosa en alcohol y CO_2 , y además produce ácido láctico y acetil-metil-carbinol (Sánchez Marroquín y Hope, 1953).

ESTUDIOS QUIMICOS

Los primeros estudios químicos de esta bebida fueron realizados

Tabla 5. *Microorganismos aislados del pulque.*

<i>Bacterias</i>	<i>Levaduras</i>
<i>Acetobacter aceti</i> (Pas) Beijerinck	<i>Candida guilliermondii</i> (Cast.) Lan. y Guerra
<i>Bacillus teres</i> Neide	<i>Candida parapsilosis</i> (Ash.) Lan. y Talice
<i>Lactobacillus buchneri</i> (Henn.) Bergey et al.	<i>Candida valida</i> (Leb.) van Uden y Buckley
<i>Leuconostoc dextranicum</i> (Beij.) Hucker y Pederson	<i>Kloeckera apiculata</i> (Reess. emend. Kloecker) Janke
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> (Tsenk.) van Tiegem	<i>Pichia membranaefaciens</i> Hansen
<i>Micrococcus candidus</i> Cohn	<i>Rhodotorula</i> sp.
<i>Micrococcus luteus</i> (Schroeter) Cohn	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Meyen ex Hansen
<i>Micrococcus roseus</i> Fluegge	<i>Torulopsis</i> sp.
<i>Sarcina flava</i> de Bary	
<i>Zymomonas mobilis</i> (Lind.) Kluyver y van Niel	

Microorganismos aislados de la tuba

Levaduras

Kloeckera apiculata

Saccharomyces cerevisiae

por Cravioto *et al.* (1951) y Massieu *et al.* (1959). (véase la tabla 4), quienes indicaron que el pulque tenía una mayor cantidad de vitamina C que la cerveza. Posteriormente, Sánchez Marroquín (1977) comparó la composición química de pulque tradicional con pulque elaborado en una planta piloto, y del aguamiel esterilizado con el producto ya fermentado (véanse las tablas 6 y 7). En el primer caso, las mayores diferencias se refieren a los y contenidos de alcohol, ácido acético y azúcares reductores, que son mayores en el pulque tradicional. En el segundo caso, los principales cambios sufridos por el aguamiel durante el proceso de fermentación son una disminución en los sólidos solubles (grados Brix) y en el pH, un incremento en la acidez (ácido láctico), una disminución en el contenido de sacarosa y un

Tabla 6. Comparación de los análisis químicos realizados en muestras de pulque tradicional y pulque producido en una planta piloto

Análisis	Pulque tradicional*	Pulque de planta piloto*
Etanol	2.9 - 6.5	4.1 - 5.1
Acido acético	0.2 - 1.9	0.07 - 0.10
Acido láctico	0.02 - 1.3	0.06 - 1.22
Viscosidad (cps)	1.2 - 5.3	3.1 - 5.1

* En g/100 ml.

Fuente: Sánchez Marroquín (1977).

Tabla 7. Cambios ocurridos en el aguamiel durante la fermentación con una mezcla de cultivos puros

Determinaciones	Aguamiel estéril	Producto final
°Brix	11.0	6.0
pH	7.0	4.6
Acidez total (Ac. láctico)*	0.018	0.348
Sacarosa*	7.6	0.42
Proteína cruda*	0.17	0.17
Residuos*	15.29	2.88
Etanol (°G.L. a 20°C)	0.00	5.43
Acido acético*		0.02
Cenizas*	0.31	0.29

* En g/100 ml.

Fuente: Sánchez Marroquín (1977).

aumento en el contenido de alcohol. El mismo investigador determinó el contenido de vitaminas del complejo B y la calidad de proteína de ambos tipos de pulque, encontrando valores muy similares en ambos productos. Sin embargo, y aunque ambos productos presentan características muy similares, el pulque industrializado no ha sido aceptado debido a su precio más elevado y a que con frecuencia presenta un sedimento que no es del gusto del consumidor.

Recientemente, y a pesar de la importancia que tiene el pulque en la dieta de grupos marginados, principalmente en zonas áridas y semiáridas, en ocasiones considerado como casi su única fuente de nutrimentos, el consumo del pulque ha disminuido notablemente, siendo sustituido por otro tipo de bebidas, en especial por la cerveza.

4. TUBA

ESTUDIOS ETNOLOGICOS

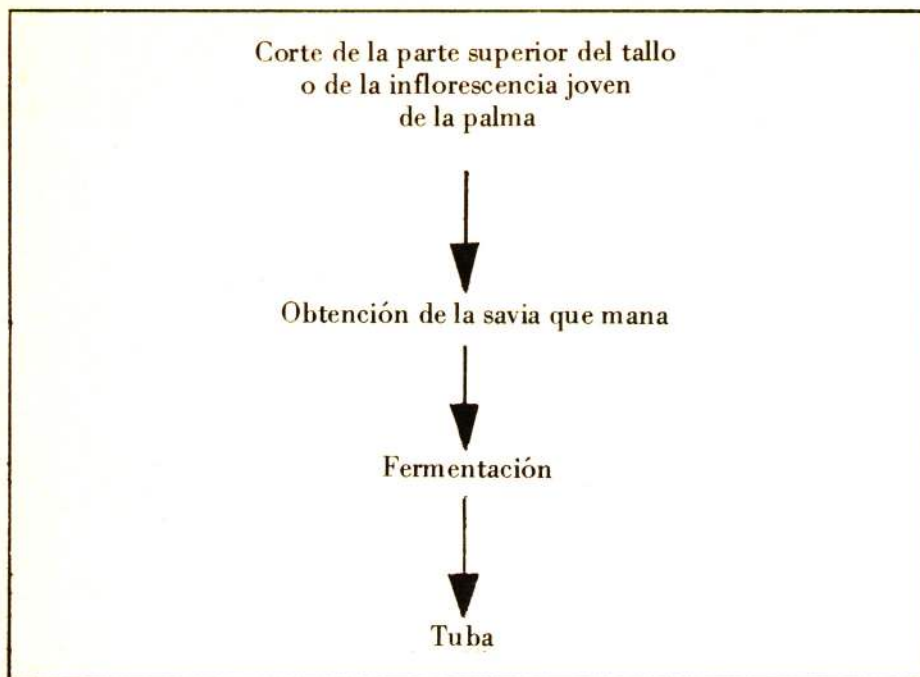
La tuba es un vino de palma que se elabora por fermentación de la savia del tallo o de las inflorescencias cerradas de varias especies de palma, principalmente de la palma de coco (*Cocos nucifera* Linn.), palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), palma datilera (*Borassus flabellifer* Linn.), palma datilera silvestre (*Phoenix sylvestris* Roxb. Hort.) y palma rafia (*Raphia hookeri* Wendl. Mann.). Véase la figura 6.

La savia recién obtenida es de color pardo, pero en cuanto comienzan a desarrollarse los microorganismos en ella se clarifica adquiriendo un color blanco opalescente. La bebida lista para consumirse es dulce, algo viscosa, de color blanco, muy efervescente y ligeramente alcohólica, por lo que es utilizada como una bebida refrescante por los mestizos de las costas occidentales de México, particularmente en los estados de Guerrero y Colima (Herrera y Ulloa, 1979).

El tiempo máximo de fermentación de esta bebida es de 24-48 horas, porque después ya no es aceptada como tal por los consumidores, debido a su alto grado de acidez, aunque se puede destilar para obtener una especie de licor o brandy, o se puede utilizar para preparar vinagre (Steinkraus, 1983).

La tuba es una bebida cuyo nombre y forma de preparación fueron introducidos a México desde las Filipinas, y debido a algunas de sus características, tales como color, viscosidad, olor y sabor, puede ser considerada como una bebida semejante al pulque, e igual que este último puede ser preparada con diversos vegetales, principalmente frutas.

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la tuba.



ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS

Aparentemente, el único estudio microbiológico hecho en México sobre esta bebida es el de Herrera y Ulloa (1979), quienes aislaron *Kloeckera apiculata* (Ress. emend. Kloecker) Janke de una muestra de tuba fermentada con fresa, y *S. cerevisiae* de tuba fermentada con manzana. Sin embargo, en otras partes del mundo (Ghana, Filipinas, Sudáfrica, Malasia, etcétera) donde esta bebida es elaborada, se han hecho extensos estudios microbiológicos y químicos, y se ha determinado que la fermentación que se lleva a cabo es láctica, alcohólica y acética, involucrando bacterias lácticas, levaduras y bacterias acéticas, así como *Zymomonas* y *Micrococcus* (Okafor, 1972a y b).

La inoculación de la savia de la palma se lleva a cabo tan

pronto como fluye de las incisiones, de manera que cuando este jugo es recogido ya está algo fermentado y es considerado como un vino dulce de palma. Los primeros microorganismos que aparecen en la savia son especies de *Leuconostoc* y *Lactobacillus*; posteriormente aparece *S. cerevisiae*, que es una levadura que lleva a cabo la fermentación alcohólica y, por último, aparecen las especies de *Acetobacter*, *Schizosaccharomyces pombe*, y especies de *Pichia* y de *Candida* (Faparusi, 1977). Además, han sido aisladas otras especies de microorganismos, algunas de las cuales también han sido encontradas o aisladas del pulque, lo que en cierta forma confirma la similitud entre estas dos bebidas. Dichos microorganismos son *Lactobacillus plantarum* (Orla-Jensen) Bergey *et al.*, que produce la acidez; *Leuconostoc mesenteroides* que produce dextranas; *Pichia membranaefaciens* que produce ésteres; *Zymomonas mobilis*, que realiza fermentación alcohólica y produce ácido láctico, y *S. cerevisiae*, que también realiza una fermentación alcohólica (Nyako, 1977; Swings y Delay, 1977).

ESTUDIOS QUIMICOS

El único análisis químico registrado de la tuba en México es el de Massieu *et al.* (1959), del cual puede verse que ésta tiene un mayor contenido de vitamina C que las otras bebidas fermentadas (véase la Tabla 4), y que su composición es similar a la del pulque. Sin embargo, en otras partes del mundo (Ghana, Filipinas, Malasia, Sudáfrica) donde esta bebida es consumida regularmente y producida a nivel industrial mediante el uso de cultivos puros, se han realizado numerosas investigaciones que indican la importancia nutricional de este vino de palma, pues aporta cierta cantidad de calorías a partir de azúcares y alcoholes (1 litro = 300 calorías), así como algunas vitaminas del complejo B (siendo ésta una forma muy barata de adquirirlas), proteína (0.23 por ciento), grasa (0.02 por ciento) y ácido ascórbico (5.7 mg/100 ml) (Bassir, 1968; Nyako, 1977).

5. COLONCHE

ESTUDIOS ETNOLOGICOS

Aparentemente, el origen de la palabra colonche es desconocido, aunque probablemente proceda del castellano. Los nahuas designaban al colonche con el nombre de *nochoctli*, que significa vino de cacto, y usaban el nombre *metoctli* para el pulque, que quiere decir vino de maguey.

El colonche es una bebida que se obtiene por fermentación de jugo de tunas de varias especies de nopales (Foto 5), principalmente de *Opuntia streptacantha* Lem. (tuna cardona), *O. robusta* Wendl. (tuna taponá), *O. leucotricha* D. C. (duraznillo) y *O. orbiculata* Salm-Dyck (tuna pintadera). Es una bebida autóctona bastante antigua, que Diguét (1928) estima en alrededor de 2 mil años, al igual que el pulque. Es muy apreciada por algunos grupos indígenas de las regiones áridas del noroeste de México, como los tarahumaras de Chihuahua y los yaquis de Sonora, aunque también es preparado y consumido por los mestizos de San Luis Potosí y Zacatecas. La elaboración del colonche está supeditada a la época del año en que los nopales producen frutos y, como en el caso del pulque, la cantidad ingerida varía entre los consumidores habituales (Diguét, 1928; Santamaría, 1959).

Cuando el colonche tiene pocas horas de fermentación es dulce, gaseoso, de olor ligeramente butiráceo y de bajo contenido alcohólico, pero después de unos cuantos días se torna ácido y es descartado.

En la actualidad el procedimiento para preparar el colonche (véase la figura 7), es esencialmente el mismo que se ha seguido

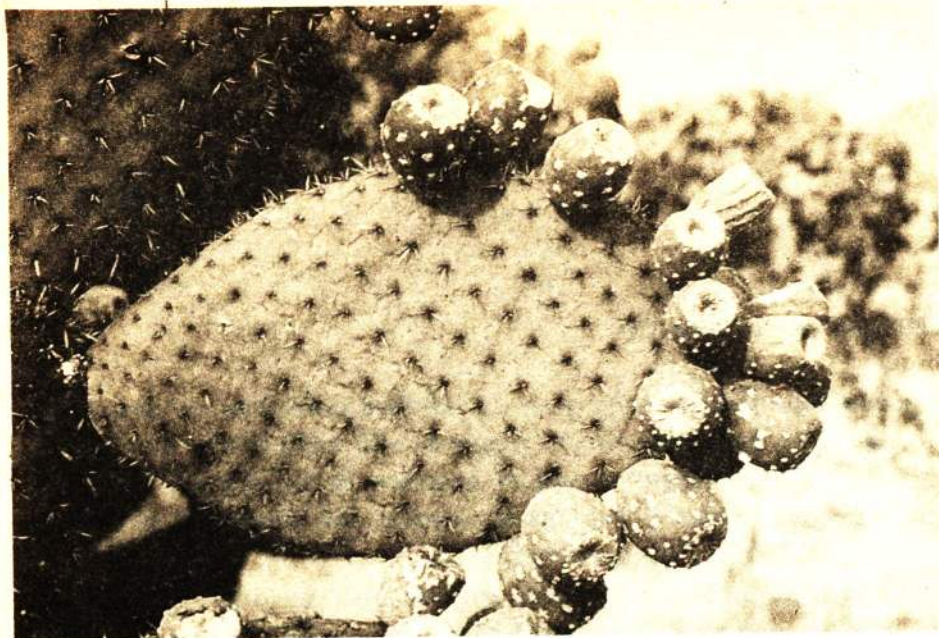


Foto 5. *Cladodios* con tunas de *Opuntia duranguensis*, con las que se elabora colonche, Durango, Durango.

por siglos y la labor es realizada principalmente por las mujeres. La fermentación del jugo de tuna ya cocido y frío se lleva a cabo espontáneamente, o es promovida mediante la adición de colonche viejo (pie) o de tibicos; estos últimos son asociaciones de bacterias y levaduras que se discuten más adelante en el presente trabajo.

ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS

Los únicos estudios microbiológicos de esta bebida son los que realizaron Ulloa y Herrera en 1978 y 1981, quienes estudiaron dos muestras de colonche, una de Zacatecas, a partir de la cual aislaron una nueva especie de levadura que denominaron *Torulopsis taboadae* Ulloa y Herrera, y otra muestra de San Luis Potosí, de la que aislaron *Candida valida* (Leberle) van Uden y Buckley, y *Saccharomyces cerevisiae*.

Figura 7. *Diagrama de flujo del proceso de elaboración del colonche.*



ESTUDIOS QUIMICOS

El único registro sobre la composición química del colonche es el de Massieu *et al.* (1959) (véase la tabla 4). En él se puede ver que el colonche es más pobre en algunas vitaminas que el pulque.

6. TEPACHE

ESTUDIOS ETNOLOGICOS

El tepache es una bebida fermentada, refrescante (véase la Foto 6), de consumo general en México. La palabra tepache procede del náhuatl *tepiatl*, que significa bebida de maíz, pues originalmente era elaborada con este cereal (Santamaría, 1959).

Pese a que el tepache es muy conocido en México desde tiempos precortesianos, parece no haber datos fidedignos acerca de su origen, y sólo se le atribuye una semejanza con la chicha del Perú (Ulloa y Herrera, 1976-1982). En la actualidad, esta bebida se prepara generalmente por la fermentación de pulpa de diversas frutas, aunque entre algunas comunidades indígenas, como los amuzgos de Oaxaca y Guerrero; los chinantecos y los mixtecos de Oaxaca, Guerrero, Puebla y Veracruz; los pápagos de Sonora, y los triques de Oaxaca, aún persiste la costumbre de elaborarla con maíz. El tepache de maíz no ha sido estudiado y se desconoce hasta la forma detallada de prepararlo.

El tepache de fruta se obtiene por fermentación de jugo y pulpa de piña, manzana, naranja, guayaba y arrallanes, siguiendo el proceso indicado en la figura 8. Después de uno o varios días de fermentación se obtiene una bebida refrescante de sabor dulce y agradable, pero si la fermentación se prolonga por más tiempo se transforma en una bebida alcohólica y después en vinagre.

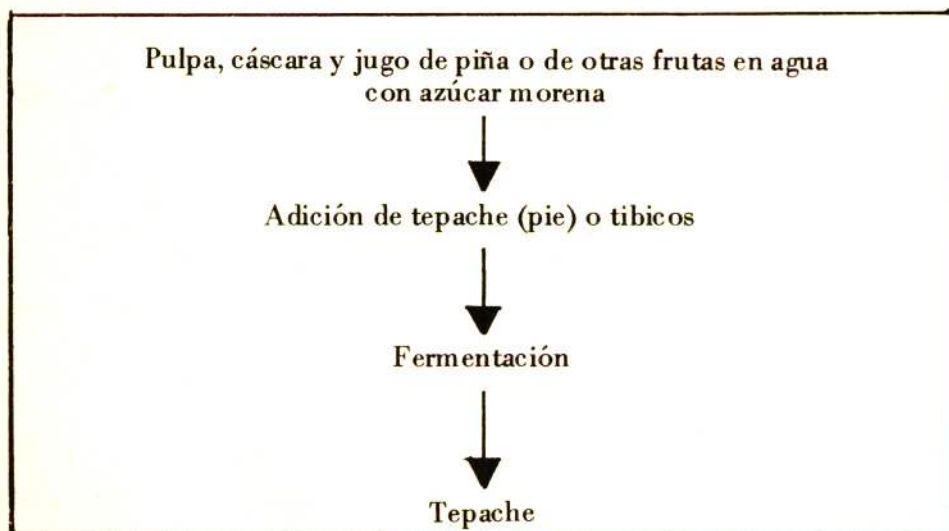
ESTUDIOS MICROBIOLOGICOS

El primer estudio microbiológico de esta bebida fue realizado



Foto 6. Puesto de tepache en un mercado ambulante, Copilco, México, D.F.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del tepache.



por Nava Garduño en 1953, quien registró el aislamiento de *Torulopsis inconspicua* Lodder y Kreger van Rij (especie que en la actualidad es reconocida en el libro *The yeasts: a taxonomic study*, 3a. Ed.: de Kreger van Rij, 1983, como sinónimo de *Candida inconspicua* [Lodder y Kreger van Rij] Meyer y Yarrow) y de *Saccharomyces cerevisiae* de tepache de México, D. F.

Posteriormente, Herrera y Ulloa (1978), a partir de una muestra de tepache de Querétaro (México), describieron una nueva levadura, *Candida queretana*, que más tarde fue reconsiderada como sinónimo de *C. boidinii* Ramírez. En 1982, los mismos autores estudiaron otra muestra de tepache obtenida en un mercado de la Ciudad de México, e identificaron las levaduras *Pichia membranaefaciens*, por primera vez aislada de esta bebida, y *S. cerevisiae*, que fue encontrada de nuevo.

En lo que a las bacterias se refiere, las especies que han sido encontradas en tepache son *Bacillus subtilis* (Ehren) Cohn y *B. graveolens* Meyer Gottheil, posiblemente sinónimo de *B. megaterium* de Bary, (Moreno y Díaz, 1932).

ESTUDIOS QUIMICOS

No existen estudios químicos registrados para esta bebida.

7. TIBICOS

ESTUDIOS ETNOLOGICOS

Los tibicos son zoogleas o masas gelatinosas, compactas, de color blanquecino o amarillento, translúcidas u opalescentes, atravesadas irregularmente por vetas muy finas, de forma irregular y de tamaño variable, desde unos cuantos milímetros hasta 1 ó 2 cm (Foto 7), que se desarrollan en los cladodios y frutas de varias especies de nopales (*Opuntia* spp.), en jugos de frutas, como la piña, y en agua endulzada con piloncillo o azúcar morena (Ulloa y Herrera, 1981).

Los tibicos están constituidos principalmente por agua y una matriz de dextrana, en la que se encuentran embebidas las bacterias y levaduras que constituyen esta asociación, que se caracteriza por ser muy estable (Horisberger, 1969).

Aunque no se sabe con certeza el origen inicial de los tibicos, se ha dicho que son originarios de México. La primera descripción de estas zoogleas fue la de Lutz (1898, 1899a, 1899b), quien al estar estudiando la fermentación del colonche los describió como granos de arroz cocido a los que denominó *tibi*, y que otros autores más tarde denominaron tibicos.

En el lenguaje popular se les conoce como algas marinas, búlgaros de agua o como granillo (este último nombre de Oaxaca) y son generalmente utilizados, a nivel doméstico, tanto en nuestro país como en Inglaterra y Suiza, para producir una bebida refrescante de bajo contenido alcohólico y acético, cuando el tiempo de fermentación es corto (Hesseltine, 1965; Taboada *et al.*, 1986). Se ha dicho que si estas zoogleas se desarrollan en sustratos azucarados con piloncillo o azúcar morena, o en

50 % A. E.

50 % TIBICOS

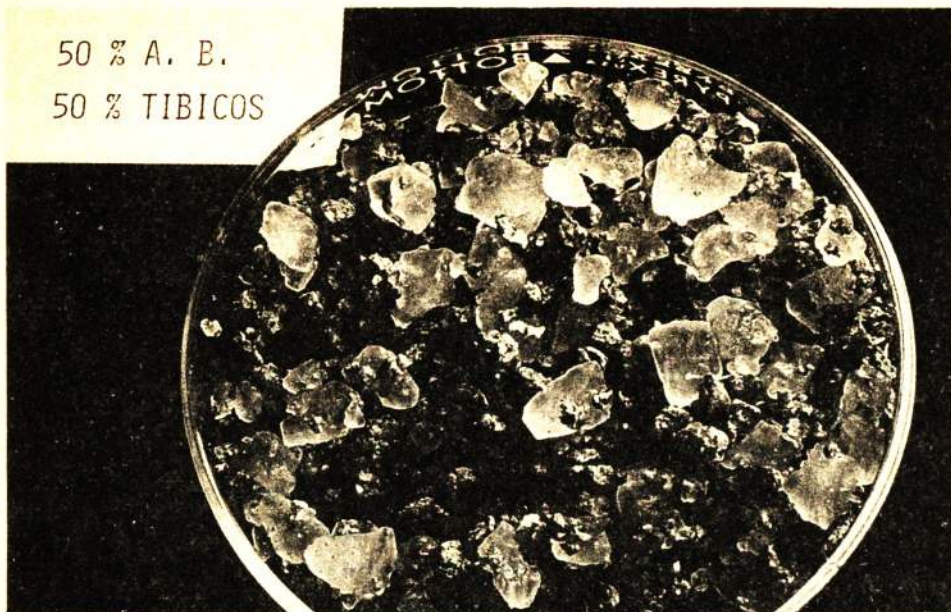


Foto 7. Granos de tibicos mezclados con alimento balanceado para aves utilizados en pruebas de alimentación, México, D.F.

jugo de piña, manzana, naranja o guayaba, al dejar en reposo el líquido a la intemperie, se forma una nata blanca y delgada en la superficie, que al engrosarse durante el transcurso de la fermentación se sedimenta y forma en el fondo los granos de tibicos (Ruiz Oronoz, 1932).

Después de un periodo de fermentación de 1 ó 2 días, dependiendo del sustrato utilizado, se obtienen diversas bebidas populares como el tepache de piña, manzana, naranja o guayaba, el colonche y el tepache de tibicos, pero si el tiempo de fermentación se prolonga la bebida se vuelve alcohólica y después acética, con lo que se produce el llamado vinagre de tibicos, que se caracteriza por tener una concentración menor de ácido acético que la que presenta el vinagre elaborado con bacterias acéticas puras (*Acetobacter* spp.) (Ruiz Oronoz, 1932; Moreno y Díaz, 1932; Mascott y Terrés, 1952; Ulloa y Herrera, 1981).

En México, el uso de los tibicos se ha incrementado notable-

mente en los últimos años, debido primordialmente a su utilización en la elaboración de tepache de tibico (que según la conseja popular sirve para bajar de peso) y vinagre de tibico.

En Europa se emplea para preparar la bebida denominada *tibi*, que se obtiene por fermentación de un líquido azucarado al que se añaden dátiles, higos, limón, pasas y raíces de jengibre. En los tres casos la fermentación se realiza a temperatura ambiente y sin llevar a cabo ninguna medida higiénica especial. Sin embargo, es importante señalar que al desarrollarse los tibicos en los diferentes sustratos que van a fermentar no permiten el crecimiento de otros microorganismos, o por lo menos su desarrollo no es favorecido. Aparentemente las levaduras (que constituyen esta asociación) oxidan el azúcar y producen alcohol, que las bacterias oxidan para dar ácido acético, además de otros productos secundarios (Holman y Meekelson, 1926, citado por Mascott y Terrés, 1952).

A la fecha, los tibicos han sido estudiados desde los puntos de vista microbiológico, químico y estructural con el fin de establecer cuáles son los microorganismos que constituyen esta asociación, cómo se encuentra estructurada y cuál es el componente principal en que están embebidos los microorganismos. Además, se han realizado pruebas de alimentación con diferentes animales, incluyéndolos en diferentes proporciones en sus raciones alimenticias, cuyos detalles se dan más adelante en este trabajo.

ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS

Lutz (1898, 1899a, 1899b) fue el primero en realizar un estudio microbiológico de las zoogreas que crecen en los cladodios y frutos de varias especies de nopales. De ellas aisló una levadura a la que designó *Saccharomyces radaisii* y una bacteria a la que denominó *Bacillus mexicanus*, y supuso que dichos microorganismos eran los responsables de la fermentación del colonche. En la actualidad la identidad de estos microorganismos es un tanto oscura, y no se ha podido esclarecer debido a que no se conservan los aislamientos de dichos microorganismos.

Más tarde, Ruiz Oronoz (1932) reinició los estudios microbiológicos de los tibicos, a los que describió de manera similar a la de Lutz. Realizó sus estudios en sustratos azucarados fermentados con estas zoogleas, y describió la formación de zoogleas, que contenían gran cantidad de bacilos y levaduras, de color blanco puro en la superficie del líquido, cuando éste era dejado en reposo durante varios días. A partir de dichas zoogleas aisló una levadura a la que identificó como *Pichia radaisii* (Lutz) Ruiz Oronoz.

En 1932, Moreno y Díaz expuso una somera descripción de la microbiología y del análisis químico del vinagre de tibico, registrando las bacterias *Escherichia coli* (Migula) Cast. y Chalmers, *Proteus vulgaris* Haiser, *Bacillus subtilis*, *B. graveolens*, *Acetobacter peroxydans* Visser't Hooft, y la levadura *Saccharomyces ellipsoideus* (ahora sinónimo de *S. cerevisiae*). Sin embargo, es importante señalar que estos microorganismos fueron aislados del líquido fermentado y no de las zoogleas, por lo que se desconoce si formaban parte de dicha asociación.

En 1952, Mascott y Terrés aisló, a partir de tibicos utilizados como inóculo para producir tepache de piña, las levaduras *Saccharomyces oviformis* Osterwalder (actualmente sinónimo de *S. cerevisiae*) y *Pichia chodati* (Zender) Dekker var. *trumpy* (Zenden y Bevau) Dekker (actualmente sinónimo de *P. membranaefaciens*), mismas que han sido aisladas recientemente por Hesseltine (1965), Horisberger (1969), Ulloa y Herrera (1981) y Estrada Cuéllar (1985) de diversas muestras de tibicos. Además, este último autor aisló *Brettanomyces intermedius* (Krum. y Tausch.) van del Walt y Kerken de una muestra de tibicos de la Ciudad de México. Hesseltine (1965) registró la bacteria encapsulada *Betabacterium vermiforme* (Ward) Meyer, y Horisberger (1969) el bacilo *Lactobacillus brevis* (Orla-Jensen) Bergey *et al.* y el coco *Streptococcus lactis* (Lister) Löhnis.

Posteriormente, el aspecto bacteriológico fue nuevamente abordado en México por Herrera *et al.* (1984), quienes aislaron,

a partir de las mismas muestras de tibicos estudiadas por Estrada Cuéllar, la bacteria *Klebsiella oxytoca* (Flügge) Lutrop, y registraron que era capaz de crecer en medios libres de nitrógeno demostrando su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico mediante la técnica de reducción de acetileno.

ESTUDIOS QUIMICOS Y ESTRUCTURALES

Como se mencionó, los tibicos son originarios de México, aunque en este país su estudio ha sido esporádico y limitado al análisis microbiológico, no habiendo sido realizado ningún tipo de estudio con respecto a su composición estructural y química. Por ello resulta interesante tener el conocimiento de que en algunos países europeos (principalmente Suiza) se han venido realizando investigaciones con el fin de dilucidar la composición química de la matriz en que se encuentran embebidos los microorganismos que constituyen las zoogreas y la estructura de las mismas, así como la estabilidad de esta asociación.

En 1969, Horisberger registró que la matriz de los tibicos estaba constituida por dextranas, y mencionó que ya anteriormente Daker y Stacey (1938) habían estudiado las dextranas de estas zoogreas, encontrando que estaban formadas principalmente por (D 1-6) glucopiranosil. Dicha dextrana es insoluble en agua y es sintetizada por *Lactobacillus brevis*, bacteria que forma parte de la asociación microbiana denominada *tibi*.

La estructura de los tibicos fue dilucidada por Moinas *et al.* (1980). Mediante microscopía de luz, electrónica de transmisión y electrónica de barrido pudieron establecer que dichas zoogreas están constituidas de una capa externa compacta y de una estructura interna esponjosa. La capa externa está densamente poblada de lactobacilos, estreptococos y levaduras embebidos en la dextrana descrita por Horisberger. Mediante un método especial de tinción mostraron además que las dextranas son más abundantes en la capa interna, misma que se ahueca durante el proceso de fermentación debido a la acumulación de CO₂. Toda

esta información está apoyada en fotografías al microscopio de contraste de fases, de luz, electrónico de transmisión y de barrido, así como de fluorescencia, que permiten observar en detalle la organización estructural del grano de tífico, de las dextranas y de los microorganismos que constituyen esta asociación biológica.

INVESTIGACIONES RECIENTES

Recientemente se han iniciado investigaciones encaminadas a dar un uso práctico a estas zoogreas y a los microorganismos aislados de ellas. Las zoogreas fueron analizadas bromatológicamente y se obtuvieron los siguientes resultados (en porcentaje): humedad, 83; proteína, 1.87; grasa, 0.293; fibra cruda, 0.0; cenizas, 0.069. La suma de estas cantidades es 84.232, por lo que se podría suponer que el resto correspondería a dextranas (que, sin embargo, no fueron determinadas) para completar el 100 por ciento.

Dichas zoogreas fueron empleadas por Taboada *et al.* (1986) como componentes de diversas dietas con las que se alimentaron aves (pollos de engorda, gallinas ponedoras) y roedores (ratas y conejos), para estudiar su efecto en el peso de los animales, y para el caso de las gallinas también sobre la postura de los huevos. En general, el peso de los animales aumentó menos y la postura de los huevos también se redujo conforme se incrementó el porcentaje de tíficos en la dieta.

Con ninguna de las proporciones de tíficos utilizadas en las dietas de los animales de experimentación se encontraron lesiones histológicas específicas en los órganos examinados: riñón, hígado, corazón y pulmón. Se observó una degeneración grasa del hígado en ratas y aves, lo que probablemente resultó de una desnutrición crónica, y fue más frecuente en los animales que ingirieron dietas con más del 50 por ciento de tíficos, lo que resultó lógico si se considera el análisis bromatológico de estas zoogreas. Por ello, aunque los tíficos no parecen representar un

peligro sanitario cuando son consumidos por diferentes animales, no pueden ser recomendados como un complemento dietético empleado en proporciones elevadas mezclados con alimentos balanceados, pues pueden provocar deficiencias nutricionales (Taboada *et al.*, 1986).

Otro tipo de investigación realizado fue el enriquecimiento proteico de sustratos azucarados (pasta de plátano maduro) mediante una fermentación con la bacteria *Klebsiella oxytoca* (Sain-Phard Delva, 1984), que fue aislada de tibicos y reconocida por Herrera *et al.* (1985) como una bacteria fijadora de nitrógeno. Durante dicho proceso la proteína se incrementó de un 6 a un 12 por ciento. Es importante señalar que ésta es la primera vez, en México, que un microorganismo aislado de la asociación microbiana que constituye el tibico es utilizado en procesos biotecnológicos para la elaboración de nuevos alimentos fermentados.

DISCUSION

Hay una gran variedad de bebidas y alimentos fermentados en México que son elaborados en forma tradicional, por los diversos grupos indígenas de este país utilizando procedimientos que, en ocasiones, están basados en técnicas prehispánicas. Pese a esto, es aún incompleto o casi nulo el conocimiento sobre la composición química, los pobladores microbianos y las transformaciones que éstos realizan en las materias primas empleadas en la elaboración de dichos alimentos y bebidas. Por otra parte, hay una información considerable, en ocasiones amplia, como es el caso del pulque, sobre los aspectos históricos, ceremoniales, rituales y medicinales, entre otros, la cual resulta ser muy valiosa en la actualidad, si se considera la suma de aportaciones culturales y la experiencia de los numerosos grupos étnicos de México a través del largo periodo de tiempo en que adquirieron la práctica para obtener alimentos y bebidas de mayor valor nutritivo, de mejor sabor y de mayor disponibilidad para ser digeridos y asimilados, aunque muchas veces el propósito principal no era el alimenticio sino el estimulante.

Es muy reciente el estudio microbiológico de la mayor parte de los productos obtenidos mediante fermentaciones tradicionales indígenas, excepto el del pulque, que fue iniciado hace poco más de un siglo, por lo que se considera necesario realizar nuevas investigaciones que conduzcan al conocimiento de las especies microbianas que intervienen en las fermentaciones mencionadas hasta precisar el papel que desempeña cada una de ellas por separado y en cultivos mixtos controlados, así como en la sucesión microbiana durante el proceso de fermentación, pues este último fenómeno y su relación con el producto final sólo se conoce en el caso de un tipo de pozol de Tabasco (Ulloa,

1974) y de un tipo de tesgüino (Lappe, tesis doctoral en proceso de redacción).

A diferencia de las bebidas fermentadas de amplio interés industrial, como la cerveza de malta, las bebidas indígenas tradicionales que se discuten en este trabajo son elaboradas sin considerar un control preciso, de manera que el producto final no siempre tiene las mismas cualidades, pues varían en calidad y cantidad de las especies de microorganismos que se desarrollan en los sustratos empleados, los que también pueden tener modalidades considerables para un mismo producto, por lo que son impredecibles, en muchos casos, los resultados que se pueden obtener, de acuerdo con las características apreciadas por las poblaciones indígenas y mestizas que habitualmente consumen bebidas fermentadas en forma tradicional, típicas para cada uno de los grupos étnicos de México.

Es fundamental el estudio microbiológico de los productos fermentados porque los microorganismos involucrados en la fermentación producen cambios tanto favorables como desfavorables para el gusto y la salud de los consumidores. Entre los primeros: textura y olor agradables, aumento en el tiempo de preservación y posible almacenamiento, y mejoramiento de las propiedades nutritivas, como consecuencia del aumento de proteína y vitaminas, por ejemplo en el caso del pozol (Cravioto *et al.*, 1955; Ulloa *et al.*, 1971). El caso contrario implica la posibilidad del desarrollo de microorganismos patógenos o potencialmente patógenos para el hombre, o bien microorganismos que producen cambios indeseables (texturas, sabores y aromas desagradables), por lo que reducen la calidad del producto.

Otro hecho importante respecto al uso de bebidas y alimentos fermentados entre los grupos indígenas de México, en particular los de bajos recursos económicos y los más arraigados a las costumbres ancestrales, es la necesidad que éstos tienen de tales productos fermentados, que en general son de mayor calidad como alimentos que los sustratos utilizados para su elabora-

ción, o bien porque están destinados a un uso particular: como estimulantes y medicinales, o con fines ceremoniales o rituales.

Los consumidores habituales de los productos tradicionales fermentados tienen por éstos un gusto especial, en contraste con el menosprecio hacia ambos por la mayor parte de los grupos étnicos que no son consumidores de dichos productos, excepto en forma esporádica. Esta última actitud es inadecuada, según los autores de la presente comunicación, pues además de la importancia científica que tiene el estudio de los fenómenos naturales, entre ellos los relacionados con las fermentaciones, es posible obtener de éstas productos y sustancias útiles para el hombre, y en el futuro, a medida que la población humana siga aumentando, será cada vez más imperiosa la necesidad de recurrir al uso de nuevos alimentos, por ejemplo, a los alimentos fermentados indígenas; por otra parte, diversas modalidades de éstos podrán ser adecuadas para la alimentación tanto del hombre como de los animales domésticos, y además es posible obtener antibióticos, enzimas y otras proteínas, grasas, glúcidos, mucílagos, alcoholes, ácidos y otros compuestos orgánicos derivados de los mismos alimentos o de los microorganismos aislados de ellos. Como ejemplo de lo expuesto, Enrique Sánchez Posada (comunicación personal, 1984) logró un producto que llamó "xoconcutli" o "xococ necutli" (del náhuatl *xococ*, agrio(a) y *necutli*, miel), conocido también como Naturacid AB, a partir del aguamiel tratado con una técnica microbiológica especial usando cepas puras y seleccionadas de microorganismos, y procesado hasta obtener un medicamento eficaz en el tratamiento de gastritis, esofagitis, úlceras gastroduodenales y otros padecimientos del aparato digestivo. Además recientemente se han ensayado ciertas preparaciones con tibicos, para la alimentación de aves y roedores utilizando estas zoogreas en la dieta (Taboada *et al.*, 1986).

Por otra parte, es necesario investigar con mayor profundidad de la que se ha hecho hasta ahora, sobre los estados de nutrición y de salud de los individuos de los diversos grupos étnicos que consumen productos fermentados tradicionales, y además

estudiar la composición química y microbiana de los mismos, pues aunque la mayor parte de los microorganismos que se desarrollan en ellos son considerados inocuos y hasta benéficos, como las especies de *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Saccharomyces* del pulque, las bacterias fijadoras del pozol, entre otras, también han sido encontrados microorganismos patógenos o potencialmente patógenos, por ejemplo, bacterias coliformes y otras enterobacterias que proceden de la contaminación fecal, capaces de ocasionar gastroenteritis, así como varias especies de levaduras y mohos, causantes de micosis y micotoxivosis (Emmons *et al.*, 1970; Herrera y Ulloa, 1971; Ulloa y Herrera, 1973; Fuentes *et al.*, 1974; Ulloa y Kurzman, 1975; Ulloa y Herrera, 1976-1982). Por otra parte, María Teresa Quintero Martínez (comunicación personal, 1986) ha estudiado los ácaros que se desarrollan en ciertas bebidas fermentadas (pulque, tepache, vinagre de tepache y de tuba), considerando que éstos son capaces de provocar estados patológicos (acarías) en los consumidores habituales de dichas bebidas, ya sea directamente o como transmisores de parásitos (por ejemplo céstodos), aunque la acción nociva de los ácaros por esta vía de entrada aún está por comprobarse. También deben tomarse en consideración las eventuales enfermedades degenerativas que pueden presentarse como consecuencia de la ingestión habitual de bebidas alcohólicas como el pulque, entre ellas intoxicaciones, degeneración de las células del hígado, cirrosis hepática, úlceras gastroduodenales, gastritis y degeneraciones oculares. En relación a esto, Guerrero (1874) y Roca y Llamas (1940), entre otros, han discutido las consecuencias del uso y abuso del pulque, así como de su adulteración y falsificación. También ha sido considerada la necesidad de elaborar pulque en forma higiénica y la importancia del mismo desde los puntos de vista social y económico (Gaviño, 1896; Riquelme, 1921; Pacheco, 1926; Mayans, 1932). Ahora se puede considerar la misma necesidad y la importancia de los puntos de vista anotados no sólo para el pulque, sino para todos los productos fermentados tradicionales.

Aunque algunas bebidas tradicionales, como el pulque, han sido bastante estudiadas con muy diversos enfoques, aun en este caso hay poca precisión respecto a la identificación de las especies microbianas de esta bebida de acuerdo con las clasificaciones actuales para bacterias y levaduras; por otra parte, es importante conocer la ecología de dichas especies en relación con las zonas geográficas donde se elabora esta bebida y en relación con las especies de otras bebidas y de alimentos fermentados, pues se sabe que, aunque hay diferencias en la microbiología de los diversos productos fermentados, también hay ubicuidad de ciertas especies, como es el caso de ciertas levaduras que pueden estar presentes en varios tipos de estos productos tradicionales (Herrera y Ulloa, 1973; Herrera y Ulloa, 1977; Ulloa *et al.*, 1977; Ulloa y Herrera, 1976-1982).

CONCLUSION

México es un país en el que existen numerosos grupos étnicos que aún consumen diversos alimentos y bebidas fermentados con distintos fines, nutricionales, ceremoniales, estimulantes y medicinales, entre otros.

De la gran cantidad de productos fermentados tradicionales utilizados por los grupos indígenas a lo largo de su historia, sólo unos cuantos han sido estudiados científicamente. Esos productos se preparan a partir de dos tipos de sustratos, ya sean amiláceos (maíz, sorgo o trigo) o azucarados (frutas, savia y mosto de plantas), siguiendo procesos muy antiguos que han sido transferidos por generaciones hasta nuestros días. En general, dichos procesos carecen de un control preciso, en particular desde el punto de vista microbiológico, lo que dificulta la obtención de productos fermentados con características homogéneas, principalmente en el aspecto sanitario. No obstante estas deficiencias, algunos productos como el pozol, el tesgüino y el pulque, tienen un significado nutricional muy importante para los grupos étnicos que comúnmente los consumen, pues aportan a su dieta una fuente adicional de ciertos aminoácidos y vitaminas del complejo B, cuya concentración se incrementa durante el proceso de fermentación. Por ello, los alimentos fermentados indígenas han despertado el interés de los investigadores, aunque a la fecha sólo unos cuantos productos han sido estudiados en varias instituciones desde diversos puntos de vista. Estos productos son el *pozol*, masa de maíz fermentada, que se consume en el sureste de México; el *tesgüino*, cerveza de maíz que se utiliza en el norte y noroeste del país; el *pulque*, vino de maguey de amplio consumo; la *tuba*, vino de palma de coco, similar al pulque, que se

consume en las costas occidentales; el *colonche*, vino de tuna, muy apreciado por grupos indígenas y mestizos de las zonas áridas del centro y noreste; el *tepache*, bebida refrescante con bajo contenido alcohólico, que se obtiene por fermentación de azúcar o piloncillo con fragmentos y jugos de frutas, de consumo general en México, y los *tibicos*, asociaciones microbianas que se utilizan para elaborar diversas bebidas fermentadas, como el tepache, el colonche y el vinagre de tibicos. De todos ellos se conocen el proceso de elaboración y los grupos étnicos que los consumen, así como algunos de los microorganismos que intervienen en la fermentación.

El grado de avance en la investigación de cada uno de estos alimentos es variable y aún queda mucho por hacer, en particular la realización de un censo actualizado sobre el uso de productos fermentados en el país que rescata información necesaria para otros tipos de estudios, incluyendo los biotecnológicos, que permitan la aplicación industrial de las fermentaciones tradicionales.

El presente trabajo proporciona una relación de los estudios etnológicos, microbiológicos (especialmente micológicos) y químicos que se han hecho hasta la fecha acerca de los productos señalados.

BIBLIOGRAFIA

- Bassir, O.: "Some Nigerian wines", en *West Afr. Jour. Biol. Appl. Chem.* 10: 42-45, 1968.
- Bye, R.: "Hallucinogenic plants of the Tarahumar", en *Jour. Ethnopharm.* 1: 23-48, 1979.
- Cravioto-R. O.: G. Massieu-H.; J. Guzmán-G y J. Calvo de la Torre: "Composición de alimentos mexicanos", en *Ciencia, Méx.* 11: 129-155, 1951.
- Cravioto-R. O.; y. Cravioto; G. Massieu-H. y J. Guzmán-G.: "El pozol, forma indígena de consumir el maíz en el sureste de México y su aporte de nutrientes a la dieta", en *Ciencia, Méx.* 15: 27-30, 1955.
- Cruz Ulloa, S. y M. Ulloa: "Alimentos fermentados de maíz consumidos en México y en otros países latinoamericanos", en *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.* 34: 423-457, 1973.
- Diguet, L.: *Les cactacies utiles du Mexique*. Archives D'Histoire Naturelle. Societé Nationale D'Acclimatation de France, París, 1928, pp. 139-142.
- Ekundayo, J. A.: "The production of pito, a Nigerian fermented beverage", en *J. Fd. Technol.* 4: 217-225, 1969.
- Emmons, C. W.; C. H. Binford y J. P. Utz: *Medical Mycology*, Lea & Febiger, Filadelfia, E.U.A., 1970, 508 pp.
- Estrada-Cuéllar L.: *Estudio de las levaduras de los tibicos y de la madre del vinagre*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1985, 47 pp.
- Faparusi, S. I.: "Nigerian palm wine-emu". Symposium on Indigenous Fermented Foods, Bangkok, Tailandia, 1977.
- Faparusi, S. I.; M. D. Olofinboba y A. Ekundayo: "The microbiology of burukutu beer", en *Zeitschr. Allg. Microbiol.* 13 (7): 563-568, 1973.

- Fuentes, I.; T. Herrera y M. Ulloa: "Descripción de una especie nueva de *Pseudomonas*, *P. mexicana*, y determinación de *Escherichia coli* var. *neapolitana* aisladas de pozol", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 16: 99-103, 1974.
- Gaviño, A.: "Estudio higiénico-bacteriológico del pulque", en *Rev. Quím. Anat. Pat. Clin. Méx.* 1(8): 246-251, 1896.
- Guerrero, F.: *El vino de maguey*. Tesis profesional. Escuela Nacional de Medicina, Universidad de México, México, 1874, 57 pp.
- Herrera, T. y M. Ulloa: "Aspectos generales sobre la microbiología del pozol", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 12: 103-108, 1970.
- : "Estudio de *Candida krusei* y *Trichosporon cutaneum* aislados de pozol", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 13: 255-261, 1971.
- : "*Saccharomyces cerevisiae*, una levadura fermentadora del tesgüino de los indios tarahumaras", en *Bol. Soc. Mex. Micol.* 7: 33-38, 1973.
- : "Antagonismo del pozol y de *Agrobacterium azotophilum* sobre diversas especies de bacterias y hongos, algunas patógenas del hombre", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 17: 143-147, 1975.
- : "*Pichia membranaefaciens* y su estado asexual, *Candida valida*, aisladas del tesgüino de Chihuahua, México", en *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx.* 47-53, Ser. Bot.: 107-119, 1977.
- : "Descripción de una especie nueva de levadura, *Candida queretana*, aislada de tepache de Querétaro, México", en *Bol. Soc. Méx. Mic.* 12: 13-18, 1978.
- : "Estudio de *Kloeckera apiculata* y *Saccharomyces cerevisiae*, levaduras aisladas de la tubas de Colima, México", en *Bol. Soc. Mex. Mic.* 13: 187-194, 1979.
- : "Estudio de *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida valida*, levaduras aisladas del colonche de San Luis Potosí, México", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 23: 219-223, 1981.
- : "*Pichia membranaefaciens* y *Saccharomyces cerevisiae*,

- levaduras que intervienen en la fermentación de la bebida llamada tepache", en *Bol. Soc. Mex. Mic.* 17: 15-24, 1982.
- Herrera, T.; C. Salinas y S. Palacios: "Estudio de cepas de *Klebsiella oxytoca* (Flügge) Lautrop, fijadoras de nitrógeno, aisladas de las zoogreas llamadas tibicos", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 27(3): 253-257, 1984.
- Herrera, T.; M. Ulloa y J. Taboada: *Microbiological studies on pulque*, Symposium on Indigenous Fermented Foods, Bangkok, Tailandia, 1977.
- Hesseltine, C. W.: "A millennium of fungi, food and fermentation", en *Mycologia.* 57: 149-197, 1965.
- Horisberger, M.: "Structure of the dextran of the tibi grains, en *Carbohydr. Res.* 10: 379-385, 1969.
- Kreger van Rij, J. J. W. (ed.): *The Yeasts, A Taxonomic Study*, 3a, Ed., Elsevier Sciences Publishers, B. V. Amsterdam, 1984, 1082 pp.
- Litzinger, W.: *The ethnobiology of alcoholic beverage production by lacandon, tarahumara and other aboriginal mesoamerican peoples*, Tesis de Doctor en Filosofía de la Universidad de Colorado, E.U.A., 1983, 179 pp.
- Lumholtz, C.: *El México desconocido*, Clásicos de Antropología. Colección del Instituto Nacional Indigenista, No. 11, Vol. 1. Instituto Nacional Indigenista, México, 1902, 516 pp.
- Lutz, M. L.: "Recherches biologiques sur la constitution du tibi", en *Compt. Rend. Soc. Biol.* 5: 1124-1126, 1898.
- : "Recherches biologiques sur la constitution du tibi", en *Bull. Trim. Soc. Mycol. Fr.* 15: 68, 1899a.
- : "Nouvelle recherches sur le tibi", en *Bull. Trim. Soc. Mycol. Fr.* 15: 167, 1899b.
- Mascott y Terrés, M.: *Contribución al conocimiento de las levaduras de los tibicos del arroz*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1952, 60 pp.
- Massieu-H., G.; O. Cravioto-R.; J. Guzmán-G. y B. M. Olivera: "Contribución adicional al estudio de la composición de alimentos mexicanos", en *Ciencia, Mex.* 19: 53-66, 1959.

- Mayans, V. H.: *El pulque, sus defectos higiénicos; la vinificación del aguamiel*. Tesis profesional. Esc. Méd. Mil. Dirección General de Educación Militar, México, 1932, 85 pp.
- Moinas, M.; M. Horisberger y H. Bauer: "The structural organization of the tibi grain as revealed by light, scanning and transmission microscopy", en *Arch. Microbiol.* 128: 157-161, 1980.
- Moreno y Díaz, M. P.: *Contribución al estudio bacteriológico y al análisis del vinagre que produce el tibico*, Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM, México, 1932, 56 pp.
- Nava Garduño, D.: *Contribución al estudio de las levaduras del tepache*, Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1953, 51 pp.
- Nout, M. R.: "Microbiological aspects of the traditional manufacture of Busaa, a Kenyan opaque maize beer", en *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* 6: 137-142, 1980a.
- : "Process development and preservation of Busaa, a Kenyan opaque maize beer", en *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* 6: 175-182, 1980b.
- Nyako, K. O.: "Palm wine, an alcoholic beverage of Ghana", Symposium on Indigenous Fermented Foods, Bangkok, Tailandia, 1977.
- Okafor, N.: "Palm wine yeasts from parts of Nigeria", en *J. Sci. Food. Agric.* 23: 1399-1407, 1972a.
- : "The source of microorganisms in palm wine", Symposium Proceedings, Nigerian Society for Microbiology 1: 102-106, 1977b.
- Pacheco, F.: *Elaboración higiénica del pulque*, Tesis profesional, Esc. Nal. Cienc. Quím., UNAM, México, 1926, 45 pp.
- Pennington, C. W.: *The Tarahumar of Mexico*, Univ. of Utha Press, Salt Lake City, Utha, E.U.A., 1963, pp. 149-153, 155, 167, 169.
- : *The Tepehuan of Chihuahua. Their Material Culture*. Univ. of Utha Press, Salt Lake City, Utha, E.U.A., pp. 90, 107, 110.
- Riquelme, S.: "Breves apuntes sobre el pulque, considerado des-

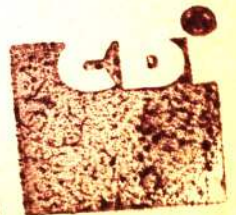
- de los puntos de vista higiénico, social y económico", en *Mem. Soc. Cient. "Antonio Alzate"* 39: 303-333, 1921.
- Robelo, A. C.: *Diccionario de aztequismos*, Ediciones Fuente Cultural, México, 1948, 548 pp.
- Roca, J. y R. Llamas: "Consideraciones sobre el valor alimenticio del pulque", en *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* 11: 363-371, 1940.
- Ruiz-Oronoz, M.: "Estudio micológico de las zoogreas conocidas vulgarmente como tibicos", en *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* 3: 183-190, 1932.
- Salinas, Ch. C.: *Etnobiología e introducción a la bacteriología del pozol*, Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1958, 63 pp.
- Salinas, Ch., C. y T. Herrera: "Aislamiento de *Aerobacter aerogenes* del pozol y del estado de Campeche", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 16: 95-98, 1974.
- Sánchez-Marroquín, A.: "Mexican pulque a fermented drink from *Agave* juice", Symposium on Indigenous Fermented Foods, Bangkok, Tailandia, 1977.
- Sánchez-Marroquín, A. y P. H. Hope: "Agave juice fermentation and chemical composition studies of some species", en *Agric. Food. Chem.* 1: 246-249, 1953.
- Santamaría, F. J.: *Diccionario de mejicanismos*, Editorial Porrúa, México, 1959, 274 pp.
- Steinkraus, K. H. (ed.): *Handbook of Indigenous Fermented Foods*, Microbiological Series, Vol. 9, Marcel Dekker, Nueva York, 1983, pp. 228-229.
- Swings, J. y J. De Lay: "The biology of *Zymomonas*", en *Bact. Rev.* 41: 1-46, 1977.
- Taboada, J.; T. Herrera y M. Ulloa: "Prueba de la reducción del acetileno para la determinación de microorganismos fijadores de nitrógeno aislados del pozol", en *Rev. lat-amer. Quím.* 2: 188-191, 1971.
- : "Fijación de nitrógeno *in vitro* por *Agrobacterium azotophilum* en diversos sustratos, principalmente tierra y derivados de la industria azucarera", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 15: 143-146, 1973.

- Taboada, J.; T. Herrera y M. Ulloa: "Microbiological studies on tesgüino, a fermented maize beverage consumed in northern and central Mexico", *Symposium on Indigenous Fermented Foods*, Bangkok, Thailand, 1977.
- Taboada, J.; C. Salinas; M. Ulloa y T. Herrera: "Fijación de nitrógeno en cultivos monoespecíficos y mixtos de *Aerobacter aerogenes* y *Agrobacterium azotophilum* usando distintas fuentes de carbono", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 17: 157-159, 1975.
- Taboada, J.; M. Ulloa.; L. Estrada-Cuéllar y J. Díaz-Garcés: "Estudio de las levaduras de los tибicos y pruebas de alimentación con aves y roedores utilizando estas zoogreas en la dieta", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* (en prensa), 1986.
- Ulloa, M.: "Mycofloraal sucesion in pozol from Tabasco, Mexico", en *Bol. Soc. Mex. Mic.* 8: 17-48, 1974.
- Ulloa, M. y T. Herrera: "Persistencia de las aflatoxinas durante la fermentación del pozol", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 12: 19-25, 1970.
- : "Descripción de dos especies nuevas de bacterias aisladas del pozol: *Agrobacterium azotophilum* y *Achromobacter pozolis*", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 14: 15-24, 1972.
- : "*Phialophora richarsiae*, un hongo causante de feosporotricosis en el hombre, aislado del pozol", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 15: 199-202, 1973.
- Ulloa, M.; T. Herrera y G. de la Lanza: "Fijación de nitrógeno atmosférico por microorganismos del pozol", en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 13: 113-124, 1971.
- : "Estado actual del conocimiento sobre la microbiología de bebidas fermentadas indígenas de México: pozol, tesgüino, pulque, colonche y tepache", en *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* 47-53. *Ser. Bot.*: 145-163, 1976-1982.
- : "*Torulopsis taboadae*, una nueva especie de levadura aislada de colonche de Zacatecas, México", en *Bol. Soc. Mex. Mic.* 12: 5-12, 1978.
- : "Estudio de *Pichia membranaefaciens* y *Saccharomy-*

- ces cerevisiae*, levaduras que constituyen parte de las zoogleas llamadas tibicos en México”, en *Bol. Soc. Mex. Mic.* 16: 63-75, 1981.
- Ulloa, M.; C. Salinas y T. Herrera: “Estudio de *Bacillus megaterium* aislado del tesgüino de Chihuahua, México”, en *Rev. lat-amer. Microbiol.* 16: 209-211, 1974.
- Ulloa, M. y C. P. Kurtzman: “Occurrence of *Candida parapsilosis* *C. tropicalis* and *Saccharomyces cerevisiae* in pozol from Tabasco, Mexico”, en *Bol. Soc. Mex. Mic.* 9: 7-12, 1975.
- Ulloa, M.; T. Herrera y J. Taboada: “*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces uvarum* aisladas de diferentes muestras de tesgüino de Jalisco, México”, en *Bol. Soc. Méx. Mic.* 11: 15-22, 1977.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCION	9
1. POZOL	13
2. TEGÜINO	21
3. PULQUE	33
4. TUBA	41
5. COLONCHE	45
6. TEPACHE	49
7. TIBICOS	53
DISCUSION	61
CONCLUSION	67
BIBLIOGRAFIA	69



Fermentaciones tradicionales indígenas de México, de Miguel Ulloa, Teófilo Herrera y Patricia Lappe (Serie de Investigaciones Sociales No. 16) se terminó de imprimir el 27 de noviembre de 1987 en los talleres de Colorprint Impresiones, S. de R.L., Cacahuamilpa No. 7, Col. Condesa, México, D.F. Su tiraje fue de 2 000 ejemplares y en su composición se utilizaron tipos Bodoni de 12, 10 y 8 puntos.



I 306 I58 N.16

Adq: 022421 Ej.4

Ulloa, Miguel

Fermentaciones tradicionales indígenas de Méx

Adq: 022421
Ej.4

Núm. 16
México, 1987

Foto Portada:
Ma. Antonieta Castilla