



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“Revisión actualizada sobre la influencia de diferentes
tipos de maíces, etapas del proceso de elaboración
tradicional, microorganismos que participan y la posible
estandarización de la bebida tradicional tesgüino”**

T E S I S

**Que para obtener el título de:
INGENIERA EN ALIMENTOS**

Presenta:

KARLA JUDITH HERNÁNDEZ ANDRES

Asesor:

DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE

Coasesora:

I.A. VERÓNICA JIMÉNEZ VERA

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: DRA. MARIA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la: **Tesis y Examen Profesional**.

Revisión actualizada sobre la influencia de diferentes tipos de maíces, etapas del proceso de elaboración tradicional, microorganismos que participan y la posible estandarización de la bebida tradicional tesguino.

Que presenta la pasante: **Karla Judith Hernández Andres**
Con número de cuenta: **314316389** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Agosto de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz	
VOCAL	Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza	
SECRETARIO	Dr. Enrique Martínez Manrique	
1er. SUPLENTE	Dra. María Elena Pahuá Ramos	
2do. SUPLENTE	M. en C. Selene Pascual Bustamante	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Por haberme ayudado con todo su esfuerzo a obtener esta profesión que me servirá para toda la vida. Sin su apoyo durante todos estos años no hubiera podido llegar a donde estoy. Gracias por todos los días confiar y creer en mí.

A mi hermana:

Pareciera que nunca estamos en paz, siempre molestándonos hasta por lo más mínimo, sin embargo, eres la compañía más especial y más bonita que podre tener en toda la vida. Esta etapa estuvo llena de muchas emociones, pero sin duda tú me ayudaste a siempre tener un momento divertido con tus múltiples anécdotas. Gracias por aportar cosas buenas en mi vida y sé que no lo digo muy seguido, pero te amo hermanita mayor.

A mis asesores:

Por haberme guiado en la elaboración de este trabajo con su sabiduría, paciencia y comprensión.

A mis compañeras:

Ana Rodríguez por ser mi amiga desde el comienzo de esta etapa, estar conmigo en los equipos, ayudarme en las materias cuando lo necesitaba y compartir grandes momentos en las horas libres.

Ahide Mondragón porque sin ti el equipo dinamita no hubiera existido, conocerte fue algo muy genial, gracias por toda tu ayuda.

A ambas amigas les agradezco por haber sido unas grandes compañeras de equipo, sin duda con ustedes las desveladas fueron divertidas y valieron mucho la pena.

A mis amigos:

Andres Vargas por brindarme tu compañía y apoyo desde hace más de 8 años, no sé cómo sería mi vida sin un amigo tan lindo, leal y tan buena persona como tú. Eres muy especial para mí, siempre te llevo conmigo en mi mente y mi corazón, valoro cada motivación que me diste durante esta etapa y en todos estos años. Y si, te amo mucho amigo

Angélica Ruiz por ser la mejor amiga que pude encontrar, mi cómplice y apoyo en todo lo que hago, Gracias por estar ahí cuando más lo he necesitado tanto en lo personal como en lo académico, pero sobre todo ´por creer en mí y alentarme siempre a seguir. Te amo amiga.

Cristian Trejo por ser el que más soporto mis crisis en esta carrera (bueno y en la vida), por escucharme y darme un consejo cuando era necesario, eres un amigo que apareció de la nada y te volviste un todo, un gran apoyo, un buen consejero, una buena compañía y una excelente opción para molestar. Gracias por todo tu tiempo y por aguantar mis momentos malos. Te quiero Cris

Y al ser que estuvo presente desde el primer semestre de esta carrera, quien se desveló conmigo todas las noches en las que tenía mucha tarea y que en los malos momentos siempre se acercó para animarme con su esponjoso ser. A mi primer gatito. Te fuiste antes de terminar el último semestre, pero no hay día en que no te recuerde y extrañe tu compañía.

Índice

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	3
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL TEGÜINO	5
CAPITULO 2. INVESTIGACIÓN GENERAL DEL MAÍZ.....	12
2.1 Generalidades del maíz	12
2.2 Producción de maíz en México	14
2.3 Especies cultivadas en México	14
2.4 Especie utilizada en la elaboración de tescüino.	19
2.4.1 Maíz azul.	19
2.4.2 Maíz blanco cristalino.	21
2.4.3 Maíz Apachito.....	21
2.5 Composición química.....	22
CAPITULO 3. ELABORACIÓN DEL TEGÜINO.....	24
3.1 Limpieza	25
3.2 Remojo y escurrido	26
3.3 Germinado	26
3.4 Molienda	27
3.5 Colado	28
3.6 Tiempo de cocción y de reposo.	29
3.7 Fermentación.....	30
3.8 Influencia de los utensilios.	33
CAPITULO 4. MICROORGANISMOS EN LA BEBIDA TRADICIONAL TESGÜINO.	36
4.1 Microorganismos encontrados en el maíz.	36
4.2 Microorganismos encontrados en el maíz germinado.....	37
4.3 Microorganismos encontrados en la molienda.....	37

4.4 Microorganismos encontrados en las ollas tescüíneras.....	38
4.5 Microorganismos encontrados en la cocci3n.....	38
4.6 Microorganismos encontrados en la fermentaci3n y el catalizador.....	39
4.7 Microorganismos encontrados en la bebida terminada.....	40
CAPITULO 5. PROPIEDADES NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DEL TESGÜINO.	43
CAPITULO 6. AVANCES EN LA ESTANDARIZACI3N DE LA ELABORACI3N DEL TESCÜINO.	47
CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS.....	51

RESUMEN

En México se ha pasado de generación en generación una cantidad importante de bebidas fermentadas tradicionales. Estos alimentos son típicamente caseros y fermentados espontáneamente por diferentes clases de microorganismos, incluidas levaduras, bacterias y hongos. Entre las bebidas fermentadas presentes en el país se encuentra el tesgüino, bebida completamente tradicional realizada a base de maíz siendo popular en el norte del país.

El objetivo del presente estudio es presentar la información disponible sobre la bebida tradicional tesgüino desde la variación por diferentes tipos de maíces, etapas del proceso de elaboración tradicional, hasta avances en la estandarización de su elaboración y contribuir así a la difusión del conocimiento de la bebida

Los estudios han permitido determinar que el tipo de maíz seleccionado para la elaboración de la bebida influye en el aporte de los atributos sensoriales característicos del tesgüino; en el proceso se pueden identificar como puntos críticos las etapas de germinación, cocción y fermentación; los microorganismos que destacan y en los cuales coinciden las investigaciones son: *S. cerevisiae*, *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus*; La bebida durante su elaboración adquiere nutrientes, y cuenta con la presencia de microorganismos como las Bacterias Acido Lacticas (BAL), haciendo del tesgüino una bebida enriquecido en diferentes nutrimentos principalmente en proteínas; para su venta comercial es necesario estandarizar el proceso tradicional con equipo industrial, teniendo un sistema controlado en las etapas de mayor importancia para lograr la obtención de un producto final que conserve las propiedades del tesgüino tradicional.

INTRODUCCIÓN

Existe una amplia variedad de bebidas fermentadas tradicionales que se producen en todo el mundo. Muchas de ellas son bebidas no alcohólicas elaboradas a partir de cereales como materia prima (Romero *et al.*, 2017).

El maíz juega un papel muy importante en la cultura gastronómica mexicana ya que a partir de este se elaboran una gran variedad de alimentos de los cuales se encuentran las bebidas tradicionales fermentadas. Hablar de las bebidas mexicanas es hablar un poco de nosotros mismos, porque cada una de ellas cuentan las tradiciones de las regiones que representan y en donde son elaboradas.

En México se ha pasado de generación en generación una cantidad importante de bebidas fermentadas tradicionales, entre ellas pozol, tepache, tesgüino, entre otras. Estos alimentos son típicamente caseros y fermentados espontáneamente por diferentes clases de microorganismos. Conservan así las recetas y técnicas tradicionales creadas por los pueblos indígenas (Pérez y Cardoso, 2020).

Dentro de estas bebidas, como ya se dijo, se encuentra el tesgüino que es elaborado principalmente en el norte de México, donde no es vista por las comunidades solo como una bebida, si no como un requisito primordial para llevar a cabo una ceremonia que enaltece su identidad. El tesgüino se define como una bebida alcohólica obtenida a partir de maíz germinado, molido y fermentado (Pérez y Cardoso, 2020).

Hoy en día las costumbres y tradiciones de algunos pueblos se están perdiendo por diversos factores como la desaparición de grupos o el abandono de las culturas. Por ello es necesario rescatar bebidas como el tesgüino para conservarlo, popularizarlo y de este modo conseguir que no solo una parte del país la disfrute, sino que toda la sociedad mexicana pueda conocerla y disfrutarla.

Con este fin se considera importante hacer una recapitulación de lo que a lo largo de años de investigaciones de diferentes autores se ha dicho de la bebida y llevarlo, no solo al ámbito cultural y tradicional que representa el proceso de elaboración del tesgüino, si no investigar su posible desarrollo industrial, así como los beneficios nutrimentales que podría llegar a tener. Al industrializarlo se podría comercializar dejando así de ser una bebida de solo consumo local.

Es por eso que, en el presente trabajo se llevará a cabo una revisión de las investigaciones realizadas sobre el tesgüino en los siguientes temas: la influencia de los diferentes tipos de maíces usados en su elaboración, el conocimiento sobre los microorganismos que participan en su fermentación, también realizar una exploración por el proceso tradicional de la bebida, los beneficios para la salud por sus propiedades nutricionales y funcionales, así como los avances en la estandarización de la elaboración del tesgüino para su venta comercial.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Realizar una revisión documental actualizada sobre la bebida tradicional tesgüino respecto a la influencia de diferentes tipos de maíces y etapas del proceso de elaboración tradicional, microorganismos que participan y su posible estandarización; por medio de la consulta de diversas fuentes como revistas, artículos científicos, trabajos académicos, disponibles en internet para el análisis del conocimiento desarrollado hasta ahora sobre este tema y proponer líneas de investigación y posibles usos de esta bebida.

Objetivo particular 1

Analizar la información que exista sobre el uso de diferentes variedades o tipos de maíces usados en la elaboración de tesgüino mediante la consulta de bases de datos especializadas, libros, revistas y trabajos académicos disponibles en internet para conocer si tiene algún efecto y de qué tipo sobre esta bebida.

Objetivo particular 2

Determinar la influencia de las etapas de proceso tradicionales para la elaboración del tesgüino como; el tratamiento del maíz, el germinado, tiempos de reposo, cocción, fermentación y utensilios utilizados en su preparación; mediante la consulta de investigaciones en las que se ha documentado las observaciones a las culturas indígenas que lo preparan para poder proponer el o los puntos críticos del proceso.

Objetivo particular 3

Recopilar información de los microorganismos que participan en las etapas del proceso de elaboración de la fermentación de la bebida tradicional tesgüino mediante la consulta de artículos, libros, información académica en internet para la comparación de la información que hasta ahora se conoce.

Objetivo particular 4

Realizar una recopilación de la información sobre las propiedades nutricionales y funcionales de la bebida tradicional tesgüino, así como los avances en la estandarización de la elaboración de la bebida mediante la consulta de artículos, libros en internet para el análisis de los beneficios a la salud de los consumidores y las condiciones para su venta comercial.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo de este proyecto se llevará a cabo la búsqueda de información general del tesgüino o tejuino, desde la definición, variación de la bebida producida por diferentes tipos de maíces, proceso de elaboración tradicional, microorganismos que participan en su fermentación, beneficios para la salud por sus propiedades nutricionales y funcionales, y avances en la estandarización de la elaboración del tesgüino para su venta comercial a través de internet en bases de datos, bibliotecas, revistas.

- 1) La búsqueda de la información se realizó de la siguiente forma:
 - 1.1 Google académico, la biblioteca digital de la UNAM.
 - 1.2 La base de datos de Science direct, ELSEVIER y Scopus utilizando como palabras claves “tesgüino” “bebida de maíz”, “Fermented drinks in Mexico”, “tradicional tesgüino”, “tipos de maíz” “tejuino”, “Microbial study of tejuino”, “Beneficios a la salud del tesgüino” “Tesgüino con maíz azul” “Elaboración del tesgüino”, “Tesgüino Fermentation”, “Propiedades funcionales del tesgüino”, “Tesgüino a nivel industrial”, “Bebidas fermentadas indígenas”, “Bebida alcohólica tesgüino”, “Tesgüino tarahumara”
 - 1.3 Exploración en internet por medio de buscadores confiables.
- 2) Recopilación de la información:

Una vez obtenida la información se realizó su análisis y selección elaborando fichas de trabajo electrónicas de lo más relevante y directamente relacionado con los puntos planteados en los objetivos ordenando las fichas por tema.
- 3) Redacción:

Después se ordenó las fichas de trabajo de acuerdo a índice señalado e integrando los diferentes temas investigados, se llevó a cabo la redacción del trabajo.
- 4) Conclusiones y recomendaciones:

Una vez redactada la información se analizó con base en los objetivos particulares planteados y se elaboró una discusión de esos resultados y las conclusiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL TEGÜINO

Históricamente el tesgüino viene del náhuatl *tecuin* “latir el corazón” y es una bebida de maíz consumida por diversos grupos étnicos del norte, noroeste, oeste y en menor proporción, del sur de México. Se cree que esta bebida es muy antigua en distintas áreas del sur de los Estado Unidos de América, México y Centroamérica. De acuerdo con investigaciones, recientemente se han llevado a cabo análisis químicos de restos impregnados en el interior de vasos y cajetes de cerámica, localizados en excavaciones arqueológicas del sitio olmeca de San Andrés, cercano a La Venta, en Tabasco, en donde los resultados presentados indican que aproximadamente hacia 650 a. C. Es posible que se prepararan bebidas hechas con maíz tal vez fermentando, semejantes al tesgüino (Fournier y Mondragón, 2012).

Esta cerveza de maíz es común sobre todo entre hablantes de idiomas del tronco yuto-azteca como los ópata (*tohono o'dham*), pimas bajos del sur (*o'oba*), tarahumaras (*rarámuri*), guarijíos (*makuraue*), yaqui (*yoeme*), mayo (*odami*) y huicholes (*wixaritari*). Estos pueblos consumen la bebida con fines ceremoniales en festividades pletóricas de música, danzas y colorido, que manifiestan mezclas entre lo católico y concepciones antiguas religiosas, ámbitos que propician que hombres y mujeres por igual sean copartícipes en las festividades (Fournier y Mondragón, 2012).

Cada pueblo tiene su forma de prepararlo, con los ingredientes y los procesos propios de su cultura, su gusto histórico y al que se le da significaciones distintas, pero todos conservan como materia prima indispensable el maíz, y aunque también éste varia, es solo en la especie, ya que se recurre a la que predomine en el lugar. Así, esta bebida es un ejemplo más de la importancia que el maíz tiene en la cultura mexicana y la diversidad de este grano que es vital para mantener el balance para la continuidad de muchos pueblos indígenas (Lappe *et al.*, 1987)

Entre los pueblos indígenas la bebida es preparada para ser consumida por toda la comunidad servido en cucharones hechos con guajes que circulan de mano en mano durante las ceremonias tradicionales conocidas como tesgüinadas como se muestra en la Figura 1. Una tesgüinada está compuesta por dos partes la de los invitados que realizan una tarea ya sea de carácter sagrada o trabajo físico necesario en la comunidad y la segunda parte son el anfitrión que es el que ofrece la bebida a los invitados (Arjona, 2018).



Figura 1. Ceremonia de tesgüinada en Chihuahua, Chihuahua, México
Fuente: López, 1970.

Diversas investigaciones realizadas coinciden en que las culturas ven al tesgüino como una bebida de carácter numinoso, un don de dios para que los hombres pudieran realizar la toma de decisiones importantes para la comunidad y realizar rituales en honor a los dioses mostrando una alegría hacia la creación y la vida.

Sin embargo, estas ceremonias realizadas para ofrecer tesgüino tienen más que un impacto cultural también uno económico y social ya que las tesgüinadas se convierten en espacio de convivencia e integración entre los habitantes que conforman la comunidad, así como también al desarrollar un buen papel como anfitrión permite a esa persona ganarse un prestigio y un lugar importante dentro de la comunidad. En cuanto al ámbito económico es importante debido a que en las sociedades con poco presupuesto resultaría difícil costear mayor mano de obra que se implique en las cuestiones agrícolas, por lo que esta bebida representa una forma de pago al trabajo comunitario (Arjona, 2018).

En general la bebida alcohólica fermentada (tesgüino) fue una herramienta o estrategia política de poder y construcción de autoridad, manifestado en su mínima unidad de organización social: el grupo doméstico. Entorno donde se efectuaron las tareas de subsistencia (Brumfiel, 1992)

El tesgüino, en ocasiones llamado tejuino, se produce por fermentación de los granos de maíz generalmente germinados, aunque en algunas preparaciones se reporta una nixtamalización, el proceso no tiene un filtrado detallado ni una pasteurización por lo que la bebida contiene tanto los microorganismos vivos fermentadores como las sustancias que se forman durante el metabolismo, además de los residuos de maíz y de otras plantas que se añaden a lo largo del proceso como catalizadores de la fermentación (Nava, 2009).

El tesgüino es una bebida viscosa, amarillenta, con un sabor amargo y un pH que varía de 2 a 5. El rango de porcentaje de alcohol es de 2 a 20% debido a las diferencias en la variedad de maíz y las bacterias y levaduras presentes, así como el tiempo utilizado de fermentación ya que puede ser desde 24 hasta 72 h.

Una de las formas de preparación que se realiza en algunas zonas de Chihuahua utilizando tallos de maíz es que los tallos frescos o secos son puestos sobre una roca que tenga una depresión grande. Estos tallos son perfectamente molidos con un mazo y son colocados sobre una celosía hecha de "awaka" (*Salix bonplandiana* H.B.K.) o "baka" (*Arundo donax* L. o *Phragmites communis* Trin.) sobre la cual es vertida agua lentamente, o también los tallos de maíz son pulverizados y colocados dentro de una red fina hecha con fibras de maguey (*Agave* sp.), o bien son amarrados en una manta vieja; el jugo es recolectado de la depresión en una calabaza remojada, el cual se mezcla con agua y se hierve durante varias horas; en este caso se usa cualquier catalizador, siendo necesario mantenerlo en un lugar oscuro durante dos o tres días, para que tenga una apariencia agradable (Pennington, 1963).

También el tesgüino es llamado "navaitai" por los tepehuanos, quienes lo preparan de manera semejante a la antes mencionada y al que le añaden catalizadores de la región como: "levadura" (*Bromus arizonicus* (Shear) Stebbins, *B. molliformis* Lloyd y *Bromus* sp.), la corteza de un encino (*Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl.), una hierba (*Chimaphila umbellata* (L.) Barton) y otra pequeña hierba (*Chimaphila maculata* (L.) Pursh.). Ya mezclado el tesgüino con los catalizadores se deja fermentar durante 3 o 4 días (Pennington, 1969).

También se prepara con jugo de tuna sin dulce y mezclado con cáscara de timbre (*Acacia angustissima* Mill.). En Zacatecas lo preparan con una especie de dulce concentrado, llamado "miel de tejuino", de maíz germinado y fermentado; es una bebida típica del pueblo (Santamaría, 1959).

Otro grupo indígena bebedor de tesgüino es el de los Pimas en el estado de Sonora, allí el tesgüino es preparado con maíz fermentado por la acción de algunas hierbas. El proceso más conocido y realizado es el señalado en la Figura 2. Esta forma de elaboración se ha registrado en las zonas de la Sierra Tarahumara en Chihuahua y es la manera tradicional adoptada por los indígenas de la Alta Tarahumara. Se muestra el proceso de elaboración tradicional del tesgüino realizado en base a lo reportado por Lappe *et al.*, (1987). El proceso en general inicia con los granos de maíz que se someten a un proceso de germinación, después se someten a un proceso de secado al sol durante 2-3 días y los granos se muelen, se mezclan con agua y se dejan reposar. Posteriormente, la parte líquida se separa de los sedimentos, se hierve. Mientras tanto, los sedimentos se fermentan durante 24 h a temperatura ambiente. Luego, las dos muestras se mezclan y se filtran para eliminar

los sedimentos. Se le agrega el catalizador previamente molido junto con los restos de maíz que quedaron en el colador, las semillas de arbustos de plantas conocida como ser'eke (*Dasyllirion sereke*) o el propio ser'eke, pueden funcionar como catalizador. Se deja fermentar entre 5-7 días. Solo entonces, la bebida está lista para su consumo.

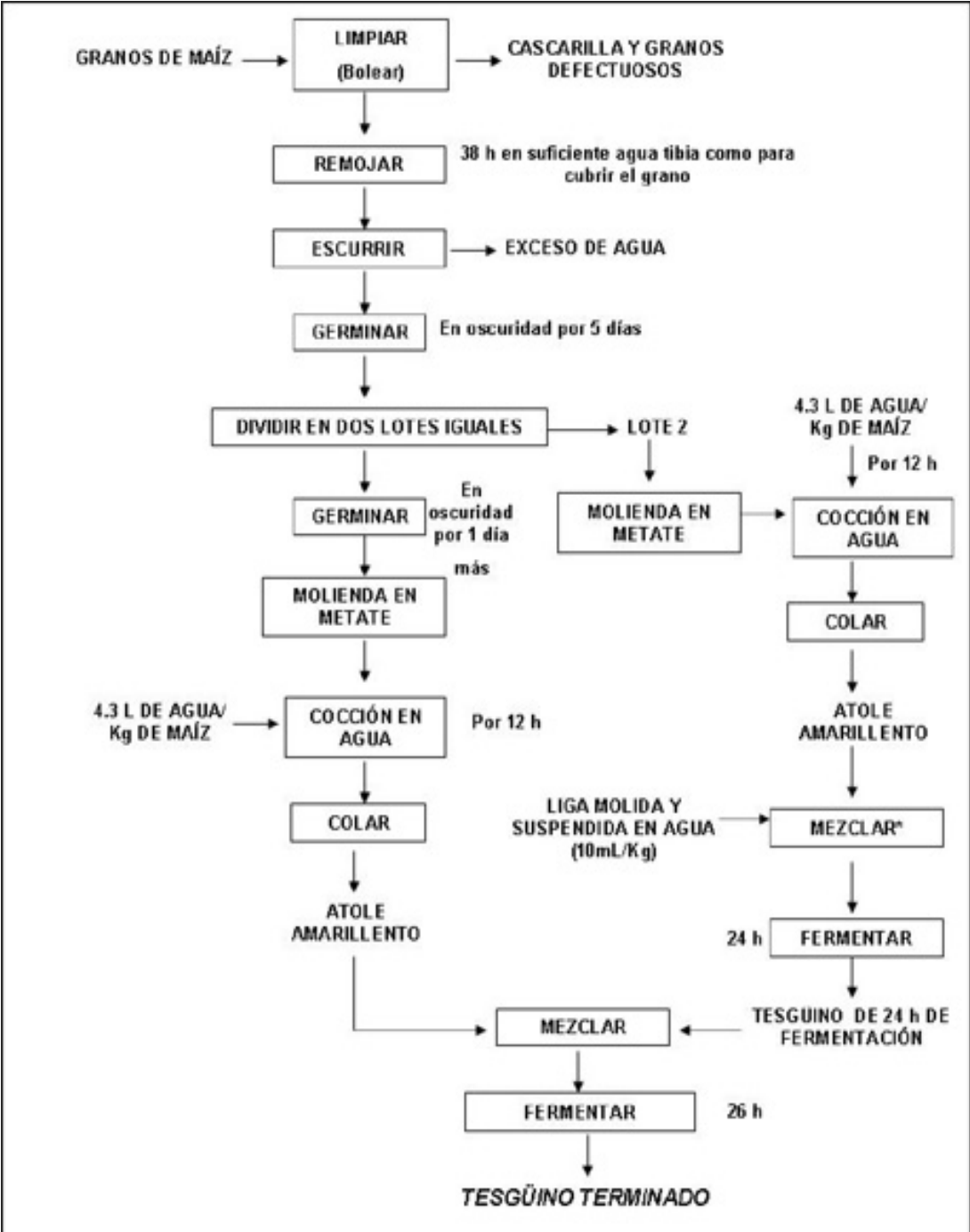



Figura 2. Proceso de la elaboración tradicional del tesgüino elaborado con base en lo reportado por Lappe, *et al.* (1987).

En las formas mostradas para elaborar la bebida tradicional tesgüino se puede notar que en todos los casos se parte del maíz como materia prima, sin embargo, en algunos se puede anexar algún otro producto como el jugo de tuna y en investigaciones recientes se le ha agregado naranja, otra similitud son los tiempos de fermentación ya que en todos se requiere de 3 a 4 días y por último su preparación requiere de tener condiciones de oscuridad y reposo durante el proceso.





En cuanto a diferencias en las formas de elaboración se encuentra que se utilizan otro tipo de utensilios sobre todo para moler los catalizadores que se le agregan y este es otra diferencia ya que en todas se utiliza un catalizador como las especies antes mencionadas, sin embargo en algunos casos son solo una hierba y en otros se utiliza una mezcla de ellas que hasta incluyen partes de cortezas de árboles y esta variedad de catalizadores se debe a la presencia de plantas que estén disponibles en la región y las cuales han sido utilizadas por generaciones para diferentes situaciones sobresaliendo como usos medicinales.

Los fortificantes o catalizadores vegetales que más se usan son los que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Información de los fortificantes o catalizadores

Fortificantes o catalizadores	Información	Imagen
CORTEZAS	<p><i>Randia echinocarpa</i> (“de cáscara espinosa”)</p> <p>-De la familia Rubiaceae. Originaria de México y también conocida como Papache (Es el Papache más grande), fue registrado por Martín de Sessé y Lacasta y José Mariano Mociño,</p> <p>-Se utilizan restos de la cáscara de papache como sustituto para basiawari (<i>Bromus sp.</i>) en la elaboración de batari. Se usa con la finalidad de facilitar la fermentación del tesgüino</p> <p>-Medicinalmente lo usan en ayunas para indigestión, parásitos intestinales, diarrea, disentería y paludismo</p>	

CONTINUACION DE LA TABLA 1

	<p><i>R. laevigata</i> (kapuchí)</p>	<p>-De la familia Rubiaceae. Crece en elevaciones ligeramente más altas.</p>	
	<p><i>R. watsonii</i></p>	<p>De la familia Rubiaceae. Conocido como el Papache chico.</p>	
<p>HOJAS</p>	<p><i>Datura meteloides</i></p>	<p>-También llamado Tikúwari o toloache (hierba de Jimson). Es una de las plantas con propiedades psicoactivas atribuidas a las propiedades místicas y terapéuticas por los tarahumaras y otros grupos indígenas americanos. -Según la dosis administrada, antiespasmódico o, por otro lado, pueden producirse efectos anticolinérgicos tóxicos, incluida la psicosis, confusión y muerte</p>	
	<p><i>Stevia serrata</i> (Ronínowa o hierba de la mula)</p>	<p>Es un rasgo característico en el paisaje de la sierra norte. Se utiliza para endulzar y dar cuerpo al <i>batari</i> o también llamado tesgüino. Los tallos de <i>Stevia salicifolia</i> se utilizan como pesticida y la raíz es un fuerte analgésico. Medicinalmente se utiliza para el tratamiento de mordeduras de serpientes, ulceraciones, resfriados, fiebre y dolencias gastrointestinales</p>	

CONTINUACION DE LA TABLA 1

RAICES *Phaseolus metcalfei* Las raíces trituradas de Go'tó (*Phaseolus metcalfei*) son uno de los agentes más comunes que se utilizan como catalizador en la preparación de *batari*. Las raíces y hojas también se cuecen y para impermeabilizar vasijas de barro. En el sureste del país tarahumara, las raíces se utilizan para preparar un té que se toma para aliviar el malestar estomacal



JUGOS *Ariocarpus fissuratus* o *Lophophora williamsii* (peyote, o en tarahumara jíkuri) Nativo del norte de México y el sur de Estados Unidos. Este cactus juega un papel importante en las ceremonias rituales de Tribus indias. La planta contiene mescalina y muchos otros alcaloides con propiedades alucinatorias se aplican buscando efectos analgésicos. Las plantas de *Lophophora williamsii* y *Ariocarpus fissuratus* se aplican buscando efectos analgésicos. Se han aislado varios alcaloides, Los alcaloides de fenetilamina e isoquinolina parecen ser responsables de las alucinaciones auditivas y visuales inducidas después de ingerir el cactus



Fuente: Godoy *et al*, 2003; Haro, s.f; Irigoyen y Paredes, 2015.

CAPITULO 2. INVESTIGACIÓN GENERAL DEL MAÍZ

2.1 Generalidades del maíz

El cultivo del maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7 000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América. (FAO, 1993).

Maíz, palabra de origen indio caribeño es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación. Se cree que el maíz fue domesticado a partir del teocintle o teosinte (náhuatl *teōcintli*) en el sur de México (Matsuoka *et al.*, 2002). El maíz evolucionó y se expandió a otras regiones de México y de América Central (Mesoamérica) de donde pasó a otras partes del mundo en un período de varios miles de años. Este cereal fue domesticado y venerado por las culturas prehispánicas, y sigue siendo la base de la alimentación mexicana (Piperno y Flannery, 2001). Botánicamente, el maíz y sus parientes silvestres, los teocintles, se clasifican dentro del género *Zea* pertenecientes a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Se trata de una especie que se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) y la masculina (espiguilla) se hallan en distintos lugares de la planta como se muestra en la Figura 3

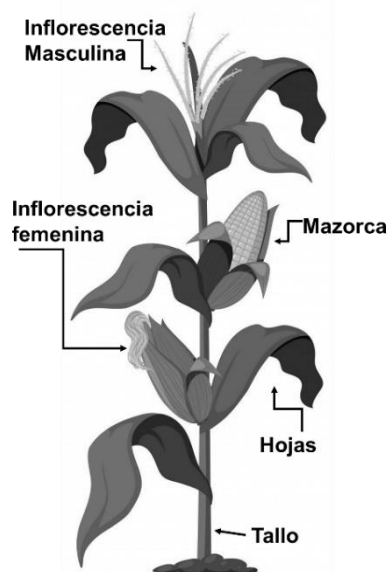


Figura 3. Partes de la planta de maíz.

Fuente: CONABIO, 2021.

El maíz es a menudo de color blanco o amarillo, aunque también hay variedades de color negro, rojo y jaspeado, algunos ejemplos se muestran en la Figura 4. Hay varios tipos de grano, que se distinguen por las diferencias de los compuestos químicos depositados o almacenados en él (FAO,1993).



Figura 4. Variedades de colores en el maíz.

Fuente: SIAP, 2018.

El fruto de la planta del maíz se llama comercialmente grano, botánicamente es una cariósida y agrícolamente se le conoce como semilla, cada grano contiene el revestimiento de la semilla, o cubierta seminal, y la semilla. En la Figura 5 se muestran también las cuatro estructuras fundamentales del grano: el pericarpio, cáscara, o salvado; el endospermo; el germen o embrión; y la piloriza (tejido inerte en que se unen el grano y el carozo) (FAO, 1993).

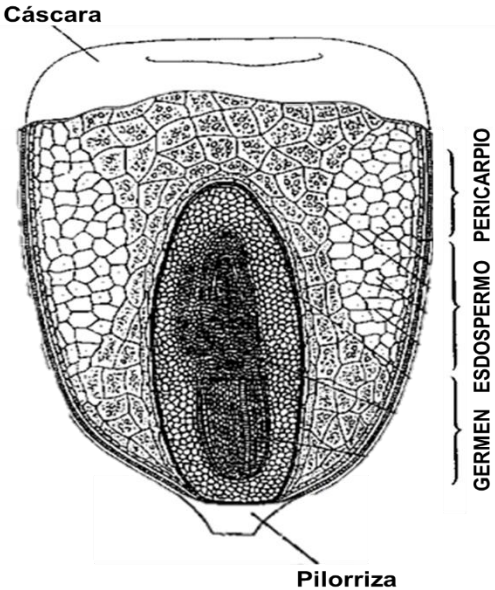


Figura 5. Estructura del grano de maíz.

Fuente: FAO, 1993.

El maíz tiene tres aplicaciones posibles: alimento, forraje y materia prima para la industria. Como alimento, se puede utilizar todo el grano, maduro o no, o bien se puede elaborar con técnicas de molienda en seco para obtener un número relativamente amplio de productos intermedios. En México, el maíz es consumido en varias formas: en elote, en tlaxcal, tamales, bebidas fermentadas, etc. Se debe notar que el maíz cultivado en la agricultura de subsistencia continúa siendo utilizado como cultivo alimentario básico.

2.2 Producción de maíz en México

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los tres cereales (junto con el trigo y el arroz) más importantes del mundo. Actualmente se produce en 116 países y la producción se concentra en 4 países: Estados Unidos, China, Brasil y Argentina, los cuales cubren más del 60% de la producción mundial (USDA, 2021).

En México, el maíz forma parte de nuestra alimentación diaria, es el cultivo de mayor presencia en el país, constituye un insumo para la ganadería y para la obtención de numerosos productos industriales, por lo que, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social, es el cultivo agrícola más importante.

Este cereal es primordial en la dieta de los mexicanos, derivado de ello se cultiva en todas las entidades federativas del país. La mayor producción del cereal en México ocurre en un periodo interanual de noviembre a enero (59.9%) y otro que va de mayo a junio (27%). En el mercado internacional, México es el mayor importador de maíz grano, seguido por Japón con adquisiciones similares. (SIAP,2020)

Los principales Estados productores son Sinaloa (25%), Jalisco (9%), Guanajuato (8%), Chihuahua (6.7%) y Michoacán (6.6%) y el resto de los Estados representan el 44.7% restante (SIAP.2021).

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) la producción obtenida en el año 2020 en México fue de 21,885,170 toneladas, con una superficie sembrada de 7,481,137ha, siendo Sinaloa el estado líder productor con 6,262,779 toneladas colocando al país como el séptimo productor mundial.

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader) proyecta un crecimiento de en la producción de maíz grano para el año agrícola 2021, con un volumen proyectado de 28,427,436 toneladas.

2.3 Especies cultivadas en México

El cultivo del maíz en México se hace actualmente en un amplio rango de altitud y variación climática. Se siembra en zonas tórridas con escasa precipitación, en regiones templadas, en las faldas de las altas montañas, en ambientes muy cálidos y húmedos, en escaso suelo, en pronunciadas laderas o en amplios valles fértiles, en diferentes épocas del año y bajo múltiples sistemas de manejo y desarrollo tecnológico. A esta gran diversidad de ambientes, los agricultores, indígenas o

mestizos, mediante su conocimiento y habilidad, han logrado adaptar y mantener una extensa diversidad de maíces nativos (CONABIO, 2020).

El término raza se ha utilizado en el maíz y en las plantas cultivadas para agrupar individuos o poblaciones que comparten características en común, de orden morfológico, ecológico, genético y de historia de cultivo, que permiten diferenciarlas como grupo.

De las 64 razas que se reportan para México, 59 se pueden considerar nativas y 5 que fueron descritas inicialmente en otras regiones (Cubano Amarillo, del Caribe, y cuatro razas de Guatemala -Nal Tel de Altura, Serrano, Negro de Chimaltenango y Quicheño), pero que también se han colectado o reportado en el país.

Las razas de maíz de México se han agrupado, con base en caracteres morfológicos, de adaptación y genéticos (isoenzimas) en siete grupos o complejos raciales (CONABIO,2020)

- Grupo cónico (Razas de las partes altas del centro de México).

El grupo Cónico (Figura 6) incluye razas de maíz cuya característica principal es la forma cónica o piramidal de sus mazorcas: Arrocillo, Cacahuacintle, Chalqueño, Cónico, Cónico Norteño, Dulce, Elotes Cónicos, Mixteco, Mushito, Mushito de Michoacán, Negrito, Palomero de Jalisco, Palomero Toluqueño y Uruapeño (CONABIO,2020).

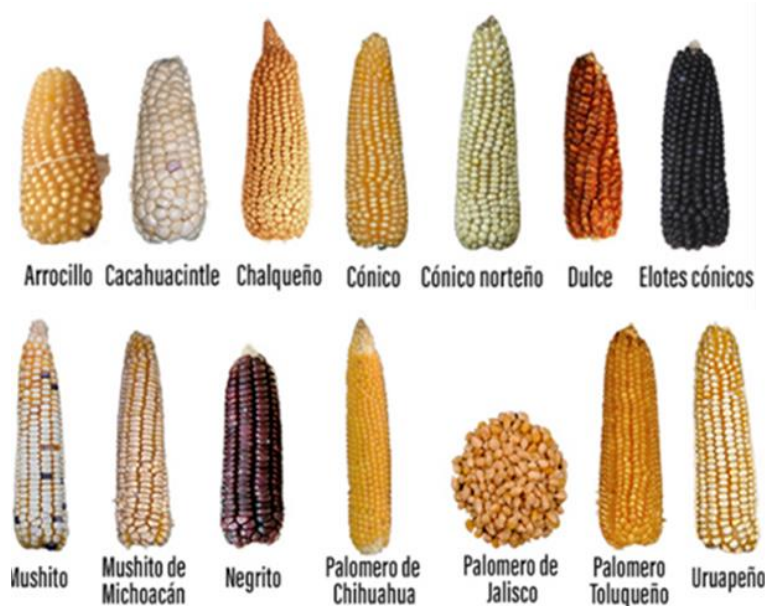


Figura 6. Tipos de maíces pertenecientes al grupo cónico.

Fuente: CONABIO,2020.

- Grupo Sierra de Chihuahua (Razas de las partes altas del norte de México)

Las razas del grupo Sierra de Chihuahua (Figura 7) son: Apachito, Azul, Complejo Serrano de Jalisco, Cristalino de Chihuahua, y Gordo; se agrega Mountain Yellow, raza (CONABIO,2020).



Figura 7. Tipos de maíces pertenecientes al grupo Sierra de Chihuahua.
Fuente: CONABIO,2020.

- Grupo Ocho Hileras (Razas del occidente de México)

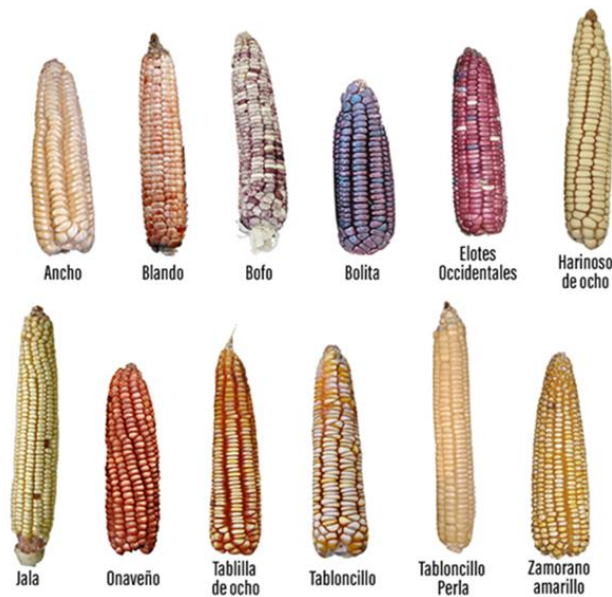


Figura 8. Tipos de maíces pertenecientes al grupo Ocho hileras.
Fuente: CONABIO,2020.

Este grupo incluye razas cultivadas en elevaciones bajas e intermedias, desde los Valles Centrales de Oaxaca, centro, se concentran en el occidente y se extienden hacia las planicies y cañadas del noroeste de México. Se caracterizan generalmente por plantas de 200 a 250 cm de altura, 16 a 20 hojas por planta, 70 a 80 días a floración y deben su nombre a que las mazorcas contienen de 8 a 12 hileras de granos. Forman parte de este grupo las razas (Figura 8) Blando y Onaveño, que tienen mayor presencia en el noroeste; Harinoso de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo

Perla, Bofo, Elotes Occidentales, Tablilla de Ocho, Jala y Zamorano Amarillo, que concentran principalmente en el occidente; y las razas Ancho y Bolita que se distribuyen en el centro y sur (CONABIO,2020).

- Grupo Chapalote

Este grupo incluye las razas Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Elotero de Sinaloa y Reventador (Figura 9). Todas las razas de este grupo tienen mazorcas alargadas con forma de puro y granos con textura que va desde la cristalina, harinosa hasta dulce (textura rugosa por el alto contenido de sacarosa).

Las razas de este grupo, además de los usos comunes, resaltan por sus usos especiales: Chapalote para palomitas, pinole y ponteduro; Reventador para palomitas; Elotero de Sinaloa como su nombre lo indica, por su tipo de grano –azul, semiharinoso y dulce- para elotes; y Dulcillo del Noroeste para pinole, elotes y esquites (CONABIO,2020).

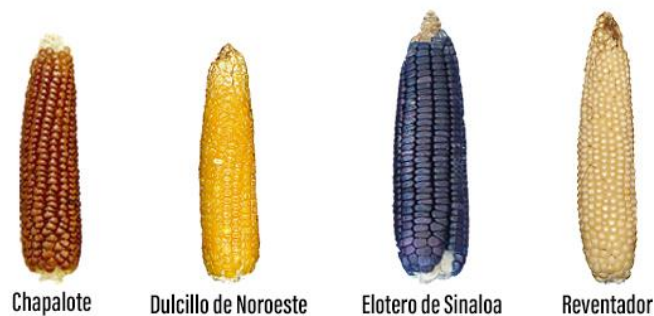


Figura 9. Tipos de maíces pertenecientes al grupo Chapalote.

Fuente: CONABIO,2020.

- Grupo Tropicales precoces (Razas de maduración temprana)

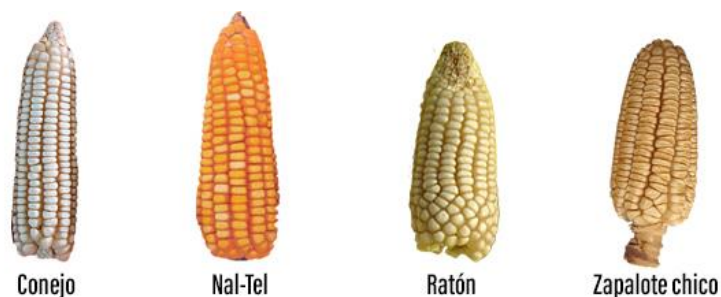


Figura 10. Tipos de maíces pertenecientes al grupo Tropicales precoces.

Fuente: CONABIO,2020.

Las razas que integran este grupo son (Figura 10): Conejo, Nal-Tel, Ratón y Zapalote Chico. Se cultivan principalmente en terrenos del trópico seco y regiones semiáridas del país, generalmente en zonas bajas e intermedias, adaptadas a limitados regímenes de lluvia lo que les ha conferido un ciclo de maduración corta

o temprana por lo que se puede disponer de grano de estas razas previo a que maduren otras razas más tardías o cuando se ha terminado la reserva de maíz del ciclo de cultivo previo (CONABIO,2020).

- Grupo Dentados tropicales

Este grupo (Figura 11) incluye razas agronómicamente muy importantes del sur de México, distribuidas principalmente en regiones intermedias y de baja altitud: Celaya, Tepecintle, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandeño y Zapalote Grande; las razas Nal-Tel de Altura y Pepitilla se asocian también con este grupo y se incluyen en este grupo las razas Chiquito, Choapaneco y Cubano Amarillo.

Las razas de este grupo y sus derivados son probablemente las más usadas en los programas de mejoramiento genético públicos y privados en el ámbito mundial (CONABIO,2020).

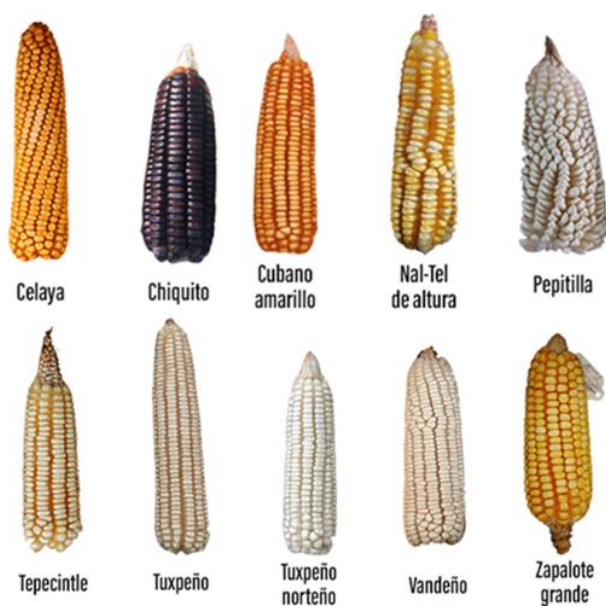


Figura 11. Tipos de maíces pertenecientes al grupo Dentados tropicales.

Fuente: CONABIO,2020.

- Grupo Maduración tardía

Este grupo incluye a las razas (Figura 12) Dzit-Bacal, Comiteco, Coscomatepec, Motozinteco, Olotillo, Olotón y Tehua que se cultivan en un amplio rango de altitud. Se incluyen en este grupo las razas Negro de Chimaltenango, Quicheño y Serrano, muy relacionadas con Olotón, pero descritas inicialmente para Guatemala, y a las que se han asociado muestras del estado de Chiapas y Oaxaca. Se incluyen también las razas Mixeño y Serrano Mixe, de zonas serranas altas del estado de Oaxaca, también relacionadas con Olotón en el carácter del tipo de grano y su adaptación a partes altas (CONABIO,2020).

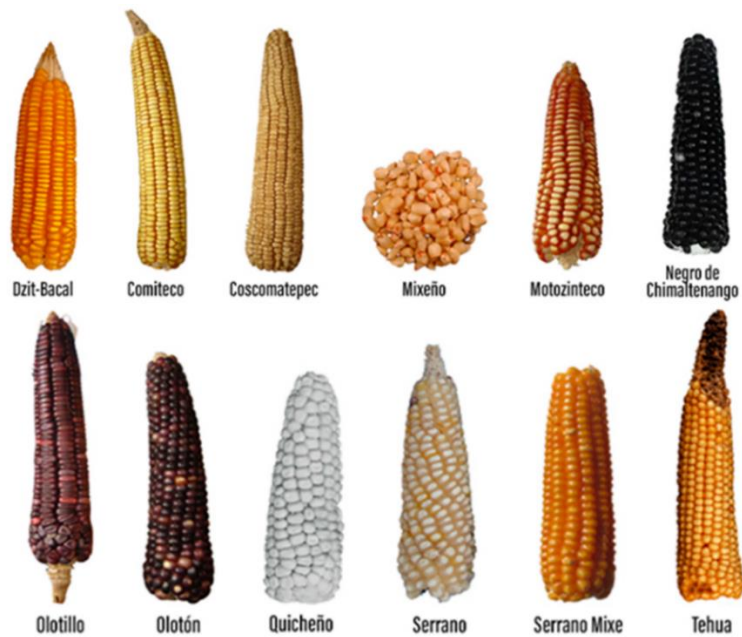


Figura 12. Tipos de maíces pertenecientes al grupo de Maduración tardía.
Fuente: CONABIO,2020.

2.4 Especie utilizada en la elaboración de tesgüino.

El tesgüino es una bebida que se elabora en diferentes zonas del país, por lo que de acuerdo a esto, las materias primas utilizadas en su preparación son diversas, se ha reportado que se puede preparar con granos de maíz, jugo de cañas de maíz, con frutas como las bañas de madroño, duraznos, granos de trigo, granos de sorgo o jugo de hojas de maguey, sin embargo se menciona que al agregarle alguna materia prima de las mencionadas puede crear una variante del tesgüino y hacer que el nombre de la bebida cambie (Domínguez, *et al*, 2017; Lappe,1988).

El tesgüino es una bebida tipo cerveza cuyo origen se encuentra en la cultura Tarahumara en el estado de Chihuahua de acuerdo con datos publicados por CONABIO (2009-2010), existen 14 razas de maíz en la Sierra Tarahumara, como se mostraron anteriormente, entre ellos están: el Cristalino de Chihuahua, Azul, Apachito, Ratón, Celaya, Gordo, Tuxpeño Norteño y Tabloncillo, y en menor medida el Bofo, Tablilla de Ocho y Palomero; la mayoría se pueden usar para producir la bebida. Sin embargo, los más empleados son el azul y el blanco cristalino, aunque también CONABIO reporta la utilización del maíz apachito en la elaboración de la bebida.

2.4.1 Maíz azul.

El maíz Azul (Figura 13), se caracteriza por sus mazorcas alargadas con granos cristalinos y semi harinosos de coloración azul a violáceo en la aleurona (capa interna del grano).

Los colores que presenta se deben a las antocianinas, compuestos que en el grano se encuentran en el pericarpio y en la capa de aleurona o en ambas estructuras. Se ha desarrollado actualmente un interés por las antocianinas, el cual se debe a sus posibles beneficios para la salud, ya que son consideradas como antioxidantes naturales debido a su capacidad para atrapar radicales libres, los cuales ocasionan daño a biomoléculas.

Este maíz es usado para pinole, atole; tiene muy buen rendimiento de tortilla. Se ha utilizado para extraer pigmentos de exportación a los Estados Unidos y a la Comunidad Económica Europea para colorear alimentos. También se usa para elaboración de totopos y frituras en Estados Unidos. Se considera que con esta raza se hace “el mejor tescüino” (CONABIO, 2010).



Figura 13. Muestra de mazorcas de la raza Azul.

Fuente: Martínez, 2010.

Todos los maíces contienen compuestos fenólicos simples, mientras que solamente los maíces pigmentados como el azul o morado contienen cantidades significativas de antocianinas.

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Se localizan en todas las partes de las plantas y su concentración es variable a lo largo del ciclo vegetativo. Los compuestos fenólicos están asociados al color, las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), las características nutritivas y las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. La característica antioxidante de los fenoles se debe a la reactividad del grupo fenol (Robbins, 2003; Kähkönen *et al.*, 2001).

Por esta razón el tescüino producido con maíz azul, puede aportar beneficios adicionales a la adquisición de nutrientes esenciales (proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales), protegiendo al cuerpo humano del daño oxidativo producido por los factores ambientales de estrés.

Nava (2009) observó que a lo largo del proceso de elaboración del tesgüino de maíz azul la cantidad de antioxidantes se modificó. Los compuestos fenólicos aumentaron 101% aunque la cantidad de antocianinas disminuyó 43%. El secuestro de radicales libres por parte del tesgüino de maíz azul se redujo en 20% con respecto al maíz sin procesar; por lo que la bebida conserva propiedades antioxidantes, agregando más valor nutritivo a la bebida (Nava, 2009).

En cuanto a las características sensoriales que presenta la bebida como producto final al ser elaborado con este maíz se ha reportado un producto ácido, sabor ligeramente alcohólico, con una coloración rojiza y ligeramente viscoso.

2.4.2 Maíz blanco cristalino.

El maíz cristalino de Chihuahua (Figura 14) se caracteriza por sus mazorcas alargadas y cilíndricas con grano de textura cristalina y semicristalina y coloraciones amarillo y blanco.

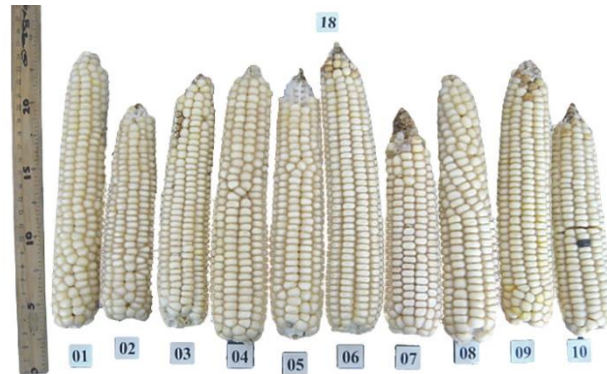


Figura 14. Muestra de mazorcas de la raza cristalino de Chihuahua.

Fuente: Jiménez, 2010.

El tesgüino elaborado con este maíz se reporta como una cerveza opaca, de consistencia espesa, con un pH cercano a 3 cuya composición química depende del tiempo de su fermentación.

2.4.3 Maíz Apachito

Este tipo de maíz es conocido por su corto ciclo vegetativo, es pequeño y de mazorcas alargadas y cilíndricas (Figura 15), sus granos son semicristalinos y cristalinos de color amarillo, blanco y rosado.

Esta raza es endémica de las regiones Alta y Baja Babícora y de la Sierra Tarahumara en Chihuahua. Se considera una de las razas más precoces de las zonas templadas de país y quizá la única cultivable en el periodo corto de heladas.

Se usa principalmente para elote, pinole, tortilla y atole. Las variantes de color rosa se utilizan en la preparación del tesgüino (CONABIO, 2010).



Figura 15. Muestra de mazorcas de la raza Apachito.

Fuente: Martínez, 2010.

Como se ha mencionado gran parte de la diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.) está concentrada en el continente americano principalmente en nuestro país. Esta diversidad nos permite tener todas las razas que se presentaron en el pasado. Estos maíces a través de generaciones han conservado importantes compuestos fitoquímicos conocidos como nutraceuticos, con probados efectos positivos en nutrición y salud. Por ello el uso de diferentes tipos de maíz como materia prima en la elaboración del tescüino influye en las características nutricionales y sensoriales del producto final, de manera que la bebida final cuenta con una composición química diferente dependiendo del maíz utilizado y la composición de este maíz, sin embargo la cantidad de compuestos que tenga el maíz en un inicio a lo largo del proceso se va a modificar de acuerdo a los procesos y las condiciones que se le aplique obteniendo así un tescüino con más o menos compuestos nutraceuticos que los aportados por el maíz.

En lo referente a las características sensoriales el aporte del maíz es un factor importante ya que el uso de diferentes maíces hace que el tescüino adquiera una tonalidad diferente de acuerdo con el color que se presenta en el maíz usado como principal y esta coloración es una característica que beneficia su consumo convirtiéndolo en atractivo para el público.

2.5 Composición química

La información de que se dispone sobre la composición química general del maíz es abundante y permite conocer que la variabilidad de cada uno de sus principales nutrientes es muy amplia. La variabilidad es tanto genética como ambiental y puede influir en la distribución ponderal y en la composición química específica del endospermo, el germen y la cáscara de los granos.

El Maíz aporta numerosos elementos nutritivos (proteínas, aceites, ácidos grasos, carbohidratos, vitaminas, minerales, etc.) y materiales energéticos (tabla 2).

Tabla 2. Composición química general del maíz.

Composición química promedio de Maíz (g/100g)

Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos(%)	Carbohidratos (%)	Fibra(%)	Minerales(%)
11.3	8.8	3.8	65.0	9.8	1.3

Fuente: Urango, 2018.

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73 % del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 % del grano (FAO, 1993).

Luego del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 % del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo (FAO,1993). El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono, además de almidón. El total de azúcares del grano varía entre el 1 y el 3%, y la sacarosa, el elemento más importante, se halla esencialmente en el germen (FAO, 1993).

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18%, tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11 por ciento y el 2%, respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor medio de cerca del 24%. El aceite de maíz goza de gran reputación a causa de la distribución de sus ácidos grasos, fundamentalmente ácidos oleico y linoleico (FAO, 1993).

Después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietética es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores. Los hidratos de carbono complejos del grano de maíz se encuentran en el pericarpio y la pilorriza, aunque también en las paredes celulares del endospermo y, en menor medida, en las del germen. Aunque es importante mencionar que la composición química puede variar entre las diferentes variedades de maíz

Contar con el maíz como materia prima para la elaboración de la bebida es un factor importante, ya que este aporta los nutrimentos iniciales para realizar el proceso y obtener una bebida nutritiva; pero su importancia comienza desde la selección del tipo de maíz que se va a utilizar porque, como se ha mostrado antes, el país cuenta

con muchas variedades y cada una tiene características diferentes que los hace únicos y adecuados para los diferentes alimentos a elaborar.

Tabla 3. Composición química de distintos tipos de maíz.

Tipo	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Fibra cruda(%)	Extracto etéreo(%)	Carbohidratos (%)
<i>Salpor</i>	12.2	1.2	5.8	0.8	4.1	75,9
<i>Cristalino</i>	10.5	1.7	10.3	2.2	5.0	70.3
<i>Azul</i>	7.4	0.3	8.3	-----	-----	84.1
<i>Harinoso</i>	9.6	1.7	10.7	2.2	5.4	70.4
<i>Amiláceo</i>	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8
<i>Dulce</i>	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3
<i>Reventador</i>	10.4	1.7	13.7	2.5	5.7	66.0
<i>Negro</i>	12.3	1.2	5.2	1.0	4.4	75.9

Fuente: Cortez, 1972.

En el caso del tesgüino se eligen los que crecen en el norte del país, ya que, ahí es donde se realiza mayormente la producción de esta bebida. Estos maíces no solo aportan nutrientes, sino que también, aportan atributos sensoriales como sabor y color característico del tesgüino. El sabor de estas bebidas está determinado por la presencia de compuestos volátiles obtenidos por el metabolismo de carbohidratos, proteínas, lípidos, aminoácidos libres del maíz y acción de la microbiota presente en el proceso y sobre todo la fermentación.

CAPITULO 3. ELABORACIÓN DEL TESGÜINO

En la Figura 2 se muestra un diagrama de proceso para la elaboración del tesgüino con las principales etapas tradicionales. Ese diagrama ha sido utilizado como base para la elaboración de la bebida en los últimos años, sin embargo, al replicarlo en condiciones de laboratorio se han buscado establecer condiciones que lo permitan, por ello en la Figura 16 se muestra un diagrama elaborado con datos y condiciones tomadas de las investigaciones de Nava (2009) y García (2018) y reportadas como las condiciones aptas para la obtención de una bebida que cumple con las características del tesgüino.

3.1 Limpieza

Tanto en la elaboración tradicional como a nivel laboratorio la etapa de limpieza es el primer proceso para comenzar con la elaboración del tesgüino. En el proceso tradicional se cosecha el maíz que se va a utilizar, se desgranar y se esparcen a la intemperie para limpiarlos

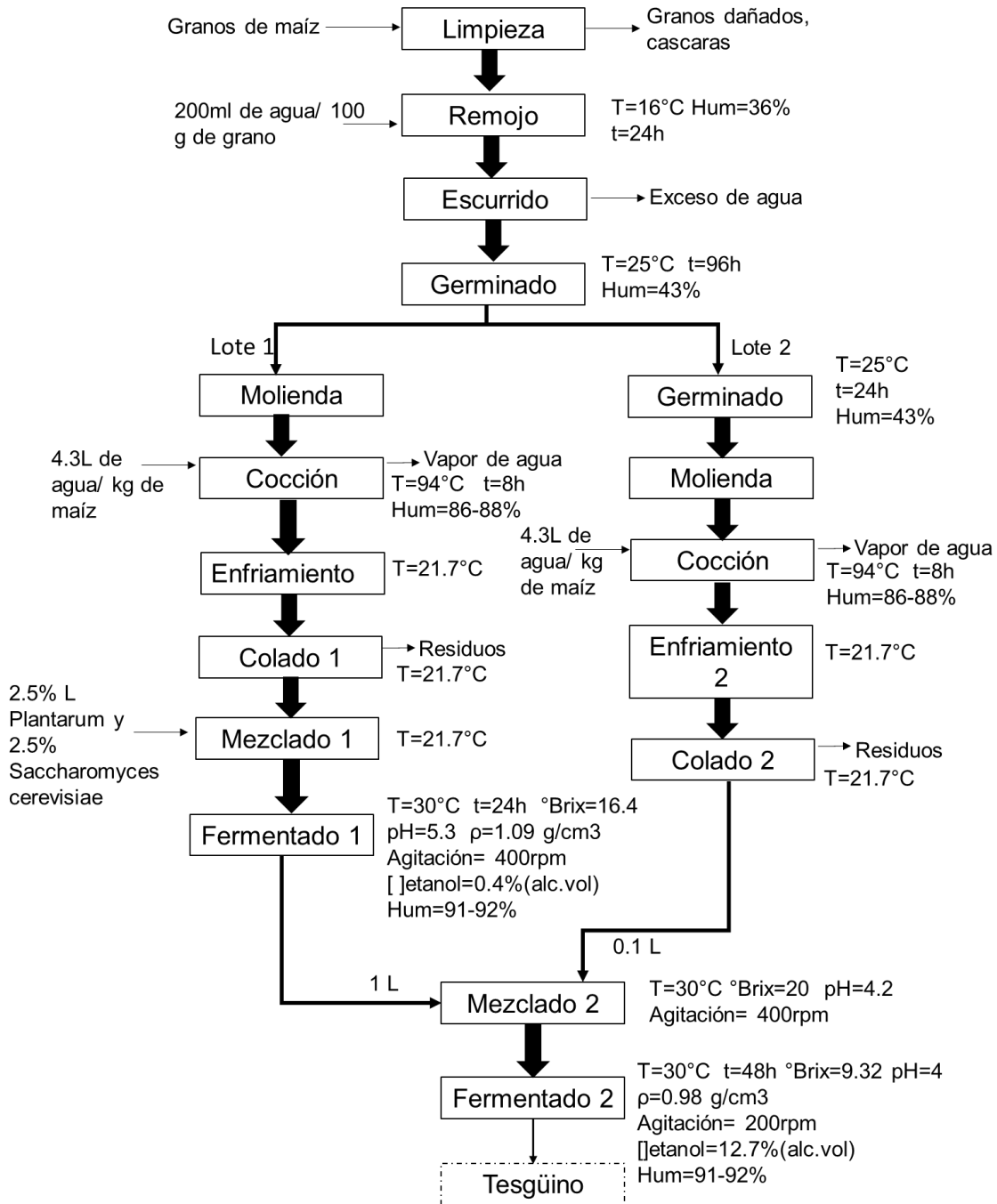


Figura 16. Proceso de la elaboración del tesgüino elaborado con base en lo reportado por Nava (2009) y García (2018)

La limpieza en un nivel laboratorio comienza con la obtención del maíz desgranado, con la cantidad de granos se realiza un muestreo representativo para posteriormente realizarle las pruebas de calidad al grano (homogenizar, humedad, peso hectolitrico, tamizado, grano dañado, impurezas y mezcla de granos) las

cuales permitirán asegurar que el maíz se encuentre en buen estado y no presente granos defectuosos.

3.2 Remojo y escurrido

Esta etapa tiene como finalidad promover la imbibición que es el proceso de toma de agua por parte de la semilla. Esta se da mediante la inmersión de las semillas en soluciones osmóticas o en cantidades determinadas de agua durante cierto periodo de tiempo. La imbibición permite que un mayor número de semillas alcance rápidamente el mismo nivel de humedad y active el aparato metabólico relacionado con el proceso pre-germinativo (Pérez *et al.*, 2016)

También el remojo en el proceso tradicional ayuda a eliminar los granos dañados que flotan en la superficie del agua. En la elaboración tradicional el grano desgranado se remoja bajo techo durante 38 h en suficiente agua a una temperatura de 17-22°C. Transcurrido ese tiempo los granos hinchados se escurren a través de una cesta para eliminar el exceso de agua, se vacían a un costal de plástico de malla abierta que permite una buena aireación evitando así el calentamiento de los granos; al saco se le coloca una piedra encima con el fin de mantener un ambiente cerrado y con los granos más compactados (Lappe,1988).

A nivel laboratorio los granos son colocados en agua y tanto esta como el tiempo son condiciones que se tienen que establecer previamente, por lo que en la Figura 16 se plantean 200 ml de agua por cada 100 g de granos de maíz, a una temperatura de 25°C por 24 h, pasado ese tiempo se escurre quitando así el excedente de agua. Estas condiciones de acuerdo con las experimentaciones que reporto Nava (2009).

3.3 Germinado

La germinación es una práctica muy común y con ella se activan varios sistemas enzimáticos provocando cambios en el sistema nutritivo de las semillas. Al humedecerse la semilla absorbe agua y se inician actividades metabólicas como la respiración y la síntesis de proteínas; después de cierto tiempo el embrión emerge de la semilla. En ese momento se dice que la semilla ha germinado (Nava, 2009). Este fenómeno no se desarrolla hasta que la semilla ha sido transportada a un medio favorable. Las condiciones determinantes del medio son: aporte suficiente de agua, oxígeno y temperatura apropiada. Durante la germinación el agua se difunde a través de las envolturas de la semilla y llega hasta el embrión, que durante la fase de descanso se ha secado casi por completo. Así mismo, el oxígeno absorbido proporciona a la semilla la energía necesaria para iniciar el crecimiento (Carballo, 2000).

Las semillas de cada especie pueden germinar dentro de un intervalo de temperaturas; sin embargo, existe un punto óptimo, arriba o por debajo del cual la germinación también se lleva a cabo, pero más lento. Así, la temperatura óptima es

aquella bajo la cual se obtiene el porcentaje más alto de germinación en un menor tiempo. La temperatura y el rango en el cual las semillas germinan está en función del origen de las semillas, de sus características genéticas y de su edad, en el caso del maíz, se han reportado temperaturas óptimas de germinación entre 32 y 35 °C.

En el proceso de elaboración de la bebida tradicional tesgüino se realiza con los granos de maíz limpios, remojados en agua de 24 a 48 h, se escurren y se ponen en bolsas o recipientes que son metidos en un hoyo excavado en la tierra o mantenidos en condiciones de obscuridad por 5 días para que los brotes no reverdezcan, pues amargan la bebida y para que germinen de manera más rápida, así los almidones se convierten en azúcares generándose brotes que confieren un sabor más dulce a la bebida (Márquez *et al.*, 2021).

El maíz debe llevar una germinación controlada para que los almidones del maíz se desdoblén y posteriormente puedan ser fermentados y este desdoblamiento se lleva a cabo por las enzimas que se producen durante el malteado, pero también se ha detectado que algunos de los hongos que contaminaban el maíz tenían la capacidad de desdoblar el almidón y durante la hidrólisis del almidón se producen glucosa, dextrina, maltosa y otros tipos de azúcares. Se realiza una separación en dos grupos de los granos germinados: el primer grupo permanecerá un día más en proceso de germinación, mientras que el resto será sometido a una molienda continuando con el proceso ya antes mencionado. La parte que permanece en la germinación por un día más servirá de alimento para que la levadura genere el CO₂ en la segunda fermentación reportada. Para su segunda fermentación, se elimina la biomasa generada durante la primera fermentación y se hace un nuevo inóculo con levadura fresca. De esta forma se consigue un mejor producto, ya que la levadura elimina la mayoría de las sustancias perjudiciales formadas durante la primera fermentación (Bustillos *et al.*, 2020).

El proceso de germinación a nivel laboratorio busca ser una etapa controlada para obtener los brotes de maíz en estado óptimo y continuar a la siguiente etapa. Por ello el establecer las condiciones óptimas de los factores que influyen resulta de gran importancia. Esta etapa se ha realizado en recipientes de laboratorio manteniendo la temperatura y obscuridad con una incubadora, sin embargo, también podría realizarse con ayuda de una cámara de germinación la cual puede permitir un mejor manejo y control de temperatura, humedad y hasta la iluminación requerida.

3.4 Molienda

El objetivo de la molienda del grano es extraer la máxima cantidad posible de azúcares y sustancias solubles. Se abre la cascará del grano, se separa de su endospermo y al mismo tiempo que se separa también se desintegra para que este

pueda estar expuesto al intercambio de temperaturas y reacciones enzimáticas (García, 2020).

Después del germinado del maíz se muelen en metates, los cuales son elementos importantes que no deben faltar en los hogares de las culturas que realizan esta bebida como los Tarahumaras; en estos se muele el maíz germinado hasta lograr una masa que se mezcla con agua, dando como resultado una pasta que es colocada en agua hirviendo y cocida durante 12 h, obteniendo un atole amarillento que se deja enfriar.

Comúnmente fuera del proceso tradicional la molienda se puede realizar con molinos sencillos de 2 rodillos o hasta con 4, 5 y hasta 6 rodillos, los cuales son más especializados permitiendo el aprovechamiento máximo de la materia prima.

3.5 Colado

Después del enfriamiento se procede a realizar un colado, en el proceso tradicional es utilizada una cesta llamada *guari* (una canasta hecha con fibras naturales como el sotol) (Figura 17) y el líquido obtenido es depositado en ollas denominadas *tesgüineras* (Bustillos *et al.*,2020).



Figura 17. Cesto o guari tarahumara de Barranca del Cobre, Chihuahua.

Fuente: Landa y Pacheco, 2020.

La solución acuosa de los extractos se llama mosto, las partes no disueltas se componen esencialmente por las cascarillas del grano y otras sustancias que no entraron en solución durante la maceración o que han sido precipitadas nuevamente durante la cocción del mosto. El colado es la operación que tiene como función la separación del mosto de la parte insoluble, llamado bagazo para obtener así un mosto limpio. Durante el proceso de colado y vaciado de este atole a las ya mencionadas ollas, los utensilios funcionan como fuentes de inóculo microbiano, desde las manos de la persona que realiza el colado, los restos de maíz que quedaron en el cedazo que son molidos de nuevo antes de introducirlos al atole y

el sedimento de las ollas empleadas en anteriores fermentaciones (Bustillos *et al.*,2020).

En las investigaciones consultadas del proceso a nivel laboratorio realizan esta etapa utilizando coladores de uso en cocina, sin embargo, pensando en que se busca llevar el proceso tradicional a otra escala, este colado se podría sustituir por un filtrado como en la elaboración de cerveza. Esto con equipos de filtración como filtros prensa o cuba filtros.

3.6 Tiempo de cocción y de reposo.

El proceso de cocción consiste en exponer la mezcla a una fuente de calor hasta que se alcanza una ebullición constante, durante esta etapa se esteriliza la mezcla, se coagulan proteínas, se evaporan aromas indeseables y cesa la actividad enzimática fijando el contenido total de azúcares disponibles para las levaduras. En esta etapa se presenta evaporación de agua por lo tanto aumenta la concentración de la mezcla.

El germinado se divide en dos lotes a los cuales se les aplica la etapa de cocción y reposo, aunque en diferente momento, sin embargo, en el proceso tradicional se tiene una cocción reportada por un tiempo de 12 a 15 h en fuego con leña, ya que, esto le da una mejor cocción, esta etapa al contrario de las otras donde se requieren condiciones de oscuridad es realizado en el exterior (Lappe *et al.*, 1987). Esta cocción es del maíz molido con agua en una olla que aún no es la llamada tesgüinera, pasado el tiempo mencionado se extrae y se deja reposar o enfriar.

En cocción las condiciones utilizadas por Nava (2009) fueron 8 h a 94 °C. en una olla de acero inoxidable. En el transcurso de esta etapa el agua perdida por evaporación es continuamente sustituida de tal forma que la humedad permanece entre un 86% y 88% durante todo el proceso. Ya que la mezcla debe mantenerse en constante agitación a nivel laboratorio se utiliza un agitador magnético (Nava, 2009).

El reposo no aparece como tal reportado en los diagramas elaborados por las investigaciones, pero en los diversos documentales de la elaboración del tesgüino se menciona esta parte del proceso como una etapa que se realiza después de la cocción por toda una noche, al día siguiente se realiza el colado y es trasladado a las ollas tesgüineras que se encuentran en un cuarto más tranquilo y oscuro para llevar a cabo la fermentación (Bustillos *et al.*, 2020).

Este reposo después de la cocción tiene la finalidad de que la mezcla baje su temperatura y al momento de trasladarlo a la olla tesgüinera no tenga una temperatura alta ya que, de lo contrario, si llega a calentarse la olla, el proceso fermentativo puede afectarse y se obtendría una bebida ácida por la presencia de ácido láctico únicamente. Esto se puede deber a que la presencia de calor inactiva

las levaduras presentes en el sedimento de las ollas, las cuales son responsables de la fermentación alcohólica del sustrato llevándose a cabo solo la fermentación láctica en lugar de una láctica- alcohólica, característica de las cervezas tradicionales (Lappe, 1988).

Por ello en la Figura 16 se presenta como operación unitaria el enfriamiento, ya que como se mencionó es importante que exista un cambio de temperatura desde el término de la cocción hasta antes de la fermentación.

Este enfriamiento o reposo no tiene un tiempo establecido, se puede dejar que lo haga por su cuenta como en las culturas que lo dejan por toda una noche lo que puede variar de 8 a 10 h, pero también es posible usar un enfriador, lo cual resulta más efectivo.

3.7 Fermentación

La fermentación básicamente es un proceso natural de oxidación, teniendo a la levadura como su agente principal, que da como resultado final un compuesto orgánico diferente al producto inicial. Este proceso afecta la composición química del producto al que esta técnica ha sido aplicada dando diferentes resultados finales dependiendo de los productos (Pérez y Cardoso, 2020).

La aplicación de esta técnica a los alimentos para posteriormente transformarlos en bebidas tiene como principal función convertir los azúcares en alcohol. La conservación por fermentación se produce por la presencia de estos alcoholes producidos, ácido láctico y ácido acético, que aparecen en el producto como subproductos de los microorganismos involucrados en el proceso, ya sea de forma natural o añadidos intencionalmente (Pérez y Cardoso, 2020).

Dado que la fermentación artesanal no requiere de mucha tecnología ni de utensilios difíciles de encontrar, esta práctica ha formado parte de la cultura mexicana desde hace siglos (Quintero *et al.*, 2012).

El método para fermentar en la época prehispánica siempre fue y sigue siendo el método más eficaz ya que este sucede de forma natural. Solamente es necesario un lugar oscuro, una temperatura adecuada, y falta de oxígeno para que las bacterias y los microorganismos se empiecen a reproducir. Las modificaciones hechas para simplificar el proceso de fermentación no consiguen mejores resultados que la tecnología tradicional del fermentado que se lleva a cabo en el campo (Maxwell, 2016)

En las fermentaciones tradicionales se ha observado una relación entre bacterias y levaduras, donde las primeras crean las condiciones adecuadas para el crecimiento de las levaduras al hidrolizar el almidón y bajar el pH, y las levaduras por su parte proveen estimulantes del crecimiento como vitaminas y aminoácidos necesarios para el crecimiento bacteriano (Cejudo *et al.*, 2019)

La producción del tesgüino es una fermentación alcohólica- láctica, seguida de otra alcohólica -acética.

La fermentación alcohólica es el proceso anaerobio mediante el cual se hidroliza el azúcar para formar anhídrido carbónico y etanol. Esta fermentación tiene la función de dar la capacidad al microorganismo de realizar la oxidación de la glucosa en ausencia de oxígeno; ya que al prescindir de un aceptor final de electrones el microorganismo puede crecer en ambientes con baja o nula concentración de oxígeno, como en el fondo de un líquido de una fermentación. (Eram y Ma, 2013).

De tal manera que la levadura realiza la glicólisis generando moléculas de piruvato que no pueden ser metabolizadas en el ciclo de Krebs por la ausencia de oxígeno y, en su lugar, son metabolizadas por las enzimas piruvato descarboxilasa para producir aldehído; y este compuesto es metabolizado por la enzima alcohol deshidrogenasa para producir etanol (Eram y Ma, 2013).

La fermentación del tesgüino comienza cuando el líquido es trasladado a las ollas tesgüineras las cuales como se mencionó anteriormente contienen residuos en sus paredes, ya que, el inóculo de la levadura y bacterias se encuentran en la olla misma, así que después de cada fermentación que realizan los Tarahumaras no lavan la olla para mantener estos residuos y que favorezcan a la siguiente preparación de tesgüino. Sin embargo, si ellos ven que la fermentación no fue buena en la elaboración proceden a realizar un enjuague con una planta que identifican con el nombre de *inóko*. Se piensa que, el extracto de esta planta mata las levaduras y bacterias “malas” que perjudican el proceso. Siguiendo el proceso de fermentación; a estas ollas son añadidos algunos catalizadores para una fermentación de 24h incluso 72 h. Estos catalizadores son plantas comúnmente endémicas de la región los cuales actúan como aceleradores del proceso de fermentación o como fortificadores de la bebida pues pueden incrementar el grado alcohólico. En estados como Colima y Jalisco, simplemente se mezcla con piloncillo para obtener una bebida de bajo contenido alcohólico denominada tejuino. En esto radica la diferencia que diversos autores hacen entre el tesgüino y el tejuino, ya que el segundo presenta menos grado alcohólico porque permanece menos tiempo en fermentación y es consumido como bebida refrescante acompañado de limón y hielo (Bustillos *et al.*, 2020; Rubio *et al.*, 2021).

Durante la fermentación se evita el cambio brusco de temperaturas, y las ollas tesgüineras son cubiertas con un lienzo blanco, se colocan dentro de habitaciones cálidas en la que se mantiene una temperatura más o menos uniforme. En general se reconocen 4 etapas de fermentación: (Lappe y Ulloa, 1989).

- 1) Fermentación inicial del atole en donde se produce un burbujeo lento por la escasa producción de CO₂

- 2) Adición de catalizadores que aceleran el proceso de fermentación aumentando la producción de gas.
- 3) Segunda adición de atole proveniente del lote 1 separado después de la germinación como se muestra en la Figura 2 el cual se dejó germinar por un día más. Este se mezcla con el lote 2 y es considerada como una segunda fermentación que se manifiesta inicialmente por una leve producción de CO₂, seguida de una producción elevada.
- 4) Fase final de fermentación, donde cesa la producción activa de gas.

Para que la fermentación del tesgüino deje de ser espontánea y nos permita elaborarlo para una posible venta comercial se deben seleccionar los microorganismos primordiales, así como las condiciones adecuadas con las que se obtenga una bebida con las mismas características que la tradicional. En la Figura 16 se muestran las condiciones que permitieron su elaboración a los investigadores, en ella se estableció a *S. cerevisiae* y *L. plantarum* como los microorganismos a actuar en el proceso, se añadieron en un mezclado antes del Fermentado 1 y el uso de estos microorganismos fijó la temperatura a la que el proceso se debe realizar estableciéndose como 30°C ya que *L. plantarum* no crece a temperaturas menores y *S. cerevisiae* no resiste temperaturas superiores a 34°C.

En la investigación de García (2018) se utilizó un fermentador de investigación (Biorreactor) con volumen de trabajo de 2 L con tapa en la parte superior, con puertos para agregar medio de cultivo, para facilitar la toma de muestras, para agregar ácidos y bases, para termopozo, para adaptar potenciómetro, con entrada y salida de aire, con cilindro para recirculación de agua fría y con sistema de agitación mecánica.

Este instrumento permitió mantener controlados factores como la agitación la cual tienen que estar presente en la mayoría de las etapas de elaboración, pero sobre todo en el fermentado. Se aplicó una velocidad de agitación de 400 rpm desde el inicio de la fermentación y hasta el día 2 de fermentación. Durante este periodo la agitación ayudó a desintegrar los componentes sólidos de mayor tamaño del medio de cultivo. A partir de entonces se fijó la velocidad en 200 rpm (García, 2018)

Para la aireación en el puerto para la salida de gases se acoplo un condensador para mantener constante el volumen del medio de cultivo y al final de la línea de salida se acoplo un filtro de algodón para garantizar la esterilidad del biorreactor. Durante la fermentación se eliminó la aireación para garantizar la fermentación anaerobia (García, 2018).

Con todo lo descrito anteriormente se permitió observar un proceso controlado que ayudo a los objetivos de los investigadores y que sin duda muestra la posible estandarización del proceso para elaboración del tesgüino.

3.8 Influencia de los utensilios.

Considerando que el proceso tradicional de elaboración de la bebida tiene diferentes etapas, por ende, intervienen diferentes utensilios, los cuales tienen una función en el proceso (Figura 18).



Figura 18. Utensilios en la elaboración de tesgüino (guari, olla de barro y guajes).

Fuente: Bustillos *et al*, 2020.

Uno de los primeros utensilios que se ocupan son las canastas mencionadas anteriormente para la etapa del germinado, estas ayudan a que se desarrolle el proceso de manera adecuada en las condiciones de obscuridad requeridas (Figura 19) (Fournier y Mondragón, 2012)



Figura 19. Germinación del maíz en canastas

Fuente: Bustillos *et al*, 2020.

Las tinajas varían de tamaño y en su función, unas son expuestas al fuego directamente, otras sirven como recipientes en donde se agregan diversos microorganismos para la fermentación mientras que otras vasijas son incrustadas en el piso. Estas últimas vasijas son los contenedores finales del líquido y en estas no se presenta la fermentación (Novillo y Esparza, 2017).

El tesgüino como se ha mencionado puede ser elaborado de diferente manera, teniendo como principal característica, en diversos contextos, el empleo de las vasijas de gran tamaño llamadas tinajas. Por ello es necesario tener un conjunto cerámico capaz de contener y servir para la preparación de la bebida.

Para la elaboración de la bebida se emplean ollas grandes (40-60 cm de alto), con capacidad para 30 L o más, con formas semejantes a un diamante, con base convexa, y con características que ayudan a su transportabilidad. De la misma forma, hay ollas medianas con capacidad para 5 o 30 L, morfológicamente similares a las ollas grandes, pese a ello pueden tener su base plana. Las ollas más antiguas (Figura 20) son apreciadas para los tarahumaras, ya que pueden servir mejor a la hora de la fermentación, por ende, son las únicas ollas que se prestan y se reparan según su grado de afectación (Lewenstein, 1995).



Figura 20. Olla tesgüinera.

Fuente: Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI), 2015.

Las ollas lo que tienen son los residuos de todas las fermentaciones previas y por ello es importante conocer la relevancia que tiene la costra que se encuentra en estas y es por eso por lo que se han realizado investigaciones, en donde se ha raspado el sedimento para posteriormente llevar a cabo las diluciones de ese sedimento y así obtener los microorganismos presentes (Bustillos *et al.*, 2020).

Por último, se utilizan cucharones hechos con guajes (Figura 21) para servir la bebida manteniéndola fresca y facilitando que la comunidad de los Tarahumaras puedan circularlo de mano en mano en sus tradicionales reuniones.



Figura 21. Cucharón utilizado para servir la bebida.

Fuente: Bustillos *et al*, 2020.

Como un proceso que no es contemplado para la elaboración del tesgüino tradicional y pensando en su elaboración para la venta comercial, se propone una pasteurización como se realiza en el caso de la cerveza. La Pasteurización del tesgüino consistiría en someter a la bebida a altas temperaturas durante un periodo de tiempo determinado, matando así bacterias y levaduras no deseadas, y también deteniendo los procesos de fermentación subsiguientes que pudieran reducir la calidad del producto final y darle un mal sabor además prolonga el tiempo en que puede ser conservada sin alteraciones.

Durante la elaboración del tesgüino, pasa por diferentes etapas como ya se explicó antes, necesarias para obtener una bebida óptima, sin embargo, las etapas que destacan en importancia por lo que aportan al producto final son: el germinado, la cocción y la fermentación, procesos en donde la temperatura, tipos de microorganismos y tiempo de fermentación son variables que determinan la composición nutricional y microbiológica de la bebida.

La germinación es de fundamental importancia porque de ella depende la calidad de la malta; por ser el proceso donde las proteínas se descomponen en aminoácidos y las paredes de las células en almidón y β -glucanos.

La cocción por estabilizar enzimática y microbiológicamente el mosto y buscar la coagulación de las proteínas, evaporar el agua necesaria para obtener la concentración deseada y la producción de color por caramelización de azúcares, formación de melanoidina y oxidación de taninos.

La fermentación de la bebida es un proceso espontáneo y llega a ser descontrolado, principalmente para el tipo tradicional; por lo tanto, las características sensoriales y

la calidad son variables importantes debido a que varios tipos de microorganismos están involucrados.

Estas tres etapas son en las que se debe poner mayor atención al buscar la estandarización del proceso que permita realizar la bebida a un nivel industrial, por ahora esto solo ha sido probado a un nivel laboratorio con equipamiento típico de un laboratorio como se mencionó en las etapas y al cual las condiciones son fáciles de manejar.

CAPITULO 4. MICROORGANISMOS EN LA BEBIDA TRADICIONAL TEGÜINO.

Ya que no hay una metodología estandarizada para la elaboración del tesgüino, su microflora varía de acuerdo con su preparación, al sustrato y el catalizador utilizado.

Algunos microorganismos que se desarrollan durante la fermentación del tesgüino son adquiridos de las materias primas con las que se elabora la bebida. Se adquieren del maíz, de los fortificantes, de los utensilios, del agua y del aire; aunque la principal fuente de inóculo en la fermentación del tesgüino es el material residual adherido a las paredes de las ollas tesgüíneas que permanece entre cada fermentación (Lappe y Ulloa, 1989).

4.1 Microorganismos encontrados en el maíz.

Los mohos que encontró Lappe (1988) en mayor porcentaje en el maíz fueron: *Eurotium rubrum*, *Fusarium moniliforme var. subglutinans*, *Penicillium echinulatum* y *Rhizopus arrhizus*, los que para el objetivo de su investigación fueron eliminados junto con otros microorganismos presentes en los granos durante la cocción de la malta. Sin embargo, el mencionarlos en su trabajo permite comenzar a identificar la variedad de microorganismos que la bebida presenta desde la materia prima principal.

- *Fusarium moniliforme var. subglutinans* fue el moho aislado en mayor porcentaje, tanto de la superficie como del interior de los granos de maíz utilizados en la elaboración del tesgüino. Es una variedad que se distingue de la especie típica por la presencia de polifialides. Es un hongo que frecuentemente ha sido aislado de cereales (maíz, sorgo y mijo) y productos fermentados africanos, que tiene la capacidad de producir micotoxinas zearalenona y moniliformina (Lappe, 1988).
- *Eurotium rubrum* fue otro de los mohos aislados en un porcentaje relativamente alto del interior de los granos. Este es un hongo de almacén que invade un maíz con humedad de 14.5 al 15%, y esta presencia indica que el grano utilizado en la investigación de Lappe (1988) estuvo almacenado algún tiempo.
- *Penicillium aurantiogriseum* es un moho que comúnmente se encuentra asociado a cosechas (en estado de maduración o en proceso de secado),

cereales y alimentos (Pitt,1979) En el trabajo de Lappe fue aislado en un porcentaje elevado como contaminante superficial de los granos.

- *Rhizopus arrhizus*, fue aislado en un alto porcentaje, como contaminante de la superficie de los granos. Es un hongo saprobio que se ha aislado predominantemente de suelos, de vegetales y frutos en estado de putrefacción, y de cereales, pero que además se ha empleado desde hace siglos en la elaboración de otras bebidas de diferentes partes del mundo por ejemplo junto con Mucorales y levaduras constituye la masa iniciadora de la fermentación de cerveza de arroz (Zycha *et al.*1969).

4.2 Microorganismos encontrados en el maíz germinado.

De la variedad de mohos presentes en los granos de maíz utilizados para la preparación del tescüino, solo *E. rubrum*, *F. moniliforme* var. *subglutinans* y *R. arrhizus* persistieron en el maíz remojado y malteado. De acuerdo con la investigación de Lappe (1989) esto se puede deber al incremento de la humedad de los granos durante el proceso de remojo y germinado, que favorece la presencia de especies relacionadas con contenidos de humedad elevados. Además de que durante el malteado de cualquier grano hay un aumento de temperatura, el cual también pudo haber influido en la persistencia de las especies de hongos (Lappe,1988).

Los géneros de bacterias que se identificaron en los granos remojados fueron *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, y en los granos malteados *Streptococcus*. Dichos géneros pertenecen a las bacterias lácticas, y han sido aislados de granos y malta de cereales como el mijo, sorgo y maíz empleados en la elaboración de cervezas africanas y mesoamericanas. Estos microorganismos desempeñan un papel importante en la acidificación de la malta, durante el cual el pH se reduce hasta los niveles requeridos para la actividad de las amilasas que son sintetizadas en la germinación y con esto se asegura una buena sacarificación del almidón y la obtención de azúcares fermentables (Lappe,1988).

4.3 Microorganismos encontrados en la molienda.

Lappe (1988) reportó que en la molienda del lote 1 solo se detectaron bacterias y el moho *F.moniliforme* var. *subglutinans*, mientras que en el segundo lote se detectaron además de bacterias, únicamente *Saccharomyces cerevisiae*.

No se encontró ninguno de los mohos previamente aislados en los granos de maíz, ni ninguno nuevo introducido durante la molienda de los granos. Sin embargo, esto no quiere decir que no se puedan encontrar otros, pero en menor cantidad que para su identificación sería necesario mayores disoluciones en las muestras (Lappe,1988).

4.4 Microorganismos encontrados en las ollas tesgüíneras.

De las especies de levaduras aisladas del tesgüino, *Brettanomyces intermedius*, *H. anomala* y *S.cerevisiae* fueron encontradas en el sedimento de la olla tesgüínera, por lo que esto constituye una fuente importante de inóculo para la fermentación.

Brettanomyces intermedius es una levadura fermentadora y oxidativa que se ha aislado de diversos sustratos relacionados con la industria vinícola y cervecera. También fue encontrada en la mezcla del atole de maíz con el catalizador, pero no en las siguientes fases de la fermentación, lo cual se adjudica a que esta es una levadura de crecimiento lento y poco competitiva por lo que en algún momento de la investigación de Lappe (1988) fue enmascarada por otras levaduras más competitivas.

Hansenula anomala es una levadura osmófila, formadora de película, que presenta un metabolismo fermentativo y oxidativo. Ha sido aislada de muy diferentes sustratos como cervezas tradicionales de África y de Asia, a las que proporciona por medio de ésteres sintetizados a partir del alcohol producido durante la fermentación, aroma y sabor característicos, y que, además, por la película que forma, les confiere cierta turbidez. Inicialmente como ya se mencionó fue aislada de la olla tesgüínera, pero esta levadura persistió a lo largo de todo el proceso fermentativo junto con *S. cerevisiae* (Lappe,1988).

Además de los organismos mencionados también de la olla se aislaron la levadura *Rhodotorula ru*, de metabolismo oxidativo, que ha sido encontrada predominantemente en ambientes marinos (también ha sido encontrada en cervezas), y los mohos *P.aurantiogriseum* (que ya se había encontrado en el maíz y en el catalizador empleados en la elaboración de la bebida) y los mohos *P. roquefortii*, que es un organismo ampliamente distribuido, de rápido crecimiento a bajas temperaturas, y causante del biodeterioro de alimentos refrigerados. tanto esta levadura como los dos *Peniciliums* ya no se presentaron en las siguientes etapas del proceso (Lappe,1988).

4.5 Microorganismos encontrados en la cocción.

Durante la cocción se eliminan todos los microorganismos presentes en el sustrato, se lleva a cabo una gelatinización parcial del almidón y se inactivan las amilasas sintetizadas durante la germinación del maíz. Se obtiene así el atole amarillento constituido primordialmente por almidón gelatinizado, que confiere al atole viscosidad, cuerpo y consistencia cremosa y que mantiene en suspensión los gránulos de almidón no gelatinizados y los residuos de los granos malteados (Lappe,1988).

Los microorganismos detectados después de la cocción, filtrado y enfriado son bacterias homo y heterolácticas, incrementando sus poblaciones paulatinamente

Lappe (1988) reporta este incremento hasta una fermentación de 36 h, transcurrido este tiempo comienzan a decrecer.

Estos microorganismos producen ácido láctico y acético los que dan al tesgüino su característico sabor ligeramente ácido y refrescante. Se han aislado abundantes especies de levaduras productoras de etanol entre las que destacan *Candida guilliermondii*, *Hansenula anomala*, *S. cerevisiae*, y *S. kluyveri*; otras levaduras producen esteroides los cuales contribuyen a la turbidez, aroma y sabor. La producción del tesgüino es una fermentación alcohólica- láctica, seguida de otra alcohólica - acética (Paredes *et al.*, 2006)

4.6 Microorganismos encontrados en la fermentación y el catalizador.

Las Bacterias ácido-lácticas (BAL), Bacterias ácido-acéticas (BAA) y las levaduras regulan el proceso de fermentación. Se han aislado algunos microorganismos, como *Cryptococcus spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Leuconostoc spp.*, *Streptococcus spp.*, *S. cerevisiae*, *Candida guilliermondii* y *Saccharomyces kluyveri*. El aislamiento de *Pantoea anthophila* mostró su capacidad para producir galactooligosacáridos (GOS), que han mostrado actividad prebiótica en ensayos clínicos (Yañez *et al.*, 2017; Plata *et al.*, 2017).

Curiosamente, las antofilas de *Pantoea* aislados de esta bebida pueden sintetizar varios tipos de galactooligosacáridos que pueden usarse como nuevos prebióticos (Yañez *et al.*, 2017).

Candida guilliermondii, *H. anomala* y *S. cerevisiae* fueron las especies que, junto con *Saccharomyces kluyveri* persistieron durante la fermentación, y cuyas poblaciones incrementaron lentamente. Sin embargo, en la parte final de la fermentación las poblaciones de *H. anomala* y *S. kluyveri* decrecieron, la de *Candida guilliermondii* mantuvo un incremento lento, y la de *S. cerevisiae* continuo aumentando hasta predominar, como especie única en las etapas más avanzadas de la fermentación

Del catalizador únicamente en la investigación de Lappe (1988), se aisló *C. guilliermondii*, por lo que se piensa que más que una fuente de inóculo, desempeña otra función en la fermentación activa de la bebida, ya sea como fuente de enzimas, fenilaminas o factores de crecimiento.

Candida guilliermondii, también conocida como *Pichia guilliermondii* o *Meyerozyma guilliermondii*, es una levadura ascomicete ampliamente distribuida en el medio ambiente natural, es de fácil aislamiento a partir de frutas y bayas, con alto contenido de azúcar. A esta levadura se le atribuyen varias propiedades que le hacen ser de interés biotecnológico, por ejemplo, para control biológico, para la bioconversión de xilosa en xilitol a partir de hidrolizados hemicelulósicos, como fuente de energía. Así mismo, *C. guilliermondii* es una fuente prometedora de enzimas, por ejemplo,

inulinasa (recientemente se ha reportado que como oligofruktosa son rápidas y totalmente fermentadas por la microflora intestinal, siendo por tanto un “prebiótico”) y glutaminasa (cataliza reacciones clave para el desarrollo de los organismos), así como generación de aromas y su importancia clínica en la sobreproducción de riboflavina (RF, vitamina B2). Además, tiene potencial para ser utilizada en un proceso de fermentación en estado sólido para obtener biomasa proteica para consumo humano y animal (Rosales *et al.*,2017).

4.7 Microorganismos encontrados en la bebida terminada.

Varias cepas de bacterias, levaduras y hongos han sido aisladas del tesgüino, estos incluyen a *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Sacharomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Hansenula*, *Brettanomyces*, *Pichia*, *Geotrichum* y *Penicillum* (Lappe, *et al.* ,1987).

Herrera (2007) menciona que la fermentación ocurre durante varias horas o días y se consume sin otro tratamiento adicional, de manera que contiene todos los microorganismos de la fermentación en plena actividad. Las bacterias que reporta se desarrollan en el tesgüino son diversas especies de los géneros *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Pediococcus*. Las levaduras más frecuentes son *Saccharomyces cerevisiae*, *S. kluyveri*, *Pichia membranaefasciens*, *Hansenula anómala*, *Cryptococcus albidus*, *Brettanomyces intermedius*, *Candida guilliermondii* y otras especies del mismo género *Candida*.

Guerra *et al.* (2009) observaron en sus muestras de tejuino artesanal una gran variedad de flora microbiana y constataron con pruebas bioquímicas la presencia de bacterias fecales (*Salmonella*, *E. coli* y *Shigella*), consideradas no deseables. Así mismo, encontraron en el tejuino al *Asperlus*, *Penicillum*, *Saccharomyces spp*, *Candida guilliermondii*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus acidophilus* y *Leuconostoc mesenteroides*. Consideraron que la levadura *S. cerevisiae* es la responsable de la producción de etanol durante la fermentación, mientras que el *Lactobacillus* es responsable de la producción de ácido acético y *Leuconostoc mesenteroides* produce un polímero llamado dextrana responsable de la viscosidad característica de la bebida.

Herrera y Ulloa (1973), señalan que *Saccharomyces cerevisiae* fue el primer microorganismo identificado en tesgüino, y según lo hallado por los autores, uno de los más importantes por su identificación en dos muestras recolectadas de diferentes lugares. Ulloa *et al.* (1977) identificaron una segunda cepa de *Saccharomyces* (*S. uvarum*). En esta investigación, el tesgüino analizado se preparó con granos de maíz tostados en lugar de germinados. La presencia de *S. uvarum* se asoció con *S. cerevisiae* ya que se consideró que derivaba de ella.

Es importante señalar que, aunque la *S. cerevisiae* se encuentra presente en la mayoría de las investigaciones en las muestras aisladas de tesgüino que se han realizado no se debe considerar como la única que influye en la fermentación de esta bebida ya que como se ha presentado en esta sección han interactuado con otras levaduras fermentadoras que también desarrollan un papel importante en la elaboración de cervezas.

Rubio *et al* (2021) en su investigación reportan que las principales levaduras identificadas fueron *Pichia occidentalis* y *Pichia kudriavzevii* para el Tejuino comercial, y *Saccharomyces cerevisiae* para las muestras de Tejuino artesanal. Por otro lado, en la identificación de BAL, las bacterias predominantes identificadas fueron *Limosilactobacillus fermentum* (cinco cepas) y *Lactiplantibacillus plantarum* (tres cepas) para Tejuino comercial y artesanal. *Enterococcus durans* (cinco cepas) para Tejuino comercial y dos cepas para Tejuino artesanal, *Enterococcus faecium* y *Staphylococcus warneri* (dos cepas) para Tejuino comercial, y *Lactococcus lactis* para Tejuino artesanal.

También evaluaron la calidad microbiana en el tejuino artesanal y comercial. En general, las muestras artesanales mostraron las concentraciones más altas para todos los tipos de microorganismos evaluados (*Lactobacillus spp.*, *Lactococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, mohos, levaduras, bacterias aerobias mesófilas y bacterias coliformes totales). Solo las bacterias coliformes totales estuvieron ausentes en todas las muestras. Todas las concentraciones de células fueron diferentes entre las muestras, pero más altas para las bebidas artesanales (Rubio *et al.*, 2021).

En cuanto a compuestos nocivos o microorganismos patógenos exceptuando el contenido de alcohol, el cual no es muy alto, aunque depende del tiempo de fermentación, no hay evidencia de que el tesgüino sea una bebida tóxica.

En la Tabla 3 se muestran los microorganismos presentes en el tesgüino en algunas investigaciones junto con los autores que los han reportado.

Las investigaciones de bebidas fermentadas en específico del tesguino mencionan la participación de una gran cantidad de microorganismos, los cuales desempeñan diferentes reacciones a lo largo del proceso. Si bien la más reconocida en los procesos de elaboración de bebidas alcohólicas es *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación intervienen no solo levaduras del género *Saccharomyces*, sino que existen otros géneros de levaduras que también participan en los procesos fermentativos, y rara vez son tomados en cuenta, estas son las levaduras denominadas no-*Saccharomyces*.

El tesgüino al ser una bebida elaborada de manera tradicional y al no tener un control tan estricto desarrolla un proceso de fermentación espontánea, mediado principalmente por levaduras no-*Saccharomyces*, como las que se han logrado

encontrar en las investigaciones. De las cuales se podría decir, de manera general, que los microorganismos que destacan en importancia son: *S. cerevisiae* por ser la responsable de la producción de etanol, *Leuconostoc mesenteroides* por producir compuestos que favorecen a la obtención de la viscosidad característica de la bebida y *Lactobacillus* es responsable de la producción de ácido acético el cual ayuda como componente sensorial, añadiéndole sabor a la bebida.

Tabla 3. Microorganismos encontrados en el tesgüino.

Microorganismo	Reportado por:
Bacterias	
<i>Bacillus megaterium</i>	En el tesgüino preparado con jugo de <i>Agave sp.</i> , y en el tesgüino de Chihuahua (Ulloa <i>et al.</i> 1974)
<i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Leuconostoc sp.</i> , <i>Pediococcus sp</i> y <i>Streptococcus sp.</i>	Lappe y Ulloa 1989
Levaduras	
<i>Brettanomyces intermedius</i>	Lappe y Ulloa 1989
<i>Candida guilliermondii</i>	Langeron y Guerra Lappe y Ulloa 1989
<i>Cryptococcus albidus</i> (Saito) var <i>Abidus</i>	Lappe y Ulloa 1989
<i>Hansenula anomala</i>	H y P. Sidow Lappe y Ulloa, 1989
<i>Rhodotorula rubra</i>	Lappe y Ulloa 1989
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Herrera y Ulloa, 1973 Lappe y Ulloa 1989
<i>Saccharomyces kluyveri</i>	Miller y Shifrine 1956
<i>Saccharomyces uvarum</i>	Ulloa <i>et al.</i> , 1977. Ulloa <i>et al.</i> , 1987.
<i>Pichia membranaefaciens</i> , y su forma asexual: <i>Candida valida</i>	Herrera y Ulloa, 1973 Ulloa <i>et al</i> 1987

Fuente: Godoy *et al*, 2003.

De manera particular en los microorganismos que se encuentran en el maíz la mayor parte proviene de la cosecha o de su almacenamiento y perduran para la etapa de germinación por las condiciones que se manejan, así como algunos llegan incluso a la etapa de molienda en donde aparecen otros microorganismos como el importante *Saccharomyces cerevisiae* que a partir de esta etapa, se encuentra hasta el final del proceso, destacando su rol en la fermentación del tesgüino inclusive encontrándose en la olla tesgüinera junto con *Brettanomyces intermedius*, todas siendo levaduras fermentadoras oxidativas. Sin embargo, por ser poco

competitivas son opacadas por otras, manteniendo su presencia *S. cerevisiae*. Las últimas etapas son las que se han reportado mayor presencia de microorganismos sobre todo en la fermentación por el agregado del catalizador que presenta microorganismos como *Candida guilliermondii* conocida por su control biológico y aparecen *Lactobacillus*, y *Leuconostoc*, que como se mencionó en general son las más importantes por sus aportes a la bebida final.

CAPITULO 5. PROPIEDADES NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DEL TEGÜINO.

Los vinos y cervezas primitivos, como lo es el tescüino o el kafir africano son generalmente turbios, debido a que contienen partículas del sustrato de fermentación, células de levaduras junto con el alcohol y vitaminas del complejo B, de tal manera que son muy nutritivos y ricos en energía.

El consumo de alimentos fermentados está íntimamente relacionado con los beneficios de promoción de la salud, que son conferidos por los microorganismos implicados, principalmente bacterias del ácido láctico (BAL) con funcionalidad probiótica. Los probióticos son microorganismos vivos, viables y bien definidos, que en cantidades específicas y cuando se complementan con la dieta, confieren un impacto beneficioso en la salud del huésped, como consecuencia de su desarrollo en el tracto intestinal (Romero, *et al.*, 2017).

Los probióticos estimulan las funciones protectoras del sistema digestivo y se conocen como bioterapéuticos, bioprotectores y bioprolácticos. Pueden ser bacterias gramnegativas o grampositivas y se clasifican principalmente en dos géneros: *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. El papel de los probióticos y prebióticos en la salud humana ha generado grandes expectativas en la modulación de la microbiota intestinal con el fin de superar la disbiosis asociada a problemas de salud (Peret *et al.*, 1998).

Se han demostrado varias funcionalidades de los prebióticos y probióticos, como su capacidad para competir contra bacterias patógenas, además de proporcionar un factor inmunomodulador en la homeostasis del huésped. También hay informes del uso de probióticos en tratamientos clínicos como la prevención y el tratamiento de la diarrea, ambas causadas por bacterias y virus patógenos. Otros estudios probióticos informan sobre la prevención y el tratamiento de infecciones extraintestinales, incluidas las infecciones respiratorias, otorrinolaringológicas y genitourinarias (Pérez y Cardoso, 2020)

En general, la microbiota endógena como BAL y levaduras en bebidas fermentadas pueden contribuir a su conservación, brindar efectos beneficiosos y tener un papel importante en las características sensoriales. En este sentido, los BAL modifican el contenido de carbohidratos del maíz y participan en la transformación de fracciones

de hemicelulosa en ácido láctico, sintetizan aminoácidos y mejoran la disponibilidad de vitaminas B, degradan anti nutrientes y aumentan la disponibilidad de hierro, zinc y calcio.

Fue reportado que el proceso de germinación mejora la calidad nutricional del maíz, reduce los efectos anti nutricionales e induce diversos cambios en la composición y estructura química de los compuestos bioactivos (Rubio *et al.*, 2021).

El maíz es ante todo una fuente de energía; tiene muy pocas proteínas y vitaminas. La porción seca del grano consta aproximadamente de 77% de almidón y 2% de azúcar, 9% de proteínas, 5% de materias grasas, 5% de pentosanas y 2% de cenizas. El contenido de proteínas y grasas varía mucho según la clase de maíz, oscilando en el caso de las proteínas entre 5 y 15%. Unas 3/4 partes del total de sustancias minerales están concentradas en el embrión, distribuyéndose el resto en el endospermo exterior. El maíz es muy pobre en calcio, pero, al igual que otros cereales, es sumamente rico en fósforo y potasio. Su contenido en magnesio y sodio es muy pequeño; en cambio, se encuentran en el grano importantes cantidades de hierro (Berger, 1962).

Se ha informado que los compuestos de antocianina y fenólicos se reducen en la masa de maíz después de hervir, debido a las altas temperaturas. Nava (2009) determinó las concentraciones de polifenoles y antocianinas en el tesgüino, informando que los polifenoles, expresados como unidades de ácido gálico, se redujeron entre un 42 y un 54% durante la ebullición, aumentando ligeramente después de la fermentación hasta un 74%. El ácido ferúlico tiene un patrón similar al de los polifenoles durante la cocción, pero después de la fermentación, los niveles aumentan radicalmente. Finalmente, las antocianinas se redujeron drásticamente durante la ebullición, en un 80%, en la producción de tesgüino.

En general, estos procesos podrían jugar un papel vital en la mejora del contenido nutricional de los productos de maíz fermentado-germinado, como el tesgüino, ya que estudios han informado que la combinación de la germinación y la fermentación en el proceso puede causar un aumento en las propiedades sensoriales y el valor nutricional.

Durante la germinación, el almidón, la fibra y las proteínas que se encuentran en el maíz son hidrolizados por enzimas endógenas. En consecuencia, los ácidos benzoicos libres, como el ácido vainílico, el ácido siríngico, el ácido protocatechico, el ácido cafeico, el ácido p-cumárico, el ácido ferúlico y el ácido sinápico, los flavonoides libres, como la catequina y la epicatequina, y los flavonoides unidos, como el kaempferol y la quercetina. 3-O-galactósido, compuestos fenólicos, aminoácidos esenciales, como lisina, metionina, fenilalanina y triptófano, vitaminas,

como riboflavina, tiamina, ascórbico y ácido fólico pueden mejorarse (Rubio *et al.*, 2021).

La fermentación es el último paso para la producción de Tescüino, y puede realizarse por horas o incluso días lo que modifica significativamente la actividad de la microbiota endógena sobre las diferentes reacciones bioquímicas, las cuales tienen un papel importante en la mejora del valor nutricional y la liberación de compuestos potencialmente bioactivos. Así que, durante la fermentación se puede mejorar la disponibilidad de lisina, metionina y triptófano, Además, las proteínas del maíz son hidrolizadas por las enzimas de la microbiota endógena; mejorando así la calidad nutricional de las proteínas del maíz (Rubio *et al.*, 2021).

Además, el proceso de germinación y fermentación del maíz ha demostrado presentar una actividad antioxidante significativamente mayor y un mayor contenido de ácido gamma aminobutírico que el maíz crudo (Rubio, *et al.* 2021).

No hay efectos funcionales del tescüino descritos en humanos; sin embargo, los estudios *in vitro* muestran que bacterias aisladas como *Weissella cibaria* y *L. citreum* podrían potencialmente usarse como probióticos e inhiben las bacterias patógenas. También se ha observado que *L. citreum* mejora la colonización de bacterias beneficiosas en el tracto digestivo (Silva *et al.*, 2017). La principal limitación de utilizar tescüino como alimento funcional es el contenido de alcohol, ya que en exceso provocaría intoxicación por alcohol; sin embargo, la presencia de bacterias, levaduras y algunas moléculas biológicas podría hacer que se considere una bebida con importancia nutracéutica.

Massieu *et al.* (1958) realizaron el análisis bromatológico de 190 muestras de alimentos y bebidas mexicanos; para el tescüino registraron los constituyentes presentados en la Tabla 4.

Tabla 4. Componentes reportados en el tescüino

Componente	Cantidad (%)
<i>Humedad</i>	73.9
<i>Proteínas</i>	2.0
<i>Extracto etéreo</i>	0.26
<i>Fibra cruda</i>	0.21
<i>Hierro</i>	2.52
<i>Tiamina</i>	0.03
<i>Riboflavina</i>	0.03
<i>Niacina</i>	0.29

Fuente: Massieu *et al.*,1958.

Otros datos son la composición química de la bebida en las diferentes etapas de su elaboración reportados por Lappe y Ulloa (1989), estos valores los presentaron en porcentajes en base húmeda y se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Composición química del tesgüino en las etapas de elaboración.

Muestra	Humedad (%)	Sólidos Totales (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Niacina mg/100mL
Suspensión de maíz germinado y cocido	83.8	16.2	10.37	0.23	0.75	0.76
Atole cocido y colado	81.0	19.0	8.75	0.27	0.61	0.43
Tesgüino de 24h de fermentación	87.6	14.2	7.38	0.22	0.29	0.24
Tesgüino de 36h de fermentación	89.8	10.2	6.88	0.16	0.69	0.35
Tesgüino de 50h de fermentación	90.4	9.60	7.94	0.15	0.41	0.30

Fuente: Lappe y Ulloa, 1988.

Aparentemente no se muestran cambios significativos en cuanto al contenido de proteínas, sin embargo, referente al contenido de proteínas en el grano de maíz el valor es similar a lo reportado (10.3) por Paredes *et al*, (2006) quienes mencionan que el valor nutricional del tesgüino es superior al de las materias primas utilizadas en su elaboración en virtud en el incremento de proteína y ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico.

Rubio *et al* (2021) reportaron como composición química del tejuino artesanal (tesgüino) lo siguiente:

Las muestras artesanales presentaron una humedad entre 89.73–92.66%, los sólidos totales fueron de 7.34 a 10.28%. El contenido de proteína se reportó entre 16.50-27.05% mostrando una diferencia de 7.3 veces mayor en comparación de las muestras comerciales. Por otro lado, el contenido de grasa fue de 5.67-9.01%, la ceniza fue 3.78-7.24% y CHOS con una media de 62.48%.

En general una de las principales cualidades que las culturas le atribuyen al tesgüino es la de ser una opción para consumir cuando se presentan malestares e

infecciones estomacales, esta utilización se puede respaldar en las diversas investigaciones realizadas, las cuales explican que debido a los procesos por los que pasa como la germinación y fermentación que ya se mencionaron anteriormente. La bebida se convierte en un potente probiótico natural, demostrado su amplio potencial para mostrar funcionalidades como la actividad probiótica que ejerce LAB, las actividades bacteriostáticas y bactericidas de microorganismos aislados contra bacterias patógenas.

Otro de los beneficios del tesgüino es que su elaboración es a base de maíz, una materia prima con alto contenido en nutrientes que de acuerdo a las investigaciones de las bebidas fermentadas tradicionales a base de maíz, al ser fermentado por microorganismos y la presencia de algunas enzimas endógenas (por ejemplo, amilasas, proteasas y fitasas) reduce su contenido de carbohidratos así como mejora la biodisponibilidad de las vitaminas B y puede aportar beneficios en la adquisición de nutrientes esenciales (proteínas, grasas, vitaminas y minerales) presentando así la bebida final mejoras en las propiedades nutricionales.

En las investigaciones del tesgüino se supone el aumento de proteínas en la bebida final en comparación con la materia prima, sin embargo, los datos obtenidos no lo demuestran o solo en algunos casos. Se puede asegurar con las investigaciones de Rubio *et al*, (2021) e incluso de Lappe (1988) que el nivel de proteínas aumenta con el tiempo que se deje la bebida en la etapa de fermentación.

En general con base en lo antes mencionado sobre la adquisición de nutrientes en el proceso y la presencia de microorganismos BAL, se podría decir que el tesgüino es una bebida con una gran cantidad de nutrimentos, así como una bebida con función en problemas estomacales por dichos microorganismos. Lo último no se ha comprobado solo se supone, ya que se ha encontrado la presencia de microorganismos en algunas otras bebidas fermentadas e incluso a base de maíz. Sin embargo, no se ha llevado a cabo en específico para el tesgüino por lo que podría ser un tema de gran importancia de estudio ya que la información disponible sobre las propiedades funcionales para la bebida no ha sido reportada en los últimos años.

CAPITULO 6. AVANCES EN LA ESTANDARIZACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL TEGÜINO.

Como se mencionó al inicio de este trabajo, el consumo del tesgüino se adjudica a determinados grupos indígenas y su producción, y está relacionado con las tradiciones culturales que han permanecido desde tiempos pasados y a la organización social que estos manejan. Por lo que la producción de esta bebida forma parte de la identidad de estos grupos que lo consumen. Debido a esta importancia se considera valioso realizar estandarizaciones a este proceso tradicional que permita convertirlo en un proceso posible a nivel industrial.

En la investigación realizada por García (2018) se tuvo como objetivo establecer las condiciones técnicas y microbiológicas en la elaboración del tesgüino utilizando un fermentador de bajo volumen (Biorreactor). Para esto se establecieron condiciones desde la preparación del medio de cultivo, configuración del biorreactor, esterilización, agitación, control de temperatura, aireación, y hasta la preparación del inóculo e inoculación.

Se utilizó un fermentador con un volumen de trabajo de 2 L, se controló el pH adaptando al fermentador un potenciómetro, se empleó un sistema de agitación mecánica con controlador aplicando una velocidad de agitación de 400 rpm desde el inicio de la fermentación hasta el día 2 y a partir de entonces se fijó una velocidad de 200 rpm. Durante la fermentación se eliminó la aireación para garantizar la fermentación anaerobia. Desde el inicio hasta el final de la fermentación se fijó una temperatura de 30°C.

Las condiciones del germinado fueron: un remojo de 24 h, escurrir los granos y mantener las condiciones de oscuridad durante 6 días a una temperatura de 25°C. La cepa de levadura utilizada fue *Saccharomyces spp.*

La semilla de fermentación se realizó sembrando la cepa en 100 mL de medio extracto de levadura por 48 h a 29°C con una agitación de 100 rpm y luego se realizó la inoculación de 1×10^6 levaduras por mililitro de medio de cultivo.

Todo se coloca en el fermentador por los puertos indicados y esta fermentación se realizó por 18 días.

El desarrollo de esta investigación abre las posibilidades de poder obtener mayores avances con respecto a la industrialización de esta bebida que ha sido preparada por generaciones de pobladores del norte del país. Llevarlo a una elaboración procesada permitiría darle presencia a nivel nacional e incluso internacional haciéndolo más accesible a los consumidores, por ello el establecer condiciones en su elaboración permitirá mantener un mejor control en las etapas de proceso obteniendo un producto final con las mismas características que la tradicional.

Con las condiciones establecidas en el trabajo se logró la elaboración de la bebida tesgüino a nivel laboratorio dejando las bases para poder desarrollar la bebida a nivel industrial, ya que, en su investigación los datos reportados fueron adecuados a lo establecido en la teoría existente de la bebida, la levadura, la fermentación y es aceptada por los consumidores.

Para mejorar la funcionalidad de tesgüino y optimizar las condiciones de germinación, Nava (2009) informó del uso de maíz azul para su producción teniendo como objetivo desarrollar un tesgüino con alto contenido de antocianinas mediante la evaluación de las condiciones de germinación del maíz utilizado. Los factores probados incluyeron el tiempo de remojo, la cantidad de agua de remojo, el tiempo

de germinación y la temperatura. Las condiciones óptimas de germinación resultaron en 24 h, 200 mL de agua, 96 h y 25°C, respectivamente.

Nava (2009) realizó la experimentación en un laboratorio siguiendo las etapas de Lappe y Ulloa (1989), Se tomó como base la preparación tradicional del producto, a este proceso básico, se le modificaron algunos parámetros de tal forma que se le asignaron los valores correspondientes a las condiciones de germinación encontradas previamente en la investigación y establecidas como las más adecuadas para obtener mayor rendimiento, se limitó la flora bacteriana a solo dos (*Lactobacillus plantarum* y *Saccharomyces cerevisiae*) y se estableció la temperatura de fermentación a 30°C, esto debido a que se observó que en condiciones de experimentación el primer microorganismo no crece a temperaturas menores y *Saccharomyces cerevisiae* no resiste temperaturas superiores a 34°C. Las temperaturas y humedades varían de acuerdo con el lugar en el que se realizó el proceso, al inicio se tomaron en cuenta estos valores, pero fueron ajustados para estandarizar el proceso. Para tener un control a lo largo de la experimentación en las diferentes etapas de la elaboración se tomó registro de la humedad y temperatura del ambiente y del sustrato.

La razón de estandarizar de esa forma el proceso, fue mantener constantes las condiciones de la experimentación.

Si bien no se han realizado mayores experimentaciones para establecer una base que permita llevar la bebida a niveles de industrialización, si se ha buscado agregarle diferentes materias primas como lo hicieron Cejudo *et al*, (2019), quienes en ese proyecto desarrollaron una bebida alcohólica a base de maíz agregándole sabor a naranja, comenzando desde la formulación, desarrollado a nivel laboratorio llevando a cabo la fermentación en biorreactores y realizándole las pruebas de cantidad de azúcares reductores, porcentaje de etanol, cantidad de biomasa y la caracterización fisicoquímica (°Brix, pH y acidez) al producto final; obtuvieron una bebida con características que cumplen con la norma NOM-199-SCFI-2017, como producto inocuo para consumo humano.

Incluso los investigadores que han realizado la bebida con la finalidad de estudiar los microorganismos y su cinética de crecimiento han tomado como base el proceso artesanal, pero en un laboratorio con materiales y métodos científicos por lo que de alguna manera estas investigaciones permiten ver que es posible pasar de etapas tradicionales a industriales.

CONCLUSIONES

El tipo de maíz que se selecciona para llevar a cabo la elaboración de la bebida sí influye en los atributos sensoriales característicos del tesgüino como el dulzor en el sabor, el color y la consistencia.

La preparación del tesgüino al ser un proceso tradicional no tiene un control estricto y depende del lugar y personas que lo elaboran, sin embargo, se pueden identificar como puntos críticos las etapas de germinación, cocción y fermentación; y se debe prestar atención a las condiciones que favorecen el desarrollo óptimo del tesgüino; como el tiempo, cantidad de agua y temperatura en la germinación; así como tiempo y temperatura tanto en cocción como en fermentación.

Los microorganismos involucrados en la elaboración del tesgüino son una gran variedad y depende del lugar donde se realiza (tipo de maíz, tesgüinera, persona que elabora, etcétera) pero los que destacan y coinciden en las diferentes investigaciones existentes son: *Saccharomyces cerevisiae*, *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus*, porque todos ellos cumplen una función determinante para el proceso y obtención del tesgüino.

La bebida final cuenta con la presencia de Bacterias Ácido-Lácticas que funcionan como probióticos y diferentes nutrimentos principalmente proteínas, haciendo del tesgüino una bebida con buen aporte nutrimental. Si bien, contiene alcohol, la cantidad normalmente es muy baja y permite su consumo sin riesgo.

El tesgüino al ser una bebida representativa de las culturas del norte del país hace que se encuentre disponible en pocos sitios, es por ello que se recomienda desarrollarla para su venta comercial, es decir, estandarizar el proceso tradicional y realizarlo bajo un sistema controlado en las etapas de mayor importancia para lograr la obtención de un producto final con características similares siempre.

Como futuras líneas de investigación están resumidos aquellos aspectos que resultaron ser potencialmente interesantes para desarrollar en trabajos complementarios

- En el país se debe fomentar la investigación enfocada al aislamiento de las cepas con actividad probiótica y a partir de ellas, elaborar alimentos propios de nuestra región con un alto valor nutricional y de fácil acceso para la población con niveles de desnutrición.
- Es necesario investigar la acción de los microorganismos principales presentes como probióticos y prebióticos con su relación en los efectos benéficos a la salud.
- Las moléculas más abundantes en la bebida y su relación con las propiedades organolépticas y benéficas que le otorgan a las bebidas fermentadas (Los polifenoles, ácido gálico y ferúlico, antocianinas y saponinas)

REFERENCIAS

Arjona, P. (2018). Reseña del ensayo reciprocidad y vida social Tarahumara. El complejo tesguino y los grupos del sur de la tierra, de Eduardo R Saucedo Sánchez de Tagle. Coordinación Nacional de Antropología (INAH).

Berger, J. 1962. Maize production and the manuring of maize. Geneva, Centre de Estude de l'Azote, pp. 161, 180, 183, 185, 195, 298-300.

Brumfiel M. (1992). Distinguished Lecture in Archaeology: Breaking and Entering the Ecosystem-Gender, Class, and Faction Steal the Show. *American Anthropologist*, New Series 94 (3), 551-567.

Bustillo, M., Sandoval, J., Castillo, G., Parra, M. y Rivas, C. (Directores & productores). (2020). El tesguino, bebida ancestral rarámuri. [Documental] Biodiversidad Mexicana. Chihuahua, México.

Caplice, E., Fitzgerald, G. (1999). Food fermentations: role of microorganism in food production and preservation. *Int. J. Food Microb*,50. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160599000823?via%3Dihub>

Carballo, C., 2000. Manual de procedimientos para germinar granos para alimentación animal. Recuperado de <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm#7>

Castañeda, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea Mays L*) Temas selectos de ingeniería en alimentos. Vol. 2(5). Recuperado de [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5\(2\)-Castaneda-Sanchez-2011.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5(2)-Castaneda-Sanchez-2011.pdf)

Cejudo, R., Balderas, E., Contreras, A., Domínguez, M., Suárez, C., Zamora, A. y Bravo, H. (2019). Elaboración de una bebida alcohólica tipo tesguino con maíz (*zea mayz*) y naranja (*Citrus sinensis*). *Revista Tecnológica Agrobioalimentaria* Vol. 3 Num.1.

CONABIO. (2010). Biodiversidad Mexicana. Diversidad Natural y Cultural. Maíces: Azul. Recuperado el 20 de mayo de 2021 de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-SChihuahua/Azul>

CONABIO. (2020). Maíces. Recuperado de <https://biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>

CONABIO. (2021). *Zea mays ssp. Mexicana*. Ficha informativa. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/zea-mays-mexicana/fichas/ficha.htm>

Cortez, A. y Wild C. 1972. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. En Bressani, R., Braham, J. y Béhar, M. eds. Mejoramiento nutricional del maíz: Pub. INCAP, pág. 90-106. Guatemala.

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

Eram, M y Ma, K. (2013). Decarboxylation of pyruvate to acetaldehyde for ethanol production by hyperthermophiles. *Biomolecules*, 3(3), 578-596. DOI 10.3390/biom3030578

Fournier P y Mondragón L. (2012) Las bebidas mexicanas. Pulque, mezcal y tesgüino”, *Arqueología Mexicana* núm. 114, pp. 53-59.

García, D. (2018). Desarrollo de un protocolo para la elaboración de una bebida tipo tesgüino en un reactor de bajo volumen de trabajo. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. Biblioteca digital UNAM.

García G. (2020). Curso de elaboración de cerveza. Proceso de molienda de malta para cerveza artesanal. Levabeer. Recuperado de <https://levabeer.com/proceso-de-molienda-de-malta-para-cerveza-artesanal/>

Godoy, A., Herrera, T., Ulloa, M. (2003). Más allá del pulque y el tepache. Las bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México.

Guerra, S, *et al.* (21-26 de junio de 2009). Aislamiento e identificación de microorganismos nativos en la fermentación de tejuino artesanal. Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras. Universidad de Guadalajara, México.

Haro, J. (s.f). Las virtudes del papache, una planta alicamento de México. Centro de Estudios en Salud y Sociedad. El Colegio de Sonora. Recuperado de <https://www.colson.edu.mx/coldetalle.aspx?cx=3339>

Herrera, T. (2007). Los hongos en la cultura mexicana: Bebidas y alimentos tradicionales fermentados, hongos alucinógenos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Herrera, T., Ulloa, M. (1973). Descripción de dos nuevas especies de bacterias aisladas del pozol: *Agrobacterium azotophilum* y *Achromobacter pozolis*. *Rev. lat-amer. Microbiol.* 14:15-24.

Instituto Nacional De Los Pueblos Indígenas. (2015). Recuperado de <https://www.gob.mx/inpi>

Irigoyen, R. y Paredes, A. (2015). Tarahumara Medicine. Ethnobotany and Healing among the raramuri of México. *Recovering Languages & Literacies of the Americas*.

- Jiménez, J. (2010). *Muestra de mazorcas de la raza cristalino de Chihuahua* [Fotografía]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Kähkönen, Marja; Anu I. Copia and Marina Heinonen. 2001. Berry phenolics and their Antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49, 4076 – 4082.
- Landa, G y Pacheco, M. (2020). *Cesto o guari tarahumara*. [Fotografía]. Barranca del cobre, Chihuahua. Museo Nacional de Antropología.
- Lappe, P. (1988). Estudios técnicos, microbianos y químicos del tesgüino Tarahumara. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Biblioteca digital UNAM.
- Lappe, P., Ulloa, M. y Herrera, T. (1987). Fermentaciones tradicionales indígenas de México. N6. México, DF. Instituto Nacional Indigenista.
- Lappe, P, Ulloa, M. (1989). Estudios étnicos, microbianos y químicos del Tesgüino Tarahumara. (1er ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lewenstein, S. (1995). La cerámica actual y la cerámica arqueológica de la Sierra Tarahumara. En *Arqueología del Occidente y Norte de México*, El Colegio de Michoacán, pp. 161-176, México.
- López. (1970). *Ceremonia de tesgüinada*. [Fotografía]. Colección Nacho López. Fototeca Nacional INAH.
- Martínez J. (2010). *Muestra de mazorcas de la raza Apachito*. [Fotografía]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- Martínez J. (2010). *Muestra de mazorcas de la raza Azul*. [Fotografía]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Massieu H., Cravioto, Y., Guzmán, G. y Suarez M. (1958). Contribución adicional al estudio de la composición de alimentos mexicanos. *Ciencia, México* 19: 53-66.
- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M., Sanchez, J., Buckler, E. y Doebley, J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Recuperado de <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.052125199>
- Maxwell, B. (2016). Bebidas fermentadas: Cacao, pozol, tepaches, tesgüino, tejuino.
- Nava, D. (2009). Estudio de cambios estructurales y en algunos compuestos fenólicos durante la elaboración de tesgüino (*Zea mays*). [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Biblioteca digital UNAM.
- Novillo, M. y Esparza, R. (2017) Arqueología de las bebidas fermentadas: el caso de la chicha mesoamericana. *Revista Pucara*, N.º 28 (99-122).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1993). El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición. Roma, Italia.

Paredes. O., Guevara, F. y Bello, L. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. México D, F. Fondo de cultura económica.

Pennington, C. (1963). The Tarahumar of Mexico. Univ. of Utah Press. Salt Lake City, Utah, pp. 149-153, 155, 167, 169.

Pennington (1969). The Tepehuan of Chihuahua. Their material culture. Univ. of Utah Press. Salt Lake City, Utah, pp. 90, 107, 110.

Peret, L., Penna, F., Bambirra, E. y Nicoli, J. (1998). Dose effect of oral *Saccharomyces boulardii* treatments on morbidity and mortality in immunosuppressed mice. *Journal of Medical Microbiology*, 47(2), 111–116.

Pérez, A., Cardoso, G. (2020). Traditional fermented beverages in Mexico: Biotechnological, nutritional, and functional approaches. *Food Research International*, 136(12). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109307>

Pérez. C., Carrillo, G., Vidal, E., y Ortiz, E. (2016). Efecto de la imbibición en la calidad fisiológica de semillas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Núm.7, pp. 1765-1773

Pipperno, D. y Flannery, K. (2001). The Earliest Archaeological Maize (*Zea Mays* L.) From Highland Mexico: New Accelerator Mass Spectrometry Dates and Their Implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98 (4):2101–2103.

Pitt, J. (1979). *The Genus Penicillium and its Teleomorphic States Eupenicillium and Talaromyces*. Academic Press, Londres, 634 pp.

Plata, C., Cruz, C., Cervantes, L. y Ramírez, V. (2017). The gut microbiota and its relationship with chronic kidney disease. *International Urology and Nephrology*, 51 (12), 2209–2226. <https://doi.org/10.1007/s11255-019-02291-2>.

Quintero, B., Bernáldez, A., Dublán, O., Barrera, D. y Favila, H. (2012). Consumo y conocimiento actual de una bebida fermentada tradicional en Ixtapan del Oro, México: la sambumbia. *Alteridades*, 22(44). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-70172012000200008

Robbins, R. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 51, 2866-2887.

Robledo, K., Ramírez, V., González, A., Ramírez, Y., García, L. y Trujillo, J. (2021). Research opportunities: Traditional fermented beverages in Mexico. *Cultural*,

microbiological, chemical, and functional aspects. *Food Research International*. (147). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110482>

Romero, H., Hernández, H., Dávila, G. (2017). Traditional fermented beverages from Mexico as a potential probiotic source. *Ann. Microbiol.* 67, 577–586. Recuperado de <https://annalsmicrobiology.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13213-017-1290-2#citeas>

Rosales, C., Valerín, K. y Jiménez, V. (2017). Crecimiento dimórfico y caracterización molecular de *Candida guilliermondi* aislado de *Panicum maximum*. *Tecnología en Marcha*, 31(1), 120-130.

Rubio, A., Santiago, L., Vallejo, B., Hernandez, A., Sáyago, S. y González, A. (2021) Traditional non-distilled fermented beverages from Mexico to based on maize: An approach to Tejuino beverage. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. (23). <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100283>

Santamaria, F. (1959). *Diccionario de Mejicanismos*. Ed. Porrúa, S. A., México.

Silva, M. *et al.* (2017). Probiotic Properties of *Weissella Cibaria* and *Leuconostoc Citreum* Isolated from Tejuino – A Typical Mexican Beverage. *LWT*, 86, 227–232. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.009>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Con los colores del maíz, México se pinta solo. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/articulos/con-los-colores-del-maiz-mexico-se-pinta-solo>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Panorama Agroalimentario 2020. Base de datos. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). Avance de siembras y cosechas. Base de datos. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Ulloa, M., Cruz, S. (1973). Alimentos fermentados de maíz consumidos en México y otros países latinoamericanos. *Revista de la sociedad Mexicana de Historia Natural*.

Ulloa, M., Herrera, T., & Taboada, J. (1977). *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces uvarum* aislados de diferentes muestras de tesguino de Jalisco, México. *Boletín de La Sociedad Mexicana de Microbiología*, 11, 15–22.

Urango, L. (2018). “Componentes del maíz en la nutrición humana”. *Algunos componentes generales, particulares y singulares del maíz en Colombia y México* En Hoyos, G.M., Restrepo, F.L., Rodríguez, H., Mendoza, J.M., Peraza, B.E.,

Torres, J., Ocampo, J.E., Higuera, J., Bonilla, K., Arboleda, L.M., Rincón, M.E., Deossa, G.C. & Yepes, J.H, Fondo Editorial Biogénesis, (186-203)

USDA (2021). Informes de proyecciones agrícolas. Recuperado de <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=87458>

Yañez, C. *et al.* (2017). Galactooligosaccharides production from *Pantoea anthophila* strains isolated from “tejuino”, a Mexican traditional fermented beverage. <https://doi.org/10.3390/catal7080242>.

Zycha, H., Siepmann, R., Linnemann, G. (1969). Mucorales. Eine Beschreibung aller Gattungen und Arten dieser Pilzgruppe. Cramer, Lehre