



Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio

SEP TecNM

DIVISIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS

OPCIÓN

“Tesis”

Proyecto

“Elaboración de una bebida nutritiva a partir de un híbrido de maíz A-7573 (*Elotero*) y una variedad nativa en la región de Acatlán de Osorio, Puebla”

Que para obtener el título de:

Ingeniero en Industrias Alimentarias

Presenta

José Antonio Santamaría Cruz

180912037

Acatlán de Osorio, Pue., Octubre de 2023



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Secretaría
de Educación



Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio
Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Puebla

"2023, Año de Francisco Villa"

ASUNTO: Aprobación de Trabajo de Titulación.
Acatlán de Osorio, Pue., a 10 de Octubre de 2023.

I.I.A. ELEODORO GABILÁN LINARES
JEFE DE DIVISIÓN DE LA CARRERA DE
INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
PRESENTE.

Por este medio hago de su conocimiento que el documento bajo el esquema: **OPCIÓN: TESIS PROFESIONAL**, que lleva por nombre "Elaboración de una bebida nutritiva a partir de un híbrido de maíz A-7573 (elotero) y una variedad nativa en la región de Acatlán de Osorio, Puebla", que presenta el candidato a Titulación: **C. JOSÉ ANTONIO SANTAMARÍA CRUZ** con número de control **180912037** de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, fue revisada y aprobada para su impresión por la comisión revisora conformada por: **I.I.A. CARLOS EDDY MARTÍNEZ FUENTES, DR. ALEJANDRO PÉREZ ROSALES Y M.C. MARÍA FÉLIX SOSA REYES**

Sin más por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

"CONOCIMIENTO COMO GUÍA DEL DESARROLLO"

ING. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ
PRESIDENTE DE ACADEMIA DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Vo. Bo.

I.I.A. CARLOS EDDY MARTÍNEZ FUENTES

Vo. Bo.

DR. ALEJANDRO PÉREZ ROSALES

Vo. Bo.

M.C. MARÍA FÉLIX SOSA REYES

CARRETERA ACATLÁN-SAN JUAN
XCAQUIXTLA K.M. 5 S. UNIDAD
TECNOLÓGICA ACATLÁN DE OSORIO
PUEBLA, C.P. 74949
Tel: (953) 53 41877 y 53 41878



2023
Francisco
VILLA



p-Archivo

CACEI



EL GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA

AGRADECIMIENTOS

“De chico me enseñaron a dar gracias por las cosas buenas (y también malas) de la vida. Por eso, en esta tesis voy a agradecer.

A dios, tu amor y bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda, y cuando caigo y pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de que los pones enfrente míos para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.

Cada momento que he vivido durante todos estos años, son simplemente únicos, cada oportunidad de corregir un error, la oportunidad de cada mañana puedo empezar de nuevo, sin importar la cantidad de errores y faltas cometidas durante el día anterior.

Le agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos

Le agradezco muy profundamente a mi asesor el Ing. Carlos Eddy Martínez Fuentes por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional”.

Agradezco a todos mis docentes y jefe de carrera que conforma la academia de Ingeniería en Industrias Alimentarias que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por

transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras, y las palabras ya sabemos quién se las lleva, el viento.

Además, Agradezco a todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos, cómplices y hermanos. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

Por último, agradezco a mi máxima casa de estudio el Tecnológico Nacional de México Campus Acatlán de Osorio, que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender conocimientos”.

DEDICATORIA

Estoy consciente de las limitaciones que tengo para plasmar mi más sincero agradecimiento, ya que la Tesis completa no me permite agradecer a todos los que de una u otra manera se han involucrado, para la culminación exitosa de ella.

Dedico esta Tesis A. Dios, a Santo Tomás de Aquino, patrono de los estudiantes y a la Virgen María, quienes me inspiraron, me dieron fortaleza, agrandaron mi espíritu para la conclusión de esta tesis.

Dedico esta Tesis a mi mamita hermosa **ANTONIA CRUZ NICANOR**, mi heroína de capa larga, quien con su fortaleza, sabiduría y amor incondicional me ha guiado en cada paso de mi vida.

Gracias por ser mi luz en momentos oscuros y por creer en mí siempre. Este logro es un triunfo de los dos. Eres mi roca y mi ejemplo para seguir. Estoy orgulloso de llamarte mamá.

“UNA REINA Y UNA FIERA A LA VEZ, SIEMPRE SONRIENDO, NO IMPORTANDO LAS
LÁGRIMAS QUE HALLAS DERRAMADO, PORQUE SABES QUE ASÍ MÁS BONITA TE
VEZ”

A mis dos papas queridos **RAMOS SANTAMARÍA TEJEDA** y **DR. ROSALINO GASGA PEÑA**, quienes, aunque no está físicamente presentes, sus enseñanzas siguen guiándome día a día.

Este logro es en su honor, porque fue gracias a su amor y dedicación que aprendí a nunca rendirme.

Mi corazón aún llora por su ausencia, pero sé que están orgullosos de mí desde donde estén.

Los extraño profundamente y esta dedicatoria es mi pequeña forma de decirles que nunca los olvidaré.

“GRACIAS POR PREPARARME PARA AFRONTAR LA VIDA”

Dedico esta tesis a mis hermanos **UZIEL IVÁN VELÁZQUEZ CRUZ** y **ENRIQUE GUADALUPE SANTAMARÍA CRUZ**, por confiar en mi en momentos difíciles, alentarme a cumplir mis metas y sobre todo agradezco su amor y comprensión, cuando yo más lo necesitaba.

“GRACIAS POR SER MIS HERMANOS, LOS AMO CON TODO MI SER”

A mi director de Tesis, **ING. CARLOS EDDY MARTÍNEZ FUENTES**, mi más amplio agradecimiento por haberme confiado este trabajo en persona, por su paciencia ante mi inconsistencia, por su valiosa dirección y apoyo para seguir este camino de Tesis y llegar a la conclusión del mismo. Cuya experiencia y educación han sido mi fuente de motivación y de curiosidad durante estos años.

A mis sinodales, **DR. ALEJANDRO PÉREZ ROSALES** y **M.C. MARÍA FÉLIX SOSA REYES**, Por la buena disposición prestada en la revisión del trabajo, así como por las observaciones y sugerencias que me permitieron mejorarlo y lograr entregar una Tesis que refleja el conocimiento transmitido.

Agradezco al **LIC. ERNESTO ANTONIO MÁRQUEZ GIL**, por su valioso apoyo incondicional para la realización del abstract, parte fundamental de esta tesis.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
LISTA DE SÍMBOLOS Y/O ABREVIATURAS	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
2.3. Hipótesis	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Origen del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	4
3.2. Características taxonómicas y morfológicas del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	4
3.2.1. Taxonomía.....	5
3.2.2. Tallo.	5
3.2.3. Raíz.....	6
3.2.4. Hojas.....	7
3.2.5. Inflorescencia.	7
3.2.6. Cáscara.	9
3.2.7. Mazorca.....	9
3.2.8. Grano.....	10
3.3. Tipos de maíz.....	10
3.4. Composición nutricional del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	12
3.5. Producción nacional del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	15
3.5.1. Producción regional del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	16
3.6. Bebida	16

3.6.1. Bebidas nutritivas.....	17
3.7. Bebidas tradicionales no alcohólicas de México	19
3.8. Origen del pozol.....	20
3.8.1. Bacterias microbiológicas en pozol.....	21
3.9. Bacterias ácido-lácticas.....	22
4. MATERIALES MÉTODOS.....	25
4.1. Descripción del lugar experimental	25
4.2. Obtención de materia prima.....	25
4.2.1. Obtención de la materia prima para la elaboración del pozol.	25
4.3. Formulación de la bebida.....	26
4.4. Descripción del proceso productivo	26
4.5. Elaboración de la masa de maíz.....	27
4.6. Estandarización del proceso de elaboración del pozol	29
4.6.1. Elaboración del pozol (proceso de fermentación 1).....	29
4.6.2. Elaboración del pozol (proceso de fermentación 2).....	31
4.6.3. Elaboración del pozol (proceso de fermentación 3).....	33
4.7. Proceso de elaboración de la bebida.	35
4.8. Prueba de ordenamiento.....	36
4.8.1. Análisis estadístico aplicado a la prueba de ordenamiento.	37
4.9. Determinación de análisis bromatológicos	39
4.9.1. Determinación de humedad.....	39
4.9.2. Determinación de ceniza.	40
4.9.3. Determinación de proteína.	41
4.9.4. Determinación de fibra cruda.....	42
4.9.5. Determinación de grasa.....	44
4.10. Análisis microbiológicos	45
4.10.1. Preparación del medio cultivo a utilizar.....	45
4.10.2. Preparación de la muestra.	46
4.10.3. Siembra.....	47
4.10.4. Prueba de catalasa.	47
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48

5.1. Análisis de resultados de la estandarización de fermentación del pozol	48
5.2. Análisis de resultados de la prueba de ordenamiento	48
5.3. Análisis de resultados de la determinación de análisis bromatológicos	49
5.4. Análisis de resultados de la prueba de coliformes	50
5.5. Análisis de resultados de la prueba de levaduras y hongos.	51
5.6. Análisis de resultados de la prueba de bacterias ácido-lácticas.....	52
5.7. Análisis de resultados de la prueba de catalasa	53
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS	58
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de los granos de maíz, trigo y arroz.	13
Tabla 2. Contenido de aminoácidos esenciales de las proteínas del germen y el endospermo del maíz.	14
Tabla 3. Peso y composición de las distintas partes del grano de maíz.	14
Tabla 4. Producción del maíz (<i>Zea mays L.</i>) en Acatlán de Osorio, Puebla.	16
Tabla 5. Recopilación de bebidas tradicionales no alcohólicas de México.....	19
Tabla 6. Estandarización del proceso de fermentación del pozol.....	29
Tabla 7. Datos obtenidos de los análisis bromatológicos del pozol.	49
Tabla 8. Datos obtenidos del análisis de humedad.	72
Tabla 9. Datos obtenidos del análisis de ceniza.	73
Tabla 10. Datos obtenidos del análisis de proteína.	76
Tabla 11. Datos obtenidos del análisis de fibra cruda.	78
Tabla 12. Datos obtenidos del análisis de grasa.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tallo del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	6
Figura 2. Raíz del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	6
Figura 3. Hoja del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	7
Figura 4. Inflorescencia masculina del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	8
Figura 5. Inflorescencia femenina del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	8
Figura 6. Cáscara del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	9
Figura 7. Mazorca del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	9
Figura 8. Grano del maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	10
Figura 9. Clasificación genérica de las bebidas.....	18
Figura 10. Diagrama de flujo para la elaboración de la masa de maíz.....	28
Figura 11. Diagrama de flujo para la elaboración del pozol (proceso de fermentación 1).	30
Figura 12. Diagrama de flujo para la elaboración del pozol (proceso de fermentación 2).	32
Figura 13. Diagrama de flujo para la elaboración del pozol (proceso de fermentación 3).	34
Figura 14. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida de pozol.	35
Figura 15. Termobalanza (Marca: VELAB, Modelo: VE-50-5) para la determinación de humedad.	39
Figura 16. Mufla (Marca: Felisa, Modelo: FE-360) para la determinación de ceniza.	40
Figura 17. Kjeldahl combinado (Marca: TECNI-LAB, Modelo: K6U-COMB) para la determinación de proteína.	42
Figura 18. Extractor de fibra cruda 6 unidades (Marca: Tecni-Lab, Modelo: FC-6U) para la determinación de fibra cruda.	43
Figura 19. Determinación de grasa por el método de Soxhlet.....	45
Figura 20. Papeleta para la prueba de ordenamiento.....	48
Figura 21. Determinación de coliformes en pozol A-7573.	50
Figura 22. Determinación de coliformes en pozol Nativo.....	50
Figura 23. Determinación de levaduras y hongos en pozol A-7573.	52
Figura 24. Determinación de levaduras y hongos en pozol Nativo.....	52
Figura 25. Determinación de bacterias ácido-lácticas en pozol A-7573.	53
Figura 26. Determinación de bacterias ácido-lácticas en pozol Nativo.	53
Figura 27. Prueba de catalasa en pozol A-7573.	54
Figura 28. Prueba de catalasa en pozol Nativo.....	54

Figura 29. Nixtamalización del maíz A-7573 y nativo.	65
Figura 30. Elaboración del pozol A-7573 y nativo.	65
Figura 31. Elaboración de la bebida de pozol A-7573 y nativo.	66
Figura 32. Prueba de ordenamiento aplicado a la bebida de pozol A-7573 y nativo.	66
Figura 33. Determinación de humedad al pozol A-7573 y nativo.....	67
Figura 34. Determinación de ceniza al pozol A-7573 y nativo.....	67
Figura 35. Determinación de proteína al pozol A-7573 y nativo.	68
Figura 36. Determinación de fibra cruda al pozol A-7573 y nativo.....	68
Figura 37. Determinación de grasa al pozol A-7573 y nativo.....	69
Figura 38. Análisis microbiológico al pozol A-7573 y nativo.	69
Figura 39. Tabla de distribución Chi Cuadrado X2.....	71

LISTA DE SÍMBOLOS Y/O ABREVIATURAS

Kg	Kilogramos
ha	Hectárea
t	Tonelada
%	Porcentaje
mg	Miligramos
g	Gramos
°C	Grados Celsius
°	Grados
h	Horas
L	Litros
ml	Mililitros
cm	Centímetros
pH	Potencial de hidrogeno
HCl	Ácido Clorhídrico
CaO	Oxido de calcio
CuSO₄.5H₂O	Sulfato de Cobre Pentahidratado
Na₂SO₄	Sulfato de Sodio Anhídrido
H₂SO₄	Ácido Sulfúrico
C₂H₆O	Alcohol Etílico
NaOH	Hidróxido de sodio
H₂O₂	Agua Oxigenada
RBA	Agar de Bilis y Rojo Violeta
PDA	Agar Dextrosa y apa

MRS

Agar de Man, Rogosa y Sharpe

ATP

Trifosfato de Adenosina

R1

Repetición Uno

R2

Repetición Dos

RESUMEN

En México, las bebidas fermentadas han sido de gran importancia en la vida diaria y ceremonial de numerosos grupos indígenas, desde la época prehispánica hasta la actual. Los lacandones utilizan el pozol no solo en los rituales, sino también mezclado con miel para bajar la fiebre y controlar la diarrea. Dado que el consumo de esta bebida está en declive, el objetivo del presente proyecto fue elaborar una bebida nutritiva a partir de un híbrido de maíz A-7573 (Elotero) y una variedad nativa procedentes de la región de Acatlán de Osorio, Puebla. Se realizó una estandarización en el proceso de fermentación del pozol, además se hizo una evaluación de una prueba de ordenamiento para determinar diferencias significativas entre ambas bebidas, así mismo se cuantificó el porcentaje nutricional del pozol A-7573 y nativo mediante la realización de análisis bromatológico, y la cantidad de coliformes, levaduras, hongos y bacterias ácido-lácticas mediante pruebas microbiológicas. Se obtuvo una bebida con un proceso de fermentación, que deriva el pozol A-7573 y nativo con propiedades nutricionales y microbiológicas benéficas para el consumo humano, además de no encontrar diferencias significativas entre ambas bebidas lo que permite utilizar cualquier maíz (A-7573 y nativo) para realizar la bebida. Los resultados obtenidos en el proyecto permitieron recabar datos importantes. La bebida de pozol a partir de maíz A-7573 y nativo se aislaron bacterias ácido-lácticas (*Bifidobacterium* spp) derivado de la fermentación de carbohidratos, dichas bacterias son un potencial probiótico, también se considera que el pozol provee una composición nutricional cuyo consumo es beneficioso para la salud humana.

Palabras clave: Pozol, bacterias ácido-lácticas, *Bifidobacterium* spp, análisis bromatológico, coliformes, levaduras, hongos, fermentación, lacandones.

ABSTRACT

In Mexico, the fermented beverages have been important during daily and ceremonial life from big indigenous groups, since prehispanic time until nowadays. “Los lacandones” use the “pozol” not just in the rituals, they use “pozol” mixed with honey to control fever and diarrhea. The consume of this nutritive beverage is getting low so the main goal of this project is to elaborate a nutritive beverage based on a corn hybrid named A-7573 (“Elotero”) and a native variety from the region of Acatlan de Osorio, Puebla. A standardization was developed during the process of the pozol’s fermentation. In addition, an evaluation order was taken to determinate the main differences about the 2 beverages, during the same process the pozol’s nutritional percentage was measured through the bromatological analysis, the quantity of coliforms, yeasts, fungus and acid-lactic bacteria through microbiological testing. The result was a beverage with a fermentation process, it was deriving from “pozol” A-7573 and native both of them with nutritional properties and microbiological beneficial for human consumption. By the way there were not differences between the beverages for that reason any kind of corn can be used to elaborate the beverage. The results of the work let us to obtain great important data. Acid-lactic bacterias (*Bifidobacterium* spp) were isolated from the pozol’s and native beverage from corn through the fermentation of carbohydrates, these bacterias are a probiotic potential. In addition, the pozol provides a nutritional composition which is beneficial for human health.

Keywords: “Pozol”, bacterias, acid-lactic, *Bifidobacterium* spp, bromatological analysis, coliforms, yeasts, fungus, fermentation.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es el más importante en México, de los 16 millones de hectáreas cultivadas en los últimos 20 años, el 55% correspondió a este cereal. Desde 1993 la producción nacional se ha ubicado alrededor de 18 millones de toneladas; el 70% de la producción nacional se encuentra en 6 entidades federativas: Chiapas, Guerrero, Jalisco, Edo. México, Puebla y Sinaloa (Delgado, 2019).

Del maíz surgen innumerables alimentos y bebidas entre estas últimas se encuentran: La producción de alimentos fermentados. Dentro de estos alimentos encontramos el pozol, el tejuino, y el tesgüino o batari.

La producción de alimentos fermentados es una de las tecnologías de procesamiento de alimentos más antiguas conocidas por el ser humano. Se han descrito métodos de fermentación que datan del año 6000 a.C. y aunque eran llevados a cabo de forma artesanal y, por lo tanto, no se apreciaba el papel de los microorganismos, daban productos no solo con características sensoriales diferentes y en muchos casos superiores, sino aportes nutricionales que no conlleva el consumo del producto inicial (Buenrostro, 2011).

Las levaduras son hongos unicelulares que se han utilizado durante siglos para la obtención de productos como el vino, la cerveza o el pan. Todas metabolizan azúcares como: la glucosa, fructosa y manosa, pero algunas son capaces de hacerlo en condiciones anaeróbicas, con la producción de alcohol y anhídrido carbónico, en el proceso conocido como fermentación. La reproducción de las levaduras en especial utilizadas industrialmente es normalmente asexual a través de la gemación en la superficie, pero en la reproducción sexual también se puede dar en determinadas condiciones (Delgado, 2019 y Medina, 2020)

En México, las bebidas fermentadas han sido de gran importancia en la vida diaria y ceremonial de numerosos grupos indígenas, desde la época prehispánica hasta la actual. Los lacandones utilizan el pozol no solo en los rituales, sino también mezclado con miel para bajar la fiebre y controlar la diarrea. El pozol es una bebida de maíz que se consume en el sureste de México y en algunos países de Centroamérica. Se puede consumir recién elaborado o fermentado. Tradicionalmente se consume solo (pozol blanco), aunque

también es común agregarle cacao o coco. El pozol, al ser una bebida fermentada no alcohólica, contiene gran cantidad de microorganismos benéficos, como algunas bacterias lácticas, las cuales se desarrollan durante la fermentación. Estas son las responsables de la acidificación de la masa, por la producción de una mezcla de ácidos; e imparten un sabor fresco y agradable al producto (Cortés, 2010 y Gutiérrez, 2017).

En el estado de Puebla, el municipio de Acatlán de Osorio tiene cuenta como un sustento el aprovechamiento agronómico del maíz. El principal uso del maíz es la nixtamalización y la producción de alimento ganadero (Maciel, 2016), sin embargo, existen mermas de maíz las cuales son desaprovechadas y algunas veces desechadas, es por ello que, se plantea darle un valor agregado al maíz, mediante el desarrollo de una bebida fermentada tipo pozol, con el fin de incrementar la actividad económica del municipio, y retomar las bebidas ancestrales y nativas de México, que actualmente son poco apreciadas y que no han sido aprovechadas y explotadas (Jaeger, 2020).

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Elaborar una bebida nutritiva a partir de un híbrido de maíz A-7573 (*Elotero*) y una variedad nativa procedentes de la región de Acatlán de Osorio, Puebla.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Estandarizar el proceso del pozol a partir del híbrido de maíz A-7573 (*Elotero*) y una variedad nativa procedentes de la región de Acatlán de Osorio.
- ✓ Realizar una prueba de ordenamiento a la bebida nutritiva de pozol del híbrido de maíz A-7573 (*Elotero*) y una variedad nativa procedentes de la región de Acatlán de Osorio, para determinar diferencias significativas entre ambas bebidas.
- ✓ Realizar análisis bromatológico al pozol del híbrido de maíz A-7573 (*Elotero*) y una variedad nativa procedentes de la región de Acatlán de Osorio, para obtener su valor nutricional.
- ✓ Realizar análisis microbiológico al pozol del híbrido de maíz A-7573 (*Elotero*) y una variedad nativa procedentes de la región de Acatlán de Osorio, para determinar la existencia de coliformes, levaduras y hongos, y bacterias ácido-lácticas.

2.3. Hipótesis

Utilizando el híbrido de maíz A-7573 (*Elotero*) y una variedad nativa procedentes de la región de Acatlán de Osorio, Puebla, se obtiene una bebida pozol con características nutricionales y microbiológicas de calidad, apta para el consumo humano.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen del maíz (*Zea mays L.*)

El maíz es uno de los cereales utilizados por el hombre desde épocas remotas y una de las especies vegetales más productivas, tanto en su producción global cerca de 600 millones de toneladas por año, como en su productividad más de 4 t/ha. Su centro de origen está en México desde donde se difundió a todo el mundo después del primer viaje de Cristóbal Colón a fines del siglo XV (Paliwal, 2001)

El origen geográfico del maíz se localiza en el Municipio de Coxcatlán en el valle de Tehuacán, Puebla, en la denominada Mesa Central de México a una altitud de 2500 metros, este grano se dio a través de la fusión de plantas que crecían en forma silvestre como el teocintle o teosinte. En este lugar el antropólogo norteamericano Richard Stockton MacNeish encontró restos arqueológicos de plantas de maíz (Oyarce, 2019).

Actualmente el 85% de los países cultivan maíz, lo que lo hace el cultivo con mayor área sembrada y cosechada del planeta, es decir, el cultivo número uno en el mundo (Morales, 2020).

También se cree que en México se concentra el mayor número de variedad de maíz; blanco, azul, gordo, dulce, chiquito, bofo, vendeño, conejo, dulcillo del Noroeste, chapalote y amarillo, son solo algunas de las más de 60 variedades de maíces que forman parte de nuestra alimentación diaria, además de ser utilizado en la actualidad como forraje para la ganadería (Vela, 2018).

3.2. Características taxonómicas y morfológicas del maíz (*Zea mays L.*)

La planta de maíz está compuesta por varias partes, dentro de las cuales cada una de ellas cumplen una función específica e indispensable que permiten que esta planta no sólo pueda producir el fruto (maíz) sino que también se desarrolle y crezca correctamente (Oyarce, 2019).

3.2.1. Taxonomía.

El maíz, *Zea mays L.*, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del nuevo mundo porque su centro de origen está en América. En un primer momento, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, al cual pertenecía el teosinte como dos géneros separados. Actualmente, en base a la compatibilidad para la hibridación entre esos grupos de plantas y a estudios citogenéticos, es generalmente aceptado que ambas pertenecen al género *Zea* (Paliwal, 2001).

3.2.2. Tallo.

Se trata del cuerpo principal de la planta, el cual crece a varios metros, es robusto y no presenta ramificaciones, sin embargo, se caracteriza por su gran resistencia y estabilidad, donde sostiene perfectamente a las mazorcas sin romperse. El tallo a su vez cuenta con varias partes como lo son:

Epidermis exterior: Es una capa transparente e impermeable que resguarda el tallo ante cualquier ataque de enfermedades e insectos.

Pared: Corresponde a la capa dura, leñosa y maciza que forman los haces vasculares por donde pasan las sustancias alimenticias.

Médula: Se presenta como un tejido esponjoso y blando que forma la parte central del tallo. Es en esta parte donde las reservas alimenticias se almacenan (Silva, 2019).



Figura 1. Tallo del maíz (*Zea mays L.*).
Fuente: Silva, J., 2019.

3.2.3. Raíz.

La planta de maíz tiene dos tipos de raíz, las primarias que son fibrosas y las raíces adventicias, que se forman en los primeros nudos basales del tallo, por encima de la superficie del suelo. Ambos tipos de raíces contribuyen a mantener la planta erecta, aunque por su gran masa de raíces superficiales, el maíz es susceptible al estrés hídrico (sequía), suelos deficientes en nutrientes y al acame, éste último causado por la combinación de suelo húmedo y viento fuerte (Morales, 2020).



Figura 2. Raíz del maíz (*Zea mays L.*).
Fuente: Silva, J., 2019.

3.2.4. Hojas.

Las hojas de la planta de maíz crecen lentamente y puede llegar a generar entre 16 y 22 hojas. Estas hojas crecen de manera alterna y opuesta a estar en cada nodo nacen de las mazorcas y espigas las hojas de la planta de maíz son alargadas y en posición hacia abajo las cuales pueden llegar a medir hasta 10 pies de alto cuando esto ocurre la planta o tallo se transforma en una de caña (Valenzuela, 2017).

La función principal de la hoja es la fotosíntesis y la transpiración; dividiéndose la hoja como tal, en tres partes bien diferenciadas (Silva, 2019):

La lámina: Es la parte más larga y delgada de la hoja.

La vaina: Envuelve el tallo, y sujeta la hoja a la totalidad de la planta.

El cuello: Es la zona de transición entre el tallo y la vaina, donde se encuentra la lígula, que evita que pase polvo y agua y se introduzcan entre el tallo y la vaina.



Figura 3. Hoja del maíz (*Zea mays* L.).
Fuente: Silva, J., 2019.

3.2.5. Inflorescencia.

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

Inflorescencias masculinas: Consiste en la parte reproductora masculina de esta planta, es terminal y se le conoce como panícula, panoja, espiga y "miahuatl" en nahuatl, compuesta por un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen

en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen (Oyarce, 2019).



Figura 4. Inflorescencia masculina del maíz (*Zea mays L.*).
Fuente: Silva, J., 2019.

Inflorescencias femeninas: Las mazorcas, se localizan en las yemas axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten en un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen (Oyarce, 2019).



Figura 5. Inflorescencia femenina del maíz (*Zea mays L.*).
Fuente: Silva, J., 2019.

3.2.6. Cáscara.

Se trata de las hojas verdes que rodea a la mazorca del maíz. Dichas hojas se encargan de proteger de los agentes externo a los granos del maíz, siendo estos la parte comestible de la planta (Real, 2014).



Figura 6. Cáscara del maíz (Zea mays L.).
Fuente: Silva, J., 2019.

3.2.7. Mazorca.

Es el fruto de la planta de maíz, se encuentra conformado por varias partes como lo son los granos siendo la parte comestible de la mazorca, la chala o cáscara que son las hojas que protegen los granos de maíz, pedúnculo encargado de unir el fruto con la planta y el corazón (olote o tusa) que es donde van insertados todos los granos de maíz (Yáñez, 2014).

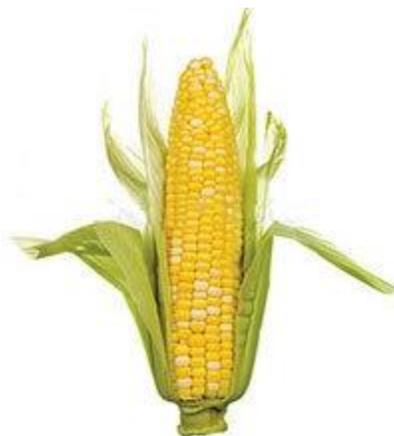


Figura 7. Mazorca del maíz (Zea mays L.).
Fuente: Silva, J., 2019.

3.2.8. Grano.

En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósido que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca (Yáñez, 2014 y Real, 2014).



Figura 8. Grano del maíz (Zea mays L.).
Fuente: Silva, J., 2019.

3.3. Tipos de maíz

Es importante saber que el maíz es originario de México y por ello contamos con la mayor diversidad de razas. De las 220 razas existentes en América Latina, 64 son nativas de México. 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. 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 por la CONABIO en siete grupos (Cruz, 2022).

Grupo Cónico o razas de las partes altas del centro de México: El grupo Cónico incluye razas de maíz cuya característica resaltante es la forma cónica o piramidal de sus mazorcas: Arrocillo, Cacahuacintle, Chalqueño, Cónico, Cónico Norteño, Dulce, Elotes Cónicos, Mixteco, Mushito, Mushito de Michoacán,

Negrilo, Palomero de Jalisco, Palomero Toluqueño, Uruapeño. La raza Palomero de Chihuahua se asocia a este grupo con más consistencia que al conjunto de razas del Grupo Sierra de Chihuahua (SADER, 2023).

Grupo Sierra de Chihuahua o Razas de las partes altas del norte de México: (Apachito, Gordo, Azul, Cristalino de Chihuahua, Serrano de Jalisco, Mountain Yellow (Amarillo de Montaña)) (González, 2021).

Grupos de maíces de Ocho hileras o razas del occidente de México: 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.

Forman parte de este grupo las razas 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 (Martínez, 2013).

Grupo Chapalote: Este grupo incluye las razas Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Elotero de Sinaloa y Reventador, cuyo cultivo se ha reportado predominantemente en elevaciones de 100 a 500 m en la planicie costera del Pacífico de Nayarit a Sonora y en el pie de monte y escarpa de la Sierra Madre Occidental, donde se han obtenido muestras hasta cerca de los 2,000 m de altitud. 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) (Corral, 2013).

Razas de maíces tropicales precoces o de maduración temprana: Las razas que integran este grupo son: 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 (100-1,300 m), adaptadas a limitados regímenes de lluvia lo que les ha conferido un ciclo de maduración corta o temprana con gran adaptabilidad y baja sensibilidad al fotoperíodo (Macías, 2014).

Grupo de maíces dentados tropicales: Este grupo 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. Se incluyen en este grupo las razas Chiquito, Choapaneco y Cubano Amarillo. La primera con semejanzas a Tepecintle en cuanto al área de distribución y características morfológicas de mazorca y grano. Chiquito fue propuesta para nombrar a las muestras mexicanas clasificadas como Nal-Tel de Altura, raza descrita inicialmente para Guatemala. Cubano Amarillo es relacionado y agrupado con maíces dentados de México y el Caribe (Segundo, 2023).

Grupo de maíces de maduración tardía: Este grupo incluye a las razas Dzit- Becal, Comiteco, Coscomatepec, Motozinteco, Olotillo, Olotón y Tehua que se cultivan en un amplio rango de altitud. La raza Dzit Bacal se distribuye en las tierras bajas de la península de Yucatán y el resto en zonas de ladera y cañadas en los sistemas montañosos de la Sierra Madre de Chiapas, incluyendo la Depresión Central, la Sierra Madre del Sur y la porción sur de la Sierra Madre Oriental. 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 (Guzmán, 2019).

3.4. Composición nutricional del maíz (*Zea mays L.*)

La composición química del grano de maíz, y por ende su valor nutritivo, depende del genotipo de la variedad, el ambiente y las condiciones de siembra. Existen muchas formas de utilizar las distintas partes de la planta del maíz, en base a que cada parte tiene diferente composición. El maíz es, desde un punto de vista nutricional, superior a muchos otros cereales excepto en su contenido de proteínas. En la Tabla 2 se muestra la composición nutricional básica del maíz, en comparación con el trigo y el arroz (Paliwal, 2001).

Tabla 1. *Composición nutricional de los granos de maíz, trigo y arroz.*

Composición (%)	Maíz, harina molida (por 100 g)	Trigo, harina (por 100 g)	Arroz, grano pulido (por 100 g)
Agua %	12,00	12,00	13,00
Calorías g	362	359	360
Proteínas g	9,00	12,00	6,80
Grasa g	3,40	1,30	0,70
Carbohidratos g	74,50	74,10	78,90
almidón, fibra g	1,00	0,50	0,20
Ceniza g	1,10	0,65	0,60
Calcio mg	6,00	24,00	6,00
Hierro mg	1,80	1,30	0,80
Fósforo mg	178	191	140
Tiamina mg	0,30	0,26	0,12
Riboflavina mg	0,08	0,07	0,03
Niacina mg	1,90	2,00	1,50

Fuente: Ripusudan Paliwal, 2001.

El endospermo es básicamente almidón, pero también posee algunas proteínas y trazas de aceites. La mayoría de los aceites se encuentran contenidos en el germen, el cual presenta un elevado contenido proteico. Por otro lado, los azúcares se encuentran almacenados en su mayor parte en el germen. El aceite del grano de maíz se encuentra sobre todo en el germen y representa entre el 3 al 18 %. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados (11 % de ácido palmítico, 2 % de ácido esteárico), alto nivel de ácidos grasos poliinsaturados (24 % de ácido linoleico) y un 0,7 % de ácido linolénico (Ortega, 2014).

El almidón (amilosa (25-30 %) y la amilopectina (70-75 %)) constituyen hasta el 72- 73 % del peso del grano de maíz. Otros hidratos de carbono presentes son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 % del grano. Tanto el germen como el endospermo representan el mayor porcentaje de peso del grano por lo que se puede decir que el contenido de aminoácidos esenciales
Tabla 3, refleja el contenido de aminoácidos de las proteínas del endospermo si tenemos en consideración todo el grano (Guillén, 2011).

Tabla 2. *Contenido de aminoácidos esenciales de las proteínas del germen y el endospermo del maíz.*

Aminoácido	Endospermo (1.36 % N)		Germen (2.32 % N)	
	mg %	mg/g N	mg %	mg/g N
Triptófano	48	38	144	62
Treonina	315	249	622	268
Isoleucina	365	289	578	249
Leucina	1024	810	1030	444
Lisina	228	180	791	341
Total azufrados	249	197	362	156
Fenilalanina	359	284	483	208
Tirosina	483	382	343	148
Valina	403	319	789	340

Fuente: Iván Ortega, 2014.

El endospermo del grano de maíz es la zona más importante de almacenamiento de los carbohidratos y de las proteínas sintetizadas por esta especie fotosintéticamente eficiente. En los tipos de maíces comunes, el endospermo comprende cerca del 84% del peso seco del grano, el embrión abarca el 10% y el pericarpio y el escutelo componen el restante 6%, en la Tabla 4 se muestra la composición de los distintos componentes del grano de maíz. Si bien la producción de grano es la razón principal del cultivo del maíz, todas las partes de la planta -hojas, tallos, panojas y olores- son utilizadas para diversos fines. El maíz es usado en más formas distintas que cualquier otro cereal; las formas principales en que se utiliza son como alimento humano, ya sea doméstico o industrial; alimento para animales y fermentado para varios productos industriales (López, 2010).

Tabla 3. *Peso y composición de las distintas partes del grano de maíz.*

Composición (%)	Endospermo	Embrión	Pericarpio	Escutelo
Almidón	87,6	8,3	7,3	5,3
Grasas	0,8	33,2	1,0	3,8
Proteínas	8,0	18,4	3,7	9,1
Cenizas	0,3	10,5	0,8	1,6
Azúcares	0,6	10,8	0,3	1,6
Resto	2,7	18,8	86,9	78,6
Materia seca (%)	83,0	11,0	5,2	0,8

Fuente: Ripusudan Paliwal, 2001.

3.5. Producción nacional del maíz (*Zea mays L.*)

Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023), El maíz grano es el cultivo que genera más valor económico para México, sin embargo, su importancia se extiende a niveles sociales y culturales.

EL cultivo de maíz en México en 2021 (SADER, 2023):

- ✓ Su producción fue de más de 27 millones de toneladas.
- ✓ A nivel mundial, México es el 7° productor de este grano.
- ✓ Su participación en la producción nacional de granos es del 88.2%.
- ✓ Se cultiva en los 32 estados del país.
- ✓ Los principales estados productores son Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Michoacán.
- ✓ Sonora aportó el 20% de la producción nacional.
- ✓ Se destinaron más de 7 millones de hectáreas para su cultivo.
- ✓ Alrededor del 25% de las cosechas de maíz grano se logran de mayo a julio, el 60% se obtiene de noviembre a enero.

3.5.1. Producción regional del maíz (*Zea mays L.*).

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera., en la Tabla 4 se muestra los datos de producción del maíz en la región de Acatlán de Osorio, Puebla en el año 2022 (SIAP, 2022).

Tabla 4. *Producción del maíz (Zea mays L.) en Acatlán de Osorio, Puebla.*

Entidad	Municipio	Superficie (ha)			Producción (t)	Rendimiento
Puebla	Acatlán de Osorio	Sembrada	Cosechada	Siniestrada		
		3,789.00	3,789.00	0.00	3,068.70	0.81

Fuente: SIAP, 2022.

3.6. Bebida

El concepto de bebida se relaciona directamente con una de las necesidades primarias del ser humano que es el consumo constante de líquidos que le permitan reponer aquellos líquidos que utiliza en la realización de sus actividades diarias. Si bien el agua es la bebida recomendada por excelencia para cumplir tal función de reposición, desde siempre el ser humano ha creado diferentes tipos de bebidas más complejas que el agua cuyo objetivo principal era sumar gusto, placer o elementos visuales a la experiencia de beber (Bembibre, 2011).

La finalidad más importante de la bebida es saciar la sed. En este sentido, la bebida adecuada es el agua o. Sin embargo, las personas suelen elegir las bebidas de acuerdo con su sabor y a cómo estos se combinan con los alimentos que acompañan. Hoy en día, la variedad de bebidas a las que uno puede acceder en el mercado es mucho más amplia y podemos entonces encontrar gaseosas (o bebidas que cuentan con gas agregado), jugos en diferentes formatos, aguas saborizadas artificialmente, bebidas alcohólicas de gran diversidad y con muy diferente variación en la graduación alcohólica, infusiones muy variadas, chocolates (Porto, 2016).

3.6.1. Bebidas nutritivas.

La mayoría de las bebidas hidratan, algunas también nos aportan nutrientes importantes que el cuerpo necesita. Algunas tienen propiedades relajantes, otras energizantes, o simplemente satisfacen el deseo natural de lo dulce, con calorías o sin ellas. Otras contribuyen a un mejor desempeño. Y algunas pueden incluso ayudar a controlar cuestiones de salud. Cualquier bebida puede formar parte de una dieta de mantenimiento de peso. La función primordial de una bebida es la de aportar agua al organismo, acompañando o no de ciertas sustancias disueltas en ella. Estas sustancias que acompañan al agua pueden ser nutritivas tales como los zumos de frutas y verduras que aportan vitaminas, minerales, azúcares además del agua (Allauca, 2015).

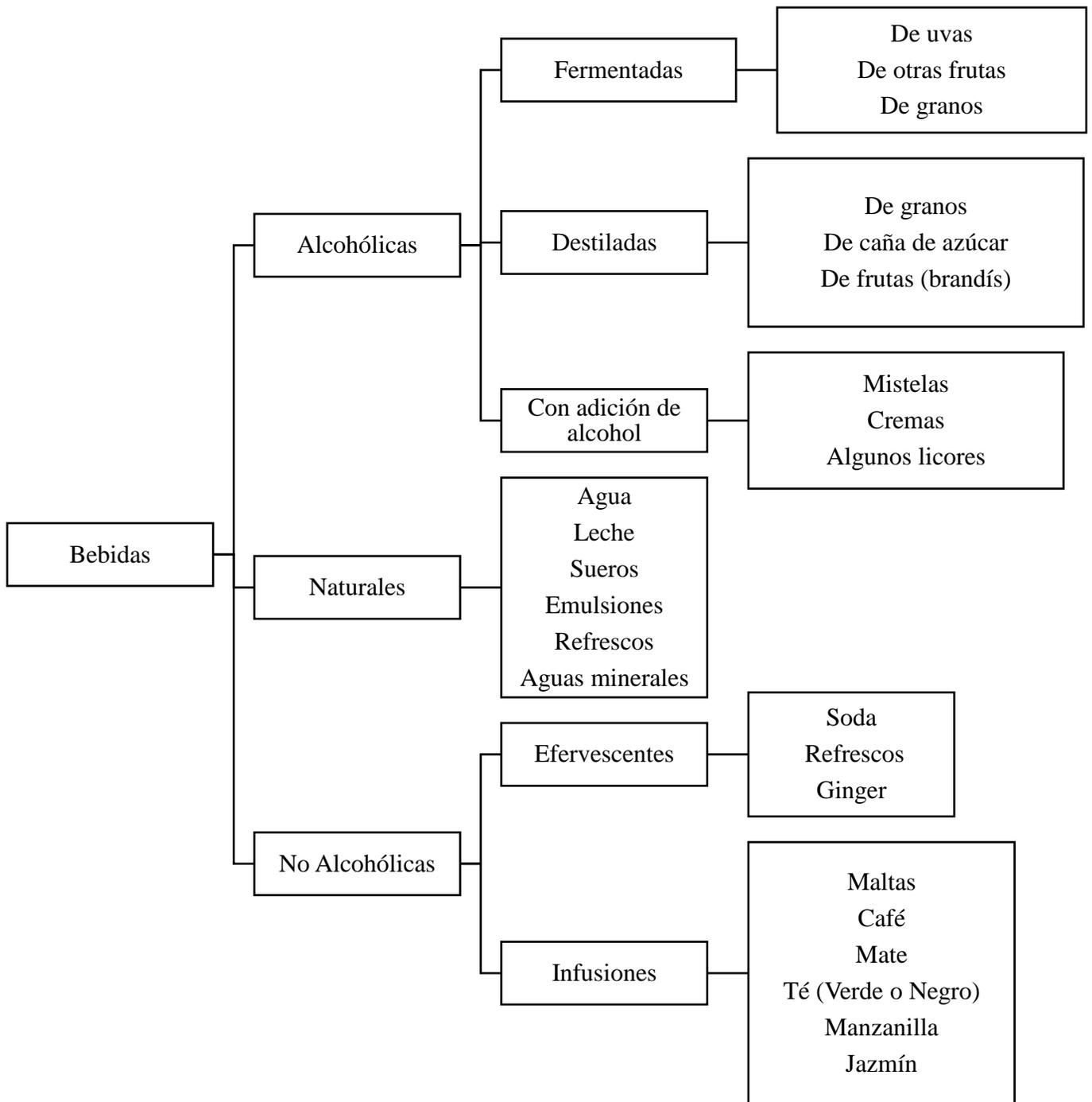


Figura 9. Clasificación genérica de las bebidas.
Fuente: Allauca, 2015.

3.7. Bebidas tradicionales no alcohólicas de México

El maíz es el grano que forma la dieta básica de nuestro país, se utiliza principalmente para la elaboración de la tortilla, además de varios alimentos tradicionales en la cocina mexicana. Las antiguas culturas indígenas prehispánicas de Mesoamérica relataron historias de este cereal, llevaron culto al mismo y lo preservaron en imágenes. Hace aproximadamente 500 años el clérigo español Diego de Landa registró el consumo de bebidas espumosas de maíz y cacao en grandes celebraciones, por parte de los pueblos indígenas Mayas y Aztecas, preparando cada bebida de diferente manera (Padilla, 2022).

Estas bebidas de maíz y cacao se han ido diferenciando por la utilización de ingredientes específicos regionales, además de emplear distintos procesos para su producción. Pueden someterse a nixtamalización, tostado, cocción o fermentación. Estas bebidas actualmente son una mezcla de la cultura europea e indígena, pues los primeros aromatizaban el chocolate con flores, canela, pimienta y clavo. En cambio, los indígenas utilizaban vainilla, achiote y chile (Buenrostro, 2011).

En la Tabla 5 se muestra nuestras bebidas tradicionales no alcohólicas consumidas actualmente en varias regiones de México, donde se observa la fusión de culturas, pues la presencia de ingredientes no autóctonos del continente americano se observa dentro de sus componentes (Padilla, 2022).

Tabla 5. *Recopilación de bebidas tradicionales no alcohólicas de México*

Nombre	Origen	Ingredientes	Diluyente
Tejate	Oaxaca	Maíz nixtamalizado, cacao, semilla de mamey y flor de rosita.	Agua
Tascalate	Chiapas	Maíz cocido, cacao, achiote y canela.	Agua
Pinole	Chiapas	Maíz tostado, canela y puede tener cacao.	Leche o agua
Pozol	Chiapas	Maíz nixtamalizado, cacao y azúcar.	Agua
Cacahuatole	Tlaxcala	Maíz tostado, cacao, haba, anís y canela.	Agua
Piznate	Nayarit	Maíz asado/tostado y canela.	Agua

Chilate	Guerrero	Maíz o arroz, cacao, vainilla y galleta de trigo.	Agua
Tanchuca	Yucatán y Tabasco	Maíz, anís y chocolate.	Agua
Tejuino	Jalisco y Colima	Maíz fermentado y piloncillo.	Agua

Fuente: Edgar Padilla, 2022.

3.8. Origen del pozol

El proceso de la fermentación es uno de los conocimientos más antiguos de la humanidad. En México, país de grandes contrastes, tradiciones y gran diversidad cultural y biológica, se encuentran alimentos muy variados, entre ellos, los alimentos fermentados tradicionales que se consumen hoy en día y que complementan la dieta de forma importante. Las bebidas y los alimentos indígenas fermentados han sido de gran importancia en la vida diaria y ceremonial de numerosos grupos indígenas de México desde la época prehispánica hasta la actual. Los alimentos o bebidas fermentadas son aquellos en que una etapa esencial de su procesamiento se debe al crecimiento y la actividad de microorganismos (hay fermentaciones lácticas, acéticas, alcohólicas y mixtas, entre otras) (Ramírez, 2008).

Entre las bebidas y los alimentos fermentados autóctonos de México no alcohólicos de origen prehispánico el más importante es el pozol (el nombre pozol es de origen náhuatl, *pozolli*, que quiere decir espumoso). Desde la época prehispánica, los Maya-Chontales de Tabasco, elaboraban una bebida a base de cacao y maíz a la que llamaban “pochotl”, el cual era muy apreciado entre los antiguos habitantes de estas tierras y de muchos grupos étnicos del sur y el sureste de México: choles, lacandones, tzotziles o chamulas, tzetzales, zoques, mames y zapotecos, junto con la población mestiza, debido a los nutrientes que brindaban resistencia para los viajeros indígenas, éstos sabían de su importancia porque alimentaba y mitigaba la sed en estas zonas de mucho calor y perduraba sin echarse a perder. A partir de 1519 cuando los conquistadores españoles comenzaron a llegar a Tabasco, conocieron el “pochotl”, y al paso de los años, deformaron el nombre a “pozol” (Román, 2011 y Ramírez, 2020).

El pozol se prepara con bolas de masa de maíz nixtamalizado (ya sea blanco, amarillo o negro) envueltas en hojas de plátano que se dejan fermentar desde unas horas, 3 o 7 días, hasta un mes. Se consumen disueltas en agua durante la comida, el trabajo o a cualquier hora del día como una bebida refrescante. También tiene usos medicinales, rituales y, debido a su alto grado de conservación, las bolas de pozol son utilizadas como provisiones en travesías largas. Los lacandones utilizan el pozol mezclado con miel para bajar la fiebre y controlar la diarrea (del Castillo, 2018 y Ramírez, 2020)

En el mismo Chipas o en Tabasco, los campesinos suelen llevar en sus caminatas una jícara para hacer el pozol, mezclado con agua. Así resisten duras jornadas de trabajo al rayo del sol. El chorote tabasqueño está dentro de esta familia de bebidas. Se prepara en frío con maíz cocido, granos de cacao tostado y molido. Suele endulzarse con miel o azúcar. Puede añadirse pulpa de coco o, como hacían los antiguos mexicanos, diversos chiles tostados y molidos (Buenrostro, 2011).

3.8.1. Bacterias microbiológicas en pozol.

El pozol se trata de una bebida refrescante, ácida, no alcohólica, obtenida de la fermentación espontánea de la masa de maíz nixtamalizada. La fermentación del pozol es llevada a cabo por microbiota natural como resultado de la inoculación no intencionada durante su preparación. Esta microbiota natural está constituida por una gran variedad de microorganismos, compuesta de mohos, levaduras y bacterias (Montiel, 2022).

Los estudios microbiológicos de estas bebidas indican que contienen gran cantidad de microorganismos benéficos como las bacterias lácticas que constituyen del 90 % al 97 % de la microbiota activa total de una muestra de pozol después de 5 días de fermentación. Las bacterias lácticas son las primeras en desarrollarse y que están presentes durante todo el proceso. Ellas son las responsables de la acidificación de la masa (llega a tener un valor de pH cercano a 4), ya que producen ácido láctico, el que imparte un sabor fresco y agradable al producto; de ellas destacan las amilolíticas (como: *Lactobacillus acidophilus* y *L. crispatus*). Estas bacterias convierten el almidón del nixtamal (su principal carbohidrato) en ácidos, a diferencia de las

que se encuentran en alimentos similares hechos con maíz o productos lácteos fermentados como el yogurt que aprovechan la lactosa, que es el azúcar de la leche (Ramírez, 2020 y Montiel, 2022).

Es común que en los alimentos se encuentren bacterias potencialmente patógenas, pero al inducir la fermentación generalmente se mueren debido a la acidez o pH bajo del ambiente. Dentro de las bacterias lácticas reportadas como dominantes en la fermentación de pozol están miembros de los géneros *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus* y *Leuconostoc*. Entre los mesófilos presentes a lo largo de la fermentación están miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, aunque la población disminuye conforme avanza la fermentación (Ramírez, 2008 y Ramírez, 2020). Los Estreptococos y Enterococos en su mayoría son considerados patógenos, sin embargo, la contribución de estas cepas en la fermentación del pozol es destacada, además, la participación de estas cepas en otras fermentaciones es de gran importancia (Montiel, 2022).

La importancia de las bacterias lácticas en este alimento radica tanto en su capacidad fermentativa, así como en la producción de diferentes metabolitos. Algunas de estas sustancias contribuyen o ejercen actividad antimicrobiana contra otras bacterias, principalmente los ácidos orgánicos (ácido láctico, ácido acético), bacteriocinas, CO₂ y peróxido de hidrógeno (Ramírez, 2020).

3.9. Bacterias ácido-lácticas.

Desde hace muchos el hombre utiliza las bacterias lácticas para la conservación de sus alimentos. Las bacterias lácticas y otros microorganismos responsables de las fermentaciones alimenticias fueron desconocidos y el éxito de estas operaciones alimentarias estaba sometido a errores y aciertos. Ya con el desarrollo de la industria, en particular la industria alimentaria, se ha llevado a la producción de fermentos industriales con la capacidad de asegurar la calidad y estabilidad de los productos (Sáenz, 2008).

Las bacterias del ácido láctico son organismos inmóviles, de forma bacilar o esférica, unidos por un conjunto de propiedades metabólicas y nutricionales poco corriente. Su nombre deriva del hecho de que sintetizan ATP a través de sus fermentaciones de carbohidratos que dan ácido láctico como principal (y a veces único) producto final. Las bacterias del ácido láctico son todas anaerobias aerotolerantes que crecen fácilmente sobre la superficie de medios sólidos expuestos al aire (Ramírez, 2011 y Vázquez, 2013).

Los azúcares fermentables son convertidos en ácido láctico como producto principal o único de la fermentación por bacterias del ácido láctico. Existen dos rutas fermentativas: la homofermentativa y la heterofermentativa. En la homofermentativa el único producto de la fermentación es ácido láctico, mientras que en la heterofermentativa además de ácido láctico se generan otros productos como etanol y CO₂. La fermentación de azúcares produce ácido láctico en cantidades suficientes para inhibir o matar a la mayoría de los otros microorganismos. Pero con unas pocas excepciones, que incluyen algunos estreptococos. Los alimentos deben contener suficiente cantidad de azúcares para que las bacterias del ácido láctico produzcan cantidades inhibitorias de dicho ácido (la mayoría de los materiales vegetales y productos lácteos las tienen) (Vázquez, 2013 y Flores, 2014).

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) son microorganismos que tienen diversas aplicaciones, siendo una de las principales la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogurt, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, etc. Asimismo, las BAL son de gran utilidad en la producción de vinos y cerveza. Las BAL, además de contribuir en la biopreservación de los alimentos, mejoran las características sensoriales como el sabor, olor, textura y aumentan su calidad nutritiva. Además, los probióticos son cultivos puros, o mezcla de cultivos de microorganismos vivos, que al ser consumidos por el hombre y los animales en cantidades adecuadas mejoran la salud. En ese sentido, la mayoría de los probióticos pertenecen a las BAL y son usadas por la industria alimentaria en la elaboración de productos fermentados y como complementos alimenticios con la finalidad de promover salud (Ramírez, 2011).

Una consecuencia de la incapacidad para sintetizar proteínas hémicas es que las bacterias del ácido láctico son catalasa-negativa y, por tanto, no pueden descomponer el agua según la reacción:



La ausencia de actividad catalásica, fácilmente demostrable por la ausencia de O_2 cuando las células se mezclan con una gota de H_2O_2 diluida, es una de las pruebas de diagnóstico más útiles para el reconocimiento de estos organismos, ya que prácticamente son las únicas bacterias desprovistas de catalasa que pueden crecer en presencia del aire. La incapacidad de las bacterias del ácido láctico para sintetizar proteínas hémicas está correlacionada con la incapacidad para sintetizar hemina, la porfirina que es el grupo prostético de estos enzimas. Sin embargo, ciertas bacterias del ácido láctico adquieren capacidad catalásica cuando crecen en presencia de una fuente de hemina (por ejemplo, en medios que contengan glóbulos rojos de la sangre) (Vázquez, 2013).

4. MATERIALES MÉTODOS

4.1. Descripción del lugar experimental

El presente proyecto se realizó en el taller de Industrias Alimentarias, ubicado en el Tecnológico Nacional de México Campus Acatlán de Osorio Puebla, ubicado en el Sur del Estado de Puebla en la carretera San Juan Ixcaquixtla kilómetro 5.5, Acatlán de Osorio, C.P. 74949 Entre los paralelos 17° 53' y 18°22' de latitud norte; los meridianos 97° 56' y 98° 18' de longitud oeste; altitud entre 900 y 1 600 m. con una temperatura media anual de 26.4 °C y un descrito como seco, semiárido con lluvias en verano.

4.2. Obtención de materia prima

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron dos tipos de maíz (A-7573 y nativo), el maíz fue proporcionado por el Ing. Marco Antonio Aparicio Bautista Técnico de CADER (Centro de Apoyo al Desarrollo Rural).

El maíz es proveniente de parcelas ubicadas en San Cristóbal 1ª Secc, a 2.0 kilómetros al este de la localidad de Acatlán de Osorio, C.P. 74949.

4.2.1. Obtención de la materia prima para la elaboración del pozol.

Para la elaboración de la bebida tipo pozol se utilizó cacao en polvo, agua potable y azúcar, esta materia prima se adquirió en la comercializadora “Dulcería Lupita”, el cual está ubicada en la calle revolución #19 Esquina con Miguel Hidalgo, Acatlán de Osorio, Puebla, posteriormente se almacenó para su uso durante el proceso del proyecto.

4.3. Formulación de la bebida

La formulación que se utilizó fue bajo las especificaciones del chef Felipe Correa Salgado, para la elaboración de bebidas de origen prehispánico a base de maíz.

El chef estableció que para la elaboración del “pozol” se utilizara la siguiente formulación:

135 g de cacao

500 g de masa de maíz (previamente nixtamalizado)

300 g de azúcar

1 ½ litros de agua

4.4. Descripción del proceso productivo

Antes de iniciar el proceso productivo se hizo referencia a Las Normas Oficiales Mexicanas que controlan la producción e inocuidad de alimentos, las cuales son: (NOM-120-SSA1-1994 y NOM-093-SSA1-1994). Estas normas se enfocan a los controles sanitarios y buenas prácticas de manufactura y saneamiento para establecimientos procesadores de alimentos (restaurantes, negocios de comidas, comisariatos y similares).

Estas normas nos permiten asegurar el material y equipo a utilizar este en condiciones inocuas, para evitar que afecte al producto final.

4.5. Elaboración de la masa de maíz

- 1) Primeramente, se limpió el maíz eliminando las hojas y el estigma que este tenga.
- 2) Una vez limpio el maíz, se seleccionan los elotes que cumplan con las condiciones inocuas para su uso.
- 3) Posteriormente se realizó el desgranado, para después realizar un lavado y remover impurezas del grano.
- 4) Después de lavar los granos de maíz, se realizó el proceso de nixtamalización (La nixtamalización consiste en someter los granos a una cocción con solución alcalina, generalmente de agua y cal alimentaria (CaO)). Se reposa el maíz, posteriormente se filtra y se lava con agua limpia.
- 5) A continuación, se sometió el maíz a una segunda cocción para remover la cubierta exterior del grano (pericarpio) y la punta del grano o (pedicelo).
- 6) Al finalizar la segunda cocción, se limpió el maíz con agua limpia en un colador para remover las impurezas, para posteriormente moler en pequeñas porciones, (Anexo 1).

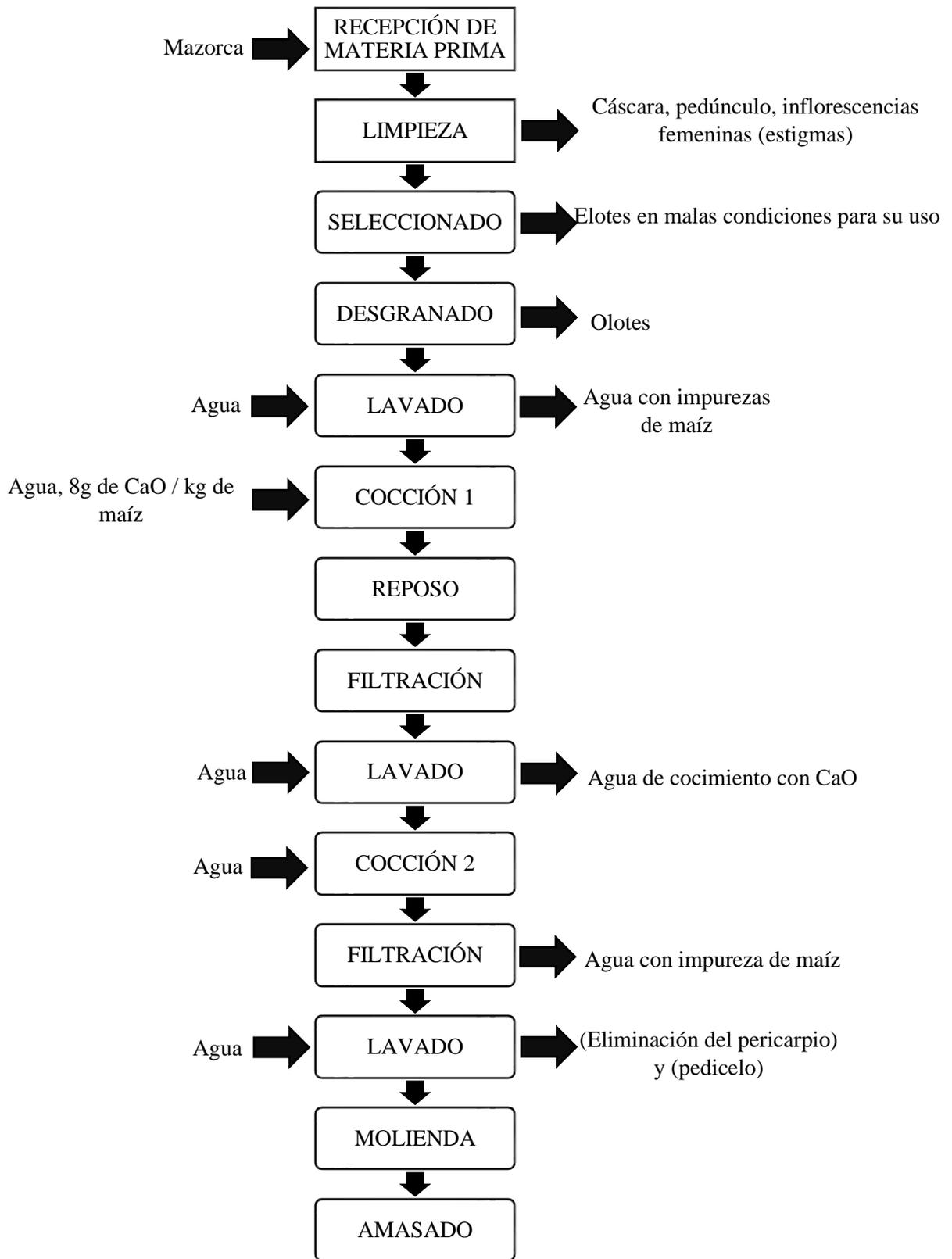


Figura 10. Diagrama de flujo para la elaboración de la masa de maíz.

4.6. Estandarización del proceso de elaboración del pozol

Los procesos de fermentación fueron establecidos bajo las especificaciones del chef Felipe Correa Salgado Tabla 6, para la elaboración de bebidas de origen prehispánico a base de maíz.

Tabla 6. *Estandarización del proceso de fermentación del pozol*

Tipo de maíz	Proceso de fermentación 1	Proceso de fermentación 2	Proceso de fermentación 3
A-7573	Al vacío. A temperatura ambiente.	Sin luminosidad. A temperatura ambiente.	En estufa de cultivo. A 38° de temperatura.
Nativo	Durante 24 h.	Durante 24 h.	Durante 24 h.

4.6.1. Elaboración del pozol (proceso de fermentación 1).

- 1) Primeramente, se mezcló 500 g de masa de maíz con 135 g de cacao en polvo.
- 2) Al primer mezclado se le añadió 300 g de azúcar, se mezcló hasta formar una masa perfectamente homogénea y en forma esférica.
- 3) Al culminar el amasado de pozol se colocaron en un recipiente de plástico.
- 4) Después se cubrió el recipiente con Vitafim Egapack para evitar una contaminación cruzada.
- 5) Finalmente, se inició el proceso fermentación durante 24 h, (Anexo 2).

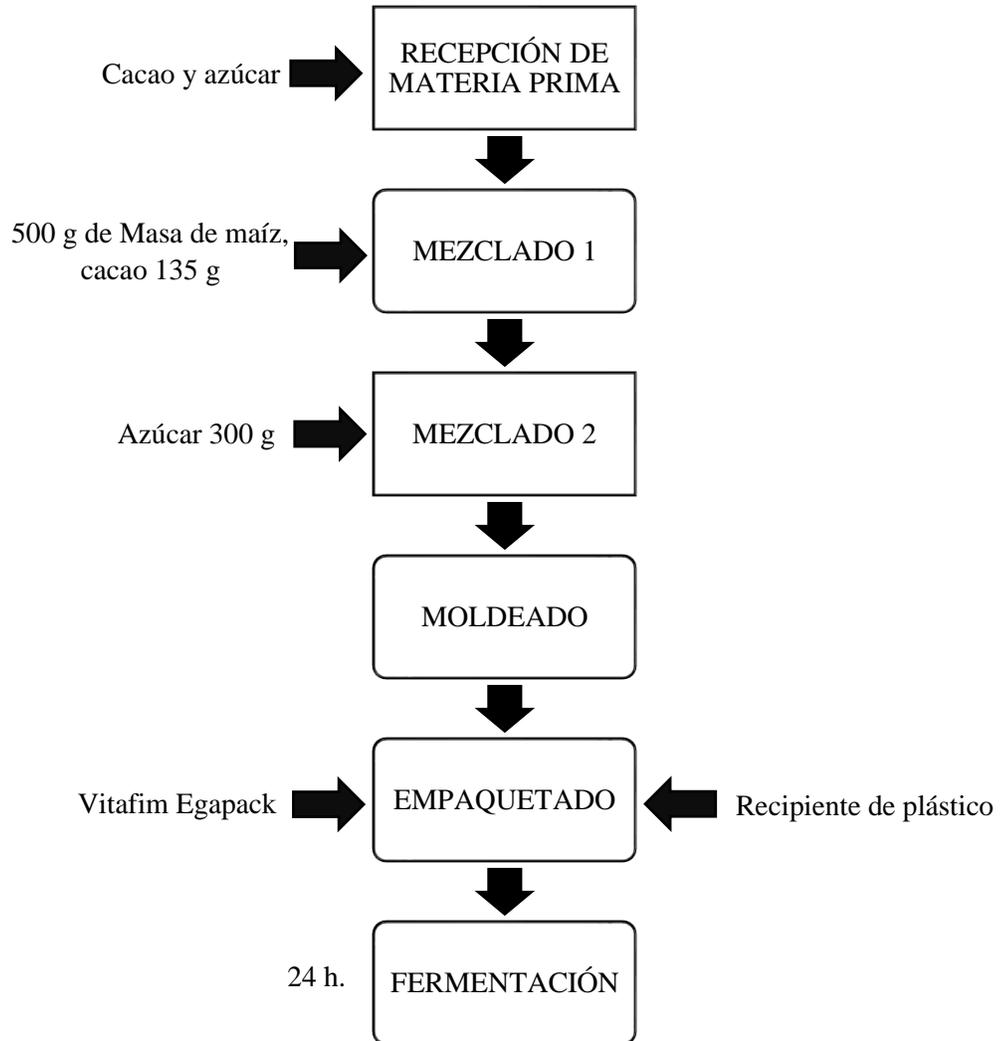


Figura 11. Diagrama de flujo para la elaboración del pozol (proceso de fermentación 1).

4.6.2. Elaboración del pozol (proceso de fermentación 2).

- 1) Primeramente, se mezcló 500 g de masa de maíz con 135 g de cacao en polvo.
- 2) Al primer mezclado se le añadió 300 g de azúcar, se mezcló hasta formar una masa perfectamente homogénea y en forma esférica.
- 3) Al culminar el amasado de pozol se envolvieron en hojas de plátano previamente lavadas y esterilizadas.
- 4) Después de envolver el pozol con las hojas de plátano se colocaron en un contenedor sellado, de tal forma que no tenga contacto el pozol con el aire.
- 5) Finalmente, se inició el proceso fermentación durante 24 h, (Anexo 2).

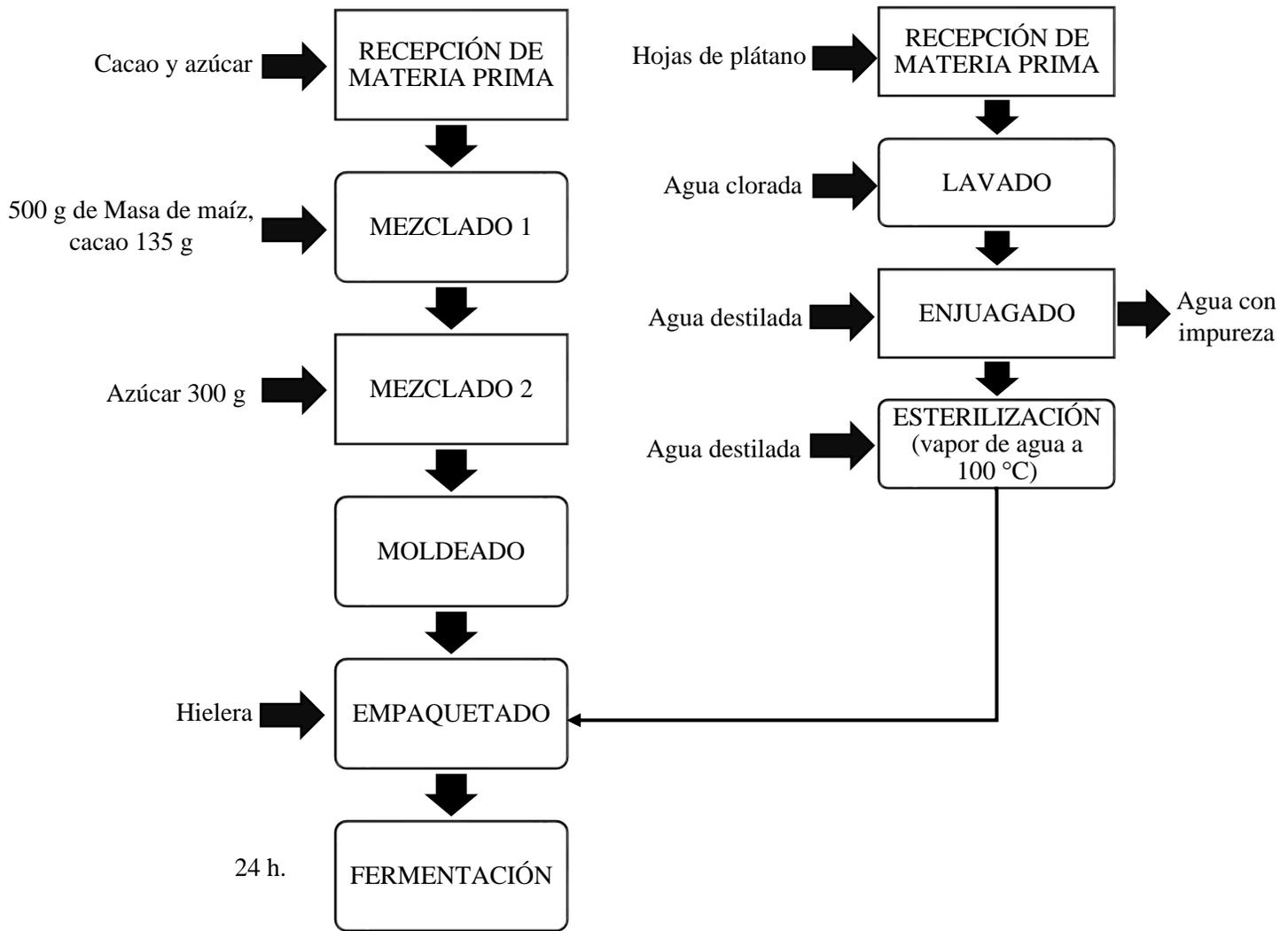


Figura 12. Diagrama de flujo para la elaboración del pozol (proceso de fermentación 2).

4.6.3. Elaboración del pozol (proceso de fermentación 3).

- 1) Primeramente, se mezcló 500 g de masa de maíz con 135 g de cacao en polvo.
- 2) Al primer mezclado se le añadió 300 g de azúcar, se mezcló hasta formar una masa perfectamente homogénea y en forma esférica.
- 3) Al culminar el amasado de pozol se envolvieron en hojas de plátano previamente lavadas y esterilizadas.
- 4) Después de envolver el pozol con las hojas de plátano se colocaron en bolsas de polietileno y se sellaron de tal forma que no tengan contacto con el aire.
- 5) Finalmente, para realizar la fermentación se colocó la bolsa en la estufa de cultivo (modelo: 9082, marca: ECOSHEL) durante 24 h, (Anexo 2).

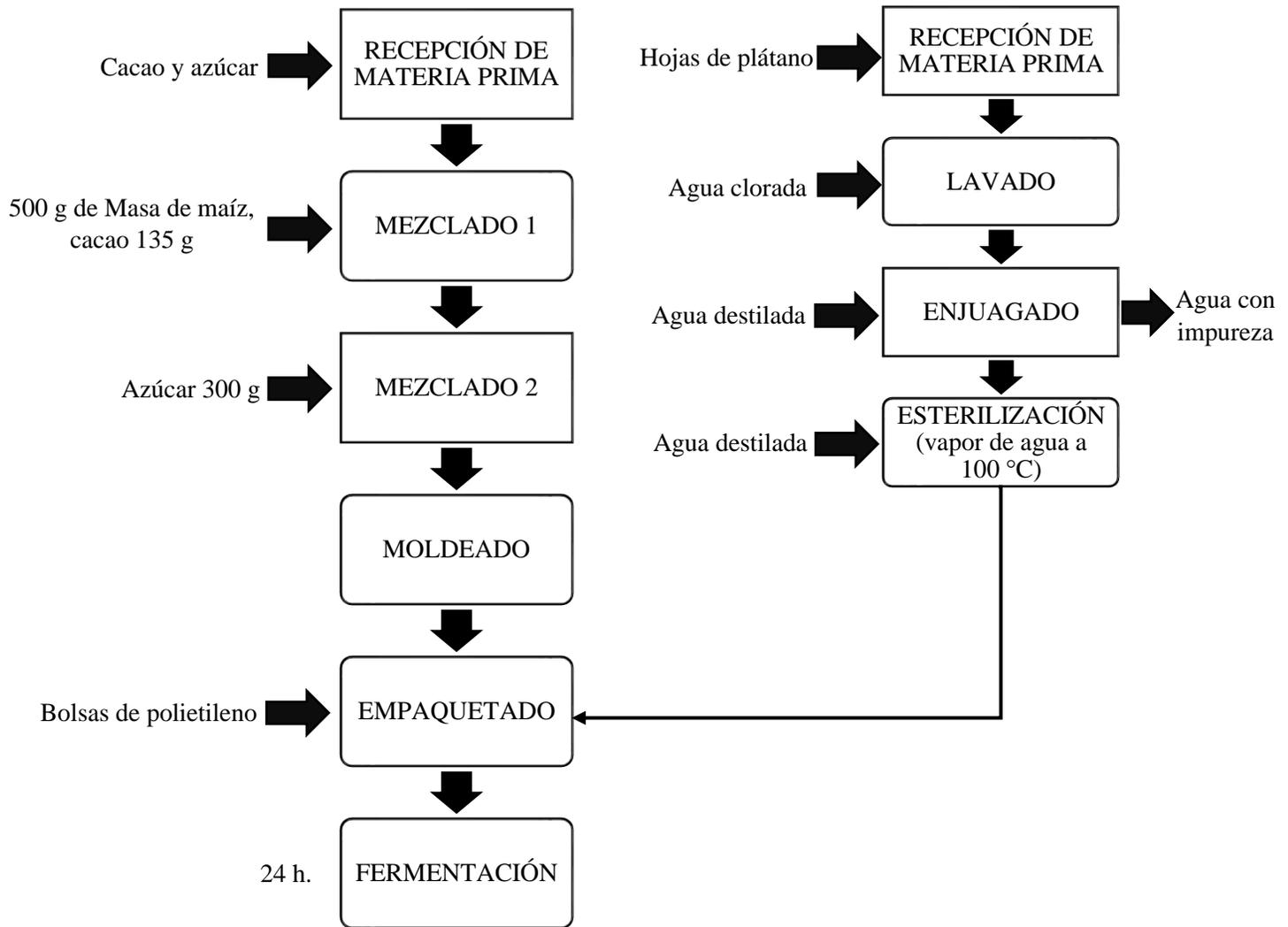


Figura 13. Diagrama de flujo para la elaboración del pozol (proceso de fermentación 3).

4.7. Proceso de elaboración de la bebida.

- 1) En 1 ½ L de agua se agregó de 2 a 3 bolas de pozol, agitar con una cuchara hasta que el pozol se halla diluido en el agua, forma una mezcla heterogénea, finalmente se le agregó hielo al gusto y se envaso, (Anexo 3).

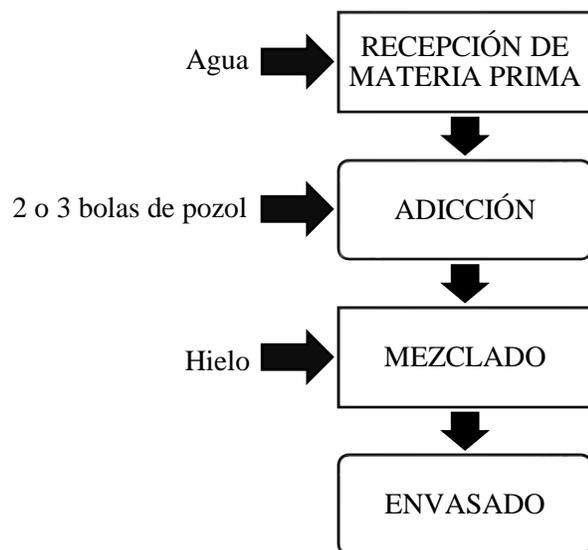


Figura 14. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida de pozol.

4.8. Prueba de ordenamiento

Para la aceptación de la bebida de pozol se realizó una prueba de ordenamiento a partir de los dos tipos de maíz (A-7573 y nativo). La prueba de ordenamiento consiste en colocar dos o más muestras de manera desordenada a los panelistas, (Anexo 4).

En esta prueba el panelista debe ordenarlas de menor a mayor o viceversa con las características o atributos que se estén evaluando, dulzor, color, dureza, etc.

El número de muestras se limita por la naturaleza del estímulo, el órgano de los sentidos que interviene en la evaluación y/o el nivel de entrenamiento de los panelistas, hay que tener en cuenta que no se pueden suministrar un número excesivo de ellas porque origina fatiga sensorial.

El panelista no puede asignar un mismo lugar a dos muestras. Este método es rápido y sencillo de realizar, utilizando muestras de referencia o de control.

De acuerdo con Alarcón, 2005 y Manfugás, 2007, “los resultados obtenidos no indican la magnitud o tamaño de la diferencia entre las muestras sucesivas. Para este tipo de pruebas se requiere de por lo menos sesenta panelistas”.

Casos en que se aplica:

- ✓ Es útil cuando las muestras son preclasificadas para análisis posteriores.
- ✓ Desarrollo de nuevos productos.
- ✓ Medir el tiempo de vida útil de los productos.
- ✓ Selección y entrenamiento de catadores.
- ✓ Mejorar el producto.
- ✓ Cambiar tecnología.

4.8.1. Análisis estadístico aplicado a la prueba de ordenamiento.

El procedimiento que se establece para analizar los datos de la prueba de ordenamiento por rangos se basa en el Test de Fridman.

El procedimiento que se utilizó es el siguiente.

- 1) Asignar puntuaciones a las muestras según el orden que se le haya dado.
- 2) Obtener suma total de puntos para cada tratamiento, después que han sido ordenados.
- 3) Calcular el valor de Ji cuadrado experimental, según la formula siguiente:

$$X^2_{exp} = \frac{12}{nK(K+1)} \sum_{i=1}^K R_i^2 - 3n(K+1)$$

Donde:

n= número de juicios totales.

K= número de tratamientos.

Ri= suma de puntos totales por muestra.

- 4) Buscar X^2_{tab} en la tabla correspondiente para un nivel de significación elegido y K-1 grados de libertad.
- 5) Comparar X^2_{exp} con X^2_{tab} .
- 6) Si $X^2_{exp} \leq X^2_{tab} \rightarrow$ No hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación dado.

Si $X^2_{exp} > X^2_{tab} \rightarrow$ Hay diferencia entre las muestras para un determinado nivel de significación.

- 7) Si no hay diferencia entre las muestras se concluye el análisis, de lo contrario es necesario precisar cuáles son los tratamientos diferentes, de ahí que sea necesario calcular la diferencia mínima significativa (DMS).

$$DMS=Q\sqrt{\frac{nK(K+1)}{12}}$$

Donde:

Q= Valor tabulado según K y nivel de significación establecido

n= número de juicios totales.

K= número de tratamientos.

- 8) Se determina el valor modular de la diferencia de puntuación total de los tratamientos, realizando todas las combinaciones posibles y se compara con el valor de DMS calculado.
- 9) Si $|Ri_1 - Ri_2| > DMS \rightarrow$ Hay diferencia significativa para el valor de alfa elegido.
- 10) Si $|Ri_1 - Ri_2| \leq DMS \rightarrow$ No hay diferencia significativa para el valor de alfa elegido.

4.9. Determinación de análisis bromatológicos

A los dos tipos de maíz (A-7573 y nativo) en la elaboración de pozol, se sometieron a la determinación de parámetros bromatológicos tales como: humedad, ceniza, proteína, fibra cruda y grasa, con la finalidad de obtener los componentes nutricionales del pozol.

4.9.1. Determinación de humedad.

Para la determinación de humedad se utilizó el procedimiento establecido por la norma (NMX-F-428-1982). El cual consiste en ocupar el método de secado en Termobalanza (Marca velab, modelo VE-50-5) donde se pesó 10 g de muestra en fresco el cual fue distribuido cuidadosa y uniformemente en el platillo., con la fuente de potencia debidamente ajustada, se bajó la tapa de la balanza. La muestra comenzará a perder humedad y la manecilla se moverá hacia arriba. Después de un tiempo de 10 a 20 minutos, se realiza una lectura, y si ésta permanece estable durante 2 minutos se registrará como porcentaje total de humedad, (Anexo 5).

Posteriormente la muestra se guardó para ser empleado en la determinación de cenizas y grasas.



Figura 15. Termobalanza (Marca: VELAB, Modelo: VE-50-5) para la determinación de humedad.

4.9.2. Determinación de ceniza.

Para la determinación de ceniza se siguió el procedimiento que establece la norma (NMX-F-066-S-1978).

Se pesó 1 g de muestra deshidratada en un crisol previamente puesto a peso constante, con la ayuda del mechero se carbonizo la muestra, posteriormente se transfirió el crisol a la mufla durante 2 horas a una temperatura de 550 °C, cuidando que la temperatura no pase de 550 °C para evitar que los cloruros se volatilicen., suspender el calentamiento cuando las cenizas estén totalmente blancas o grises, se dejó enfriar en la mufla unos minutos, después se transfirió al desecador donde finalizó el proceso de enfriamiento completamente y se pesó, (Anexo 6). Por último, se realizó los cálculos correspondientes para obtener el porcentaje de ceniza de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P-p) * 100}{M}$$

En donde:

P= Masa del crisol con las cenizas en gramos.

p = Masa de crisol vacío en gramos.

M = Masa de la muestra en gramos.



Figura 16. Mufla (Marca: Felisa, Modelo: FE-360) para la determinación de ceniza.

4.9.3. Determinación de proteína.

Para la determinación de proteína se realizó los pasos establecidos por la norma (NOM-F-68-S-1980). El cual establece ocupar el método de kjeldahl. Se pesó 1 g de muestra fresca y se colocó en el matraz kjeldahl, se le agregó 1 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y 10 g de Na_2SO_4 , más 20 ml H_2SO_4 , de concentrado. Se colocó en el digestor y se sometió a calentamiento hasta haber obtenido un color verde claro transparente, se dejó enfriar. Se le agregó lentamente 400 ml de agua destilada y unas granillas de zinc dentro del matraz kjeldahl y 75 ml de solución de NaOH al 40 %, inmediatamente se conectó el matraz kjeldahl a un sistema de destilación. El destilado se recibió en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, al cual se le añadió 75 ml de HCl al 0.1N y 3 gotas de indicador rojo de metilo. La destilación culminó cuando se halla recolectado aproximadamente 325 ml. Finalmente se tituló con NaOH al 0.1 %, (Anexo 7). Por último, se efectuaron los cálculos de acuerdo con la siguiente fórmula para poder obtener el porcentaje de proteína.

$$\% N = \frac{(V2 - V1) * N * meq}{P. M.} * 100 =$$

El porcentaje de proteína se obtiene multiplicando el porcentaje de nitrógeno obtenido por el factor correspondiente:

$$(\% N) * 6.25 = \% \text{ de proteína}$$

En donde:

V2 = ml de NaOH gastados en blanco.

V1 = ml de NaOH gastados en el problema.

N = Normalidad de NaOH.

Meq = Miliequivalente de nitrógeno. 0.014

P.M. = Peso de la muestra.

Factor = 6.25



Figura 17. Kjeldahl combinado (Marca: TECNI-LAB, Modelo: K6U-COMB) para la determinación de proteína.

4.9.4. Determinación de fibra cruda.

Para determinar fibra cruda se utilizó la metodología establecida por la norma (NOM-F-90-S-1978). Se pesó 2 g de muestra desgrasada, posteriormente se transfirió la muestra en un vaso de berzelius de 600 ml y se le agregó 100 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % hirviendo, se colocó el vaso de berzelius en el extractor de fibra y se dejó hervir durante 30 minutos, se giró el vaso periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes, posteriormente se retiró el vaso y se filtró en tela de lino, se enjuagó el vaso con 50-70 ml de agua hirviendo y se vertió sobre la tela de lino, se lavó el residuo hasta que al agua de lavado tenga un pH igual a la del agua destilada. Se transfirió el residuo dentro del vaso de berzelius con 100 ml NaOH al 3.52 % hirviendo, se calentó hasta ebullición exactamente 30 minutos. Se volvió a filtrar y se lavó nuevamente con agua hasta que se obtuvo un pH igual a la del agua destilada, se lavó con 25 ml de solución de H_2SO_4 , al 1.25 % y después con 3 porciones de 50 ml de agua y posteriormente con 25 ml de C_2H_6O .

Después se transfirió el residuo a un crisol puesto a peso constante y se procedió a secar dentro de la mufla a 130 °C durante 2 horas posteriormente se enfría en el desecador y se pesó, finalmente se volvió a transferir a la mufla el crisol para calcinar a 600 °C durante 30 minutos, después se transfirió al desecador para terminar de enfriar y se pesó, (Anexo 8). Finalmente, se efectuó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de fibra cruda.

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(Ps - Pp) - (Pc - Pcp)}{m} * 100$$

En donde:

Ps = Masa en gramos del residuo seco a 130 °C.

Pp = Masa en gramos de papel filtro.

Pcp = Masa en gramos de las cenizas del papel.

M = Masa de la muestra en gramos.

Pc = masa en gramos de las cenizas.



Figura 18. Extractor de fibra cruda 6 unidades (Marca: Tecni-Lab, Modelo: FC-6U) para la determinación de fibra cruda.

4.9.5. Determinación de grasa.

La grasa se determinó bajo la metodología de Soxhlet establecida por la norma (NMX-F-089-S-1978). Se colocó en pesó constante el matraz de fondo plano, por lo que se usó el horno alrededor de una hora, después se trasladó con las pinzas de crisol en el desecador unos minutos posteriormente se pesó, se añadió dentro del matraz de fondo plano 4 perlas de vidrio y se pesó nuevamente.

Se pesó 3 g de muestra seca, la cual se obtiene en la determinación de humedad, con el papel filtro se cubrió la muestra y se introduce dentro del cartucho de celulosa y se cubre con algodón.

Se instala un sistema de reflujo con soporte universal y mangueras refrigerantes, que cuenta con una bomba sumergible, el cartucho se coloca dentro del extractor de soxhlet, el matraz de fondo plano se colocó en la parte inferior donde recibirá calor de la parrilla eléctrica. En el cartucho se le añadió 75 ml de Éter de petróleo se enciende la bomba para el sistema de reflujo en un tiempo de 8 horas. Una vez transcurrido el tiempo se trasladó el matraz al horno para volatilizar el sustrato y cartucho de celulosa durante 1 hora, una vez finalizado el tiempo se pasará al desecador durante 15 minutos, y se pesará, (Anexo 9).

Para la obtención del porcentaje de grasa se utilizó la siguiente formula.

$$\% Grasa = \frac{(P - p) * 100}{M}$$

En donde:

P = Masa en gramos del matraz con grasa.

p = Masa en gramos del matraz sin grasa.

M = Masa en gramos de la muestra.



Figura 19. Determinación de grasa por el método de Soxhlet.

4.10. Análisis microbiológicos

Para la elaboración de pozol se sometió a un análisis microbiológico a las dos variedades de maíz (A-7573 y nativo) para evaluar los siguientes microorganismos: coliformes totales en RBA (Agar de Bilis y Rojo Violeta) de acuerdo con la (NOM-113-SSA1-1994), levaduras y hongos en PDA (Agar Dextrosa y papa) de acuerdo con la (NOM-111-SSA1-1994) y bacterias ácido-lácticas en MRS (Agar de Man, Rogosa y Sharpe), (Anexo 10).

4.10.1. Preparación del medio cultivo a utilizar.

Los medios de cultivo pueden adquirirse comercialmente listos para su uso o se pueden preparar en el laboratorio a partir de material deshidratado (el cual contiene los componentes necesarios para elaborar cada uno de los tipos de medios existentes).

Para su elaboración hay que seguir las instrucciones dadas por el fabricante, que se especifican en la etiqueta del envase. Normalmente consiste en disolver el medio deshidratado en agua destilada, proceso que se conoce como reconstitución. La cantidad de agua será la que indica el fabricante.

Los medios de cultivo que se utilizaron fueron (PDA, RBA y MRS) contienen agar como agente gelificante. Para la preparación de cada medio de cultivo se utilizó el siguiente procedimiento.

En un matraz Erlenmeyer de 1 L se suspendió la cantidad correspondiente de cada medio (PDA (39 g), RBA (41.5 g) y MRS (68.2 g)) en un litro de agua destilada, con la ayuda de un mechero Fisher se disolvió el medio agitando y calentando a la vez, debido a que el agar funde a 100 °C. Una vez reconstituido el medio de cultivo, hay que esterilizarlo para asegurarse de que no crezca ningún microorganismo contaminante, ya que el objetivo del cultivo es determinar el crecimiento de microorganismos ya establecidos en el producto. Para la esterilización de los medios de cultivo. Se colocó los matraces Erlenmeyer en la canastilla de metal, posteriormente se colocó dentro del tambor de la autoclave, el cual contendrá 1.5 L de agua desmineralizada, se cerró bien la autoclave y posteriormente se encendió para esterilizar a 121 °C (1.5 libras de presión) durante 15-20 minutos, (Anexo 10).

4.10.2. Preparación de la muestra.

Para la preparación de la solución madre, en un matraz Erlenmeyer de 500 ml previamente esterilizado, se le agrego 249 ml de agua tibia previamente esterilizada, posteriormente se le agrego 1 g de muestra de pozol, finalmente se dejó reposar durante 15 minutos.

Transcurrido los 15 minutos se prosiguió a preparar una serie de diluciones por triplicado, desde la dilución 1: 10⁻² hasta 1: 10⁻⁵. Para preparar la dilución 1: 10⁻², se preparo en un tubo de ensayo 9 ml de agua estéril y 1 ml de la solución madre, la dilución 1: 10⁻³ se preparó en tubo de ensayo 9 ml de agua estéril y 1 ml de la dilución 1: 10⁻², las siguientes diluciones se prepararon igual, en un tubo de ensayo 9 ml de agua estéril y 1 ml de la dilución anterior. Se agito la muestra manualmente con 25 movimientos de arriba a abajo en un arco de 30 cm efectuados en un tiempo de 7 segundos (NOM-110-SSA1-1994), (Anexo 10).

4.10.3. Siembra.

Para la siembra se tomaron por triplicado desde la dilución $1: 10^{-2}$ hasta $1: 10^{-5}$, se preparó 24 cajas petri previamente esterilizadas con agar PDA, 24 cajas petri con agar RBA y 24 cajas petri con agar MRS antes de iniciar la siembra se pausó unos minutos para que el agar tuviera apariencia semi-geleficada, posteriormente se realizó la siembra mediante la técnica de vaciado en placa, 1 sembrada por placa. Al finalizar la siembra las cajas petri gelificadas se envolvieron con Vitafim Egapack y se etiquetaron para poder reconocer la dilución. Al finalizar el proceso se colocaron las cajas petri en la incubadora a 28°C durante 48 horas, (Anexo 10).

4.10.4. Prueba de catalasa.

Para realizar la prueba de catalasa a los dos tipos de maíz (A-7573 y nativo) en la elaboración de pozol, se esterilizó el asa de inoculación con la ayuda de un mechero Fisher, se esperó a que enfriara para poder tomar una muestra del centro de una colonia obtenida de los cultivos MRS puro de 48 horas y se colocó sobre un portaobjetos, se agregó una gota de H_2O_2 al 3% sobre el cultivo y se observó la inmediata formación de burbujas (liberación de gas) tomando lo anterior como prueba positiva.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de resultados de la estandarización de fermentación del pozol

El proceso de fermentación de la prueba 3 fue establecido como idóneo, debido a que el proceso de fermentación 1 y 2, después de haber transcurrido las 24 h. habían proliferado hongos y por ende su descomposición, por el exceso de humedad, aire y alteraciones a la temperatura ambiente a la que fueron sometidos.

A comparación del proceso 3, tenía un control de temperatura, flujo de aire existente y constante, que fueron proporcionado por la estufa de cultivo (modelo: 9082, marca: ECOSHEL).

5.2. Análisis de resultados de la prueba de ordenamiento

La prueba de ordenamiento consistió en colocar dos muestras de manera desordenada de la bebida de pozol a partir de dos tipos de maíz (A-7573 y nativo) a un total de 60 panelistas. Para la realización de la prueba de ordenamiento se utilizó una papeleta previamente impresa (Figura 20).

NOMBRE: _____	FECHA _____				
Frente a usted hay dos muestras de una bebida nutritiva a partir de dos variedades de maíz de la región de Acatlán de Osorio, Puebla., usted deberá degustar de izquierda a derecha, posteriormente marque con una "X" la muestra de mayor agrado.					
<table border="1" style="margin: auto;"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;">MUESTRA</td></tr><tr><td style="text-align: center;">201</td><td style="text-align: center;">301</td></tr></table>		MUESTRA		201	301
MUESTRA					
201	301				

Figura 20. Papeleta para la prueba de ordenamiento.

Después de haber realizado la encuesta a los 60 panelistas, se procedió a desarrollar el análisis estadístico que se emplea a la prueba de ordenamiento tal y como se muestra en él (Anexo 11).

Al finalizar el análisis estadístico se pudo determinar que “no hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación dado”, la elaboración de pozol no influye el tipo de maíz que se utilice para los consumidores que difieran las características organolépticas

5.3. Análisis de resultados de la determinación de análisis bromatológicos

A los dos tipos de maíz (A-7573 y nativo) en la elaboración de pozol, fueron sometidos a la determinación de análisis bromatológicos (humedad, ceniza, proteína, fibra cruda y grasa), posteriormente se realizaron los cálculos correspondientes a cada parámetro, (Anexo 12).

La composición nutricional de la masa del pozol no ha sido reportada previamente. En la Tabla 7 se muestra los datos obtenidos del análisis bromatológico realizado a la masa de pozol a partir de los tipos de maíz (A-7573 y nativo). Donde se observa que la R1 del pozol A-7573 contiene 31.20 % de humedad y 3.4 % de ceniza, no existe diferencia con R1 del pozol nativo, el cual contiene 32.00 % y 3.25 % respectivamente. También se analizó que R1 del pozol A-7573 contiene 6.3 % de proteína, mayor que la R1 del pozol nativo, el cual contiene 4.55 %. También se observó que R1 del pozol nativo cuenta con 6.785 % en fibra cruda y 3.116 % en grasa, considerándose mayor que R1 del pozol A-7573 contiene 4.785 % en fibra cruda y 1.773 % en grasa.

Tabla 7. Datos obtenidos de los análisis bromatológicos del pozol.

Análisis realizado	Peso en g del pozol	Pozol (A-7573)		Pozol (Nativo)	
		R 1	R 2	R 1	R 2
Humedad	10 g	31.20 %	31.40 %	32.00 %	30.95 %
Ceniza	1 g	3.4 %	3.1 %	3.25 %	2.95 %
Proteína	1 g	6.3 %	4.1125 %	4.55 %	0.2625 %
Fibra cruda	2 g	4.785 %	5.785 %	6.785 %	5.285 %
Grasa	3 g	1.773 %	0.686 %	3.116 %	2.94 %

5.4. Análisis de resultados de la prueba de coliformes

En la determinación de coliformes totales del pozol A-7573 y nativo, no desarrollaron coliformes por ml, desde la dilución $1:10^{-2}$ hasta $1:10^{-5}$, tal y como se muestra en la figura 21 y 22 respectivamente.

La prueba de coliformes totales en pozol A-7573 y nativo resulto nula debido a la correcta aplicación de las normas NOM-120-SSA1-1994: Bienes y servicios, prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas; y la NOM-093- SSA1-1994: Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que ofrecen en los establecimientos fijos.

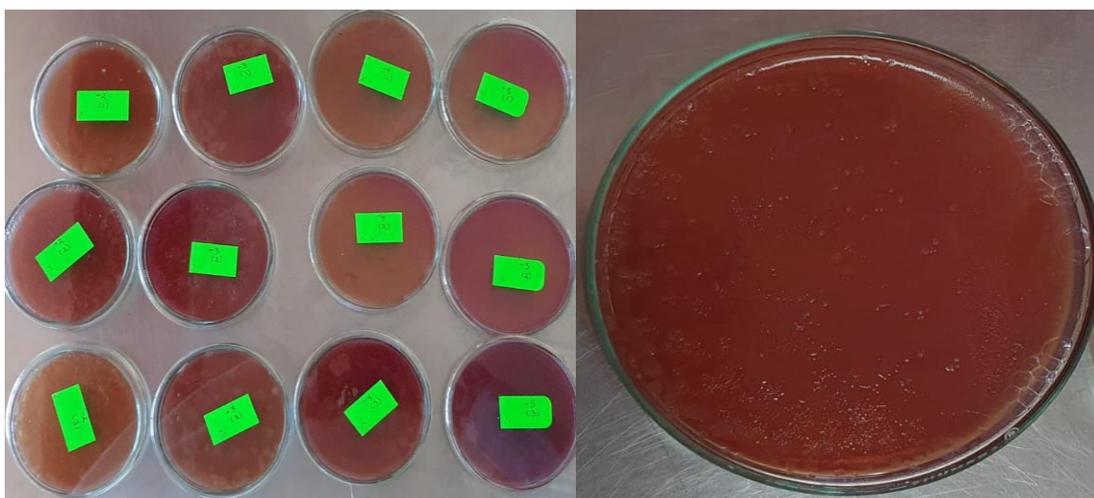


Figura 21. Determinación de coliformes en pozol A-7573.

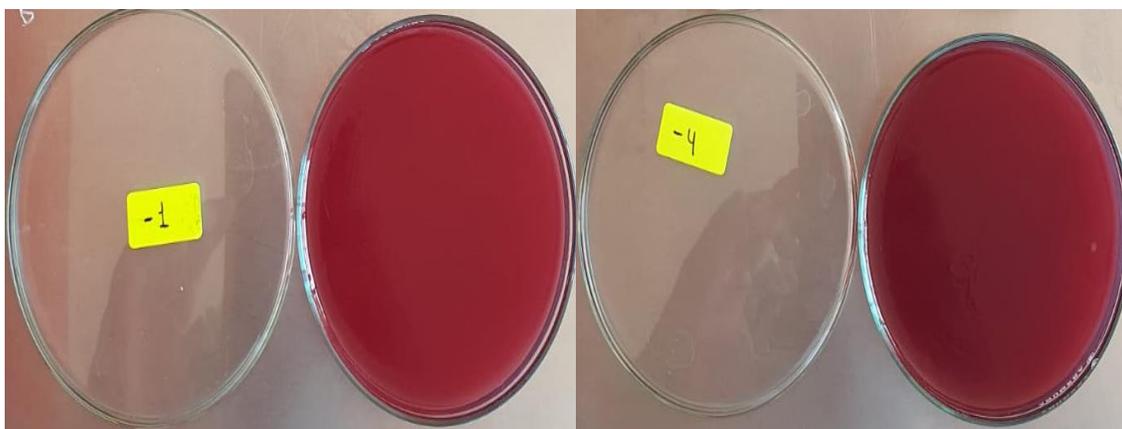


Figura 22. Determinación de coliformes en pozol Nativo.

5.5. Análisis de resultados de la prueba de levaduras y hongos.

En la determinación de levaduras y hongos del pozol A-7573, unidades formadoras de colonias, 180000 UFC/g o ml, de levaduras y hongos en Agar Dextrosa y Papa, incubadas durante 48 horas a 28 °C, desde la dilución 1: 10⁻² hasta 1: 10⁻⁵, tal y como se muestra en la figura 23.

En la determinación de levaduras y hongos del pozol de la variedad nativo, unidades formadoras de colonias, 180000 UFC/g o ml, de levaduras y hongos en Agar Dextrosa y Papa, incubadas durante 48 horas a 28 °C, desde la dilución 1: 10⁻² hasta 1: 10⁻⁵, tal y como se muestra en la figura 24.

Para la determinación de levaduras y hongos que se realizó al pozol a partir del maíz A-7573 y nativo, se encontraron UFC, esto debido que los hongos filamentosos y las levaduras crecen con mayor rapidez en alimentos ácidos y en los de baja actividad de agua, provocando importantes pérdidas por alteración en productos derivados de los cereales (maíz, etc.), tal y como se produjo con el pozol, que se elaboró con maíz A-7573 y nativo.

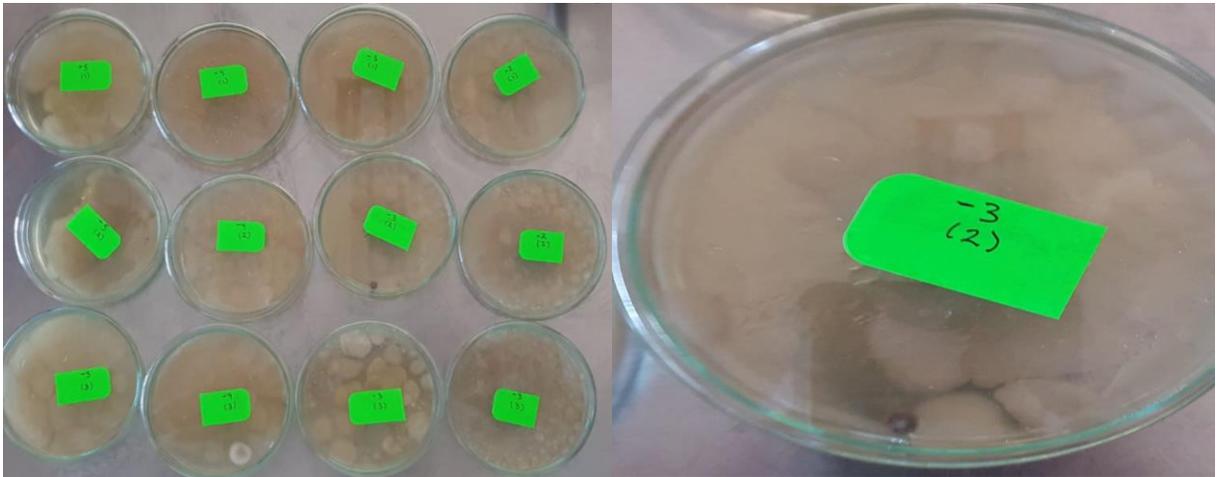


Figura 23. Determinación de levaduras y hongos en pozol A-7573.

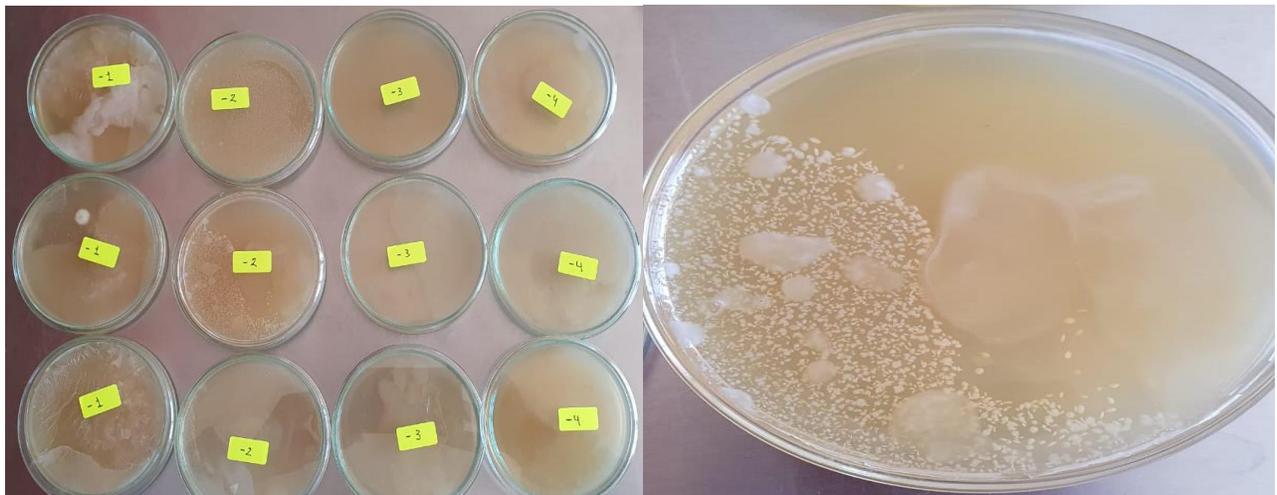


Figura 24. Determinación de levaduras y hongos en pozol Nativo.

5.6. Análisis de resultados de la prueba de bacterias ácido-lácticas

Los resultados de Vázquez (2013) en su proyecto (“Identificación y clasificación de bacterias ácido-lácticas aisladas de productos chiapanecos fermentados (atol agrio, pozol)”), indican que la morfología característica de las bacterias ácido-lácticas son: colonias redondas, color blanco, crecen sobre el medio y con aspecto cremoso, resultados que coinciden que se obtuvieron del pozol A-7573 y nativo, tal y como se muestra en las figuras 25 y 26 respectivamente. Las colonias presentaron una morfología de colonias blancas, cremosas, redondas y que a simple vista pudieron distinguirse desde la dilución $1: 10^{-2}$ hasta $1: 10^{-5}$, además se observó que las bacterias se desarrollaron mejor en un ambiente aerobio.

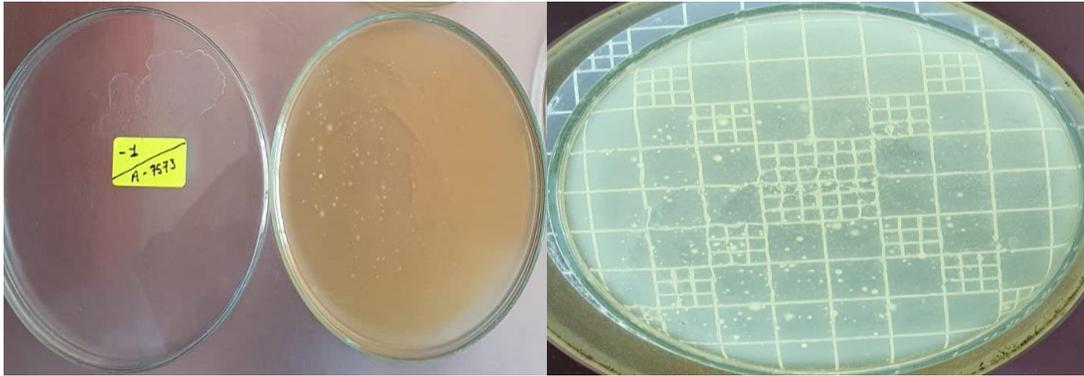


Figura 25. Determinación de bacterias ácido-lácticas en pozol A-7573.

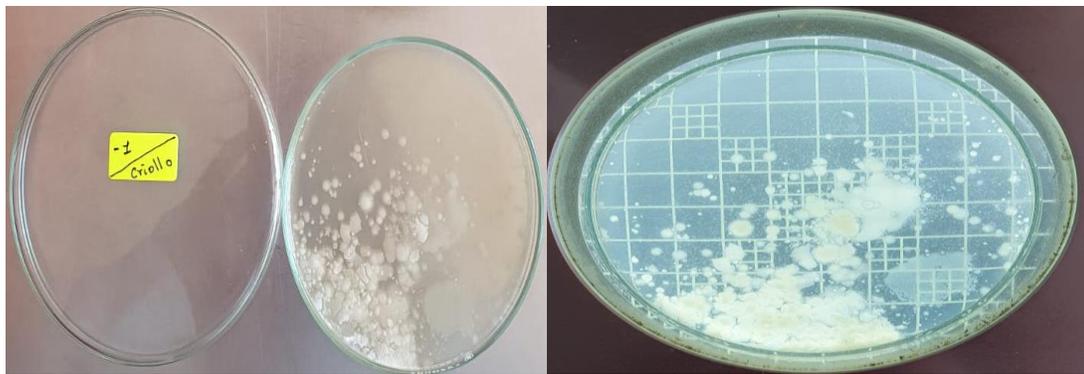


Figura 26. Determinación de bacterias ácido-lácticas en pozol Nativo.

5.7. Análisis de resultados de la prueba de catalasa

De acuerdo con Vázquez (2013), sobre las bacterias ácido-lácticas, una de las características principales de este grupo es que resultan negativo a esta prueba, ya que no manifiestan presencia de producción de gas.

Al realizar la prueba de catalasa al pozol A-7573 y nativo, se vio inmediatamente la formación de burbujas, resultando la prueba como positivo. Tal y como se muestra en las figuras 27 y 28 respectivamente.



Figura 27. Prueba de catalasa en pozol A-7573.



Figura 28. Prueba de catalasa en pozol Nativo.

CONCLUSIONES

- Los tiempos obtenidos por la estufa de cultivo, fue operado de manera satisfactoria para estandarizar la muestra a una temperatura de aire secante de 38° que obtiene una bebida de pozol con características nutricionales y microbiológicas de calidad, que es apta para el consumo humano.
- La prueba de ordenamiento que se le realizó a la bebida de pozol nos permite establecer que “no hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación dado”. Lo que quiere decir que se puede utilizar cualquiera de los tipos de maíz para la elaboración de la bebida de pozol, y el consumidor no notara diferencia entre las variedades.
- A partir de los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos, el pozol A-7573 tiene una composición nutricional de (humedad 31.20 %, ceniza 3.4 %, proteína 6.3 %, fibra cruda 4.785 % y grasa 1.773 %) mientras que el pozol nativo (humedad 32.00 %, ceniza 3.25 %, proteína 4.55 %, fibra cruda 6.785 % y grasa 3.116 %). El pozol a partir de maíz A-7573 y nativo, cuenta con un porcentaje considerable de proteína, fibra cruda y grasa nutricionalmente aceptables para el consumo.
- En la determinación de coliformes totales que se le realizo al pozol A-7573 y nativo, no se desarrollaron coliformes por ml, lo que quiere decir que el pozol se elaboró en las condiciones óptimas de inocuidad, derivado de la correcta aplicación de las normas NOM-120-SSA1-1994: Bienes y servicios, prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas; y la NOM-093- SSA1-1994: Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en los establecimientos fijos.
- En la determinación de levaduras y hongos que se le realizo al pozol de la variedad A-7573 y nativo, se encontraron UFC, esto debido que los hongos filamentosos y las levaduras crecen con mayor rapidez en productos derivados de los cereales (maíz, etc.). De acuerdo con Montiel (2022),

la microbiota del pozol incluye hongos, levaduras y bacterias de diferentes tipos (aunque la población disminuye conforme avanza la fermentación), encontrándose principalmente bacterias ácido-lácticas (BAL) que son las primeras en actuar durante la fermentación, y por lo tanto son las que determinan la acidez, aroma y sabor característico del pozol.

- Los resultados obtenidos en la determinación de bacterias ácido-lácticas coinciden con Vázquez (2013), que muestra que a partir de la fermentación del pozol se generaron bacterias ácido-lácticas, bacterias que se hacen presentes en la fermentación de productos derivados del maíz, tal y como se obtienen en el pozol a partir de maíz A-7573 y nativo.

Las bacterias ácido-lácticas que se producen de la fermentación del pozol evitan que microorganismos patógenos se adhieran al intestino, como se ha reportado para otros alimentos.

- Al realizar la prueba de catalasa al pozol A-7573 y nativo, la prueba resulto positiva, esto debido a que las cepas que se aislaron fueron *Bifidobacterium* spp el cual es un microorganismo probiótico anaerobio, que quiere decir que necesita de la fermentación para la obtención de su energía y que tiene como característica la prueba positiva.

RECOMENDACIONES

- Debido a los resultados obtenidos en el proceso de fermentación, se encomienda que en futuros estudios se utilice la estufa de cultivo, como medio de fermentación, ya que promueve las condiciones óptimas para lograr una fermentación completa.
- Debido a lo anterior, se recomienda realizar una prueba de aceptación para poder determinar la aceptación de la bebida de pozol a partir de maíz A-7573 y nativo en la región de Acatlán de Osorio, Puebla.
- Realizar más análisis bromatológicos al pozol a partir de maíz A-7573 y nativo con la finalidad de obtener más datos sobre sus componentes nutricionales y poderlas comparar, debido a que la fermentación cambia las propiedades organolépticas del pozol y por ende su composición nutricional.
- Estudiar la vida de anaquel al pozol a partir de maíz A-7573 y nativo, para poder determinar el tiempo en que el pozol mantiene una adecuada calidad bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
- Finalmente, realizarse la prueba de oxidasa para poder confirmar que las colonias obtenidas pertenecen al grupo de bacterias ácido-lácticas.

REFERENCIAS

- Agurto Sáenz, T. & Ramos Gorbeña, J.C. (2008). Bacterias ácido Lácticas: Biopreservantes de los Alimentos. *Biotempo*, 8 (1), 54-64.
- Ayala Padilla, E. (2022). *Caracterización de bebidas tradicionales mexicanas para el desarrollo de saborizantes que puedan ser incorporados a fórmulas lácteas* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Qro.
- Barrera Guzmán, L. A., Legaria Solano, J. P., & Ortega Paczka, R.(2019). Diversidad genética en poblaciones de razas mexicanas de maíz. *Revista Fitotecnia México*, 43 (1), 121-125.
- Barros, C. & Buenrostro, M.(2011). Pozol, Popo, Champurrado. *Revista Digital Universitaria*, 12 (4), 1-9.
- Basantes Morales, E. R. (2015). *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador*. Sangolqui, Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bembibre, C. (2011). *Definición de Bebida*. Definición ABC. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/general/bebida.php>
- Caporal Flores, M. (2014). *Alimentos fermentados de maíz en México, Latinoamérica y África* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F.
- Cejudo Valentin, R., Balderas Montalvo, E. J., Contreras Ramírez, A., Domínguez Casas, M., Suárez Ibáñez, C. E., Zamora Morales, A., & Delgado, H. R. (2019). Elaboración de una bebida alcohólica tipo tesgüino con maíz (*Zea mays*) y naranja (*Citrus sinensis*). *Revista Tecnológica Agrobioalimentaria*, 3 (1), 12-17.
- Coral Valenzuela, J. V. (2017). *Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (Zea mays L.) en la zona media de la parroquia malchinguí* (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

- del Castillo García, R. (2018). *Chorote, bebida del cacao*. Gourmet de México. Recuperado de <https://gourmetdemexico.com.mx/gourmet/bebidas/chorote-bebida-del-cacao/>
- Diario Oficial de la Federación. (1979). NOM-F-90-S-1978: *DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS*. Recuperado de [\[https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4799842&fecha=27/03/1979#gsc.tab=0\]](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4799842&fecha=27/03/1979#gsc.tab=0) (Fecha de acceso: 13 de Abril de 2023).
- Diario Oficial de la Federación. (1980). NOM-F-68-S-1980: *ALIMENTOS DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS*. Recuperado de [\[https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0\]](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0) (Fecha de acceso: 30 de Marzo de 2023).
- Diario Oficial de la Federación. (1994). NOM-093-SSA1-1994: *BIENES Y SERVICIOS. PREPARACIÓN DE ALIMENTOS EN ESTABLECIMIENTOS FIJOS*. Recuperado de [\[https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4721115&fecha=29/07/1994#gsc.tab=0\]](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4721115&fecha=29/07/1994#gsc.tab=0) (Fecha de acceso: 9 de Octubre de 2022).
- Diario Oficial de la Federación. (1994). NOM-113-SSA1-1994: *BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MICROORGANISMOS COLIFORMES TOTALES EN PLACA*. Recuperado de [\[https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728930&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0\]](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728930&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0) (Fecha de acceso: 13 de Abril de 2023).
- Diario Oficial de la Federación. (1994). NOM-120-SSA1-1994: *BIENES Y SERVICIOS. PRÁCTICAS DE HIGIENE Y SANIDAD PARA BIENES Y SERVICIOS*. Recuperado de [\[https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4729065&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0\]](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4729065&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0) (Fecha de acceso: 9 de Octubre de 2022).
- Diario Oficial de la Federación. (1995). NOM-110-SSA1-1994: *BIENES Y SERVICIOS. PREPARACIÓN Y DILUCIÓN DE MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA SU ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO*. Recuperado de [\[http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html\]](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html) (Fecha de acceso: 12 de Abril de 2023).

- Diario Oficial de la Federación. (1995). NOM-111-SSA1-1994: *BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MOHOS Y LEVADURAS EN ALIMENTOS*. Recuperado de [https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0] (Fecha de acceso: 13 de Enero de 2023).
- Dirección General de Normas. (1978). NMX-F-066-S-1978: *DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN ALIMENTOS. FOODSTUFF DETERMINATION OF ASHES*. Recuperado de [https://studylib.es/doc/6078649/nmx-f-066-s-1978.-determinaci%C3%B3n-de-cenizas-en-alimentos] (Fecha de acceso: 13 de Marzo de 2023).
- Dirección General de Normas. (1978). NMX-F-089-S-1978: *DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉRO (MÉTODO SOXHLET) EN ALIMENTOS. FOODSTUFF DETERMINATION OF ETHER EXTRACT (SOXHLET)*. Recuperado de [https://vdocuments.site/nmx-f-089-s-1978.html?page=1] (Fecha de acceso: 27 de Marzo de 2023).
- Dirección General de Normas. (1982). NMX-F-428-1982: *ALIMENTOS – DETERMINACIÓN DE HUMEDAD MÉTODO RÁPIDO DE LA TERMOBALANZA). FOODS – DETERMINATION OF MOISTURE (THERMOBALANCE RAPID METHOD)*. Recuperado de [https://idoc.pub/documents/nmx-f-428-1982-d49odvw8v049] (Fecha de acceso: 8 de Marzo de 2023).
- Domínguez Ramírez, L. L. (2020). *Comportamiento de cepas de Streptococcus aisladas de pozol ante la temperatura alta y el pH bajo presentes durante la elaboración de la masa y durante su fermentación*. (Tesis de doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México.
- Espinosa Manfugás, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. El Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba: Ministerio de Educación Superior, Editorial Universitaria.
- Figuroa Cárdenas, J. de D., Narváez González, D. E., Mauricio Sánchez, A., Taba, S., Gaytán Martínez, M., Véles Medina. J. J., Rincón Sánchez, F., & Aragón Cuevas, F. (2013).

- Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Revista Fitotecnia México*, 36 (Supl. 3-A), 305-314.
- Flores Ramírez, E. (2008). *Pozol: una bebida fermentada tradicional de México* [Archivo pdf]. CIENCIORAMA. Recuperado de http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/177_cienciorama.pdf
- González Yáñez, M. (Ed). (2014). *El cultivo de Maíz Choclero y Dulce*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N° 303. 146p.
- Hernández Alarcón, E. (2005). *Evaluación Sensorial* . Bogota, D.C., Colombia: Centro Nacional de Medios para el aprendizaje.
- Jaeger, G. (2020). *POZOL: BEBIDA DE MAÍZ CONSENTIDA EN CHIAPAS*. FUNDACIÓN TORTILLA. Recuperado de https://fundaciontortilla.org/Cocina/pozol_bebida_de_maiz_consentida_en_chiapas
- Jiménez Vera, R., González Cortés, N., Magaña Contreras, A., & Corona Cruz, A. (2010). Evaluación microbiológica y sensorial de fermentados de pozol blanco, con cacao (*Theobroma cacao*) y coco (*Cocos nucifera*). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (1), 070-080.
- L. Paliwal, R., Granados, G., Renée Lafitte, H., D. Violic, A., & Pierre Marathée, J. (2001). *El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de <https://www.fao.org/common-pages/search/es/?q=EL%20MA%C3%8DZ%20EN%20LOS%20TR%C3%93PICOS%3A%20Mejoramiento%20y%20producci%C3%B3n%20pdf>
- Luna Medina, N. Y., & López Sánchez, R. (2020). *El universo microbiano en la fermentación del pozol*. Ciencia y Cultura. Recuperado de <https://www.revistac2.com/el-universo-microbiano-en-la-fermentacion-del-pozol/>
- Magaña Montiel, N. (2022). *Estudio de factores de patogenicidad en cepas de Streptococcus sp. con potencial probiótico, aisladas de pozol* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México.

- Medina Oyarce, C. (2019). *Taxonomía del maíz* [Archivo pdf]. IDOCPUB Recuperado de <https://idoc.pub/documents/taxonomia-del-maiz-vlr0mvk5pjlz>
- Morales, F. (2020). *Septiembre, mes del maíz*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trijo (CIMMYT). Recuperado de <https://idp.cimmyt.org/septiembre-mes-del-maiz/>
- Mota Cruz, C., González Amaro, R. M., Burgeff, C., Enríquez García, C., Oliveros Galindo, O., & Acevedo Gasman, F. (2022). *Razas de maíz de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- Paredes López, O., Guevara Lara, F., & Bello Pérez, L. A. (2010). *La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz* [Archivo pdf]. revistas unam. Recuperado de <https://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/14831>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2016). *Bebida – Qué es, definición y concepto*. Definición.de. Recuperado de <https://definicion.de/bebida/>
- Quishpi Allauca, V. P. (2015). *Elaboración de una bebida nutritiva a partir del maíz morado combinado con guayaba, en la escuela de gastronomía, facultad de salud pública – ESPOCH* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Ramírez Ramírez, J. C., Rosas Ulloa, P., Velázquez González, M. Y., Armando Ulloa, J., & Arce Romero, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista fuente*, 0713 (7), 1-16.
- Ramos Guillén, F. J. (2011). *Proyecto para la elaboración de una bebida tradicional chiapaneca a base de maíz (Zea mays)* (Memoria de residencia). Tecnológico de Tuxtla Gutierrez, Tuxtla Gutierrez, Chiapas.
- Román, V. (2011). *El pozol: Bebida ancestral*. SABORES DE MÉXICO Y DEL MUNDO. Recuperado de <https://lossaboresdemexico.com/el-pozol-bebida-ancestral/>
- Roque Maciel, L., Arámbula Villa, G., López Espíndola, M., Ortiz Laurel, H., Carballo Carballo, A., & Herrera Corredor, J. A. (2016). Nxtamalización de cinco variedades de

maíz con diferente dureza de grano: impacto en consumo de combustible y cambios fisicoquímicos. *Revista Agrociencia*, 50 (6), 727-745.

Ruiz Corral, J. A., Hernández Casillas, J. M., Sánchez González, J. de J., Ortega Corona, A., Ramírez Ojeda, G., Guerrero Herrera, M. de J., Aragón Cuevas, F., Vidal Martínez, V. A., & de la Cruz Larios, L. (2013). *ECOLOGÍA, ADAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE LAS RAZAS MEXICANAS DEL PAÍS*. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México: INIFAP.

SADER. (2023). *Maíz, cultivo de México*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-cultivo-de-mexico?idiom=es>

SADER. (2023). *Razas de maíz, riquezas del campo mexicano*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/razas-de-maiz-riqueza-del-campo-mexicano>

Sánchez González, J. de J. (2021). *Razas de maíz de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>

Sánchez Ortega, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*, 7 (2), 151-171.

Savedra del Real, G. (Ed). (2014). *El cultivo de Maíz. Choclero y Dulce*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N° 303. 146p.

Segundo, J. C. (2023). *¿Cuántas razas de maíz tiene México y cuales son sus características?*. EXCELSIOR. Recuperado de <https://www.excelsior.com.mx/nacional/maiz-mexico-razas-caracteristicas-alimentacion/1570466>

SIAP. (2022). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio Agroalimentario y Pesquera (SIAP). Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Sierra Macías, M., Andrés Meza, P., Barrón Freyre, S., Palafox Caballero, A., & Meneses Márquez, I. (2014). Diversidad morfológica en maíces nativos del estado de Tabasco, México. *Revista Científica Agropecuaria Tuxpan*, 2 (3), 284-288.

- Silva, J. (2019). *Cultivo de maíz: cómo es el proceso de siembra y su cosecha*. Agrotendencia. tv. Recuperado de <https://agrotendencia.tv/agropedia/cereales/el-cultivo-del-maiz/>
- Solís Vázquez, S. P. (2013). *Identificación y clasificación de bacterias ácido lácticas aisladas de productos chiapanecos fermentados (atol agrio, pozol)* (Memoria de residencia). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez, Tuxtla Gutierrez, Chiapas.
- Vela Gutiérrez, G., Velázquez López, A., Covatzin Jirón, D., & Toledo Meza, M. D. (2017). Bebida fermentada elaborada con bacterias ácido lácticas del pozol tradicional chiapaneco. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*, 13 (1), 165-178.
- Vela, E. (2018). *¿Conoces el origen del maíz?*. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). Recuperado de <https://www.gob.mx/aserca/es/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es>

ANEXOS

Anexo 1



Figura 29. Nixtamalización del maíz A-7573 y nativo.

Anexo 2



Figura 30. Elaboración del pozol A-7573 y nativo.

Anexo 3



Figura 31. Elaboración de la bebida de pozol A-7573 y nativo.

Anexo 4



Figura 32. Prueba de ordenamiento aplicado a la bebida de pozol A-7573 y nativo.

Anexo 5



Figura 33. Determinación de humedad al pozol A-7573 y nativo.

Anexo 6



Figura 34. Determinación de ceniza al pozol A-7573 y nativo.

Anexo 7



Figura 35. Determinación de proteína al pozol A-7573 y nativo.

Anexo 8



Figura 36. Determinación de fibra cruda al pozol A-7573 y nativo.

Anexo 9



Figura 37. Determinación de grasa al pozol A-7573 y nativo.

Anexo 10



Figura 38. Análisis microbiológico al pozol A-7573 y nativo.

Anexo 11

1) Se cálculo el valor de Ji cuadrado experimental, según la formula siguiente:

$$X^2_{exp} = \frac{12}{nK(K+1)} \sum_{i=1}^K R_i^2 - 3n(K+1)$$

Donde:

n= número de juicios totales.

K= número de tratamientos.

Ri= suma de puntos totales por muestra.

n= 60

K= 2

$$X^2_{exp} = \left(\left(\frac{12}{(60 * 2)(3)} \right) (92^2 + 88^2) \right) - 3(60)(2 + 1)$$

$$X^2_{exp} = \left(\left(\frac{12}{(120)(3)} \right) (8464 + 7744) \right) - 3(60)(3)$$

$$X^2_{exp} = \left(\left(\frac{12}{360} \right) (16208) \right) - 3(60)(3)$$

$$X^2_{exp} = 0,27$$

2) Se Buscó X^2_{tab} en la tabla correspondiente para un nivel de significación elegido y K-1 grados de libertad.

g.l. = K-1= 2-1= 1

$\alpha=0.05$

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311

Figura 39. Tabla de distribución Chi Cuadrado X^2 .
Fuente: Manfugás, 2007.

3) Se comparó X^2_{exp} con X^2_{tab} .

$$X^2_{exp} = 0,27 \leq X^2_{tab} = 3,8415$$

4) Después de comparar X^2_{exp} con X^2_{tab} , se determinó que $X^2_{exp} \leq X^2_{tab}$, lo que quiere decir que “no hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación dado”.

5) Al no haber encontrado diferencia entre las muestras se concluyó el análisis, y no fue necesario precisar cuáles son los tratamientos diferentes.

Anexo 12

Tabla 8. *Datos obtenidos del análisis de humedad.*

Peso en (g) del pozol	A-7573		Nativo	
	R 1	R 2	R 1	R 2
10 g	31.20 %	31.40 %	32.00 %	30.95 %

Cálculos para determinar el porcentaje ceniza en pozol A-7573 y nativo.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P - p) * 100}{M}$$

En donde:

P= Masa del crisol con las cenizas en gramos.

p = Masa de crisol vacío en gramos.

M = Masa de la muestra en gramos.

Pozol variedad (A-7573):

R 1:

P= 15.9140

p = 15.88

M = 1 g

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(15.9140 - 15.88) * 100}{1} = 3.4$$

R 2:

P= 16.7110

p = 16.68

M = 1 g

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(16.7110 - 16.68) * 100}{1} = 3.1$$

Pozol variedad (Nativo):

R 1:

P = 24.3927

p = 24.3602

M = 1 g

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(24.3927 - 24.3602) * 100}{1} = 3.25$$

R 2:

P = 27.3744

p = 27.3449

M = 1 g

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(27.3744 - 27.3449) * 100}{1} = 2.95$$

Tabla 9. *Datos obtenidos del análisis de ceniza.*

Peso en (g) del pozol	A-7573		Nativo	
	R 1	R 2	R 1	R 2
1 g	3.4 %	3.1 %	3.25 %	2.95 %

Cálculos para determinar el porcentaje proteína en pozol A-7573 y nativo.

$$\% N = \frac{(V2 - V1) * N * meq}{P.M.} * 100 =$$

El porcentaje de proteína se obtiene multiplicando el porcentaje de nitrógeno obtenido por el factor correspondiente:

$$(\% N) * 6.25 = \% \text{ de proteína}$$

En donde:

V2 = ml de NaOH gastados en blanco.

V1 = ml de NaOH gastados en el problema.

N = Normalidad de NaOH (0.1).

Meq = Miliequivalente de nitrógeno (0.014).

P.M. = Peso de la muestra.

Factor = 6.25

Pozol variedad (A-7573):

R 1:

V2 = 69.3 ml

V1 = 62.1 ml

N = Normalidad de NaOH (0.1).

Meq = Miliequivalente de nitrógeno (0.014).

P.M. = 1 g

Factor = 6.25

$$\% N = \frac{(69.3 - 62.1) * 0.1 * 0.014}{1} * 100 = 1.008 * 6.25 = 6.3$$

R 2:

V2 = 69.3 ml

V1 = 64.6 ml

N = Normalidad de NaOH (0.1).

Meq = Miliequivalente de nitrógeno (0.014).

P.M. = 1 g

Factor = 6.25

$$\% N = \frac{(69.3 - 64.6) * 0.1 * 0.014}{1} * 100 = 0.658 * 6.25 = 4.1125$$

Pozol variedad (Nativo):

R 1:

V2 = 69.3 ml

V1 = 64.1 ml

N = Normalidad de NaOH (0.1).

Meq = Miliequivalente de nitrógeno (0.014).

P.M. = 1 g

Factor = 6.25

$$\% N = \frac{(69.3 - 64.1) * 0.1 * 0.014}{1} * 100 = 0.728 * 6.25 = 4.55$$

R 2:

V2 = 69.3 ml

V1 = 69 ml

N = Normalidad de NaOH (0.1).

Meq = Miliequivalente de nitrógeno (0.014).

P.M. = 1 g

Factor = 6.25

$$\% N = \frac{(69.3 - 69) * 0.1 * 0.014}{1} * 100 = 0.042 * 6.25 = 0.2625$$

Tabla 10. *Datos obtenidos del análisis de proteína.*

Peso en (g) del pozol	A-7573		Nativo	
	R 1	R 2	R 1	R 2
1 g	6.3 %	4.1125 %	4.55 %	0.2625 %

Cálculos para determinar el porcentaje fibra cruda en pozol A-7573 y nativo.

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(Ps - Pp) - (Pc - Pcp)}{m} * 100$$

En donde:

Ps = Masa en gramos del residuo seco a 130 °C.

Pp = Masa en gramos de papel filtro.

Pcp = Masa en gramos de las cenizas del papel.

M = Masa de la muestra en gramos.

Pc = masa en gramos de las cenizas.

Pozol variedad (A-7573):

R 1:

$$P_s = 17.70$$

$$P_p = 0.8666$$

$$P_{cp} = 0.0023$$

$$M = 2 \text{ g}$$

$$P_c = 16.74$$

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(17.70 - 0.8666) - (16.74 - 0.0023)}{2} * 100 = 4.785$$

R 2:

$$P_s = 17.7$$

$$P_p = 0.8666$$

$$P_{cp} = 0.0023$$

$$M = 2 \text{ g}$$

$$P_c = 16.72$$

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(17.7 - 0.8666) - (16.72 - 0.0023)}{2} * 100 = 5.785$$

Pozol variedad (Nativo):

R 1:

$$P_s = 17$$

$$P_p = 0.8666$$

$$P_{cp} = 0.0023$$

$$M = 2 \text{ g}$$

$$P_c = 16$$

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(17 - 0.8666) - (16 - 0.0023)}{2} * 100 = 6.785$$

R 2:

$$P_s = 17.3$$

$$P_p = 0.8666$$

$$P_{cp} = 0.0023$$

$$M = 2 \text{ g}$$

$$P_c = 16.33$$

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(17.3 - 0.8666) - (16.33 - 0.0023)}{2} * 100 = 5.285$$

Tabla 11. *Datos obtenidos del análisis de fibra cruda.*

Peso en (g) del pozol	A-7573		Nativo	
	R 1	R 2	R 1	R 2
2 g	4.785 %	5.785 %	6.785 %	5.285 %

Cálculos para determinar el porcentaje grasa en pozol A-7573 y nativo.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(P - p) * 100}{M}$$

En donde:

P = Masa en gramos del matraz con grasa.

p = Masa en gramos del matraz sin grasa.

M = Masa en gramos de la muestra.

Pozol variedad (A-7573):

R 1:

P = 79.0532

p = 79

M = 3 g

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(79.0532 - 79) * 100}{3} = 1.773$$

R 2:

P = 99.0206

p = 99

M = 3 g

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(99.0206 - 99) * 100}{3} = 0.686$$

Pozol variedad (Nativo):

R 1:

P = 105.2890

p = 105.1955

M = 3 g

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(105.2890 - 105.1955) * 100}{3} = 3.116$$

R 2:

P = 154.4968

p = 154.4086

M = 3 g

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(154.4968 - 154.4086) * 100}{3} = 2.94$$

Tabla 12. *Datos obtenidos del análisis de grasa.*

Peso en (g) del pozol	A-7573		Nativo	
	R 1	R 2	R 1	R 2
3 g	1.773 %	0.686 %	3.116 %	2.94 %