

**FACULTAD TÉCNICA**  
**CARRERA QUÍMICA INDUSTRIAL**



**PROYECTO DE GRADO**

**Nivel Licenciatura**

**ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE JARABE  
AZUCARADO A PARTIR DEL TALLO DE CHOCLO, RAZA  
“CHUNCULA”**

**Postulante:**

**Univ. Tania Verónica Quispe Mendoza**

**Tutor:**

**Lic. Edmundo Ramiro Ovando Velasquez**

**La Paz – Bolivia**

**2012**

## **DEDICATORIA**

*Dedico a la fuente de luz, fe y esperanza en mi vida, que es Dios. A mi Padre Natalio y a mi madre Justina que son los pilares de mi vida y a mi Querida hermana Maritza.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida que es muy importante, haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi padre Natalio y a mi madre Justina, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

*A mi hermana Maritza y a su esposo Jesús, por brindarme su apoyo incondicional y ser el ejemplo de una hermana y un hermano de los cuales aprendí mucho.*

*Gracias a mi tutor Lic. Edmundo Ovando por la paciencia, orientación y tiempo que ha dado durante la etapa de realización de este trabajo.*

*A los tribunales que muy gentilmente me regalaron parte de su tiempo en la corrección, sugerencias, colaboración y recomendaciones:*

*“Dr. Augusto Vargas, Lic. Wilson Cori, Ing. Álvaro García”.*

*Y agradecer de todo corazón a todos los que me colaboraron en el transcurso de este tiempo en la realización del trabajo.*

## RESUMEN

El maíz es la planta (*Zea mays L.*) más cultivada del reino vegetal, con valores nutritivos que van desde las proteínas, hasta el agua, almidón, carbohidratos, grasas, sustancias minerales y vitaminas.

Su productividad y adaptabilidad le ha posibilitado extenderse rápidamente sobre las áreas cultivables de la Tierra después de que los europeos exportaran la planta desde América durante los siglos XVI y XVII y se ha convertido en la tercera cosecha en importancia, después del trigo y el arroz.

Actualmente se siembra en la mayoría de las regiones del mundo, principalmente en Estados Unidos, China y Brasil. Y haciendo énfasis en su valor nutritivo ha ubicado en el trono a esta planta de la familia de las gramíneas, sino también sus aplicaciones, derivados de su compleja composición química, que lo mismo le permite ser un cosmético que combustible para automóviles y alimento para animales.

En gran parte de Bolivia también se cultiva maíz, pero no se aprovecha significativamente los restos que queda de la planta, el presente trabajo de grado aprovecha este tipo de materia prima obteniendo de los tallos un jarabe azucarado que sea apto para el consumo humano.

Para ello se ha trabajado con la variedad de maíz Blanco Raza Chuncula, debido a que es la variedad que se cultiva en mayor grado y es la que se adapta mejor a las condiciones de muchos suelos.

Se extrae del tallo de este maíz el jugo azucarado para luego mediante procesos químicos y físicos se concentre el mismo hasta la obtención del jarabe azucarado con una concentración de intervalo de 74 a 78°Brix

Una vez obtenido el producto, se realizan los correspondientes análisis de control según normas.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 GENERALIDADES .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE CHOCLO .....	5
2.1.1 Taxonomía .....	5
2.1.1.1 Nombres comunes.....	5
2.1.2 Morfología .....	6
2.1.3 Condiciones agroecológicas .....	8
2.1.4 Suelo .....	9
2.2 DIVERSIFICACIÓN DEL MAÍZ EN BOLIVIA .....	9
2.2.1 Clasificación de los maíces bolivianos .....	.12
2.2.1.1 Complejos raciales y razas existentes en Bolivia .....	.13
2.2.1.1.1 Raza “Chuncula” en el departamento de La Paz .....	.15
2.2.1.1.2 Valor Nutricional .....	.19
2.2.2 Contaminación Microbiana de los tallos de choclo .....	.22
2.2.2.1 Contaminación por Antracnosis.....	.22

2.2.2.2	Contaminación por Giberella/Fusarium.....	.24
2.2.2.3	Contaminación por Macrophomina .....	.25
2.2.2.4	Desarrollo de las contaminaciones en los tallos .....	.26
2.2.2.5	Prevencciones para evitar contaminaciones .....	.27
2.3	INDUSTRIALIZACIÓN DEL MAÍZ .....	.29
2.4	EDULCORANTES.....	.33
2.4.1	Clasificación de los edulcorantes.....	.34
2.4.1.1	Edulcorantes naturales o endulzantes nutritivos.....	.34
2.4.1.2	Edulcorantes Sintéticos o endulzantes no nutritivos.....	.36
2.4.1.3	Poder Edulcorante.....	.41
2.5	JARABE .....	.42
2.5.1	Designación de un jarabe .....	.43
2.5.2	Clasificación de los jarabes.....	.44
2.5.3	Tipos de jarabe.....	.46
2.5.3.1	Jarabe simple.....	.46
2.5.3.2	Jarabe concentrado.....	.46
2.5.3.3	Jarabe medicado.....	.46
2.5.3.4	Jarabe aromatizado .....	.46
2.6	JARABE AZUCARADO .....	.46
2.6.1	Industrialización del jarabe azucarado.....	.47
2.6.2	Operaciones básicas para la obtención de jarabe azucarado.....	.47
2.6.2.1	Operaciones preliminares .....	.48
2.6.2.2	Trituración de la materia prima .....	.48
2.6.2.3	Sulfitación.....	.48

2.6.2.4	Alcalinización .....	49
2.6.2.4.1	Lechada de Cal.....	49
2.6.2.5	Concentración .....	50
2.6.2.5.1	Polarimetría.....	50
2.6.2.5.2	Azúcares presentes en el jarabe .....	51
2.6.2.5.3	Coloración del jarabe adquirida durante la concentración.....	52
2.6.2.5.4	Importancia de la concentración para evitar la fermentación .....	55
2.6.2.5.5	Efectos de la concentración a alta temperatura.....	56

### **CAPÍTULO III: PARTE EXPERIMENTAL**

3.1	PARTE EXPERIMENTAL .....	57
3.2	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS .....	57
3.2.1	Equipos .....	57
3.2.2	Materiales.....	57
3.2.3	Reactivos.....	58
3.3	MATERIA PRIMA.....	60
3.4	RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	61
3.5	ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA .....	61
3.5.1	Recepción.....	61
3.5.2	Lavado .....	62
3.5.3	Almacenamiento .....	62
3.6	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA (TALLO).....	63
3.6.1	Lectura de °Brix en el jugo extraído .....	63
3.6.2	Determinación de Humedad por método de la estufa.....	64
3.6.3	Determinación de Cenizas .....	65

3.6.4	Determinación de la densidad por método del picnómetro .....	.66
3.6.5	Determinación de Carbohidratos .....	.67
3.6.5.1	Azúcares Hidrolizables .....	.67
3.6.5.2	Azúcares Reductores.....	.69
3.6.5.3	Azúcares Totales.....	.70
3.7	MÉTODO DE OBTENCIÓN.....	.71
3.7.1	Diagrama de Flujo del proceso de obtención de Jarabe Azucarado ...	.71
3.7.2	Extracción del jugo .....	.72
3.7.3	Sulfitación.....	.73
3.7.3.1	Determinación de SO <sub>2</sub> en el jarabe .....	.74
3.7.4	Alcalinización y filtrado .....	.75
3.7.4.1	Alcalinización con Óxido de Calcio (CaO) .....	.75
3.7.5	Concentración .....	.76
3.7.5.1	Determinación de color por UV-VISIBLE.....	.76
3.7.5.2	Determinación del rendimiento porcentual.....	.79
3.8	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL “JARABE AZUCARADO” .....	.80
3.8.1	Determinación de °Brix .....	.80
3.8.2	Determinación de la densidad.....	.80
3.8.3	Determinación de humedad .....	.81
3.8.4	Determinación de Cenizas .....	.82
3.8.5	Determinación de sólidos insolubles .....	.83
3.8.6	Determinación del pH.....	.84
3.8.7	Determinación de Hidroximetilfurfural .....	.85
3.8.8	Determinación de Carbohidratos .....	.86



3.9	Determinación de minerales Cu, Fe y Pb por Absorción Atómica.....	.86
3.10	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL JARABE AZUCARADO.....	.88
3.10.1	Preparación de muestras para el análisis microbiológico .....	.88
3.10.2	Recuento total de bacterias mesófilas aerobias viables .....	.88
3.10.3	Recuento de mohos y levaduras.....	.89
3.10.4	Recuento de Coliformes.....	.90

#### **CAPÍTULO IV: DATOS Y RESULTADOS**

4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	.92
4.1.1	Análisis fisicoquímico de materia prima (tallo) .....	.92
4.1.1.1	°Brix.....	.92
4.1.1.2	Contenido de Humedad, Cenizas, Densidad y Carbohidratos .....	.93
4.1.1.2.1	Contenido de Sacarosa, glucosa y fructosa.....	.94
4.2	MÉTODO DE OBTENCIÓN.....	.95
4.2.1	Balance de materia.....	.95
4.2.1.1	Rendimiento porcentual .....	.97
4.2.2	Extracción .....	.98
4.2.3	Sulfitación.....	101
4.2.3.1	Contenido de SO <sub>2</sub> en el producto obtenido.....	101
4.2.4	Proceso de alcalinización.....	102
4.2.5	Concentración .....	103
4.2.5.1	Determinación de la temperatura adecuada .....	103
4.2.5.2	Color .....	105
4.3	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL “JARABE AZUCARADO” .....	106
4.3.1	Contenido de °Brix .....	106

4.3.2	Contenido de Densidad, Humedad, Cenizas, Sólidos insolubles, pH, Hidroximetifurfural .....	108
4.3.4	Contenido de Carbohidratos .....	109
4.4	CONTENIDO DE MINERALES EN EL JARABE AZUCARADO .....	110
4.5	MICROBIOLOGÍA .....	112
4.6	APLICACIÓN EN ALIMENTOS .....	112

## **CAPÍTULO V:**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones .....	115
5.2	Recomendaciones .....	116

## **CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2-1 Taxonomía de la planta de Choclo .....	5
Tabla 2-2 Temperatura óptima en diferentes estados de desarrollo.....	8
Tabla 2-3 Especificación de la raza “Chuncula”, en la provincia Murillo.....	.18
Tabla 2-4 Contenido de minerales del maíz, raza "Chuncula" .....	.21
Tabla 2-5 Estructura química – Edulcorantes naturales.....	.35
Tabla 2-6 Poder Edulcorante relativo .....	.41
Tabla2-7 Ejemplos de jarabes .....	.45
Tabla 3-1 Reactivos utilizados en los análisis .....	.59
Tabla 3-2 Conversión para sustituir valores en la fórmula de color .....	.78
Tabla 4-1 °Brix del jugo de tallo de choclo .....	.92
Tabla 4-2 Análisis químico porcentual del tallo de Choclo.....	.93
Tabla 4-3 Contenido de carbohidratos .....	.94
Tabla 4-4 %Sacarosa, % Glucosa, % Fructosa .....	.95
Tabla 4-5 Balance de materia en el proceso de obtención .....	.96
Tabla 4-6 Balance de materia que se desvía durante el proceso de obtención .....	.96
Tabla 4-7 %Azúcar que se desvía durante el proceso de obtención .....	.97
Tabla 4-8 Rendimiento porcentual.....	.98
Tabla 4-9 Contenido de SO <sub>2</sub> según norma.....	101
Tabla 4-10 Mezcla para alcalinización .....	102
Tabla 4-11 Determinación de la temperatura.....	104
Tabla 4-12 Color en el producto obtenido .....	105

Tabla 4-13	Contenido ° Brix del producto obtenido, bajo norma.....	107
Tabla 4-14	Análisis fisicoquímico del jarabe azucarado bajo norma .....	108
Tabla 4-15	Contenido de Carbohidratos .....	109
Tabla 4-16	%Sacarosa, %glucosa, fructosa .....	110
Tabla 4-17	Contenido de minerales bajo norma .....	111
Tabla 4-18	Análisis adicionales .....	111
Tabla 4-19	Contenido de microorganismos .....	112

## ÍNDICE DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
Imagen 2-1Partes de la planta de choclo.....	7
Imagen 2-2Ubicación de Cultivos en la provincia Murillo.....	16
Imagen 3-1Sistema de generación de SO <sub>2</sub> .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2-1 Sacarina .....	.36
Figura 2-2 Aspartamo .....	.37
Figura 2-3 Neotame.....	.38
Figura 2-4 Acesulfame de Potasio .....	.39
Figura 2-5 Sucralosa .....	.40
Figura 2-6 Ciclamato.....	.40
Figura 2-7 Moléculas de D- y L- Glucosa .....	.52
Figura 2-8 Reacción de Maillard.....	.53
Figura 2-9 Anillos aromáticos de carácter fenólico .....	.54
Figura 2-10 Descomposición térmica de las antioaninas .....	.55
Figura 2-11 Hidroximetilfurfural .....	.56
Figura 3-1 Sistema de generación de SO <sub>2</sub> .....	.73

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
Fotografía 2-1 Secuencia evolutiva, según fasciación de algunas variedades actuales que existe en Bolivia .....	.12
Fotografía 2-2 Raza Chuncula en la Provincia Murillo .....	.17
Fotografía 2-3 Raza “Chuncula”, en la provincia Murillo .....	.19
Fotografías 2-4 Contaminación de los tallos y top-dieback .....	.23
Fotografías 2- 5 Contaminación por Girberella Fusarium .....	.24
Fotografía 2-6 Desintegración de tejidos por Macrophomina .....	.25
Fotografías 2-7 Tallos secos para alimentar al ganado (Provincia Murillo).....	.32
Fotografías 2-8 Tallos como desechos (Provincia Murillo).....	.33
Fotografía 3-1 Zonas de cultivo de la raza “Chuncula” .....	.60
Fotografía 3-2 Recepción de los tallos.....	.61
Fotografía 3-3 Tallos lavados .....	.62
Fotografía 3-4 Refractómetros .....	.63
Fotografía 3-5 Determinación de azúcares hidrolizables, reflujo .....	.69
Fotografía 3-6 Espectrofotómetro UV- Visible (Marca: SCHIMADZU).....	.79
Fotografía 3-7 Determinación de densidad del jarabe .....	.80
Fotografía 3-8 Refractómetro A. KrussGermany.....	.82
Fotografía 3-9 pHmetro.....	.85
Fotografía 3-10 Equipo de absorción atómica .....	.87
Fotografía 3-11 Incubadora.....	.91
Fotografía 4-1 Jugo extraído de la zumidora .....	.99

Fotografía 4-2	Jugo obtenido del extractor de limón .....	99
Fotografía 4-3	Jugo extraído en el molino .....	100
Fotografía 4-4	Jugo y queque elaborado con jarabe azucarado .....	113

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>	
Gráfico 4-1	Rendimiento de cada instrumento de extracción.....	100
Gráfico 4-2	Concentración a temperatura constante de 50 °C.....	104
Gráfico 4-3	Determinación de la temperatura según el color .....	106

A photograph of a lush green cornfield in a valley. In the background, there are steep, rocky mountains under a bright sky with some clouds. The text is overlaid on the center of the image.

# **CAPITULO I**

# **INTRODUCCIÓN**



## 1.1 GENERALIDADES

La planta de maíz pertenece a la familia de las gramíneas, generalmente su morfología lo describe con una altura que varía desde medio metro a seis metros, las hojas forman una larga vaina íntimamente arrollada al tallo y un limbo más ancho, alargado y flexuoso; del tallo nacen dos o tres inflorescencias muy densas o mazorcas envueltas en espatas, en la axila de las hojas muy ceñidas; en cada mazorca se ven las filas de granos, cuyo número puede variar de ocho a treinta; a cada grano le corresponde un largo hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca; el tallo de la planta está rematado en el extremo por una gran panoja de pequeñas flores masculinas; cuando el polen ha sido aventado, se vuelven secas y parduscas.

De acuerdo a las últimas estadísticas publicadas el 9 de mayo de 2008 por el Servicio Exterior Agrícola (FAS) del Departamento de Agricultura de los E.U.A. (USDA), la productividad promedio del maíz en el mundo fue de 4,76 toneladas métricas por hectárea. Actualmente es cultivado en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha en importancia (después del trigo y el arroz). Al momento, los principales productores de maíz son Estados Unidos, la República Popular de China y Brasil. Independientemente de su uso industrial, el maíz constituye un componente importante de la vida de los pueblos de América, por ser el sustento de la dieta alimenticia de los pueblos indígenas y mestizos de nuestro continente, este cultivo ha dado lugar a una serie de sistemas agrícolas muy variados. Esta planta es rica en carbohidratos, proteínas, hierro y otros minerales, suministra prácticamente todas las vitaminas necesarias para el hombre, integra una nutrición muy completa y balanceada <sup>1-1</sup>. En la producción agrícola de grano se utilizan variedades sintéticas, compuestas e híbridas casi en la totalidad originadas en ingeniería genética.

Las aplicaciones que se le da a esta planta, se aboca en la alimentación y sus productos secundarios son más numerosas aún. La bebida indígena en los Andes, y fuera de ellos, es la chicha, bebida espirituosa semejante a la cerveza que se elabora con choclo fermentado, también se hace del choclo una harina y, entre otros, ciertos preparados para

---

<sup>1-1</sup> Acción Ecológica; Red por una América latina libre de transgénicos; Quito- Ecuador 2004

desayuno que se han generalizado mucho. Es rico en almidón, razón que da a la utilización en el lavado de ropa y en la cocina.

También tratándolo químicamente se obtienen productos endulzantes, como por ejemplo: jarabe azucarado, jarabe de alta fructosa, jarabe de glucosa. El almidón calentado y pulverizado se convierte en dextrina. En esta forma se emplea para preparar pastas adherentes y mucílagos, como el de los sellos de correo y de las solapas de los sobres. De los granos germinados se separan los gérmenes, los cuales se secan, trituran y se extrae de ellos aceite. Dicho aceite se utiliza como alimento y también en la fabricación de los barnices, pinturas, cauchos artificiales, y jabones. El alcohol del maíz se emplea en grandes cantidades en la fabricación del caucho sintético. Las tusas de las mazorcas se emplean para hacer pipas baratas de fumar. De las tusas se extrae también la sustancia química frutal, importante en la elaboración de resinas, disolventes e insecticidas. Las tusas se utilizan también como combustible. El tallo contiene un jugo el cual tiene un porcentaje de azúcar, que este se extrae para la obtención de biocombustibles en los Estados Unidos, se emplea para hacer colchones baratos.

La médula de los tallos sirve para elaborar algodón, pólvora. En la construcción de ciertos tabiques se utiliza cañas de maíz en vez de yeso, también como forraje en los países desarrollados más del 60% de la producción se emplea para elaborar piensos (tallo seco) compuestos para aves de corral, cerdos y rumiantes; en los últimos años, aun en los países en desarrollo en los que el maíz es un alimento fundamental, se utiliza un porcentaje más elevado de la producción como ingrediente para la fabricación de piensos.

Se dice jarabe azucarado a todo líquido cuya base principal es el azúcar, se halle este en estado de suspensión, como en los jarabes de caña, de uva, de remolacha, etc., que están destinados a cristalizarse en seguida, en el estado de combinación, como en los jarabes de frutas, en los destinados para la preparación de licores, o para servir de vehículo a algún medicamento u otra aplicación en alimentos, porque este jarabe se caracteriza por ser un endulzante natural.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

En el departamento de La Paz se aprovecha las mazorcas de maíz en la alimentación de la población por su alto valor nutritivo, que contiene carbohidratos, azúcares vitaminas y minerales, pero es importante mencionar que no solo las mazorcas contienen estos nutrientes, si no que también están distribuidas en distintas partes de la planta como en los tallos, hojas, estilos, etc., la mayoría de los agricultores lo utilizan para la alimentación de sus animales (ganado bovino, equino, ovino) o simplemente lo desechan en las veredas y caminos de las comunidades en las que se cultiva.

Es importante incentivar a las aplicaciones que podemos dar a esta planta, es por eso que el siguiente trabajo utilizará como materia prima los tallos para obtener un producto endulzante denominado jarabe azucarado, un producto alternativo apto para el consumo de la población, novedoso en la dieta alimentaria y que se podría aprovechar en la aplicación de muchas industrias alimenticias. En los países desarrollados utilizan jarabes azucarados a partir de agave, uva, caña de azúcar y remolacha, se comercializa como un edulcorante natural y no perdiendo así su valor nutritivo, reemplazando así al azúcar refinado.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Obtener mediante concentración del jugo del tallo de choclo, jarabe azucarado para su aplicación en alimentos.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Seleccionar la variedad de tallo de choclo.
- ✓ Determinar la temperatura óptima de concentración.
- ✓ Determinar el °Brix del jarabe para el producto final.
- ✓ Realizar los procedimientos de control en alimentos según las normas de Calidad.

A photograph of a cornfield in a valley with mountains in the background. The corn plants are tall and green, with some tassels visible. The background shows a valley floor with more vegetation and distant mountains under a blue sky with light clouds. The text is overlaid on the image in a dark green, serif font.

# **CAPITULO II**

**MARCO**

**TEÓRICO**

## 2.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE CHOCLO

### 2.1.1 Taxonomía

El maíz es un cereal que pertenece a la familia de las gramíneas, su clasificación taxonómica se muestra en la tabla 2-1:

**TABLA 2-1**

Taxonomía de la planta de Choclo

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
<b>Clase</b>	Angiospermai
<b>Subclase</b>	Monocotylodoneae
<b>Orden</b>	Poales
<b>Familia</b>	Gramíneas
<b>Género</b>	Zea
<b>Especie</b>	Zea mays L.

FUENTE: Parsons, 1987

#### 2.1.1.1 Nombres comunes

Los nombres más conocidos en español son: Choclo, maíz, Adaza, arcazaba, arto, artua, borona, cabellera de maíz, cañote, dacsá, espigón, farfolia, hojas, maísa, maíz acerado,

maíz azucarado, maíz barbudo, maíz cabeza de clavo, maíz calado, maíz canario, maíz arroz, maíz morillo, maíz nazareno, maíz terciado.

### 2.1.2 Morfología

La planta de maíz es de porte robusto, de fácil desarrollo y régimen anual. Su ciclo vegetativo fluctúa entre 80 y 200 días desde la siembra hasta la cosecha.

Existen variedades enanas de 40 a 60cm de altura, hasta las gigantes 2 a 4 metros.<sup>2-1</sup>

El sistema radicular esta conformado por la raíz primaria, que se origina en el embrión y tiene corta duración. Cuando la planta es adulta el sistema radicular es casi totalmente adventicio. También posee raíces de sostén o soporte, éstas se originan a partir de los nudos, las cuales proporcionan estabilidad a la planta.

El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente y una pared por donde circulan las sustancias alimenticias conocido como banda de colenquina y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares, conocido como haz vascular formado por nudos, cuyo número y longitud varían considerablemente como se observa en la imagen 2-1. El tallo puede elevarse a alturas de hasta 4 metros, e incluso más en algunas variedades.<sup>2-2</sup>

Las hojas de maíz son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo pero con los extremos desunidos. El haz de las hojas presenta vellosidades y los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. El color de las hojas usualmente verde, pero se puede encontrar hojas rayadas de blanco y verde o blanco y púrpura.

La inflorescencia del maíz es monoica, es decir, tiene flores masculinas (estaminadas) y femeninas (pistiladas) en la misma planta, pero separadas. La inflorescencia masculina aparece en la extremidad del tallo en forma de panícula, de coloración amarilla, posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen.

---

<sup>2-1</sup> Parsons, 1987. Manuales para educación agropecuaria. Sexta impresión. Editorial Trillas. México

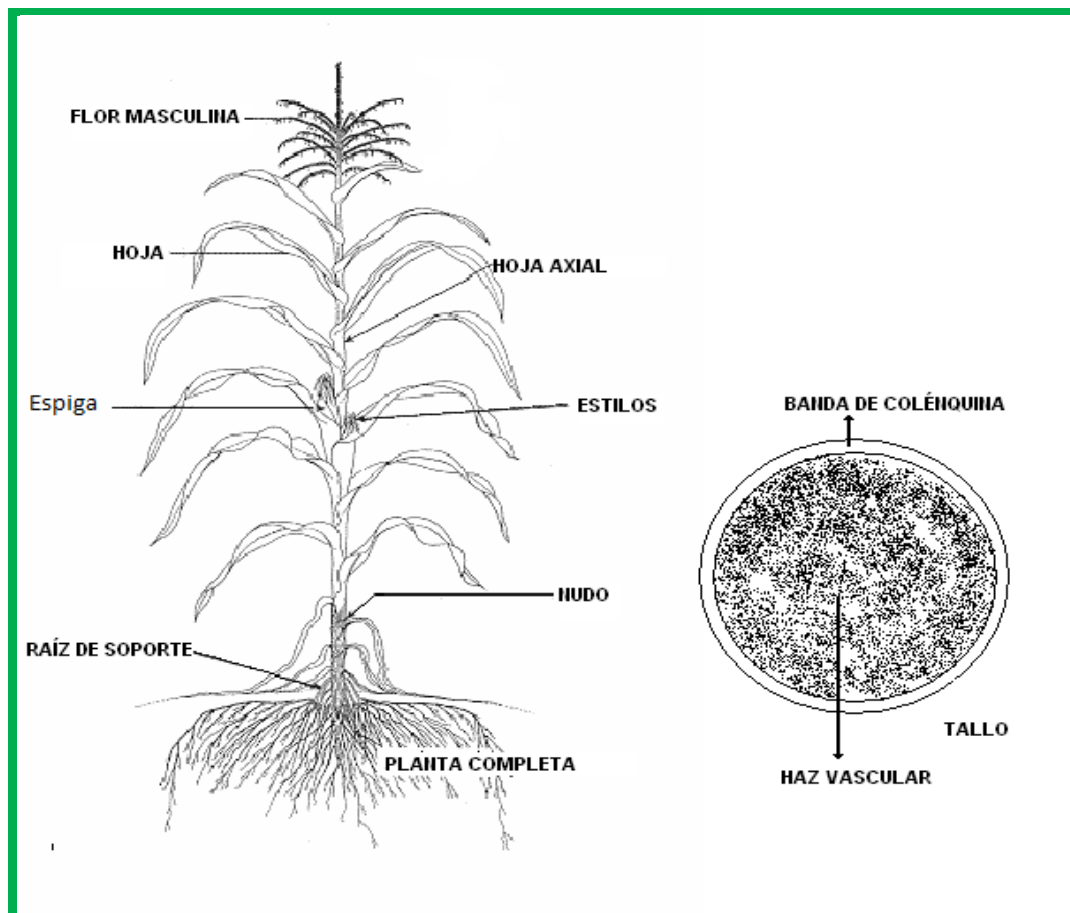
<sup>2-2</sup> Garduño 2000

La inflorescencia femenina se dispone de forma lateral, con menor cantidad de granos de polen, alrededor de 800 a 1000 granos de polen y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices.

La semilla madura se compone esencialmente de dos partes: endospermo, que ocupa la mayor parte (85% del peso del grano), y el embrión. Los tejidos externos forman el pericarpio, compuesto por varias capas celulares coloreadas y blancas. Debajo del pericarpio está la capa aleurona, rica en proteína.

### Imagen 2-1

Partes de la planta de choclo





### 2.1.3 Condiciones agroecológicas

El cultivo de maíz se desarrolla en climas relativamente cálidos, para una buena producción la temperatura debe oscilar entre los 20 y 30 °C. La temperatura óptima depende del estado de desarrollo en que se encuentre el cultivo, como se indica en la tabla 2-2 las temperaturas adecuadas en cada estado de desarrollo.

La cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300mm y la cantidad óptima de lluvia es de 500mm, y la máxima de 1000mm.

Los vientos fuertes pueden ocasionar la caída de las plantas, por lo que es necesario construir rompevientos. Los vientos calientes y secos pueden provocar la desecación de los cabellos de la mazorca de maíz.

**TABLA 2-2**

Temperatura óptima en diferentes estados de desarrollo del cultivo

Estado de Desarrollo	Temperatura		
	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	10 °C	20 °C – 25 °C	40 °C
Crecimiento vegetativo	15 °C	20 °C – 30 °C	40 °C
Floración	20 °C	21 °C – 30 °C	30 °C

FUENTE: Parsons, 1987.

#### 2.1.4 Suelo

El maíz se adapta bien a diferentes tipos de suelo, sin embargo, el mejor es el suelo franco, por ser el que tiene una equilibrada proporción de partículas finas, medianas y gruesas; éste tipo de suelo permite un buen desarrollo del sistema radicular, con una mayor eficiencia de absorción de la humedad y nutrientes del suelo, también ayuda a prevenir el acame de las plantas.

Esta gramínea se adapta en suelos de pH 6 a 7. Requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.<sup>2-3</sup>

## 2.2 DIVERSIFICACIÓN DEL MAÍZ EN BOLIVIA

La continua selección practicada por el hombre en las diversas zonas, complementada con la selección natural que permitía la producción diferencial de las plantas mejor adaptadas a cada medio, dio como consecuencia, primero la formación de variedades, luego la formación de razas y finalmente complejos raciales altamente diferenciados. Los patrones selectivos muchas veces podían ser coincidentes entre los diferentes pueblos, como por ejemplo el aumento del nivel de productividad, aunque los sistemas para conseguir ese incremento eran diferentes, por ejemplo en Bolivia los pueblos de los llanos tropicales incrementaron el nivel de productividad aumentando el tamaño de la mazorca y el número de granos sobre la superficie del raquis mediante la selección de tipos con granos en posición entrabada, característica muy frecuente en los maíces tropicales de Bolivia, mientras que en las zonas altas del país se consiguió el incremento de la productividad aumentando el tamaño de la mazorca y el tamaño de los granos, y en algunas zonas aumentado el número de hileras y la profundidad del grano.

La capacidad adaptativa a los diferentes ambientes se habría mejorado por la introgresión de otras especies afines como el *Tripsacum*, distribuido tanto en el Centro como en el Sur de América, el maíz al cruzarse con este pasto silvestre y retrocruzarse

---

<sup>2-3</sup> SICA, 2000.

reiteradamente con maíz, habría podido mejorar su capacidad adaptativa, sin modificar otras características útiles, de acuerdo con Reeves y Mangelsdorf (1959).

En Bolivia según un estudio realizado por Rodríguez y Avila (1964) la introgresión con *tripsacum* no solo habría contribuido a darle adaptación a las zonas de los llanos tropicales, sino también a conferirle resistencia a algunas enfermedades frecuentes en estas zonas.

La selección utilitaria permitió una diferenciación del tipo de almidón, en pasajes sucesivos, por medio del aislamiento de mutantes. Originalmente el maíz posiblemente presentaba granos muy duros, similares a los maíces reventadores, a partir de ellos se seleccionaron tipos con granos menos duros, pasando a las formas vítreas y dentadas y posteriormente a los de granos harinosos o suaves y a los azucarados como los “Chuspillos”, permitiendo de este modo un uso más especializado para cada tipo de maíz. En las zonas templadas del país existen variedades para cada uso culinario caracterizadas por la diferente dureza del grano, el tipo de almidón, el color, etc., esta diversificación utilitaria también se dio en las zonas tropicales aunque con menor refinamiento. Sin embargo es necesario considerar que no solamente la dureza del endospermo determina el destino preferencial de una variedad sino también el tamaño, el color y la composición química del grano, que en última instancia confieren el sabor y aspecto externo. Los maíces bolivianos, según Avila y Brandolini(1990), habrían tenido la siguiente secuencia evolutiva:

1. Las primeras formas domesticadas tenían mazorcas de menos de 4 centímetros, con 4 a 8 hileras de granos muy duros y pequeños.
2. Se incrementó el número de hileras en la mazorca por fasciación, originándose formas muy parecidas a algunos maíces Pisanckallas primitivos todavía existentes hoy en día.
3. Se alcanzó una diversificación y especialización cualitativa y cuantitativa dentro del maíz de 8 hileras, formando:

- a) Maíces con granos redondeados muy duros de 8 hileras, similares a la actual raza Karapampa originaria de Chuquisaca.
  - b) Maíces con granos medianos y puntiagudos similares a la raza Morochillo distribuida en los valles del sur del país.
  - c) Maíces de grano mediano a grande, redondeado, de ciclo precoz a semiprecoz, similares a las razas morochu, ayzuma y Kellu, distribuidas en todos los valles del país.
  - d) Maíces dentados de granos medianos a grandes, similares a la raza Aperlado de los valles de Tarija.
4. Fasciación con el aumento del número de hileras y tamaño de la mazorca, dando lugar a:
- a) Maíces amiláceos de 8 hileras, similares a muchas razas del complejo Harinoso del Valle.
  - b) Maíces fasciados con alto número de hileras de granos muy pequeños y duros similares a los Pisanckallas, Pororó y Pura.
  - c) Maíces con granos de tamaño grande y harinoso como los de las razas Kajbia y hualtaco.
  - d) Disposición entrabada de la semilla, con una mejor utilización de la superficie del marlo, similar a las razas: Bayo, Blando cruceño, Blando y Duro amazónico.
  - e) Selección para llenar exigencias de consumo, estéticas y mágicas, con colores, formas y texturas especiales como en las razas: Checchi, Kulli, Huillacaparu, tuimuru, Paru, Chuspillo, Pasa sara o tunicado, cutis ara o maíces con ambas espiguillas fértiles, como se muestra en la

fotografía 2-1, y por tanto con hileras de granos en posición contraria, estos dos últimos utilizados todavía para fines mágicos.

5. Formación de razas modernas por medio de la combinación contemporánea de varias de las características anteriormente anotadas.

### Fotografía 2-1

Secuencia evolutiva, de algunas variedades actuales que existe en Bolivia



FUENTE: Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces Bolivianos

#### 2.2.1 Clasificación de los maíces bolivianos

Los maíces bolivianos, inicialmente fueron clasificados por Cutler (1946), Ramírez (1961) posteriormente complementaron y comprobaron la ubicación Rodríguez (1968),

Goodman y Stuber(1968) y Avila y Brandolini (1990), los maíces Bolivianos pertenecen a 7 complejos raciales, 45 razas y centenares de variedades, considerando como raza a la población con características en común que ocupa un área geográfica definida y que ha sido seleccionada para finalidades utilitarias definidas, mientras que un complejo racial es el conjunto de razas con adaptación a agentes más grande y con características geológicas y fisiológicas comunes.

### 2.2.1.1 Complejos raciales y razas existentes en Bolivia

- Pisanckalla. Comprende los maíces reventadores de granos muy pequeños y duros, este complejo está distribuido en todo el territorio nacional. Este complejo esta compuesto por las siguientes razas: *Pura, Pisanckalla, y Pororó.*
- Alto Andino. Es un complejo que tiene su distribución entre los 3000 y 3700 metro de altura, su expresión más típica se encuentra en las zonas aledañas al Lago Titicaca, a 3700m. de altura, presenta plantas muy bajas, fuertemente antociánicas, con la inserción de la mazorca a casi la altura del suelo. Está formado por las siguientes razas: *Huaca songo, Jampe tongo, Churi tongo y Paru.*
- Harinoso del valle. Está cultivado entre los 1500 y 3000 metro de altura y está compuesto por razas con una enorme diversidad en el tamaño, forma color de los granos, éstos son generalmente grandes, las plantas son medianamente altas, con predominio del color rojo de sol.  
Está integrado por las siguientes razas: *Kajbia, chuspillo, checcchi, hualtacu, huiicaparu, Kellu Huillacaparu, Concebideño, tuimuru, Kulli, ayzuma, Oke, colorado y chuncula.*
- Morocho. De particular interés por su importancia en la evolución del maíz y por su amplia difusión en el territorio boliviano, los granos generalmente son de color amarillo o naranja, con un aspecto externo semivítreo o semidentado, resultante de una capa muy delgada de almidón duro, mientras que la parte

interna es de textura harinosa en una proporción muy alta, lo que los hace diferentes a todos los otros maíces semivítreos. Generalmente colonizan áreas entre los 1000 a 3000 metros de altura, casi siempre sin riego y con niveles de precipitación pluvial bajos. Está compuesto por las siguientes razas: *Karapampa*, *morochillo*, *morocho*, *Kellu* y *morocho grande*.

- **Amazónico.** En Bolivia está cultivado en toda la hoya de las amazonas y gran parte de la llanura del Paraná, entre los 200 y 1000 metros de altura; se caracteriza por presentar mazorcas muy largas, excepto la raza Enano, con los granos en posición entabada, que pueden ser harinosos o semivítreos. Está conformado por las razas: *Enano*, *blando amazónico*, *Duro amazónico*, *Bayo* y *Blando cruceño*. En la vertiente oriental de los andes que limita con la llanura tropical, existen razas de transición o intermedias entre el maíz andino y el de los llanos estas razas son: *Yungueño*, *Coloreado* y *Cholito*.
- **Perla.** Presenta granos redondeados y de color blanco característico y están emparentados con los maíces del complejo Pisanckalla. Su área de distribución es muy amplia y abarca tanto a los valles como a los llanos; la mayor parte de estos maíces son precoces. Está compuesto por las siguientes razas: *Uchuquilla*, *Chakesara*, *Perla*, *Aperlado* y *Perola*.
- **Grupo Cordillera.** Constituye un agrupamiento que de no haber mediado la introducción del maíz cubano Amarillo en la década de los años cincuenta, es posible que habría dado lugar a un nuevo complejo por su interesante nivel de productividad, su distribución geográfica está limitada al área de transición entre la llanura chaqueña o sud-amazónica y los valles cordilleranos mesotérmicos. Comprenden las siguientes razas: *Blanco mojo*, *cordillera* y *argentino*. Posiblemente *Morocho grande* es parte de este grupo.
- **Variedades Introducidas.** Hace cerca de 45 años, fue introducida la variedad *Cubano Amarillo*, llegando a colonizar toda la zona tropical y sub tropical del

país, desde los 200 a los 15000 metros de altura, en su rápida difusión alcanzó a cruzarse con todas las razas existentes en esta zona, llegando a la situación de que actualmente es difícil encontrar variedades nativas completamente libres de la contaminación de esta raza, habiendo originado maíces con granos de diferentes tamaños y textura, de color amarillo, blanco y colorado.

#### **2.2.1.1.1 Raza “Chuncula” en el departamento de La Paz**

La producción de maíz es de 1.410 toneladas métricas en una superficie 565 hectáreas <sup>2-4</sup>, cultivado en los Valles, específicamente en la provincia Murillo que en la imagen 2-2 observaremos la ubicación de las comunidades, en las que predomina la raza Chuncula, adecuándose a la temperatura, clima, que en las fotografías 2-2 se aprecia las parcelas de choclo de acuerdo al tiempo de crecimiento, se cultiva también en la provincia Muñecas, Iturralde, Larecaja.

El rango de adaptación es 2000 a 3000m.s.n.m.

Su morfología se describe de estatura mediana, semiprecoz, parece ser una raza intermedia entre Hualtaco y Uchuquilla, sus granos son medianos y harinosos de color blanco como se muestra en la fotografía 2-3, el número de hileras y el tamaño de los granos dependen del porcentaje de contribución de sus progenitores. En la tabla 2-3 se muestra las características respecto a la morfología que tiene esta raza.

En el departamento existen gran variedad de suelos que son aptos para la siembra del maíz estos responden a características como buena profundidad y buen drenaje, en general suelos de buena calidad y que no tengan problemas de agua puesto que el maíz es exigente en el recurso hídrico, en las fotografías 2-3 se muestra las mazorcas de la raza chuncula comprobando su forma apetitosa que tiene. Actualmente por los requerimientos internos y superficies sembradas es posible autoabastecer al mercado departamental en gran parte.

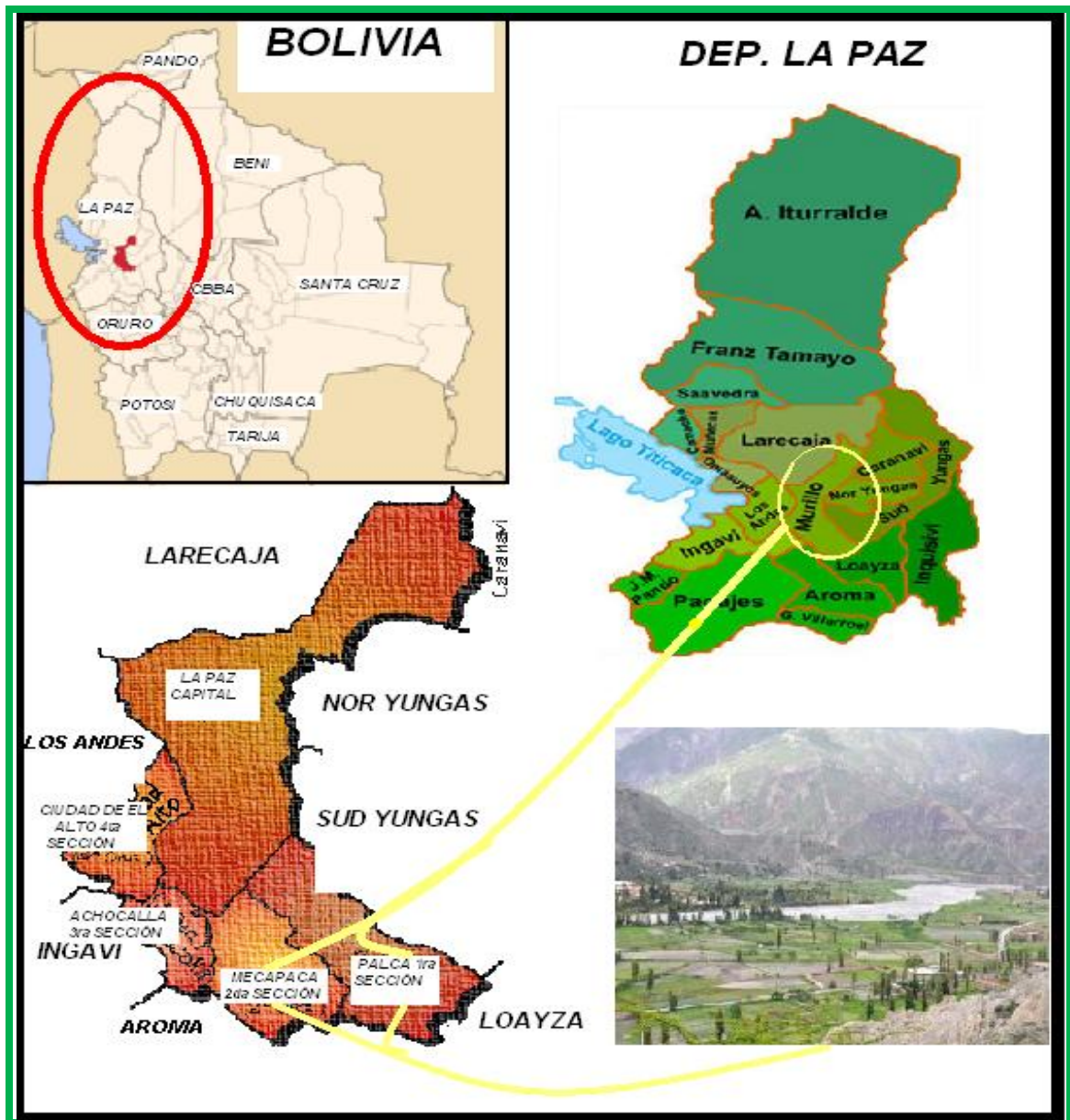
---

<sup>2-4</sup> Instituto Nacional de Estadística; Superficie cultivada, Producción y rendimiento; Encuesta Nacional agropecuaria – ENA 2008



Imagen 2-2

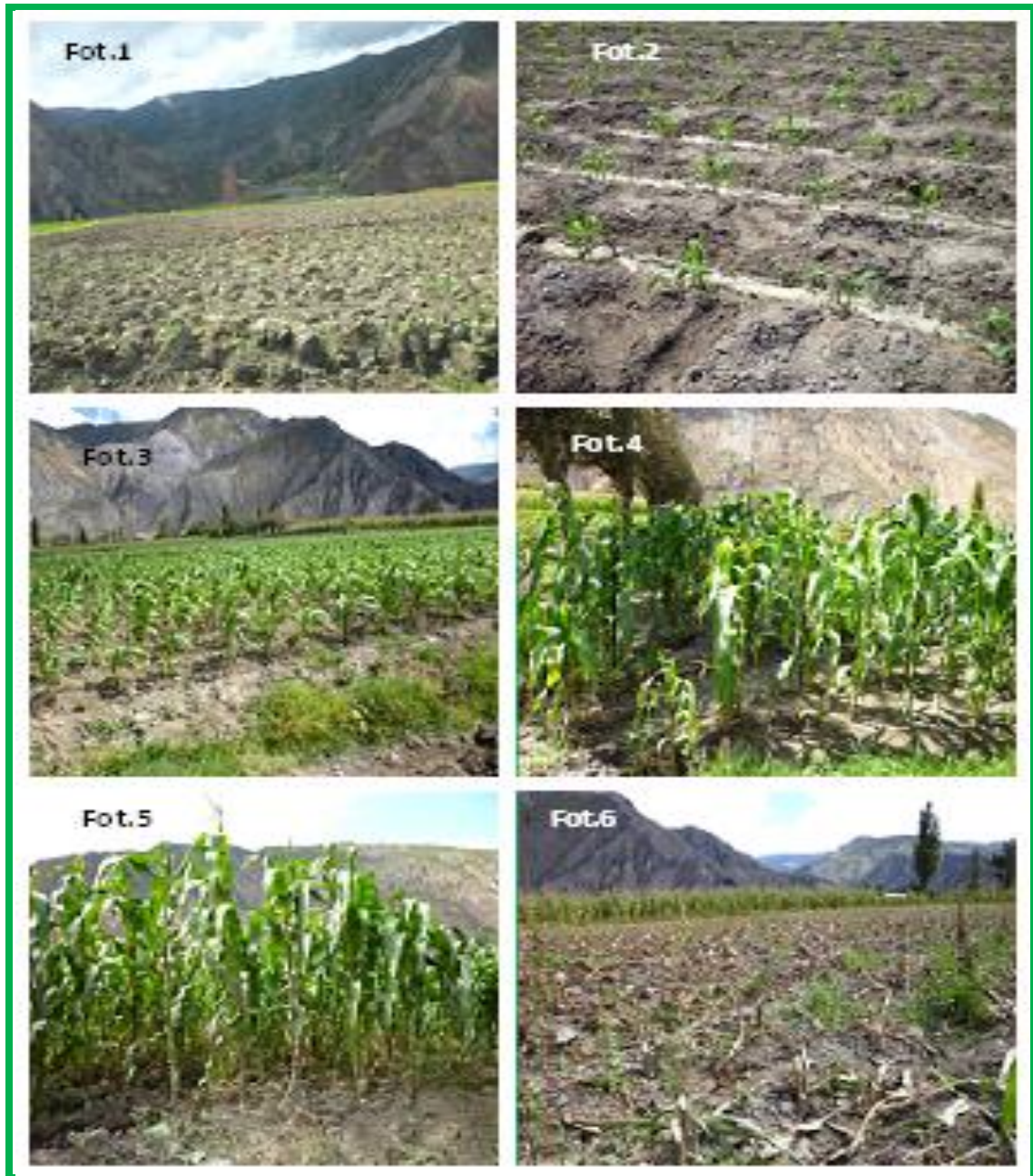
Ubicación de Cultivos en la provincia Murillo



FUENTE: Propia

**Fotografía 2-2**

## Raza Chuncula en la Provincia Murillo



**FUENTE:** Propia. Fot.1: preparación de la tierra para el cultivo, fot.2: tercera semana de crecimiento, Fot.3: quinta semana, Fot.4: decima segunda semana, Fot.5: sexto mes, Fot.6: parcela con desechos de hojas y raíces.

**Tabla 2-3**

Especificación de la raza “Chuncula”, en la provincia Murillo

IDENTIFICADOR (°N REG)	BOZM-0766
VARIEDAD	BLANCO
RAZA	CHUNCULA
ALTITUD m.s.n.m.	3577
Número de días a la floración masculina (FMAS)	68
Número de días a la floración femenina (FFEM)	87
Altura de la planta (ALTP)	178 cm
Longitud del pedúnculo de la panoja (LPPAN)	21,6 cm
Número total de hojas por planta (NTHPLT)	12,7
Ancho de las hoja de la mazorca (ANHOM)	6,7 cm
Largo de la hoja de la mazorca (LAHOM)	53,4 cm
Diámetro del tallo (DTALL)	17,8 mm
Color superficial del tallo (CTALL)	Rojo
Longitud de la mazorca superior (LMAZ)	16,2 cm
Diámetro de la mazorca superior (DMAZ)	48 mm
Diámetro del marlo (DMARL)	24,3 mm
Forma de la mazorca (FMAZ)	Cilindro
Forma del grano (FMAZ)	más largo que ancho
Textura del grano (TEXG)	Harinoso
Color del Pericarpio (COLP)	incoloro
Color del endospermo (COLE)	blanco
Color del marlo (CMARL)	blanco

FUENTE: Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces Bolivianos

**Fotografía 2-3**

Raza “Chuncula”, en la provincia Murillo



FUENTE: Propia

**2.2.1.1.2 Valor Nutricional**

La Composición química general de esta variedad se caracteriza porque contiene:

*Almidón:* aproximadamente hasta el 72-73 % del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 3 al 7 % del grano.

*Proteínas:* su contenido oscila entre el 8 y el 11 % del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo.

*Aceite y ácidos grasos:* Está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18 %.

*Fibra dietética:* Se encuentran en el pericarpio y la piloriza, aunque también en las paredes celulares del endospermo y, en menor medida, en las del germen.

El contenido de fibra dietética de los granos descascarados será evidentemente menor que el de los granos enteros.

*Otros hidratos de carbono:* El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono, además de almidón.

El total de azúcares del grano varía entre el 3 % a 7 %, la sacarosa se halla esencialmente en el germen. En los granos en vías de maduración hay niveles más elevados de monosacáridos, disacáridos y trisacáridos. Así, por ejemplo, se ha determinado que, en granos de 16 días de vida, los azúcares alcanzan un nivel del 9,4 % del peso en seco del grano, pero que su nivel disminuye considerablemente con el paso del tiempo.

La concentración de sacarosa a los 15-18 días de la polinización asciende a una cantidad situada entre el 4 % y el 8 % del peso en seco del grano. A estos niveles relativamente elevados de azúcar se debe posiblemente el hecho de que el maíz común verde y, en mayor medida aún, el maíz dulce sean tan apreciados por la población.

*Minerales:* La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente 2 %. El germen es relativamente rico en minerales, las especificaciones de algunos minerales se observa en la tabla 2-4.

El germen proporciona cerca del 78 % de todos los minerales del grano. El mineral que más abunda es el fósforo, en forma de ácido fítico, que es un ácido orgánico que contiene fósforo, los catabolitos del ácido fítico son denominados como polifosfatos de inositolfitato, encontrándose en su totalidad en el embrión con valores de aproximadamente 0,90 %.

**Tabla 2-4**

Contenido de minerales del maíz, raza "Chuncula"

Mineral	Concentración (mg/100 g)
P	299,6 ± 57,9
Ca	48,3 ± 12,4
Mg	107,9 ± 9,5
Fe	4,8 ± 1,10
Cu	1,3 ± 0,3

FUENTE: Bressani, Breuner y Ortiz, 1 1989.

*Vitaminas liposolubles:* El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A, o Carotenoide en baja cantidad de 1 %, que se encuentran en el endospermo y en el germen, y vitamina E.

*Vitaminas hidrosolubles:* Las vitaminas solubles en agua se encuentran sobre todo en la capa de aleurona del grano de maíz, y en menor medida en el germen y el endospermo. Esta distribución tiene importancia al elaborar el cereal, pues se han encontrado

cantidades variables de tiamina en el grano del maíz, pero esta cantidad depende de los cuidados del cultivo y del suelo.

## **2.2.2 Contaminación microbiana de los tallos de choclo**

Algunos ambientes de crecimiento son especialmente propicios para el desarrollo de la misma. Un alto potencial de rendimiento con alta incidencia de enfermedades foliares es una combinación que a menudo lleva al desarrollo de la contaminación microbiológica del tallo durante las últimas etapas de llenado del grano. El estrés hídrico durante el llenado del grano es otro de los factores ambientales que por lo general resulta en altos niveles de contaminación del tallo.

### **2.2.2.1 Contaminación por Antracosis**

Afecta al maíz y al sorgo, este hongo inverna en restos de hojas y tallos infectados, y produce esporas en el verano cuando las temperaturas aumentan. La producción de esporas se ve favorecida por humedades relativas altas y temperaturas que oscilan entre 21 y 27 °C. Estas se dispersan por el viento y las lluvias. Contamina dos lugares de la planta específicamente: el tallo y las hojas.

- **Contaminación del tallo:** esta fase se puede iniciar en las plántulas o por esporas provenientes de los residuos. Estas esporas contaminan el tallo a través de las raíces, por la base de la planta, por lesiones causadas por insectos u otras lesiones mecánicas. Las lesiones en los tallos aparecen de forma ovalada o áreas estrechas y verticales con apariencia turbia que empiezan de color rojizo-café y después se tornan negras. Una característica que distingue a esta contaminación es que las manchas negras brillantes se unen dando un aspecto de manchas apetroladas. La forma ideal para examinar las plantas es quitando las hojas de la parte baja del tallo, y partiendo el mismo en forma longitudinal para poder observar el tejido medular afectado. El tejido contaminado es de color oscuro y los nudos del tallo permanecen intactos.

- **Top-dieback:** Es un síntoma común asociado a la contaminación de tallos. Dos o tres semanas después de la polinización, las plantas que están afectadas comienzan a secarse en la parte superior. Las hojas superiores se tornan amarillentas o de color rojizo-morado y después café, como se muestra en las fotografías 2-4. Cuando se quitan las hojas se pueden observar las manchas típicas de la antracnosis en la parte inferior del tallo y los tejidos de la parte interna del mismo se encuentran contaminadas. El secado progresivo de la parte superior de la planta (top-dieback) se debe a la destrucción de tejidos de la médula en la base del tallo (entrenudos más cercanos a la raíz). Esto produce una reducción de la capacidad de conducir agua y nutrientes a través de los haces vasculares hacia las partes más alejadas (entrenudos cercanos a la panoja) y debido a ello la planta comienza a secarse de arriba hacia abajo.

### Fotografías 2-4

Contaminación de los tallos y top-dieback.



Fot.1: Muerte de las plantas de arriba hacia abajo por antracnosis (top-dieback), Fot.2: tallo con manchas negras brillantes son una característica de la contaminación por antracnosis, Fot.3: Corte longitudinal, detalle médula afectada y nudo intacto.



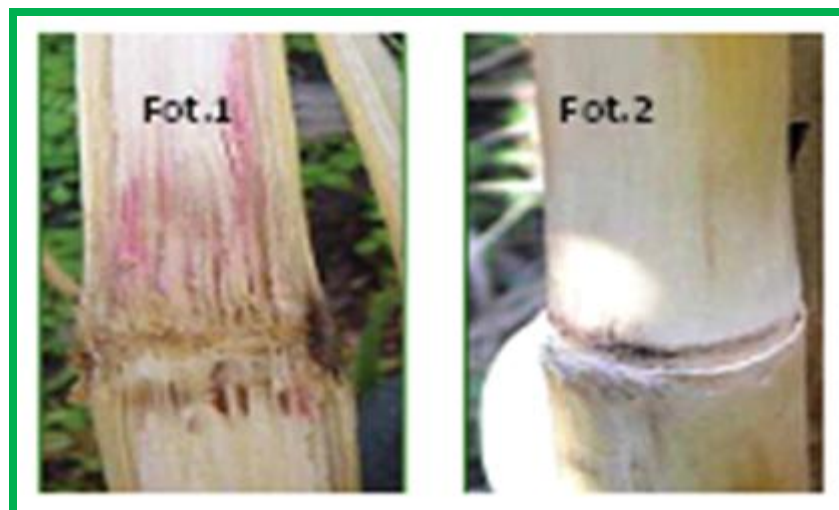
### 2.2.2.2 Contaminación por Giberella/Fusarium

Es otra enfermedad común que tiene que ver con la contaminación de los tallos. La bacteria inverna en los residuos de maíz y produce esporas en el próximo ciclo. El clima húmedo y cálido durante el llenado de grano favorece su desarrollo. La infección ocurre a través de las raíces y progresa hacia el tallo cuando hay condiciones de estrés.

Se puede identificar fácilmente partiendo el tallo, el tejido por dentro está desintegrado y se caracteriza por su color rosa o salmón como se muestra en las fotografías 2-5. Afuera del tallo se observan puntos negros (peritecios) que pueden ser fácilmente removidos con la uña. Según el estadio del patógeno se puede observar un micelio blanco en la corteza del tallo, a la altura del nudo. En un corte transversal del tallo se puede ver que el nudo es lo primero que se desintegra y luego la médula de los entrenudos; quedando los haces vasculares al descubierto.

#### Fotografías 2- 5

Contaminación por Girberella Fusarium.



Fot.1: Coloración rosada y destrucción del nudo, Fot.2: Nudo enfermo por Giberella/Fusarium el tallo se quiebra a la altura del nudo.

### 2.2.2.3 Contaminación por Macrophomina

Los síntomas iniciales son similares a los de la contaminación por giberella/fusarium, una señal característica es la presencia de numerosos microesclerocios negros, particularmente en los haces vasculares y dentro de la corteza del tallo, que hacen que aparezca de color negro grisáceo como se muestra en la fotografía 2-6. La podredumbre por macrophomina es favorecida por temperaturas del suelo de 30 a 42 °C y baja humedad del suelo.

#### Fotografía 2-6

Desintegración de tejidos por Macrophomina.



Fot.1: Desintegración de tejidos por Macrophomina. Fot.2: Detalle de los microesclerocios sobre los haces vasculares

#### 2.2.2.4 Desarrollo de las contaminaciones microbianas en los tallos

Es un problema complejo, aunque los microorganismos estén presentes, las plantas sanas pueden resistir la infección y la diseminación durante la etapa de crecimiento. Las etapas de estrés acumuladas y el inicio de la senectud natural, debilita la planta y permite la invasión y progresión.

Después de la polinización, la demanda de hidratos de carbono debido al crecimiento de los granos es extremadamente alta. La planta dará prioridad a los granos, y removilizará recursos de otros tejidos vegetales si fuera necesario para satisfacer esta necesidad.

Durante este período de alta demanda, es esencial la producción de carbohidratos a través de la fotosíntesis. Cualquier tipo de estrés reduce la habilidad para que se transporten carbohidratos producidos durante la fotosíntesis hacia los tallos y espigas.

Esto debilita los tejidos y permite la invasión de patógenos que causan la contaminación de los tallos. Los tipos de estrés que reducen la fotosíntesis en la planta son:

- *Estrés por sequía:* Reduce la tasa de fotosíntesis y disminuye el área fotosintética.
- *Enfermedades foliares, ataque de insectos y granizo:* Reducen el área foliar disponible para la fotosíntesis.
- *Días nublados:* Reduce la radiación disponible para la fotosíntesis.

Otros tipos de estrés que incrementan la susceptibilidad de la planta:

- *Ambiente de alto potencial de rendimiento:* Se incrementa el movimiento de carbohidratos desde las raíces y los tallos hacia las espigas. Si hay buenas condiciones de crecimiento durante la formación de espigas y granos y luego de esto se presenta un estrés por sequía se incrementa la posibilidad de quebrado.

- *Suelos con baja fertilidad:* El potasio ayuda a que se formen tallos fuertes. Una fuente adecuada de potasio es muy importante para mantener tallos sanos. Un mal balance de nutrientes con una baja cantidad de potasio y mucho nitrógeno incrementa las pérdidas por pudriciones de tallos. Si el nitrógeno está disponible en etapas tempranas pero se pierde al final del desarrollo vegetativo, pueden incrementarse dramáticamente las pudriciones en el tallo.
- *Daños por insectos:* Especialmente los gusanos que atacan raíces y el barrenador del tallo. Estas son las principales plagas del maíz que dañan tallos y raíces permitiendo la entrada de bacterias. También tienen repercusión en el funcionamiento de la planta ya que se disminuye la capacidad de transporte de agua y nutrientes dentro de las plantas. Los nematodos y otros insectos del suelo también reducen el crecimiento y funcionamiento normal de las raíces.
- *Compactación:* Limita el crecimiento normal de las raíces, el aprovechamiento de nutrientes y agua generando condiciones de estrés.

#### **2.2.2.5 Prevenciones para evitar contaminaciones**

No se puede prevenir completamente, pero sus efectos se pueden reducir con un buen manejo del cultivo. Las siguientes prácticas pueden ayudar a reducir la pudrición, vuelco de tallos y pérdidas de rendimiento.

1. Sembrar híbridos con buena performance ante estrés y enfermedades.
2. Fertilización balanceada.
3. Reducir el estrés con una población adecuada al ambiente.
4. Buen manejo del suelo y un control eficiente de malezas.

5. Uso de fungicidas foliares.
6. Control de insectos.
7. Manejo de los residuos del maíz.
8. Inspeccionar los lotes antes de madurez de cosecha del cultivo, para determinar las condiciones en que se encuentra.
  - a) Selección de híbridos: cada híbrido tiene una tolerancia distinta a enfermedades foliares, de tallos y raíces, a estrés por sequía y vuelco. Se deben seleccionar híbridos de alto potencial de rendimiento con una buena estabilidad y caña.
  - b) Fertilidad del suelo: realizar análisis de suelo y fertilizar de acuerdo a las necesidades y al objetivo de rendimiento deseado.
  - c) Estrés del cultivo: el estrés no se puede eliminar pero se puede reducir con un manejo adecuado del suelo y el agua. Las altas poblaciones incrementan el estrés y favorecen la pudrición de tallos. Es recomendable mantener una buena distancia entre surcos y entre plantas calibrando adecuadamente la sembradora.
  - d) Manejo del suelo y control de malezas: la compactación es una de las principales causas del estrés en el cultivo. El control de malezas reduce el estrés del cultivo.
  - e) Fungicidas foliares: se debe asegurar una fotosíntesis activa durante el llenado de granos. Para ello hay que mantener el área foliar sana, recurriendo al uso de fungicidas de ser necesario.
  - f) Control de insectos: controlar el barrenador del tallo y gusanos que atacan raíces para prevenir heridas que sirvan de entrada a los microorganismos.

### 2.3 INDUSTRIALIZACIÓN DEL MAÍZ

El maíz no solo se caracteriza por ser un alimento completo, sino que también por sus múltiples usos como materia prima en la industria, ya sea como insumo directo o los subproductos de éste.

El almidón (fécula de maíz) se obtienen de la industrialización del grano y sus aplicaciones son muy variadas, puede ser parte integrante de pastas y sémolas para sopas, mermeladas, confituras, maicena, goma de mascar, relleno de carnes, fabricación de salchichas, espesado de zumos de frutas, refrescos, cervezas y licores.

También se extrae aceite, el cual tiene un valor nutritivo y es de fácil digestión. Se utiliza así mismo para la fabricación de productos de panadería, mayonesas y margarinas. Los derivados de la industrialización del maíz para hacer pegamentos y tienen numerosos usos en las industrias: farmacéuticas, de cosméticos, textiles, pinturas, papelera, tenería y petrolera, entre muchas otras.

En *Bebidas* a base de maíz es el atole, elaborado casi siempre con harina o masa de maíz, el tejuino, común en el occidente de México, la chicha es parte de la tradición aborígen en muchos países latinoamericanos; hay una variedad conocida en la tierra de los Incas llamada: maíz morado, que da una bebida (no alcohólica) conocida como *Chicha Morada*, entre las bebidas más conocidas a nivel mundial.

Se conocen algunos procedimientos para la obtención de bebidas refrescante, con la aplicación de jarabes obtenido de las *mazorcas* y *tallos*, empleado con esta finalidad, con agua y con ácido carbónico para formar la bebida refrescante, también este jarabe se aplica en la gastronomía, medicina y otros.

En la medicina los principios activos que se encuentran en los Estilos abundantes sales de potasio, flavonoides, fermentos, taninos, trazas de aceite esencial, alantoína, ácido salicílico (0,3%), lípidos, acompañados de esteroides (beta-sitosterol), en las semillas:

almidón. Abundantes ácidos grasos poliinsaturados (oléico, linoléico, palmítico, esteárico), aminoácidos, carotenoides, dextrina.

Los estilos contienen sales de potasio, así como los flavonoides, les dan propiedades como diurético y ligeramente hipotensor. Los fermentos tienen una acción hipoglucemiante; los taninos, astringente. La alantoína tiene una actividad demulcente y reepitelizante. El aceite de maíz, por sus ácidos grasos poliinsaturados, tiene una acción hipolipemiante, antiateromatosa. La fracción insaponificable se emplea, en forma de dentífrico, para prevenir la piorrea alveolo dental. La dextrina, procedente de la hidrólisis parcial del almidón, tiene aplicaciones dietéticas. Estilos: Estados en los que se requiera un aumento de la diuresis: afecciones genitourinarias (cistitis, ureteritis, uretritis, pielonefritis, oliguria, urolitiasis), hiperazotemia, hiperuricemia, gota, hipertensión arterial, edemas, sobrepeso acompañado de retención de líquidos.

Las *Barbas, cabellos o pelos* de la mazorca de maíz se usan en herbolaria para el tratamiento de diversas enfermedades, por ejemplo del riñón.

La *Hoja* seca del maíz (llamada totomoxtle) sirve como fibra para tejidos, de los cuales se producen canastas, sombreros, bolsas y tapetes. También los artesanos producen flores artificiales, coronas, muñecos con la hoja de maíz pintada a mano. La misma hoja seca se puede incluir en la materia seca del compost, o bien como papel para fumar, también se usa como envoltorio para preparar humintas y tamales. Las hojas se usan frescas o secas, dependiendo del tipo huminta (dulce o salada) y tamal.

A partir los restos de alcohol anhidro que, mezclado con gasolina, se emplea como carburante. A principios de 2003 la empresa DuPont ha presentado el primer polímero que se ha conseguido obtener a partir del maíz; este polímero pretende sustituir al petróleo como fuente de polímeros por un recurso renovable. Por otra parte, el maíz contiene un biocarburante derivado del bioetanol es el ETBE (etil-ter-butil-éter), caracterizado por mezclarse fácilmente con la gasolina, se le añade a ésta para aumentar el índice de octano, evitando así la adición de sales orgánicas de plomo.

Se tienen diferentes subsectores industriales que demandan grano de maíz:

- a) *Sector Pecuario*: Durante el periodo 2004-2006, la demanda de maíz grano por parte del sector pecuario representó el 51 % del consumo total, equivalente a 13.6 millones de toneladas promedio del total ofertado en el periodo de referencia: 26.7 millones de toneladas promedio anual. De la demanda total del sector pecuario, el 15 % corresponde a maíz blanco (2.1 millones de toneladas) y el 85 % a maíz amarillo (11.6 millones de toneladas), el cual en su mayor parte es importado. Dentro de la industria de alimentos procesados hay que distinguir la que es independiente y la integrada. La independiente es aquella que se dedica solamente a la producción de alimento balanceado para su venta a otras industrias. En tanto que la industria integrada produce el alimento para la producción de pollo y huevo. La importancia que el sector pecuario representa en la demanda de maíz, sobre todo por la creciente relevancia que han adquirido la avicultura y porcicultura en el país; de esta forma, algunos productores con apoyo de grandes industriales pecuarios, están reorientando sus esfuerzos al cultivo del maíz amarillo.
- b) *Derivados químicos y alimenticios*: La industria de derivados químicos y alimenticios del maíz es generadora de productos como el almidón, la fructosa, colorantes, glucosa, dextrosa y otros. Se estima que en 2006 la industria almidonera y sus derivados utilizó aproximadamente 2.7 millones de toneladas de maíz amarillo. En el mismo año, por parte de la industria de cereales, botanas y cerveza la demanda de maíz amarillo fue de 500 mil toneladas incluyendo “grits”, que consiste en el núcleo del grano de maíz, que se vende de tamaño grande y casi polvo. El de tamaño grande se usa para producir las hojuelas de maíz en la industria de los cereales y el polvo se utiliza en la industria de las botanas y de la cerveza.
- c) *Industria de la Masa y la Tortilla*: La producción nacional de maíz blanco cubre de manera satisfactoria la demanda de este grano.



Los principales productos a nivel mundial es más de 40 variedades de harina de maíz para la producción de diversos productos alimenticios; además se vende harina de maíz empacada a los productores de tortilla y frituras, así como al mercado al detalle.

En Bolivia su aplicación no solo se centra en la alimentación de la población o inclusión en la gastronomía boliviana, también forma parte importante en la alimentación de los animales. Desde un punto de vista industrial, esta planta debe ser promovida tecnológicamente a nivel industrial en el país, por su interesante contenido de azúcares en el tallo, y no solamente utilizarlos como forraje o desecharlos como se lo hace en la actualidad, que en las fotografías 2-7 y 2-8 que se aprecia lo mencionado, incursionándonos al campo de la industria alimentaria como son los edulcorantes o jarabes naturales.

### Fotografías 2-7

Tallos secos para alimentar al ganado (Provincia Murillo)



FUENTE: Propia

### Fotografías 2-8

Tallos como desechos (Provincia Murillo).



FUENTE: Propia. Fot.1: Tallos en las sequías, Fot.2: Tallos en los caminos, Fot.3: Tallos en las veredas

## 2.4 EDULCORANTES

Los edulcorantes, sencillamente se los puede definir como aditivos alimentarios que confieren su sabor dulce a los alimentos.

Se encuentran entre los principales insumos de interés industrial y dada su capacidad endulzante son utilizados en una gran variedad de alimentos y bebidas; los tipos de edulcorantes más comunes y conocidos son los azúcares que son producidos por una gran variedad de plantas, también se encuentran en algunos productos como el aguamiel, la miel y la leche.

La glucosa y la fructosa son los principales monosacáridos o azúcares simples que integran carbohidratos más complejos conocidos como polisacáridos entre los que se

encuentra: la celulosa, el almidón, las pectinas, el glucógeno y las fructanas, entre otros. Estos polisacáridos pueden formar parte de la estructura firme del producto que los contiene y no ser digeribles, o bien pueden fungir como carbohidratos de reserva energética (García, et al., 2000).

Durante la época prehispánica los únicos edulcorantes usados por los indígenas fueron la miel de abejas y el aguamiel, con la llegada de los españoles al continente americano se introdujo el cultivo de la caña de azúcar que marcó el inicio de la participación de la sacarosa en el mercado de los edulcorantes.

Hoy en día, la sacarosa enfrenta fuertes presiones que atentan contra la preferencia que ha ostentado por casi 500 años de liderazgo en el mercado nacional y mundial de los edulcorantes (Fuchs, 1987); entre los factores que han contribuido a la disminución del consumo de la sacarosa se tienen los siguientes: cambios en los hábitos de alimentación, demanda de alimentos especiales para diabéticos, descubrimiento y síntesis química de edulcorantes no calóricos de alta intensidad, la funcionalidad, la disponibilidad y precio de los edulcorantes competentes, finalmente el desarrollo de la biotecnología para la producción comercial de edulcorantes naturales como los jarabes (Fuchs, 1987).

#### **2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS EDULCORANTES**

Su clasificación es de acuerdo a su origen se clasifica en Edulcorantes Naturales y Sintéticos.

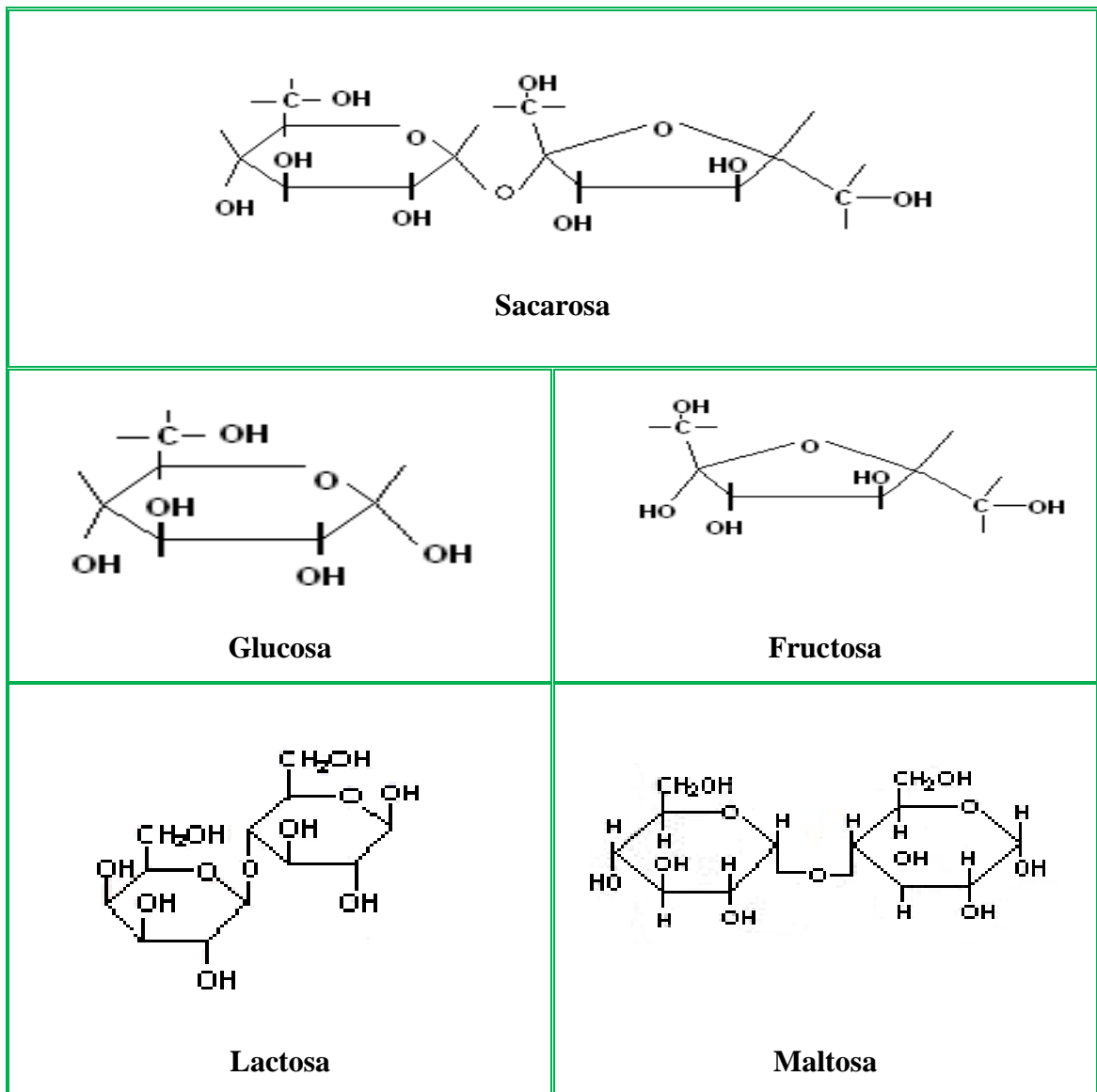
##### **2.4.1.1 Edulcorantes naturales o endulzantes nutritivos**

En este grupo mencionaremos lo más conocidos en el mercado nacional e internacional, cuyas estructuras químicas se especifica en la tabla 2-5, entre los que son considerados naturales se encuentran: el Jarabe azucarado, Sacarosa, glucosa, Lactosa, Fructosa/levulosa, a todos ellos se los conoce como azúcares simples o concentrados; cumplen diversas funciones: nutricionales, organolépticas y de conservación, e incluyen los monosacáridos (glucosa y fructosa) y los disacáridos (Sacarosa: azúcar de caña y

remolacha, lactosa: azúcar de la leche, Maltosa: azúcar de la malta) que son los más abundantes en la naturaleza.

**Tabla 2-5**

Estructura química - edulcorantes naturales



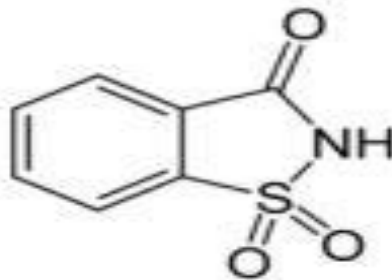
### 2.4.1.2 Edulcorantes Sintéticos o endulzantes no nutritivos

A continuación mencionaremos los edulcorantes sintéticos más conocidos:

*Sacarina*: se descubrió en 1879 y es el edulcorante artificial más antiguo. Se vende bajo el nombre comercial Sweet'N Low. Se utiliza para endulzar bebidas, dulces, medicinas y pastas dentales. La sacarina no se usa para hornear porque es inestable a temperaturas altas. Según investigaciones del Departamento de Agricultura trató de prohibir el uso de la sacarina, se evidenció que altas dosis de sacarina aumentaron la incidencia de cáncer de vejiga en las ratas. Aunque la venta de la sacarina no se prohibió, los productos con sacarina fueron obligados a llevar una advertencia de su contenido en el producto elaborado.

**Figura 2-1**

Sacarina



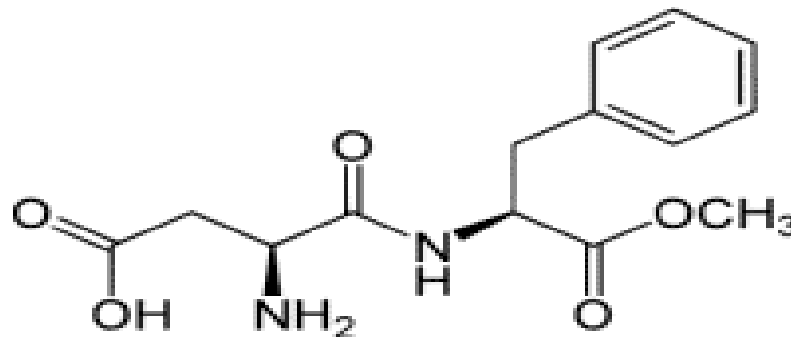
FUENTE: María Victoria Benjumea R.

*Aspartamo*: se comercializa bajo los nombres Equal y Nutrasweet, es el ester metílico del dipéptido formado por los aminoácidos fenilalanina y ácido aspártico (aspartil-

fenilalanina-1-metil éster). Se utiliza como edulcorante de mesa, y se añade a una gran variedad de alimentos comerciales como los cereales para el desayuno, refrescos, postres, dulces y goma de mascar. El aspartamo pierde su dulzura al calentarse y no es adecuado para hornear, y se metaboliza en los aminoácidos que lo componen. Las personas que sufren de fenilcetonuria (PKU) no pueden metabolizar la fenilalanina, y deben evitar el aspartamo. Algunas personas han reportado dolores de cabeza y mareos después de consumir aspartamo, pero estudios científicos no han comprobado una asociación definitiva.

**Figura 2-2**

Aspartamo



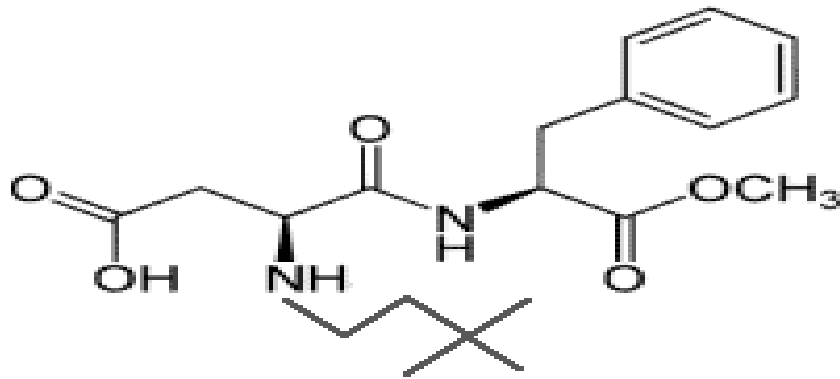
FUENTE: María Victoria Benjumea R.

*Neotame*: es químicamente similar al aspartamo, pero es más dulce y más estable. Al hidrolizarse, produce metanol (alcohol de madera) y el residuo de neotame desterificado. La cantidad de metanol generada por hidrolisis es menos de la que se encuentra en los jugos de frutas, se utiliza en muy pequeñas cantidades. El grupo 3,3-dimetilbutil

enlazado al grupo amino del ácido aspártico bloquea las enzimas que rompen los enlaces peptídicos y estabilizan la molécula de neotame. La Administración de Medicamentos y Alimentos aprobó neotame para uso general.

**Figura 2-3**

Neotame

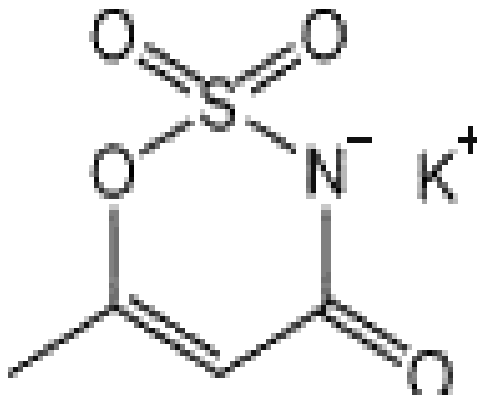


FUENTE: María Victoria Benjumea R.

*Acesulfame de potasio (Acesulfamo-k, Ace-K)*: en altas concentraciones, el tiene un sabor ligeramente amargo, como la sacarina. Su estructura química es la sal potásica de 6-metil-1, 2,3 oxatiazin-4(3H)-ona-2,2-dióxido. Algunas pruebas han insinuado que el acesulfame de potasio puede aumentar los tumores de mama en animales de laboratorio, pero la Administración de Medicamentos y Alimentos no ha requerido pruebas adicionales.

**Figura 2-4**

Acesulfame de potasio



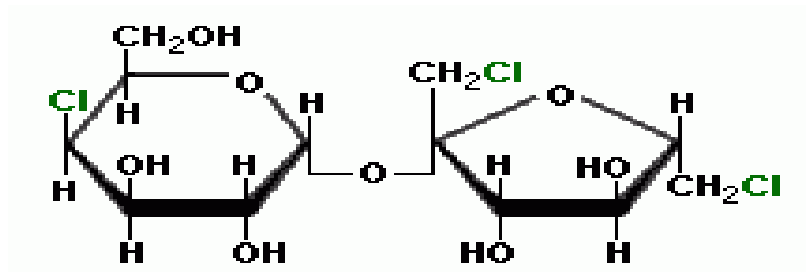
FUENTE: María Victoria Benjumea R.

*Sucralosa*: comercializada como Splenda, es estable en un amplio rango de temperaturas y se puede utilizar en bebidas frías o calientes, y también en productos horneados. A pesar de que Splenda se promueve como un edulcorante sin calorías, en realidad es una mezcla de dextrosa, maltodextrina, y sucralosa. Diez gramos de Splenda contienen 9.00 g de carbohidratos que incluyen 8.03 g de azúcares (dextrosa) y 0.96 gramos de almidón (maltodextrina). Por esta razón, 10 gramos de Splenda tienen 33 kilocalorías comparado con 39 kilocalorías en un peso igual de azúcar. Las calorías de Splenda provienen de los carbohidratos, y no de la sucralosa. Formulaciones recientes de Splenda utilizan maltodextrina resistente, que se puede categorizar como fibra.



Figura 2-5

Sucralosa

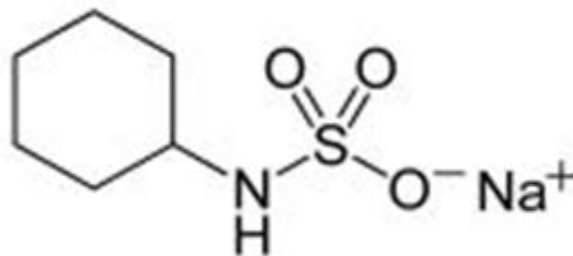


FUENTE: María Victoria Benjumea R.

*Ciclamato*: se comercializa bajo los nombres comerciales Sucaryl y Sugar Twin. El ciclamato es la sal de sodio o calcio del ácido ciclámico (ácido ciclohexilsulfámico). El ciclamato se prohibió en los Estados Unidos en 1970 porque en grandes cantidades causa cáncer de vejiga en las ratas. Sin embargo, este edulcorante todavía está aprobado en más de 55 países.

Figura 2-6

Ciclamato



FUENTE: María Victoria Benjumea R.

### 2.4.1.3 Poder Edulcorante

Se refiere a su capacidad de producir la sensación de dulzor al interactuar con las papilas gustativas y se mide tomando como base de comparación el dulzor de la sacarosa, a la que se le atribuye un valor relativo de 1 o de 100; es decir, si una sustancia presenta un poder edulcorante de 2, significa que dicha sustancia es dos veces más dulce que la sacarosa, en términos de la misma cantidad de masa. En la tabla 2-6 se muestra el valor del poder edulcorante de los endulzantes calóricos y no calóricos.

**Tabla 2-6**

Poder edulcorante relativo

Edulcorantes calóricos	Poder edulcorante relativo	Edulcorantes no calóricos	Poder edulcorante relativo
Glucosa	0,74	Sacarina	200
Xilitol	1,00	Aspartame	200
sacarosa	1,00	Neotame	13000
azúcar invertido	1,00	Acesulfame de potasio	200
HFCS al 42 %	1,00	Sucralosa	600
Fructosa	1,73	Ciclamato	50

FUENTE: Badui 1997, (HFCS: Jarabe de maíz con alto contenido de fructosa)

La diferencia que existe entre estos valores calóricos y los no calóricos, es muy representativa, además que la población se guía según las ventajas de los productos con mayor poder edulcorante, que favorecen económicamente a las familias e Industrias que utilizan endulzantes, basándose en la idea de que es saludable consumir endulzantes no calóricos, pero sin embargo no quiere decir que estos productos sean 100 % saludables, ya que todo en exceso es dañino, trayendo como consecuencia problemas irremediables. Es mejor consumir alimentos naturales pero no excesivamente, ya que nuestro cuerpo asimila muy bien la sacarosa. A continuación mencionaremos las bondades de un endulzante natural.

## 2.5 JARABE

Es un líquido de consistencia viscosa que por lo general contienen soluciones concentradas de azúcares (sacarosa  $C_{12}O_{22}H_{11}$ ).

Los jarabes se usan desde hace mucho tiempo y antes de descubrirse el azúcar, se preparaban con miel. Su empleo se generalizó ampliamente porque enmascaran el sabor desagradable de algunas drogas y se conservan por más tiempo. Los líquidos que habitualmente integran el jarabe son el agua destilada, soluciones, extractivas, zumos, y otros.

Por extensión se ha dado el nombre igualmente de jarabes a ciertos líquidos empleados en las artes, aunque no contienen azúcar pero se les da este nombre por su consistencia siruposa o á manera de jarabe. Para que un líquido azucarado merezca este nombre es preciso que tenga una consistencia determinada: así, por ejemplo, el agua con azúcar, aunque sea con mucho azúcar, nunca podrá llamarse un jarabe, pero llegará a serlo si se aumenta la cantidad de azúcar disuelto y se lleva la proporción hasta el doble, poco más o menos, el peso del agua. Bajo este concepto, pues, puede decirse que el jarabe, respecto del azúcar, es la proporción media entre su estado líquido y el estado sólido.

### 2.5.1 Designación de un Jarabe

Cuando es elaborado exclusivamente con azúcar y agua potable, el producto será designado “Jarabe Simple”. Cuando contenga jugos de frutas u otras sustancias permitidas, o sea extraído de otra materia prima, el producto será designado por el nombre de la sustancia que contenga o se pretenda imitar, seguido de la palabra “Natural” o “artificial”.

La formulación esta comprendida por los siguientes ingredientes, y en la tabla 2-7 observaremos algunos ejemplos de formulaciones de jarabes:

- Principio activo puede ser uno o más, sus propiedades fisicoquímicas y caracteres organolépticos condicionan la naturaleza del vehículo a emplear y la calidad y cantidad de los otros aditivos.
- Coadyuvantes, agranda la actividad terapéutica del medicamento, ya sea modificando la acción de esta o agregando otra complementaria. El coadyuvante puede faltar, pero su inclusión en una fórmula duplica los problemas fármaco técnicos que origina la base medicamentosa.
- Vehículo, se puede emplear el Agua Destilada porque se caracteriza por sus propiedades fisicoquímicas y la perfecta tolerancia por el organismo, hacen del agua un solvente de elección para muchos principios activos, como: sales minerales, ácidos orgánicos, azúcares, gomas, proteínas, taninos, sales de alcaloides, etc.; o también se puede emplear Alcohol, su presencia disminuye los procesos de hidrólisis y disuelve con facilidad resinas, esencias, alcaloides, glucósidos, bases orgánicas, pero uso esta limitado a una determinada proporción en el vehículo, hace al medio menos soluble para el azúcar y otros edulcorantes hidrosolubles. Otros vehículos que también se utilizan son la Glicerina que también es un solvente muy empleado, la Mezcla de Polietilenglicol, el Sorbitol al 70 % (p/p).

- Saborizantes y aromatizante, son productos aromáticos constituidos por esencias naturales desterpeneadas rectificadas al vacío. Los concentrados aromas en polvo, son esencias cubiertas por un gel deshidratado de polisacáridos naturales, estos productos mantienen más estable la capacidad aromatizante.
- Conservadores antimicrobianos, son sustancias que previenen las contaminaciones que pueden ser ocasionadas por una gran variedad de microorganismos en las preparaciones líquidas, que abarcan especies de salmonela, Echerichiocoli.
- Agentes Secuestrantes, el Acido cítrico, es un componente que evita reacciones de oxidación.
- Antioxidantes, estos pueden retardar la oxidación al reaccionar con los radicales libres formados. (Esteres propílicos, octílicos y dodecílicos del ácido gálico, hidroxianisolbutilado (BHA), tocoferoles y vitamina E).

Algunos problemas en la formulación generalmente, los fármacos son menos estables en los medios acuosos que en el estado sólido; por lo tanto es importante estabilizar las soluciones que contengan agua. En estos productos pueden producirse reacciones químicas simples como: interacciones entre los componentes (lo que refleja una formulación deficiente), y entre el envase y el producto, provocando un cambio de pH del producto, formándose una reacción directa con agua (hidrólisis).

### **2.5.2 Clasificación de los jarabes**

Los jarabes serán clasificados en cuanto a su composición, en: Simples, cuando están constituidos exclusivamente por agua y azúcar. Y Compuestos, cuando estén constituidos por agua, azúcar, jugos de frutas o extractos vegetales.

En relación a su naturaleza, los jarabes serán clasificados en:

- a) Naturales.- elaborados con sustancias naturales.
- b) Artificiales.- elaborados con sustancias artificiales permitidas.

**Tabla 2-7**

## Ejemplos de jarabes

JARABE	PRINCIPIO ACTIVO	USOS
Anís	Agua de anís	Vehículo
Clorhidrato de morfina	Clorhidrato de morfina	Sedante o hipnótico (Vía oral)
Codeína	Codeína	Antitusivo (Vía oral)
Espino cerval	Zumo de espino cerval	Purgante (Vía oral)
Éter	Éter	Antiespasmódico (Vía oral)
Yoduro ferrosos	Yoduro ferroso	Hematínico (Vía oral)
Menta	Agua de menta	Vehículo
Polígala	Extracto fluido de polígala	Expectorante (Vía oral)

### **2.5.3 Tipos de jarabe**

#### **2.5.3.1 Jarabe simple**

Se utiliza agua purificada solamente para preparar una solución de sacarosa, en términos científicos, una solución de 850 gramos de azúcar y agua cantidad suficiente para 1 litro.

#### **2.5.3.2 Jarabe concentrado**

Son líquidos viscosos que contiene sacarosa, como por ejemplo la meladura de caña de azúcar, remolacha con un ° Brix aproximadamente de 50 a 60 mínimo.

#### **2.5.3.3 Jarabe medicado**

Es el mismo jarabe simple, solamente que contiene alguna sustancia medicinal o algún principio activo adicionado. Se utilizan como medicamentos para calmar la tos o de uso pediátrico (para niños). El rechazo de éstos por parte de los niños es debido principalmente a su mal sabor, por lo cual muchos de los jarabes pediátricos poseen bases de glicerina o azucaradas para enmascarar el sabor desagradable. Es bueno acotar que las bases azucaradas son contraproducentes, pues podrían causar caries dental.

#### **2.5.3.4 Jarabe aromatizado**

Por lo general no está medicado pero contiene diversas sustancias aromáticas o de sabor agradable y se utiliza en la mayoría de los casos como vehículo o agente aromatizante, por ejemplo en las bebidas gaseosas.

## **2.6 JARABE AZUCARADO**

Es un producto concentrado, que predomina la sacarosa, los verdaderos jarabes azucarados, son simples o compuestos. Los primeros entran en el vocabulario de la repostería o de la economía doméstica, y los segundos corresponden a las prescripciones del arte de curar.

Cuando el agua está saturada de azúcar es cuando propiamente toma el nombre de jarabe azucarado.

Esta disolución de azúcar, es fibrosa, si se extiende en capa delgada sobre una superficie sólida, se deseca y deja en el sitio un barniz brillante y como vidrioso.

El jarabe es un excipiente muy adecuado para la conservación de un gran número de materias vegetales, y hasta de muchas sustancias de animales.

Sus propiedades fisicoquímicas y características organolépticas condicionan la naturaleza del vehículo a emplear y la calidad y cantidad de los otros aditivos de la fórmula. La solubilidad es realizada en forma directa en el agua o mezcla de solventes, o por acción de un intermedio que la facilite.

### **2.6.1 Industrialización del jarabe azucarado**

El jarabe azucarado se aplica en la repostería para la preparación de tortas de sabores fuertes, o como cobertor de panqueques o waffles, o cualquier aplicación en la que normalmente se utiliza el azúcar o algún edulcorante artificial.

Los productores de alimentos lo están usando industrialmente como endulzante en Ketchup, edulcorante para café y hasta en aguas tónicas.

Además de los productos de panadería y las bebidas, el jarabe azucarado se puede usar en adobos y salsas de barbacoa.

### **2.6.2 Operaciones básicas para la obtención de jarabe azucarado**

El jarabe es todo líquido cuya base principal es el azúcar, se halle este en estado de suspensión, como en los jarabes de caña, de uva, de remolacha, etc., que están destinados a cristalizarse en seguida, entonces podemos basarnos en uno de los métodos que existen para obtener jarabe azucarado, ya sea utilizando como materia prima la caña de azúcar o remolacha u otro como los tallos de choclo.



La extracción de la sacarosa en solución se logra quebrantando las paredes de las células para que el guarapo pueda escurrir, el proceso de extracción del azúcar incluye las siguientes operaciones: operaciones preliminares, Trituración de la materia prima, Sulfitación, Clarificación y Concentración.

### 2.6.2.1 Operaciones preliminares

Eliminar las resinas presentes en el jugo crudo, que pueden causar problemas durante la purificación del guarapo, también se elimina el lodo, las hojas y demás impurezas, con chorros de agua, al mismo tiempo, se extraen piedrecillas u otros materiales que dificulten la trituración.

### 2.6.2.2 Trituración de la materia prima

Consiste en el quebrantamiento de la estructura de la materia prima que se va a procesar, y la fractura de sus células, esto se hace por medio de cuchillas giratorias, la extracción del jugo a nivel industrial se hace a través de tres rodillos giratorios de gran tamaño.

En grandes industrias azucareras utilizan molinos de caja consiste en tres a siete juegos de rodillos.

### 2.6.2.3 Sulfitación

Es un procedimiento auxiliar, la adición de Gas SO<sub>2</sub> evita la formación de color, actúa como un bactericida, esta etapa se justifica desde hace tiempo, ya que se ha comprobado que emplearlos es económicamente más eficaz que el no hacerlo (Kopper, 1982), debido a que el jugo está expuesto a microorganismos que influyen a la pérdida de sacarosa. Existen varias formas de obtener dióxido de azufre una de ellas es: por combustión de azufre: que consiste en quemar el azufre.



#### 2.6.2.4 Alcalinización

El jugo que sale tiene un color característico (caña: verde oscuro), y turbio, ácido. Se neutraliza el jugo con lechada de Cal, que una vez en contacto forma sales insolubles de cal, sometándolo a un calentamiento el jugo alcalino coagula las proteínas y algunas de las grasas, ceras y gomas. Luego el precipitado se separa del jugo claro.

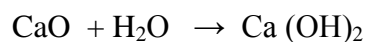
Este proceso consiste en agregar cal al jugo que se ha sido sulfitado, con el fin de defecar el jugo, neutralizar el pH y disminuir pérdidas por inversión. Esto se logra debido a que la cal reacciona con las impurezas y con ayuda de los fosfatos propios del jugo o meladura se forman unos coágulos.

La variable independiente que se mide en este proceso es el nivel de fosfatos, sustancia inherente al jugo que al reaccionar con la cal y las impurezas permite la formación de coágulos, los cuales se decantan obteniéndose un jugo clarificado. La variable más importante y ha tener en cuenta en el procedimiento de obtención, es la cantidad de cal que se añade.

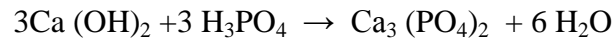
##### 2.6.2.4.1 Lechada de Cal

La calidad de cal por emplear por igual que la dosificación, son aspectos importantes que hay que considerar dentro de la purificación del jugo y material azucarado en general. La cal hidratante es el principal alcalinizante empleado, en la mayoría de las industrias azucareras. Las reacciones de clarificación son las siguientes:

Formación de la lechada de cal



Formación de fosfato tricálcico



### 2.6.2.5 Concentración

El jugo que ha sido purificado se le somete a concentración que consiste en la pérdida de agua del jugo hasta llegar aproximadamente a unos Brix de 60 a 70 grados, este producto es llamado meladura o jarabe. Una vez obtenido el jarabe concentrado pasa a la cristalización, esta se lleva a cabo en un tanque de concentración al vacío, al llegar el jarabe a la saturación, se introduce cristales de siembra para que el azúcar pueda depositarse alrededor de estos núcleos.

#### 2.6.2.5.1 Polarimetría

La Polarimetría es una técnica que se basa en la medición de la rotación óptica producida sobre un haz de luz polarizada al pasar por una sustancia ópticamente activa, tal es el caso de la sacarosa en el jarabe azucarado. La actividad óptica rotatoria de una sustancia tiene su origen en la asimetría estructural de los átomos de Carbono, Nitrógeno, fósforo o azufre en la molécula, lo cual es conocido como quiralidad. La quiralidad es conocida como una imagen de espejo para una molécula, la cual no puede superponerse con ella misma.

Se denominan a las sustancias ópticamente activas a aquellas que producen un giro en el plano de polarización de la luz polarizada linealmente.

Serán dextrógiras si, mirando hacia la fuente luminosa, el giro se produce en el sentido de las agujas del reloj, y levógiras en caso contrario.

El ángulo girado por el plano de vibración es proporcional al espesor de sustancia atravesado y depende de la longitud de onda de la luz. En general se considera como referencia la raya amarilla D del sodio.

#### 2.6.2.5.2 Azúcares presentes en el jarabe.

Principalmente los azúcares presentes en el producto obtenido son:

*Sacarosa*: es un disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de fructosa.

Su nombre químico es: alfa-D-glucopiranosil (1->2)-beta-D-fructofuranósido.

Fórmula empírica:  $C_{12}H_{22}O_{11}$

Peso molecular: 340 g/mol

Densidad: 1.5879 g/cm<sup>3</sup> (15 °C)

Temperatura de Fusión: 188 °C

*Glucosa (Dextrosa)*: es un mono sacárido con fórmula molecular  $C_6H_{12}O_6$ , la misma que la fructosa pero con diferente posición relativa de los grupos -OH y O=. Es una hexosa, es decir, que contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula.

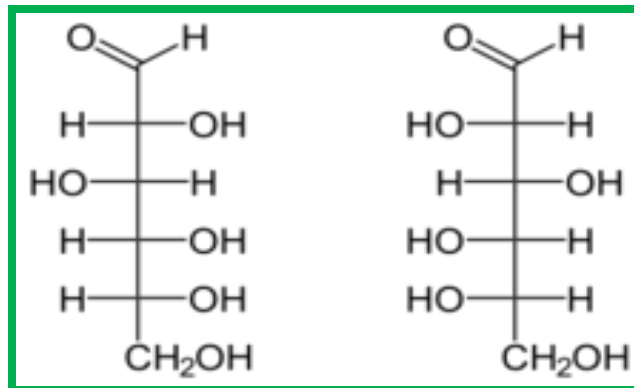
La aldohexosa glucosa posee dos enantiómeros, si bien la D-glucosa es predominante en la naturaleza.

Masa molar: 180.1 g/mol

Densidad: 1.54 g/cm<sup>3</sup>

**Figura 2-7**

Moléculas de D- y L-glucosa



FUENTE: Morrison y Boyd, Química Orgánica

*Fructosa (Levulosa)*: es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura. Es una cetohehexosa (6 átomos de carbono).

Su fórmula química es:  $C_6H_{12}O_6$ .

Apariencia: cristales blancos

Densidad:  $1.587 \text{ g/cm}^3$

Masa molar:  $180.16 \text{ g/mol}$

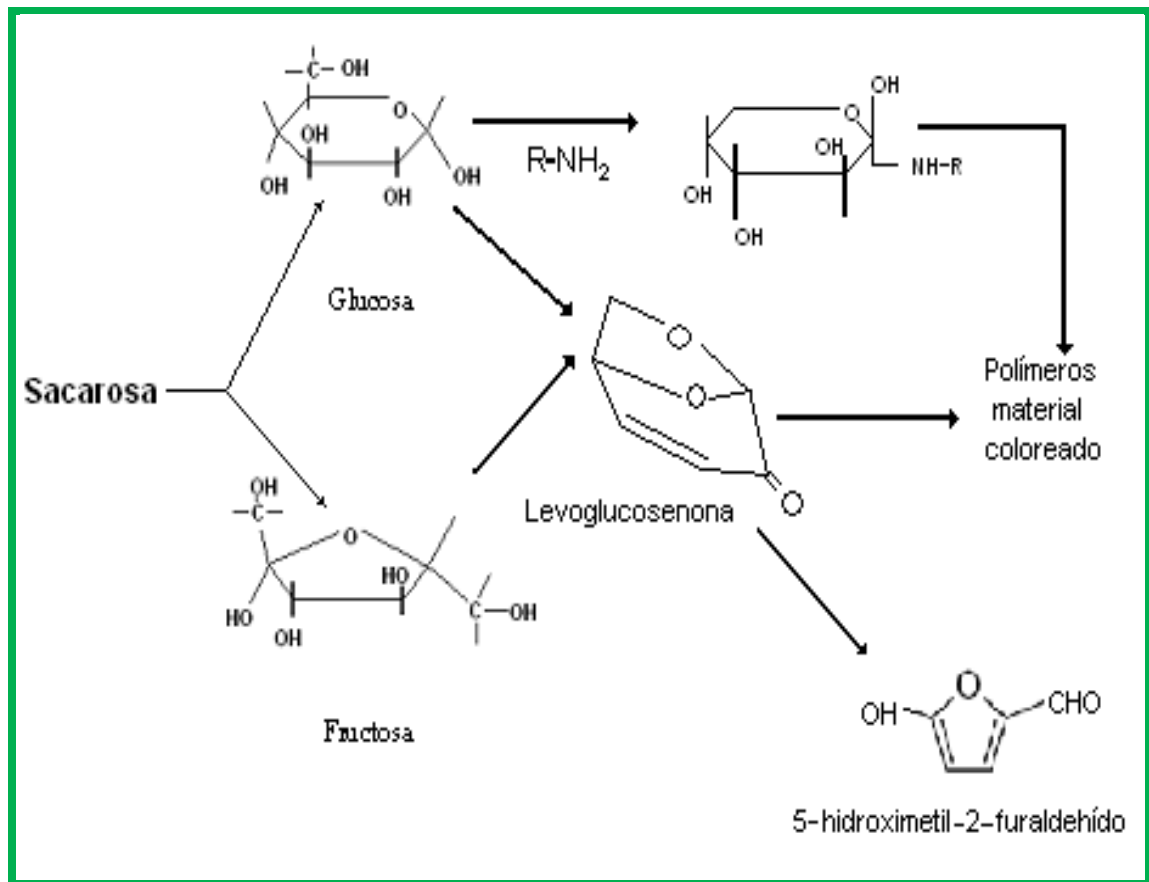
### 2.6.2.5.3 Coloración del jarabe adquirida durante la concentración

El color del jarabe que adquiere durante su concentración, por algunos componentes que tiene la planta como compuestos de carácter fenólico, que pueden ser de naturaleza sencilla o compleja, como los flavonoides, pueden existir en forma libre o como

glicósidos unidos a moléculas de azúcar. Algunos fenoles son incoloros dentro de la planta pero se oxidan o reaccionan con aminas produciendo sustancias coloreadas. Los compuestos coloreados que se forman durante el procesamiento provienen de la descomposición térmica de la sacarosa y de los azúcares reductores (Glucosa y Fructosa) , o se originan en las reacciones de estos carbohidratos con compuestos amino- nitrogenados presentes en la planta (Reacciones de Maillard, que se muestra en la figura 2-2 ), produciendo polímeros coloreados denominados melanoidinas .

**Figura 2-8**

Reacción de Maillard

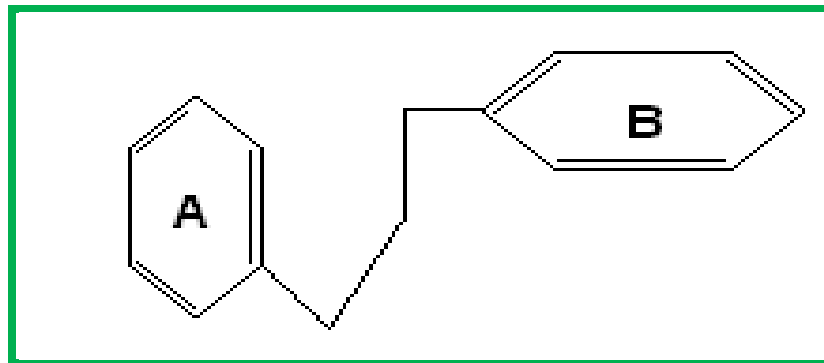


FUENTE: Shafisadeck et al. (1979)

Los flavonoides son compuestos fenólicos, considerados como los pigmentos naturales vegetales de mayor importancia. En el género de *Saccharum* se conoce cinco clases de flavonoides: antocianinas, catequinas, chalconas, flavonoles y flavonas, que poseen una estructura en común  $C_6C_3C_6$  con dos anillos aromáticos de carácter fenólico designados A y B, en la figura 2-3 se muestra los anillos aromáticos de carácter fenólico comunes a los flavonoides, y en la figura 2-4 se muestra la descomposición térmica de las antocianinas que se encuentran en el tallo de Choclo.

**Figura 2-9**

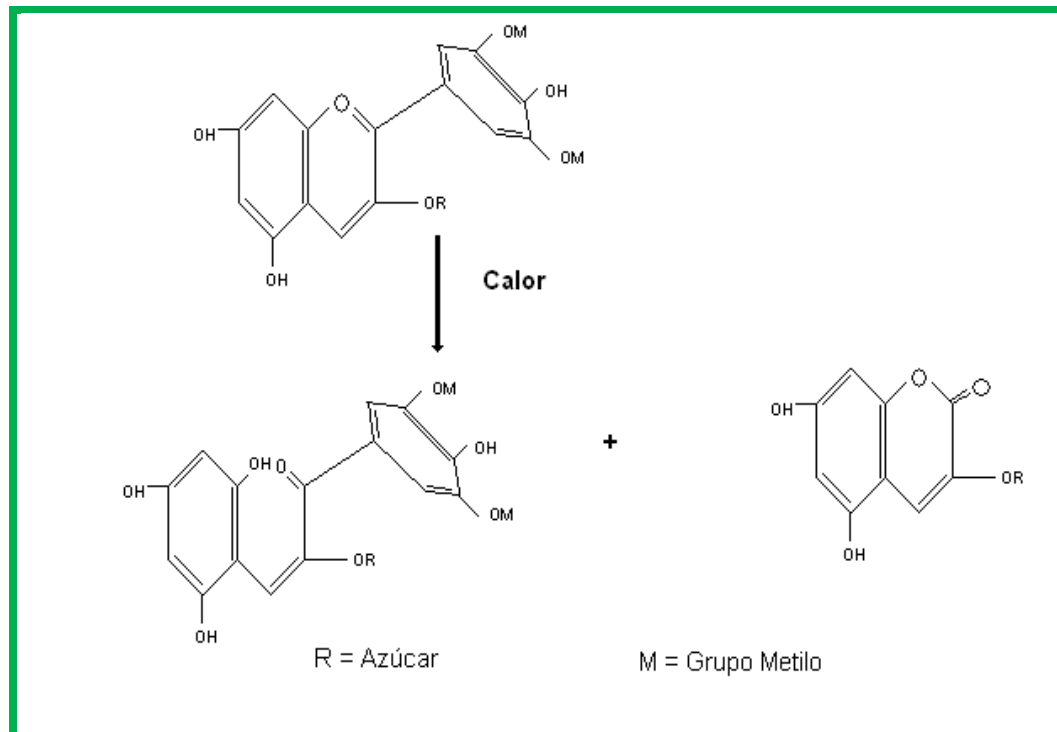
Anillos aromáticos de carácter fenólico



FUENTE: Smith y Paton, 1985

**Figura 2-10**

Descomposición térmica de las anticioaninas



FUENTE: Smith y Paton, 1985

#### 2.6.2.5.4 Importancia de la concentración para evitar la Fermentación

Es de mucha importancia llegar al grado Brix adecuado, para evitar la contaminación con levaduras producido por un porcentaje de agua muy elevado y las levaduras se desarrollen naturalmente se activen y fermenten el producto.

Todos los jarabes tienen levaduras osmofílicas o sea levaduras que son tolerantes a soluciones con una concentración relativamente alta de azúcares, esto beneficia al jarabe gracias a su alta concentración en azúcar, mata a las bacterias por lisis osmótica



### 2.6.2.5.5 Efectos de la temperatura en la concentración del jugo

La temperatura es un parámetro muy importante, cuando se va a concentrar el jugo del tallo, ya que si se trabaja a temperatura muy elevada se puede producir el Hidroximetilfurfural o 5-(hidroximetil)furfural  $C_6H_6O_3$ , que es un aldehído y un furano formado durante la descomposición térmica de los glúcidos, este compuesto según estudios recientes han mostrado que es un químico que puede ser dañino para la salud.

**Figura 2-11**

Hidroximetilfurfural



FUENTE: [es.wikipedia.org/w/index=hidroximetilfurfural](https://es.wikipedia.org/w/index=hidroximetilfurfural)

A photograph of a cornfield in a valley with mountains in the background. The corn plants are tall and green, with some tassels visible. The background shows a valley with mountains and a blue sky with some clouds. The text is overlaid on the image.

# **CAPITULO III**

**PARTE**

**EXPERIMENTAL**

### 3.1 PARTE EXPERIMENTAL

Este capítulo menciona los equipos, materiales, reactivos y métodos que se emplearon para la obtención del producto.

### 3.2 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

#### 3.2.1 Equipos

Los equipos que se han utilizado en los diferentes ensayos, se describen a continuación, los mismos pertenecen a la carrera de Química Industrial. A medida que se fue realizando el trabajo se adecuó algunos equipos, con el fin de llegar al objetivo.

- Balanza KERN 440 - 35N (cap. 400 g  $\pm$  0,01 g)
- Balanza SCOUT-PRO OHAUS (cap. 400 g  $\pm$  0,1 g)
- Balanza AND (cap. 210g  $\pm$  0,1g)
- Secador UNITEMP
- Secador BINDER
- Incubadora BINDER
- Mufla BULCAN A - 550
- Espectrofotómetro SCHIMADZU
- Refractómetro ECLIPSE
- Refractómetro ROCKER (Brix: 58 - 90%)
- Refractómetro A. KRISS Germany
- pHmetro ORION
- Polarímetro QUIMIB
- Destilador Kjendhal

#### 3.2.2 Materiales

- Cepillo, Varilla, Piseta
- Vasos de precipitado (100ml, 250ml, 600ml, 1000ml)

- Probetas (50ml, 100ml, 500ml)
- Propipeta ó succionador
- Pipetas graduadas (1ml, 5ml, 10ml)
- Pipetas volumétricas (1ml, 5ml)
- Crisoles de porcelana
- Mortero de ágata con pilón
- Soporte Universal
- Abrazaderas y nueces
- Matraz erlenmeyer (250ml, 500ml)
- Matraz aforado (50ml, 100ml, 500ml)
- Tubos de ensayo
- Gradillas
- Cajas Petri
- Balón 250ml
- Refrigerante Liebig
- Manguerillas
- Embudos analíticos
- Porta embudo
- Tubo de desprendimiento
- Hornilla eléctrica
- Bureta 50ml
- Porta bureta
- Picnómetro 10ml
- Espátula

### 3.2.3 Reactivos

Se menciona en la Tabla 3-1 los reactivos que se ha utilizado tanto para la obtención como para los métodos de análisis, con algunas características de los mismos.

**Tabla 3-1**

Reactivos utilizados en los análisis

Reactivo	Fórmula	Calidad	%
Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	p. a.	-
Ácido clorhídrico	HCl	q. p.	10%
Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	p. a.	-
Sulfato de potasio	KSO <sub>4</sub>	p. a.	-
Sulfato cúprico	CuSO <sub>4</sub>	p. a.	-
Hidróxido de Sodio	NaOH	q. p.	-
Óxido de Calcio	CaO	q. p.	-
Azufre	S <sub>8</sub>	q. p.	-
Alcohol Etílico	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	q. p.	95%
Éter Di etílico	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	q. p.	-
Sacarosa	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	p. a.	-
Glucosa	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	p. a.	-
Yodo metálico	I <sub>2</sub>	q. p.	-
Almidón	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	q. p.	-
Acetato de Plomo	CH <sub>3</sub> COOPb	q. p.	-

FUENTE: Elaboración propia

### 3.3 MATERIA PRIMA

Los tallos utilizados para la obtención pertenecen a la especie *Zea mays* L., raza Chuncula, que es procedente de la Provincia Murillo del departamento de La Paz, específicamente en las comunidades de Avircato, Palomar, Huayhuasi y Huaricana, que en las fotografías 3-1 se aprecia el cultivo de maíz en cada comunidad mencionada.

#### Fotografías 3-1

Zonas de cultivo de la raza “Chuncula”



Fuente: Propia

### 3.4 RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En las comunidades de Avircato, El Palomar, Huayhuasi y Huaricana, la raza que predomina en su cultivo es la Chuncula debido a que se caracteriza por adecuarse mejor al clima. Los tallos fueron adquiridos de las comunidades mencionadas, se las recolecta una vez quitadas las mazorcas de choclo maduro, luego se las transporta al lugar donde se va a recepcionar y almacenar.

### 3.5 Acondicionamiento de la materia prima

#### 3.5.1 Recepción y Selección

Analizar visualmente, verificando la calidad del mismo, luego procedemos a quitar las hojas y restos que evitarían la extracción del jugo, en las Fotografías 3-2, se observa conjunto de tallos con hojas y separación de las hojas en una fuente para alimento balanceado para animales, considerar el lugar de procedencia y la fecha.

#### Fotografías 3-2

Recepción de los tallos



**FUENTE:** Propia. Fot.1: conjunto de tallos de choclo, Fot.2: recolectando las hojas y verificando la calidad que tiene respecto a alguna contaminación.

### 3.5.2 Lavado

Se procede al lavado de los tallos con abundante agua quitando así las piedrecillas y tierra, como se muestra en la fotografía 3-3 los tallos se encuentran totalmente libre de sólidos o materia que perjudique en una posterior extracción, se escurre aproximadamente 1 hora, para luego almacenarlos.

#### Fotografía 3-3

Tallos lavados



FUENTE: Propia

### 3.5.3 Almacenamiento

Es importante almacenar en un lugar fresco y seco para su posterior utilización, para evitar la propagación de mohos o putrefacción de los tallos por algún tipo de contaminación. A medida que van pasando los días los tallos van perdiendo una cierta cantidad de agua y esto se evidencia cuando ya se extrae el jugo, de forma visual los



tallos adquieren un color amarillento. Previa extracción, es necesario realizar los análisis fisicoquímicos correspondientes a la materia prima, para observar las bondades que tiene.

### 3.6 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA (TALLO)

#### 3.6.1 Lectura de °Brix en el jugo extraído

Este procedimiento es un método indirecto, que se realiza con un refractómetro instrumento que se muestra en las fotografías 3-4.

- Colocar una gota de jugo de choclo en el prisma, ocularmente dará una lectura en la escala del refractómetro, en grados Brix o Baumé y registrarlos.

Expresión de resultados:

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo expresados en porcentaje de sacarosa. Los grados Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.

#### Fotografías 3-4

Refractómetros



FUENTE: Propia. Fot.1: refractómetro de cap. 50°Brix, Fot.2 y Fot3: Refractómetro de cap. 90°Brix.

### 3.6.2 Determinación de humedad por método de la estufa

Esta determinación de secado, se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando Estufa se describe de la siguiente manera:

Se realiza simultáneamente por triplicado. Previo procedimiento adecuar el tamaño del tallo cortando en trozos para que tenga la facilidad de acomodarlos en el vidrio de reloj.

- Pesar 50 gramos de tallo de choclo en el vidrio de reloj previamente tarado, llevar y colocar en el Secador a una temperatura aproximada de 105 °C, durante 1 hora.
- Transcurrido el tiempo, sacar y dejar enfriar a temperatura ambiente en el desecador.
- Utilizando una pinza sacar del desecador y luego pesar.

Expresión de resultado

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{M_H - M_S}{M_H} * 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

H = Humedad en % (en masa)

M<sub>H</sub> = Masa Húmeda (gramos)

M<sub>S</sub> = Masa Seca (gramos)

### 3.6.3 Determinación de cenizas

Previamente pesar 50 gramos de tallo troceado en un vidrio de reloj, luego llevar al secadero a una temperatura de 105 °C durante 1 hora, transcurrido el tiempo proceder de la siguiente manera:

- Pesar 5 gramos de la muestra libre de Humedad, en un crisol de porcelana previamente tarado.
- Calentar la mufla hasta que la temperatura se estabilice a 600 °C.
- Llevar el crisol a la Mufla durante 4 horas como mínimo, o puede ser hasta que el residuo quede completamente calcinado de un color blanco grisáceo.
- Enfriar el crisol en la mufla hasta que la temperatura descienda hasta los 200 °C aproximadamente, luego retirarlos y llevar al desecador a temperatura ambiente.
- Pesar hasta masa constante.

Expresión de resultado

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} * 100 \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

%C = Cenizas en % (en masa)

M<sub>0</sub> = Masa de crisol de porcelana (gramos)

$M_1$  = Masa del crisol + muestra antes de ser calcinada (gramos)

$M_2$  = Masa del crisol + Residuo de calcinación (gramos)

### 3.6.4 Determinación de la densidad por método del picnómetro

Este procedimiento se adecua a la Norma Boliviana NB 38034 (Miel- Determinación de la densidad relativa).

- Lavar el interior del picnómetro varias veces con agua, luego con alcohol etílico, una vez seco pesar el picnómetro vacío.
- Luego se llena con la muestra que es el jugo extraído, teniendo cuidado de que no se formen burbujas de aire.
- Colocar el tapón de vidrio esmerilado y limpiar con papel filtro la salida del tubo capilar.
- Pesar el picnómetro conteniendo la muestra. Repetir estos procedimientos pero llenando el picnómetro con agua destilada.

Expresión de resultado

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \dots\dots\dots(3)$$

Siendo:

$d$  = densidad relativa.

$m$  = masa del picnómetro vacío, en gramos.

$m_1$  = masa del picnómetro lleno con agua destilada, en gramos.

$m_2$  = masa del picnómetro lleno con la muestra de jugo extraído.

El resultado de la densidad relativa es adimensional y será expresada con una cifra significativa.

### 3.6.5 Determinación de carbohidratos

Este procedimiento se adecua a la Norma Boliviana NB 38033 (Miel- Determinación de Carbohidratos- Método de Fehling).

Cuyo procedimiento utiliza el reactivo de Fehling, también conocido como licor de fehling, se basa en el poder reductor del carbonilo de un aldehído, este se oxida ácido y reduce la sal de cobre (II) en medio alcalino a óxido de cobre I, que forma un precipitado de color rojo.

Al reaccionar con monosacáridos, se forma un color verdoso, y con disacáridos, toma el color del ladrillo.

#### 3.6.5.1 Azúcares Hidrolizables

Cuando se hidroliza la sacarosa con ácido acuoso diluido como es el ácido clorhídrico, se obtienen cantidades iguales de D-glucosa y D-fructosa.

Esta hidrólisis va acompañada por un cambio en el signo de la rotación polarimétrica, de positivo a negativo; por eso suele denominarse inversión de la sacarosa, y la mezcla levógira de D-glucosa y D-fructosa se ha llamado azúcar invertido.

- Pesar 5 gramos de muestra, colocar en un balón de 250 ml con un volumen de 100 ml de agua destilada y 10 ml de ácido clorhídrico concentrado.
- Llevar a reflujo durante 2 horas, como se muestra el quipo armado y sometido a calentamiento en las fotografías 3-5, transcurrido el tiempo hacer enfriar a

temperatura ambiente y neutralizar con hidróxido de sodio, comprobar el pH (ligeramente alcalino).

- Medir en una probeta de 500 ml el hidrolizado, luego mezclar y filtrar.
- El filtrado colocar en una Bureta de 50 ml, en un matraz erlenmeyer de 500 ml medir 5 ml de solución de Fehling A y 5 ml del B, luego mezclar y agregarle 100 ml de agua destilada, llevar a calor directo hasta que hierva.
- Titular la solución mencionada hasta un color verde, en ese momento colocar indicador azul de metileno, hasta que cambie de viraje a un color rojo ladrillo.

Expresión de los resultados:

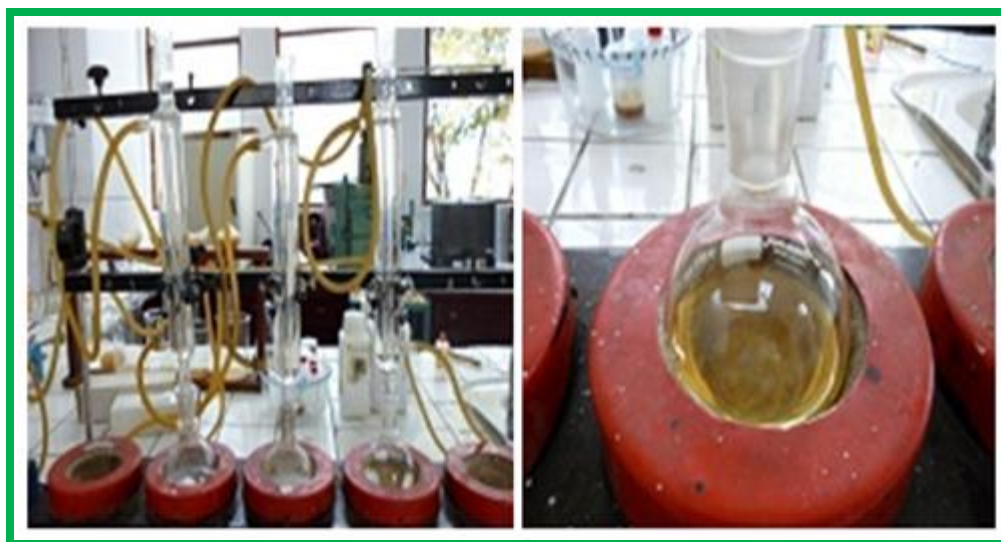
Se expresa en % de sacarosa, con la siguiente fórmula.

$$\text{Azúcar Hidrolizable} = \frac{\text{Factor de Fehling} * \text{Volumen Total}}{\text{Cantidad de muestra} * \text{Volumen gastado}} * 100 \quad ..(4)$$

$$\text{Azúcares Hidrolizables\%} = \% \text{ de glucosa} * 0.95 = \% \text{ de sacarosa} \quad ..(5)$$

### Fotografías 3-5

Determinación de azúcares hidrolizables, reflujo



FUENTE: Propia

#### 3.6.5.2 Azúcares Reductores

Es la determinación de los monosacáridos conocidos como hexosas, que son las Aldosas: glucosa, manosa, galactosa y Cetosa: fructosa, sorbosa.

- Pesar 5 gramos de muestra, transferir a una probeta de 250 ml lavar bien con agua destilada caliente hasta un volumen de 150 ml.
- Agregar 3 a 5 gotas de acetato de Plomo al 10 % hasta que precipite completamente, luego dejar decantar durante 12 horas en la heladera.

- Transcurrido este tiempo, añadir 3 a 5 gotas de sulfato de sodio al 5 %, para precipitar todo el exceso de acetato de plomo, anotar el volumen total, y proceder a filtrar.
- El filtrado colocar en un bureta de 50 ml, seguidamente preparar el licor de Fehling con 5 ml de solución A y 5 ml de solución B, añadir 100 ml de agua destilada y llevar a calentamiento directo, una vez que hierva agregar 3 a 5 gotas de azul de metileno, titular.
- Anotar el volumen de filtrado gastado para los cálculos.

$$\text{Azúcares Reductores} = \frac{\text{Factor de Fehling} * \text{Volumen Total}}{\text{Cantidad de muestra} * \text{Volumen gastado}} * 100 \quad ..(6)$$

### 3.6.5.3 Azúcares Totales

Los carbohidratos se define como los azúcares totales que contiene una determinada muestra, por lo que el cálculo se procederá a la suma de los azúcares Hidrolizables y Reductores:

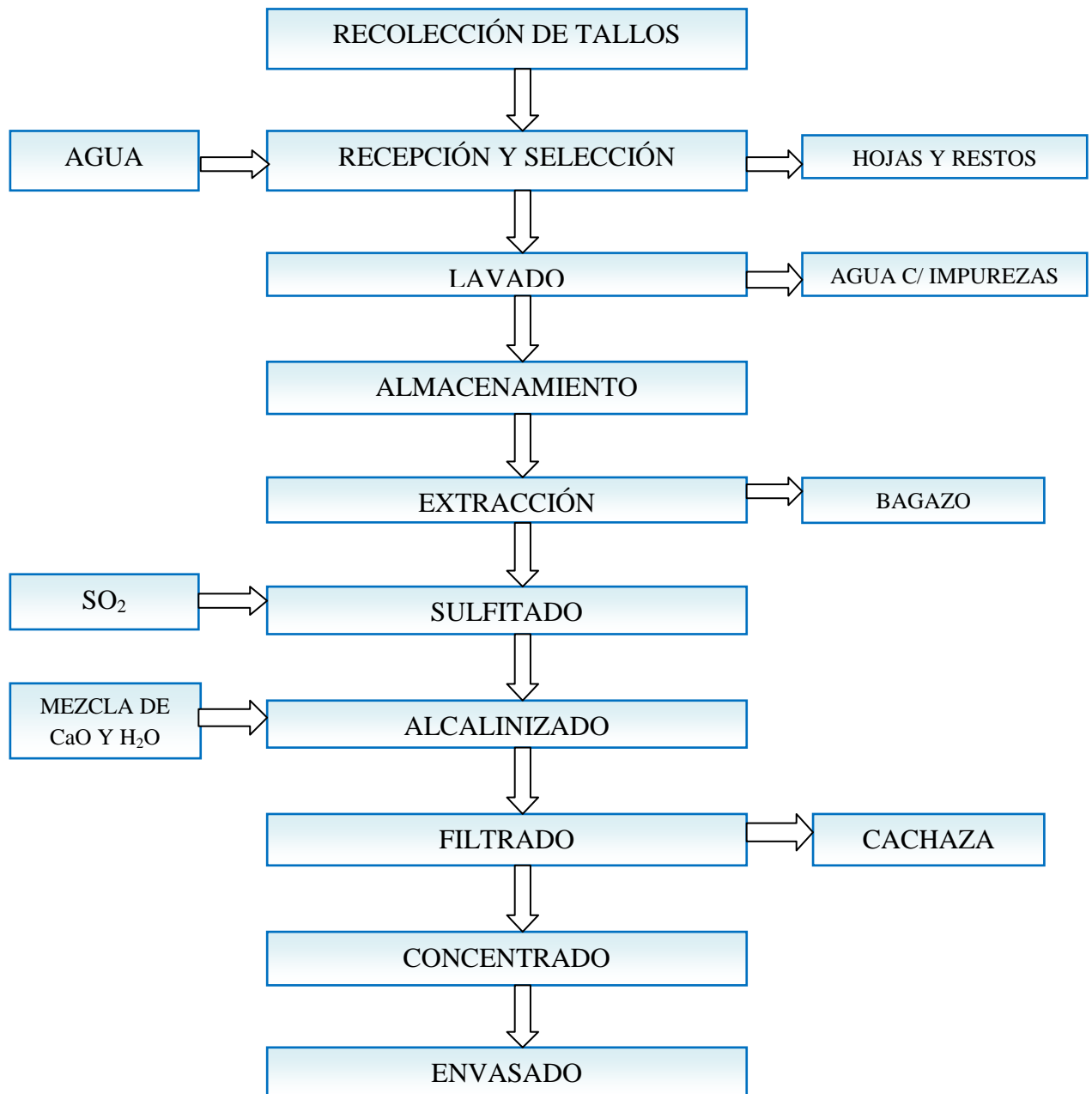
$$\text{Azúcares Totales} = \text{Azúcares Hidrolizables} + \text{Azúcares Reductores} \quad ..(7)$$

Una vez realizados estos análisis se procede al método de obtención de jarabe azucarado, pues es necesario conocer las operaciones para cumplir con el objetivo principal de este trabajo.



### 3.7 MÉTODO DE OBTENCIÓN

#### 3.7.1 Diagrama de Flujo del proceso de obtención de Jarabe Azucarado



FUENTE: Elaboración Propia

### 3.7.2 Extracción del jugo

Esta etapa es muy importante, pues su eficiencia marca la pauta en las demás etapas del proceso. Si en esta etapa se aplica la imbibición en caliente fuera de contribuir a extraer mayor cantidad de sacarosa, también extraen otros polisacáridos indeseables que con el calentamiento, forman un gel ocasionando múltiples problemas en el proceso; causaría pérdidas de sacarosa en las mieles finales.

En este proceso no realizamos imbibición porque al añadir agua caliente para recuperar el 100 % de sacarosa que existe en el tallo, el jugo de caña tibio ofrecería un medio ideal para el crecimiento de microorganismos deterioradores perjudiciales en el proceso.

Para evitar estos problemas que se pueden producir, la forma de extracción del jugo se realizó pruebas con tres tipos de extractores:

- a) *Zumidora*: Cuando se utiliza este aparato previa limpieza y desinfección, la materia prima necesita que se le quite la cáscara (banda de colenquina) que rodea al haz vascular del tallo de choclo, y se procede al corte transversal de aproximadamente 10 cm a 15 cm (el corte se realizó con cuchillo de acero inoxidable y de manera manual), una vez encendido el aparato se alimenta y se obtiene el jugo, este aparato no permite realizar el balance de masa adecuado, ya que la cáscara no está considerada para la extracción.
- b) *Extractor de limón*: de igual manera que la zumidora necesita que los tallos estén sin la banda de colenquina, luego con un raspador casero dejarlo en tiras finas para su posterior extracción. Con este extractor existe el mismo problema, porque no se extrae el jugo incluyendo la cáscara.
- c) *Molino*: previa limpieza y desinfección del mismo, no es necesario retirar de los tallos la cáscara, simplemente se cortan longitudinalmente de 10 cm a 15 cm, se alimenta y se obtiene el jugo. Con el molino sí se puede realizar un balance de masa incluyendo la extracción de la cáscara.

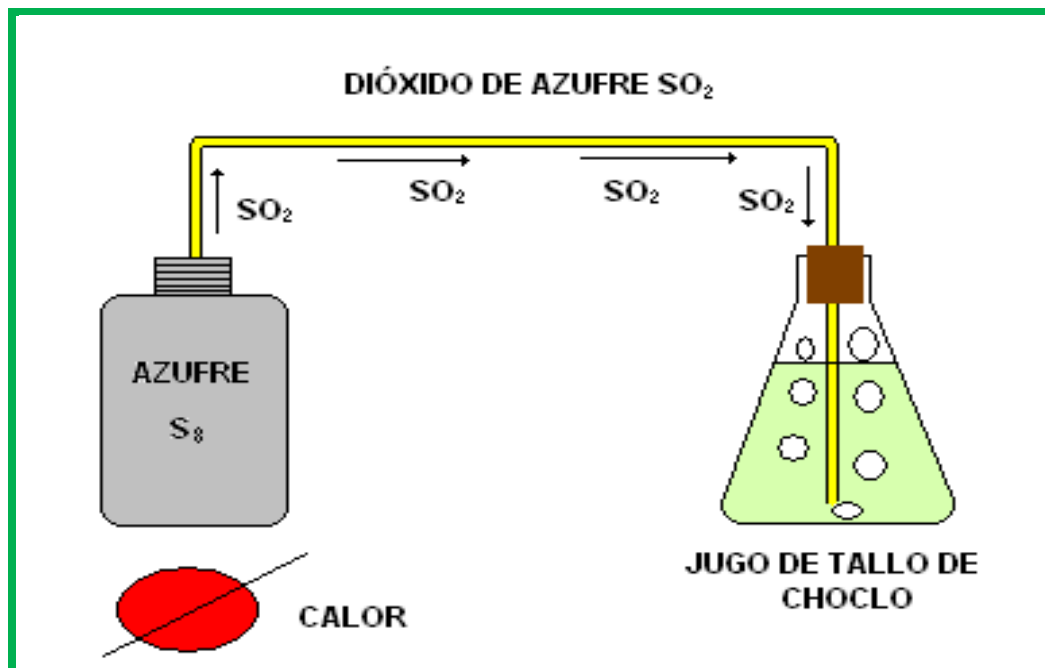
### 3.7.3 Sulfitación

El proceso del sulfitado tiene por objetivo eliminar todos los microorganismos que puedan encontrarse en el jugo extraído, este proceso se lo describe a continuación:

- Pesar 1 gramo de Azufre sólido en un vidrio de reloj seco y limpio, luego transferir cuidadosamente a un sistema de generación de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), como se muestra en la Figura 3-1.
- El sistema debe ser sometido a calentamiento hasta observar que el gas se pronuncie en forma de burbujas que salen del tubo de desprendimiento haciendo un contacto íntimo entre el gas de  $\text{SO}_2$  y el jugo durante 5 minutos.

**Figura 3-1**

Sistema de generación de  $\text{SO}_2$



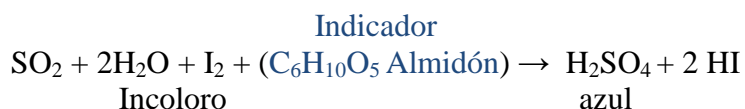
FUENTE: Propia

### 3.7.3.1 Determinación de la cantidad de SO<sub>2</sub> en el jarabe

Una vez sulfitado es necesario conocer la cantidad de SO<sub>2</sub> presente en el jugo, para esto se hace un análisis según el siguiente procedimiento

- Pesar 50 gramos de jarabe en un vaso de precipitado de 400 ml y enrasar hasta 200 ml.
- Enfriar la muestra a 13 °C en el refrigerador, luego añadir 9 ml de NaOH 6N y mantenerlo por 10 minutos a la temperatura de 13 °C.
- Añadir 15 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluido 1 N y 1 ml de indicador almidón, y titular inmediatamente con solución de Yodo 0.05 N hasta aparición de color azul definido y estable por lo menos 30 segundos.

La reacción es la siguiente:



Estequiométricamente determinamos que:

1 ml de Yodo 0.05 N = 0.0016 gramos SO<sub>2</sub>

El peso atómico del Yodo es = 53

Por lo que tenemos: I<sub>2</sub> = 53 \* 2 = 106

Expresión de resultados:

$$\frac{\text{Mg SO}_2}{50\text{g de jarabe}} = (\text{V}_{\text{gastado muestra}} - \text{V}_{\text{gastado blanco}}) * 0.0016\text{g SO}_2 * 106 \quad \text{..(8)}$$

### 3.7.4 Alcalinización y filtrado del jugo

El jugo extraído y posterior sulfitación es de color verde, a simple vista se aprecia el contenido de partículas en suspensión, por este motivo es necesario eliminarlos, para evitar posteriores problemas en el siguiente procedimiento. Esta operación se la realiza por medio de un proceso con lechada de cal que consiste en fijar los componentes que no son azúcar en el carbonato cálcico, que convierte el compuesto obtenido en insoluble. La mezcla puede entonces filtrarse para obtener así un jugo de mayor pureza.

#### 3.7.4.1 Alcalinización con óxido de calcio (CaO)

- Pesar 0.3gramos de CaO en un vaso de precipitados de 100 ml.
- Añadir con la ayuda de una pipeta graduada, luego agitar en forma circular constantemente durante 3 minutos.
- Esta mezcla preparada añadir a 990 ml de jugo de tallo que están contenidos en un vaso de precipitado de 1000 ml y agitar.
- Medir el pH, generalmente el pH se mantiene en un rango de 8 a 9 (básico).
- Luego calentar a una temperatura constante de 50 °C, durante 10 minutos.
- Transcurrido este tiempo, retirar de calentamiento y dejar sedimentar durante 1 hora.
- Filtrar, el jugo filtrado se somete luego a concentración.

NOTA: Es necesario que calentamiento no sea mayor a 70 °C, de lo contrario desvitalizaríamos el jugo.

### 3.7.5 Concentración

Para la concentración es importante determinar la temperatura, ya que no debe ser mayor al punto de ebullición del agua debido a que también puede desvitalizar al jugo. Con el siguiente procedimiento podemos determinar la temperatura y luego emplearlo en nuestro procedimiento de obtención.

- Medir aproximadamente un volumen de 250 ml de jugo filtrado en un vaso de precipitado.
- Calentar a una temperatura constante de 40 °C.
- Medir el ° Brix cada 4 horas hasta la obtención de jarabe azucarado, ó aproximadamente llegar hasta  $\frac{3}{4}$  de su volumen inicial.
- Medir volumen final y °Brix.
- Repetir procedimiento, con temperaturas de 50, 60, 70 y 80 °C

Luego se procede a realizar los análisis correspondientes de control de calidad.

#### 3.7.5.1 Determinación del color por UV - VISIBLE

El método para el producto obtenido se adecuó a la Norma Mexicana NMX-f-526-1992 porque concuerda con el método de análisis ICUMSA 4, que es considerado como Norma Internacional para azúcares.

- Pesar 4 gramos del jarabe en un vaso de precipitado.
- Añadir 20 ml de agua destilada hasta solubilizarlo por completo y transferirlo a un matraz aforado de 100 ml, enjuagar con porciones de agua de 4 ml y enrasarlo.
- Filtrar la solución, determinar el °Brix en el refractómetro.

- Medir el color en el espectrofotómetro, equipo que se muestra en la fotografía 3-6, ajustar el equipo a cero, utilizando una celda de longitud 1 cm, a una longitud de 420 nm.
- Efectuar la medición de la absorbancia y la transmitancia.

El índice de absorbancia de la solución, se calcula:

$$\text{COLOR} = \frac{-\text{Log } 10 \text{ } t_s}{bc} * 1000 = \frac{A_s}{bc} * 1000 \quad \dots (9)$$

En donde

$t_s$ = Transmitancia

$A_s$ = Absorbancia

$b$ = Longitud de onda

$c$ = Concentración de sólidos totales en  $\text{g/cm}^3$  determinado refractométricamente y calculado con la densidad a  $20^\circ\text{C}/20^\circ\text{C}$  (Tabla 3- 2).

El resultado se reporta como color ICUMSA y se expresa en unidades ICUMSA a 420nm (U.I. 420).

**Tabla 3-2**

Conversión para sustituir valores en la fórmula de color

<b>Grados Brix</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
1	0,01022
2	0,02012
3	0,03030
4	0,04056
5	0,05089
6	0,06131
7	0,07181
8	0,08240
9	0,09306
10	0,10381
20	0,21619
30	0,33810
40	0,47058
50	0,61478
60	0,77188

FUENTE: Método de ICUMSA



### Fotografía 3-6

Espectrofotómetro UV- Visible (Marca: SCHIMADZU)



FUENTE: Propia

#### 3.7.5.2 Determinación del rendimiento porcentual

Es necesario conocer el rendimiento, para medir la efectividad del método de obtención, que básicamente se determina con la cantidad de producto obtenido entre la cantidad de jugo extraído de tallo de choclo.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Cantidad de Jarabe obtenido (gramos)}}{\text{Cantidad de Jugo de tallo de choclo (gramos)}} * 100 \quad \dots (10)$$

La expresión de los resultados es en porcentaje.

### 3.8 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL “JARABE AZUCARADO”

#### 3.8.1 Determinación de °Brix

El procedimiento para éste análisis se describe en el punto 3.6.1.

#### 3.8.2 Determinación de la densidad

De igual manera este procedimiento se describe en el punto 3.6.4, en la fotografía 3-7 se muestra el picnómetro conteniendo jarabe.

#### Fotografía 3-7

Determinación de densidad del jarabe



FUENTE: Propia

### 3.8.3 Determinación de la humedad

El procedimiento se basa en la Norma Boliviana NB 38027 (Miel- Determinación de Humedad). El procedimiento es el siguiente:

- Leer el ° Brix del jarabe colocando con una varilla de vidrio, limpia y seca, una o dos gotas entre los prismas limpios y secos del refractómetro. El refractómetro que se utiliza es de la marca Kruss Germany, que se muestra en las fotografías 3-8, este instrumento se lo utiliza porque también podemos leer el índice de refracción del jarabe y la temperatura.

NOTA: una vez obtenido los valores del índice de refracción, se debe realizar las siguientes correcciones: Para temperaturas mayores a 20 °C, al valor del índice de refracción leído en el refractómetro, se le resta 0.00023 por cada grado Celsius. Para temperaturas menores que 20 °C, al valor del índice de refracción leído en el refractómetro se le resta 0.00023 por cada grado Celsius.

Expresión de los resultados:

El resultado se expresa en porcentaje (m/m) y se calcula directamente de la tabla 1 – valores para la determinación de la humedad (véase ANEXOS), con una cifra significativa.

### Fotografías 3-8

Refractómetro A. Kruss Germany



FUENTE: Propia

#### 3.8.4 Determinación de cenizas

El procedimiento se basa en la Norma Boliviana NB 38025 (Miel - Determinación de Cenizas). El procedimiento es el siguiente:

- Pesar 5 gramos de muestra, en un crisol de porcelana y pesada previamente.
- Agregar 5 ml de alcohol etílico y Calentar suavemente, hasta que la muestra se ennegrezca y seque, y no haya peligro de pérdidas por formación de espumas y derrame, luego de introducir a la mufla.
- Calcinar a una temperatura constante a  $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener cenizas blancas.

- Se deja enfriar en un desecador y se pesar.

Se calcula con la siguiente fórmula

$$C = \frac{m_1}{m} * 100 \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

C las cenizas provenientes de las sustancias minerales, en gramos por cien gramos

$m_1$  la masa del residuo, en gramos

$m$  la masa de la muestra, en gramos

### 3.8.5 Determinación de sólidos insolubles

El procedimiento se basa en la Norma Boliviana NB 38029 (Miel- Determinación de sólidos insolubles en agua). El procedimiento es el siguiente:

- Pesar 20 gramos del jarabe en un vaso de precipitación de 250 ml; disolver en 100 ml de agua, calentar a temperatura de 80 °C hasta que se disuelva completamente.
- Se filtra la solución a través del embudo buckner, previamente tarado.
- Enjuagar el vaso de precipitación y el embudo con agua caliente.
- Llevar el embudo buckner al secadero a 105 °C ± 5 °C, durante 35 minutos.

- Transcurrido el tiempo, dejar enfriar en un desecador y luego pesar.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_I = \frac{m_I}{m} * 100 \quad \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

$S_I$  el contenido de sólidos insolubles, en gramos por 100 gramos

$m_I$  la masa del residuo, en gramos

$m$  la masa de la muestra, en gramos

### 3.8.6 Determinación del pH

El procedimiento se basa en la Norma Boliviana NB 38028 (Miel - Determinación del pH). El procedimiento es el siguiente:

- Pesar 10 gramos de jarabe en un vaso de precipitado de 250 ml, se disuelve con 100 ml de agua destilada, luego filtrar.
- Se sumerge el electrodo del equipo para determinar pH en el líquido y se lee el valor, en la fotografía 3-9 se muestra el instrumento que mide el pH.

Expresión de los resultados

El pH es un valor adimensional y se expresara con una cifra significativa.

### Fotografía 3-9

pHmetro



Fuente: Propia

#### 3.8.7 Determinación de Hidroximetilfurfural

Este procedimiento se basa en la norma boliviana NB 38031 (Miel – Determinación de Hidroximetilfurfural), que se describe de la siguiente forma:

- Pesar 20 gramos de jarabe en un vaso de precipitación de 100 ml, agregar y disolver con 20 ml de agua destilada.
- Luego trasvasar en un embudo de separación, y agregar 40 ml de éter etílico y se agita, se dejan separar las capas.
- Transferir la capa etérea al crisol de porcelana, se deja evaporar el éter a temperatura ambiente hasta obtener un residuo seco, al que se le agrega 2 ml de

solución de resorcinol recientemente preparada (resorcinol al 1 %: disolver 1 gramo de resorcinol en 10 ml de HCl).

- La aparición de una fuerte coloración rojo – cereza, que persiste por lo menos 1 hora, indica la presencia de hidroximetilfurfural.

Expresión de los resultados:

El resultado se expresa como positivo si aparece una coloración rojo – cereza y es negativo cuando no aparece esta coloración.

### **3.8.8 Determinación de carbohidratos**

Este procedimiento se menciona en el punto 3.6.5, se sigue el mismo procedimiento para el producto obtenido.

### **3.9 Determinación de minerales Cu, Fe y Pb por Absorción Atómica**

Preparación de la muestra:

- Pesar 5 gramos de la muestra en un crisol de porcelana previamente tarado, luego llevar a la mufla aproximadamente a 500 °C durante 8 horas ó hasta que las cenizas tengan una coloración blanca.
- Enfriar y añadir 5 ml de ácido clorhídrico (HCl), diluyendo las cenizas, luego llevar a evaporación, y filtrar ya aforar en un matraz aforado de 100 ml.
- La solución muestra se lleva al equipo de Absorción atómica que se muestra en la fotografía 3-10 para la lectura requerida.
- Preparar patrones en los rangos de 0.005; 0.010; 0.020 y 0.030 mg.
- Para determinar Cobre “Cu”: Sulfato de Cobre.
- Para determinar Hierro “Fe”: Sulfato ferroso amónico.



- Para determinar Plomo “Pb”: Sulfato de Plomo.
- Registrar las áreas de los picos, luego calcular el área promedio.

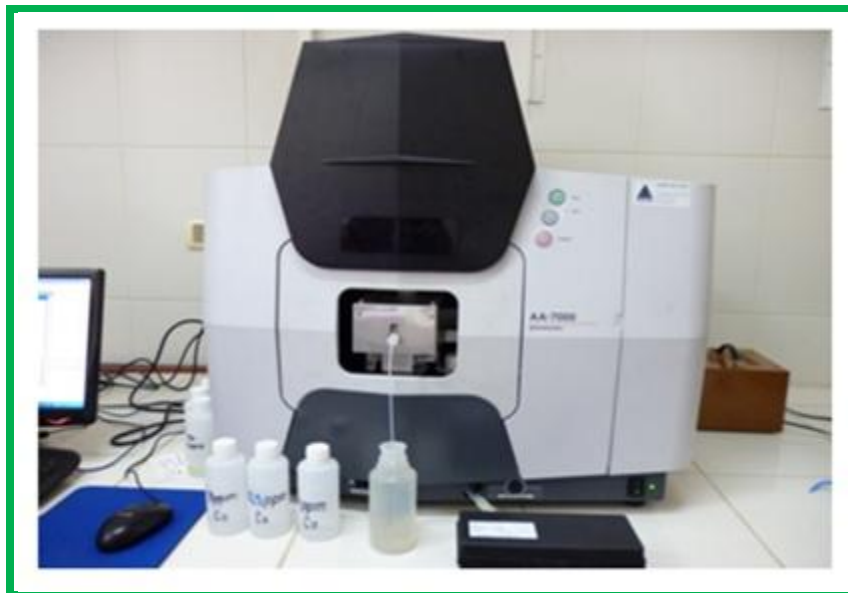
Expresión de los resultados:

Calcular el área promedio del pico de la muestra, emplear este valor para determinar la concentración.

$$\text{Mineral mg/Kg} = \frac{(\text{mg de mineral analizado})}{\text{Masa de la muestra (g)}} * \text{Volumen de la solución (ml)} \quad ..(12)$$

### Fotografía 3-10

Equipo de Absorción atómica



FUENTE: Propia

### 3.10 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL JARABE AZUCARADO

#### 3.10.1 Preparación de muestras para el análisis microbiológico

Esta preparación se basa en la norma boliviana para alimentos NB 32002 y se describe de la siguiente manera:

- Pesar 0.65 gramos de Peptona en un balón, agregar 650 ml de agua destilada denominada “solución diluyente”, luego transferir la solución a matraces erlenmeyer dividiendo en cantidades iguales de 250 ml, esterilizar a 121 °C durante 15 minutos.
- Pesar 25 gramos de jarabe y mezclar con el diluyente que se encuentra en el matraz erlenmeyer.
- La dilución de la muestra se realiza transfiriendo 1 ml ( $10^{-1}$  = 1 en 10) a un tubo que contenga 9 ml del solución diluyente, homogeneizar cuidadosamente, y del mismo tubo extraer 1 ml y colocar en otro tubo que contenga 9 ml de solución diluyente para obtener la dilución  $10^{-2}$  = 1 en 100, nuevamente transferir 1 ml a otro tubo que contenga 9ml de diluyente para obtener la dilución  $10^{-3}$  = 1 en 1000. Repetir estos pasos hasta obtener  $10^{-4}$ ; cada dilución sucesiva disminuirá a 10 veces la concentración. Estas diluciones son para realizar los siguientes ensayos:

#### 3.10.2 Recuento total de bacterias mesófilas aerobias viables

Este procedimiento esta basado en la norma boliviana para alimentos NB 32003, el procedimiento se describe de la siguiente manera:

- Pesar 3.5 gramos de Plate Count Agar ó PCA en un matraz erlenmeyer de 250 ml y disolver con 200 ml de agua destilada, sometiendo a calentamiento hasta ebullición, esterilizar en el autoclave a 121 °C  $\pm$  1 °C durante 15 minutos, esta solución es denominada el “medio de cultivo”.

- Se vierte en las placas con una pipeta estéril 1 ml de cada una de las diluciones preparadas a las cajas petri estériles y vacíos, adecuadamente codificados, añadir 15 ml de medio de cultivo.
- Inmediatamente después de la adición del medio de cultivo tapar la caja homogeneizar cuidadosamente el contenido de la caja, mediante movimientos circulares de la placa a favor y en sentido opuesto a las agujas de reloj y en forma de zig-zag evitando al mismo tiempo que el medio rebalse.
- Dejar solidificar el agar de las placas sobre una superficie horizontal.
- La incubación se la realiza invirtiendo las cajas petri colocándolas de esta manera a la incubadora a la temperatura de  $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  por un período de 48 h.
- Después del período de incubación, realizar el recuento de colonias presentes.

### **3.10.3 Recuento de mohos y levaduras**

Este procedimiento esta basado en la norma boliviana para alimentos NB 32006, el procedimiento se describe de la siguiente manera:

- Pesar 7.8 gramos de Agar Papa- dextrosa en un matraz erlenmeyer, y disolver con 200 ml de agua destilada. Calentar a ebullición hasta disolución total del medio, y esterilizar durante 15 minutos.
- Con una pipeta esterilizada se transfiere, 1 ml de cada una de las diluciones preparadas (diluciones preparadas según norma 32002) a la caja petri previamente esterilizadas y vacías, adecuadamente codificadas, luego inmediatamente adicionar 15 ml del medio de cultivo, homogeneizar cuidadosamente el contenido de cada caja mediante movimientos regulares y uniformes, sobre una superficie plana, evitando rebases y toda contaminación externa.

- Incubar las placas sin invertir a temperatura de 22 °C a 25 °C durante 72 horas para el recuento de levaduras y 120 horas para el recuento de mohos, la incubadora se muestra en la fotografía 3-11.
- Transcurrido el tiempo proceder al recuento.

#### **3.10.4 Recuento de Coliformes**

Este procedimiento esta basado en la norma boliviana para alimentos NB 4832, el procedimiento se describe de la siguiente manera:

- Pesar 10 gramos de Agar Mac Conkey en un matraz erlenmeyer, y disolver con 200 ml de agua destilada, luego esterilizar durante 15 minutos.
- Con una pipeta esterilizada se transfiere, 1 ml de cada una de las diluciones preparadas (diluciones preparadas según norma 32002) a las caja petri previamente esterilizadas y vacías, adecuadamente codificadas, inmediatamente adicionar 15 ml del agar, luego de la adición del medio de cultivo, homogeneizar cuidadosamente el contenido de cada caja mediante movimientos regulares y uniformes, sobre una superficie plana, evitando rebaleses y toda contaminación externa.
- Incubar las placas invirtiendo a temperatura de 30 °C a 37 °C durante 24 horas.
- Transcurrido el tiempo proceder al recuento.

**Fotografía 3-11**

Incubadora



FUENTE: Propia. Fot. 1: Incubadora, Fot. 2: interior de la incubadora

A photograph of a cornfield in a valley with mountains in the background. The corn plants are tall and green, with some tassels visible. The background shows a valley floor with some buildings and more mountains under a blue sky with light clouds. The text is overlaid on the image in a dark green, serif font.

# **CAPITULO IV**

**DATOS**

**Y**

**RESULTADOS**

## 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

### 4.1.1 Análisis fisicoquímico de materia prima (tallo)

#### 4.1.1.1 ° Brix

Resultados obtenidos mediante el instrumento refractómetro cuyos valores se muestran en la tabla 4-1, los grados Brix leídos se realizaron por triplicado (tres muestras diferentes) en el Laboratorio de la carrera, y una muestra se mandó a IBNOLab (Laboratorio del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, véase ANEXO III), para comparar con el promedio de los resultados en el laboratorio.

**Tabla 4-1**

°Brix del jugo de tallo de choclo

ENSAYO REALIZADO EN:	IBNOLAB	LAB. QMI-IND	UNIDADES
Muestra 1	14,25	14	°Brix
Muestra 2	-	15	°Brix
Muestra 3	-	15	°Brix
PROMEDIO:	14,25	14,67	°Brix

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.1.1.2 Contenido de Humedad, Cenizas, Densidad y Carbohidratos

Bibliográficamente los valores de las propiedades y componentes nutritivos que contiene el maíz, solamente existe referencia respecto al grano, debido a esto realizamos análisis en cuestión a propiedades específicas del tallo de choclo (materia prima), que sí, son necesarias conocer, para la obtención de jarabe azucarado. Los resultados obtenidos cuyos valores calculados con las fórmulas (1), (2) y (3) de Humedad, cenizas y densidad se muestran en la tabla 4-2.

Para los resultados del análisis de carbohidratos cuyas fórmulas se aplica (4), (5) y (6), que se muestran en la tabla 4-3 donde se muestra también un análisis realizado en Servicio de Laboratorio de Diagnóstico e investigación en Salud SELADIS (ANEXO IV).

**Tabla 4-2**

Análisis químico porcentual del tallo de Choclo

ENSAYO REALIZADO:	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
Muestra 1	81,33	2,69	1,08
Muestra 2	80,30	3,33	1,09
Muestra 3	81,47	3,33	1,08
PROMEDIO:	81,03	3,12	1,083

FUENTE: Elaboración propia



**Tabla 4-3**

Contenido de Carbohidratos

ENSAYO REALIZADO EN:	SELADIS	LAB. QMI-IND	UNIDADES
Muestra 1	7,38	8,39	%
Muestra 2	-	6,89	%
Muestra 3	-	8,07	%
PROMEDIO:	7,38	7,78	%

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.1.1.2.1 Contenido de Sacarosa, glucosa y fructosa

Estos resultados se obtuvieron del Laboratorio de SELADIS, cuya forma de trabajo es respaldado por el Decreto Supremo N° 25729, Resolución ministerial N° 0177, en la tabla 4-4 se muestra los valores de la sacarosa, Glucosa, fructosa o levulosa, que se encuentra en el tallo (Véase ANEXO IV).

**Tabla 4-4**

%Sacarosa, % Glucosa, % Fructosa

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS
SACAROSA	%	7,02
GLUCOSA	%	3,07
FRUCTOSA	%	3,57

FUENTE: Elaboración propia

## 4.2 MÉTODO DE OBTENCIÓN

### 4.2.1 Balance de materia

El balance es necesario, para considerar la implementación de una planta, a continuación mostraremos cifras de carácter orientativo relativas al balance de la obtención de jarabe azucarado. Resultados que se obtuvieron aplicando la fórmula (10), realizando 5 ensayos en el laboratorio, se especifican en las tablas 4-5, 4-6 y 4-7, para el proceso de obtención, y también las pérdidas de azúcar durante el proceso de extracción y alcalinización.

**Tabla 4-5**

Balance de materia en el proceso de obtención

Obtención de jarabe azucarado	Gramos	%
tallo de choclo entrante	2211,20	100,00
tallos escurridos después del lavado	1949,44	88,16
Extracción (jugo gramos)	1483,21	67,08
Alcalinizado	1306,30	59,08
Concentración (jarabe azucarado)	273,45	12,37

FUENTE: Propia

**Tabla 4-6**

Balance de materia que se desvía durante el proceso de obtención

Otros	Gramos	%
hojas y restos	256,40	11,60
tierra y Piedrecillas	5,36	0,24
Bagazo	466,23	21,08
Cachaza	177,92	8,05
agua	1032,85	27,00

FUENTE: Propia

**Tabla 4-7**

% Azúcar que se desvía durante el proceso de obtención

<b>Pérdida de azúcar en el proceso</b>	<b>%</b>
Azúcar entrante	7.83
Pérdidas de azúcar en la extracción	0,20
Pérdidas de azúcar en la cachaza	0,39
Otros	0.17
Azúcar entrante después del alcalizado	7.07

FUENTE: Propia

#### **4.2.1.1 Rendimiento porcentual del método de obtención**

El método de obtención utilizado para este trabajo, tiene un porcentaje de rendimiento práctico, que en la tabla 4-8 se muestra la cantidad de jarabe obtenido en porcentaje, a partir de una cierta cantidad de jugo de tallo de choclo.

**Tabla 4-8**

Rendimiento porcentual

ENSAYO REALIZADO EN:	LAB. QMI-IND	UNIDADES
Muestra 1	18,44	%
Muestra 2	18,37	%
Muestra 3	18,76	%
PROMEDIO:	18,52	%

FUENTE: Propia

#### 4.2.2 EXTRACCIÓN

Para la extracción se ha trabajado con tres instrumentos conocidos, como son: la zumidora, Molino, extractor de limón, que se caracterizan por ser prácticos y la utilidad que tiene cada uno es variada, en las fotografías 4-1, 4-2, 4-3 se muestran el funcionamiento de cada instrumento para un fin determinado que es extraer el jugo.

En función de las características de cada equipo se obtuvieron diferentes cantidades de extracto que se muestran en el grafico 4-1.

### Fotografías 4-1

Jugo extraído de la zumidora



FUENTE: Propia

### Fotografías 4-2

Jugo obtenido del extractor de limón



FUENTE: Propia

### Fotografías 4-3

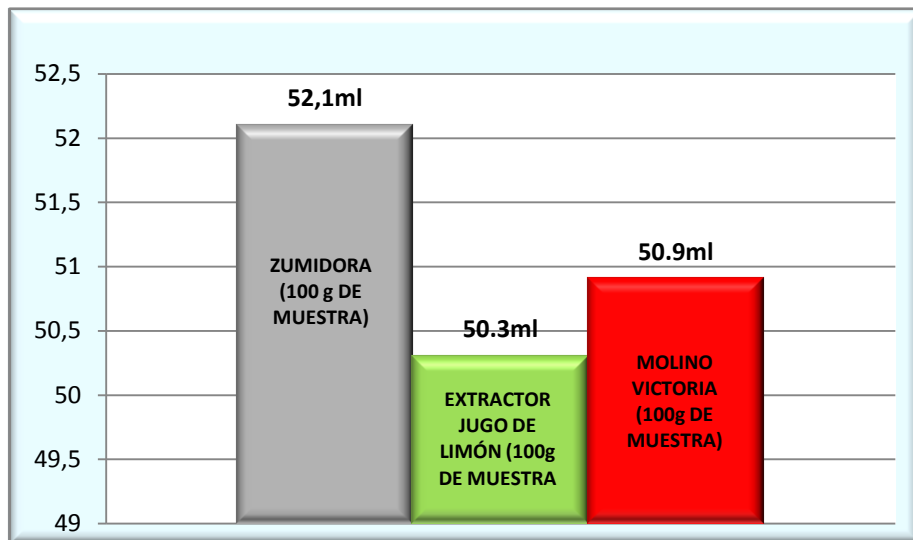
Jugo extraído en el molino



FUENTE: Propia

### Gráfico 4-1

Rendimiento de cada instrumento de extracción



FUENTE: Elaboración propia

Como podemos observar el uso de la zumidora es la recomendable, por lo que se puede sugerir utilizar un equipo con estas características para una extracción a mayor escala.

### 4.2.3 Sulfitación

#### 4.2.3.1 Contenido de SO<sub>2</sub> en el producto obtenido

En la tabla 4-9, se muestran los valores que se obtuvieron según procedimientos descritos y aplicando la fórmula (8), cuyos resultados necesariamente deben cumplir con las especificaciones técnicas de las normas en el área de alimentos, para comprobar si este producto cumple uno de los parámetros de las exigencias de la calidad del producto nos basamos en la Norma Boliviana y la Norma Sanitaria.

**Tabla 4-9**

Contenido de SO<sub>2</sub> según norma

Valores obtenidos en el laboratorio QMC-IND			Dosis máxima permitida	
N° Muestra		UNIDADES	Norma Boliviana	Norma Sanitaria
Muestra 1	15,9424	mg SO <sub>2</sub> /Kg	20 mg SO <sub>2</sub> /Kg	20 mg SO <sub>2</sub> /Kg
Muestra 2	10,5152	mg SO <sub>2</sub> /Kg		
Muestra 3	14,2464	mg SO <sub>2</sub> /Kg		
Promedio:	13,5680	mg SO <sub>2</sub> /Kg		

FUENTE: Elaboración propia



#### 4.2.4 Proceso de alcalinización

En este procedimiento trabajamos en el rango de pH de 8 a 9, ya que entre esos valores se considera adecuado para que precipite todas las resinas peptídicas, gomas y otros, por lo que se determinó considerar el peso para preparar la solución de óxido de calcio.

Para comprobar el pH básico, en la tabla 4-10 se muestra la cantidad de óxido de calcio que mezclamos con 10 ml de agua destilada, que posteriormente se le adiciona para alcalinizar.

**Tabla 4-10**

Mezcla para Alcalinización

°N de muestras	Jugo Extraído (ml)	°Brix	pH inicial del jugo	Adición solución (CaO)/10ml	V <sub>TOTAL</sub> (V <sub>JUGO</sub> +V <sub>SOL</sub> ) ml	pH final del jugo
1	990	9,0	4,0	0,31	1000,0	8,0
2	990	9,0	4,0	0,30	1000,0	8,0
3	990	12,0	5,0	0,36	1000,0	9,0
4	990	12,0	5,0	0,41	1000,0	9,0
5	990	13,0	5,0	0,50	1000,0	10,0
6	990	13,0	6,0	0,62	1000,0	10,0
7	990	14,0	5,0	0,78	1000,0	11,0

FUENTE: Elaboración propia

Es notable que a diferentes cantidades de CaO el pH varía, pero necesariamente la cantidad no debe ser mayor, si no que la acción debe cumplir en precipitar por completo, y evidentemente el pH se mantiene en el rango de 8 a 9, sugiriendo no aumentar la dosis.

#### **4.2.5 Concentración**

##### **4.2.5.1 Determinación de la temperatura adecuada**

En la tabla 4-11, se muestra los resultados obtenidos de la temperatura que vamos a utilizar en nuestro proceso, y es evidente que mientras la temperatura sea mayor el tiempo de concentración será menor, hipotéticamente podríamos considerar trabajar con una mayor temperatura, pero no es recomendable, ya que visualmente el líquido adquiere un color más fuerte, y el olor es típico de azúcar quemado, comprobando con la determinación de color que se muestra en el gráfico 4-3, el valor de los jarabes a partir de los 60°C es mayor, por este motivo podemos sugerir concentrar con una temperatura menor a 60°C.

En el gráfico 4-2, para obtener un producto homogéneo en cuanto al color, olor, sabor, debe ser necesario trabajar a una temperatura constante para una concentración óptima, que para este proceso de obtención se ha trabajado a 50°C, y observamos que al transcurrir el tiempo la concentración es mayor.

Tabla 4-11

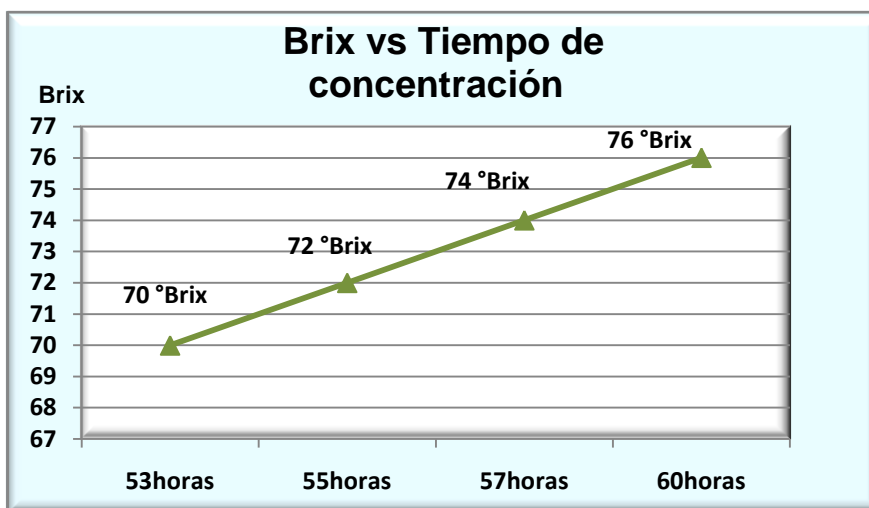
Determinación de la temperatura

N°	Volumen inicial	°Brix	Temperatura	Tiempo Transcurrido	Volumen final	°Brix
1	250 ml	9	40 °C	57 horas	49,5 ml	70
2	250 ml	9	50 °C	51 horas	49,2 ml	70
3	250 ml	9	60 °C	47 horas	49,3 ml	70
4	250 ml	9	70 °C	39 horas	48,6 ml	70

FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 4-2

Concentración a temperatura constante de 50°C



FUENTE: Elaboración propia

#### 4.2.5.2 Color

En la tabla 4-12, se muestra los resultados según el procedimiento descrito en el anterior capítulo, aplicando la fórmula (9), para determinar el color de la muestra en distintas concentraciones de sólidos disueltos o ° Brix en sacarosa. En el gráfico 4-3, los valores obtenidos a distintas temperaturas para la concentración.

**Tabla 4-12**

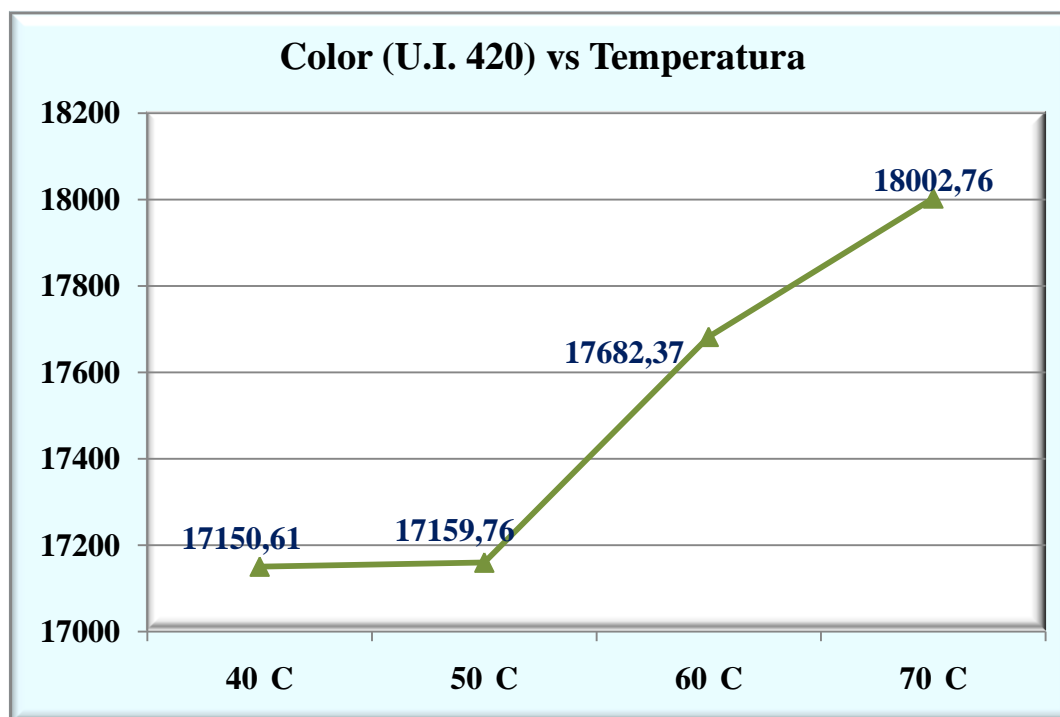
Color en el producto obtenido

°N	°Brix	C = Valor Tabla3-2 (g/cm <sup>3</sup> )	Longitud Celda	ABSORBANCIA	TRANSMITANCIA (%)	COLOR (U.I. 420)
1	3	0,04056	1	0,041	90,1	1010,85
2	4	0,04056	1	0,045	89,1	1109,47
<sup>3</sup> Muestra	<b>4</b>	<b>0,04056</b>	<b>1</b>	<b>0,696</b>	<b>89,1</b>	<b>17159,76</b>
4	5	0,05089	1	0,051	89,5	1002,16
5	6	0,06131	1	0,056	89,1	913,39
6	7	0,07181	1	0,06	89,1	835,54

FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 4-3

Determinación de la temperatura según el color



FUENTE: Elaboración Propia

### 4.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL “JARABE AZUCARADO”

#### 4.3.1 Contenido de ° Brix

El grado de sólidos disueltos (° Brix), se rige en base a dos Normas que son:

- NMX-F-169-1984. ALIMENTOS PARA HUMANOS. JARABES. FOODS FOR HUMANS. SYRUPS. NORMA INTERNACIONAL. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

- REPUBLICA DE CHILE, MINISTERIO DE SALUD, DPTO. ASESORIA JURIDICA, Mmh. REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS, DTO. N° 977/96, (D.OF. 13.05.97)

En la tabla 4-13, los valores son comparados según especificaciones técnicas.

**Tabla 4-13**

Contenido ° Brix del producto obtenido, bajo norma

Valores obtenidos en el Lab. QMC-IND			Dosis máxima permitida	
N° Muestra		UNIDADES	Norma Internacional	Norma Sanitaria (Chile)
1	76,0	° Brix		
2	75,8	° Brix	59,1° Brix	62,0° Brix
3	78,0	° Brix		
Promedio:	<b>76,6</b>	° <b>Brix</b>		

FUENTE: Elaboración propia

### 4.3.2 Contenido de Densidad, Humedad, Cenizas, Sólidos insolubles, pH, Hidroximetilfurfural

En la tabla 4-14, se muestran los valores de cada análisis realizado en el Laboratorio de Química Industrial, aplicando las fórmulas (3), (11) y (12), luego comprobando con resultados del laboratorio de diagnóstico e investigación en salud SELADIS (ANEXO VI, ANEXO VII), y posterior verificación con respecto al cumplimiento de las normas:

- NORMA BOLIVIANA NB 38023, Miel-Requisitos. ICS67.180.10 Azúcar y producto azucarados (Instituto Boliviano de Normalización y calidad)
- NORMA SANITARIA, TOMO II, JARABES.

**Tabla: 4-14**

Análisis fisicoquímico del jarabe azucarado bajo norma

Ensayo realizado	Valores obtenidos en el Lab. QMC-IND		Valores obtenidos en SELADIS	Límite de permisibilidad	
		UNIDADES		Norma Boliviana	Norma Sanitaria
Densidad	1,41	-	-	mín. 1,37	-
Humedad	24,2	%	24,60%	-	máx. 25%
Cenizas	1,05	%	-	-	máx. 6%
Sólidos insolubles	0,38	%	-	máx. 0.3%	-
pH	5	-	4,7	mín. 3,9	-
Hidroximetilfurfural	Negativo	-	Negativo	máx.40mg/Kg	-

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.3.4 Contenido de Carbohidratos

Los resultados obtenidos en este análisis, de igual manera se comparan con los resultados obtenidos en SELADIS (ANEXO V), que se especifica en la tabla 4-15, en la tabla 4-16 se muestran los valores del contenido de sacarosa, Fructosa y Glucosa, y en el gráfico 4-4, un resumen de concentración de cada componente en relación al jugo y jarabe (producto obtenido).

**Tabla 4-15**

Contenido de carbohidratos

ENSAYO REALIZADO EN:	SELADIS	LAB. QMI-IND	UNIDADES
Muestra 1	44,92	48,29	%
Muestra 2	-	42,79	%
Muestra 3	-	45,91	%
PROMEDIO:	44,92	45,66	%

FUENTE: Elaboración propia



**Tabla 4-16**

%Sacarosa, % Glucosa, % Fructosa

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODOLOGÍA
SACAROSA	%	42.67	FEHLING
GLUCOSA	%	13.33	FEHLING-DIRECTO
FRUCTOSA	%	15.46	FEHLING-DIRECTO

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.4 CONTENIDO DE MINERALES EN EL JARABE AZUCARADO

Los minerales se encuentran en cierta proporción y verificando con el cumplimiento con la norma boliviana, cuyos valores se obtuvieron en el laboratorio de Química Industrial aplicando la fórmula (12), comparando con los análisis adicionales que se mandaron a realizar en el Laboratorio de Calidad Ambiental que se especifica en la tabla 4-17, y en la tabla 4-18 (véase ANEXO VIII).

**Tabla: 4-17**

Contenido de minerales bajo norma

<b>Ensayo realizado</b>	<b>Valores obtenidos en el Lab. QMC-IND</b>		<b>Valores obtenidos por Lab. De calidad Ambiental</b>	<b>Límite de permisibilidad Norma Boliviana</b>
Plomo total	0,0039	mg/Kg	0,005mg/Kg	máx. 0,5mg/Kg
Cobre total	0,061	mg/Kg	0,056mg/Kg	máx. 2,0mg/Kg
Hierro total	0.034	mg/Kg	0.10mg/Kg	-

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 4-18**

Análisis adicionales

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Límite de determinación</b>
Calcio total	Microware System/EPA 215,1	0,32mg/kg
Fósforo total	EPA 365,2	0,010mg/kg

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.5 Microbiología

En la tabla 4-19, se muestra los valores obtenidos según procedimientos descritos, los cuales realizados en 5 muestras diferentes, cuyo valor es el promedio que registraremos como resultado.

**Tabla 4-19**

Contenido de microorganismos

<b>Microorganismos</b>	<b>Valores obtenidos en Lab. QMC-IND</b>	<b>Requisitos Microbiológicos: IBNORCA</b>
Mesófilas Aerobias	$1*10^2$	máx. $1*10^4$
Coliformes Totales	ausencia	Ausencia
hongos y Levaduras	$1*10^2$	máx. $1*10^2$

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.6 Aplicación en alimentos

El jarabe azucarado tiene distintas aplicaciones como en repostería y bebidas como se muestra en las fotografías 4-4, variados productos que se pueden elaborar, reemplazando en las recetas al azúcar refinado.

El procedimiento para ambos, es seguir cualquier receta sustituyendo el uso del azúcar, en este caso nuestro producto contiene 72 ° Brix eso equivale a 72 gramos de azúcar en 100 gramos de agua.

#### Fotografía 4-4

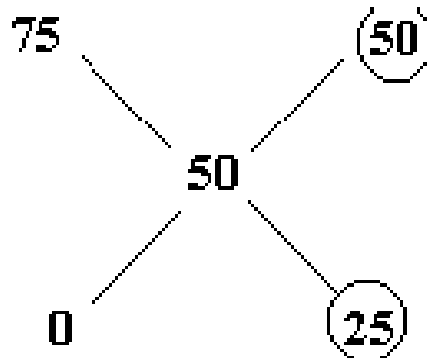
Jugo y Queque elaborado con jarabe azucarado



FUENTE: Propia

En varios países como México, aprovecha este tipo de endulzante directamente como materia prima en la industria alimentaria para producir Antibióticos, Aspirina, Alimentos para niños, Pastelería, Bebidas, Goma de mascar, Bebidas de chocolate, Confitería, Cosméticos, Postres, Drogas y productos farmacéuticos, Salsas y aderezos, Mostaza preparada, Jabones y limpiadores, Sopas.

En la mayoría de los casos utilizan una regla de mezcla para obtener una concentración determinada de azúcar. A continuación se especifica de la siguiente manera:



Donde:

50 = es la concentración que se desea alcanzar al diluir.

0 = Como se va a diluir con agua, es la concentración de azúcar que tiene esa agua.

Se realiza la resta en forma de diagonal pero sin colocar los signos matemáticos:

$$75 - 50 = 25; 0 - 50 = 50$$

Se hace el siguiente razonamiento tomando los valores entre círculos teniendo en cuenta que se tienen 10 litros de jarabe azucarado, mediante una regla de 3 simple, según los resultados: a 50 litros de jarabe se le agrega 25 litros de agua. Utilizan éste método para determinar la cantidad de jarabe azucarado que utilizarán en el proceso de elaboración de cualquier producto.

A photograph of a cornfield in a valley with mountains in the background. The corn plants are tall and green, with some tassels visible. The background shows a valley floor with more vegetation and distant mountains under a blue sky with light clouds.

# **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES**

### **Y**

## **RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

La conclusión del objetivo general es el siguiente:

- Mediante concentración del jugo de tallo de choclo, se obtuvo un endulzante considerado natural como es el jarabe azucarado, que guiados por los resultados obtenidos, este producto es apto para el consumo y se puede reemplazar al azúcar refinado en cualquier receta, como se describe un ejemplo en el punto 4.6.

Las conclusiones de los objetivos específicos son los siguientes:

- Existe una gran cantidad de maíz en nuestro país, la provincia Murillo de nuestro Departamento se beneficia por tener una extensión importante de cultivo (véase en el punto 2.2.1.1.1), cuya raza es una de las más dulces como es la “Chuncula”, y algunas de las propiedades de esta raza se observa en la tabla 2-3.

- La concentración del jugo del tallo requiere de tratamiento térmico moderado, esto quiere decir que la temperatura óptima de concentración es de 50 °C, véase los resultados en cuanto a color que se muestra en la tabla 4-12.

- Según los experimentos y pruebas realizadas, se determinó que el intervalo de ° Brix adecuado en el producto final es de 74 a 78 ° Brix, según los resultados que se muestra en la tabla 4-13, esta concentración junto a los resultados de humedad de la tabla 4-14, han logrado que el desarrollo de microorganismos sea mínimo, cuyos resultados se muestra en la tabla 4-19.

- Que el producto final si cumple con todas las normas establecidas referente a los análisis, evidenciando con los resultados que se muestran en las tablas 4-9, 4-13, 4-14, 4-15, 4-16, 4-17 y 4-19, cuyos valores están dentro los límites de permisibilidad

- Que mediante los resultados obtenidos, el producto es considerado apto para el consumo humano ya que esta dentro del margen de aceptación.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que, para trabajos posteriores y/o de producción, utilizar el vapor como fuente de energía o utilizar secaderos solares, para evitar costos elevados.
- Se recomienda utilizar la raza “Chuncula”, debido a su contenido de Carbohidratos y a su gran nivel de cultivo que existe en el departamento, es favorable para la obtención y producción de jarabe azucarado, un endulzante natural.
- En lo posible incentivar el uso de este producto natural en la alimentación diaria reemplazando el azúcar granulado refinado, en alimentos, como en bebidas no alcohólicas, bebidas alcohólicas, repostería, medicamentos, cosméticos, y otros, como se lo hace actualmente en países desarrollados como los Estados Unidos, México, Chile.
- Se recomienda la adecuación de este método, en la aplicación de una planta piloto posterior.
- Para la extracción se recomienda utilizar un equipo con las características que tiene la zumidora.



A photograph of a cornfield in a valley with mountains in the background. The corn plants are tall and green, with some tassels visible. The background shows a valley with mountains and a blue sky with some clouds. The text is overlaid on the image.

# **CAPITULO VI**

# **BIBLIOGRAFÍA**

- ✓ Acción Ecológica; Red por una América latina libre de transgénicos; Quito-Ecuador 2004
- ✓ RAMIREZ, R; D. TIMOTHY, E. DÍAZ. 1961. Razas de Maíz en Bolivia.
- ✓ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA; Superficie Cultivada, Producción y rendimiento; Encuesta Nacional agropecuaria- ENA 2008.
- ✓ CATALOGO DE RECURSOS GENÉTICOS DE MAICES BOLIVIANOS. Centro de investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, FONAMA: Fondo Nacional para el Medio Ambiente, Cochabamba – Bolivia, 1998.
- ✓ GREICY ANDREA SARRIA VILLA, Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas Fenalce.
- ✓ ANDREA GABRIELA REVELO MERA, Desarrollo y evaluación de la Tecnologías de un Snack Laminado a partir de Quinoa y maíz, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2010
- ✓ BOLETÍN TÉCNICO PIONER, Manejo de contaminación de tallos en maíz.
- ✓ Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector azucarero Ministerio de Agricultura, Medio Ambiente, Pesca y Alimentación.
- ✓ MARÍA VICTORIA BENJUMEA R. Edulcorantes, Grupo de Nutrición humana, Departamento de Salud Pública, Universidad de Caldas.
- ✓ PEARSON. Análisis Químico de Alimentos. 1987.
- ✓ Acebedo V.J. 1990. Labranza de conservación: tecnología para producir más con menos costo.

- ✓ AGUILERA, C.E. 1993. labranza de conservación y asociación Maíz (*Zae mays L.*) Calabaza (*Cucurbita moshata* Duch) en el control de la erosión hídrica en Villaflores, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Área de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México.
- ✓ CUERDA *et al.*, 1990. Biblioteca práctica agrícola y ganadera. Edit. Océano, S.A. Barcelona, España.
- ✓ FAO. 2000. Manuel de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Ibadan Nigeria.
- ✓ GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kóeppen. UNAM. Instituto de Geografía.
- ✓ GONZÁLES, A. U, 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas p. 399.
- ✓ FIAGRO 2001. Manual técnico de labranza mínima para el cultivo de granos básicos.
- ✓ MORGAN, J. L. 1994. “Efecto de diferentes Sistemas de Labranza sobre el comportamiento Agronómico del cultivo de Maíz (*Zea mays L.*) bajo condiciones de riego en Huehuetán, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Área de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas.
- ✓ PARSONS, 1987. Maíz. Manuales para educación agropecuaria. Sexta reimpresión. Edit. Trillas. México.
- ✓ ROBLES, C. P. 1986. Producción de granos y forrajes. Cuarta edición. Edit. Limusa. México, D.F. pp. 104-109, 130-137.
- ✓ SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA; “Maíz”: Situación Actual y Perspectivas; 2007.

- ✓ SIN MAÍZ NO HAY PAÍS; Gustavo Esteva Catherine Marielle; Primera edición, 2003
- ✓ MARITZA DE LOS ÁNGELES MIER QUIROZ, Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero; Universidad de Córdoba Departamento de Producción Animal.
- ✓ CENICAÑA; Centro de investigación de la Caña de azúcar de Colombia; 1983.
- ✓ Dr. José Helman. Farmacotecnia Teoría y Práctica. Editorial Continental, S.A. de C.V., México. 3ra. Impresión. 1982
- ✓ MORRISON Y BOYD, Química Orgánica
- ✓ ESTEBAN G. DUSSART. Taller Elaboración de Subproductos de la Miel y las colmenas. Managua, Nicaragua. Edición 2007