



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QUÍMICA INDUSTRIAL**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN
QUÍMICA INDUSTRIAL**

**TÍTULO: Elaboración de cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz
(zea mays I, variedad NB6), Laboratorios de Química,
Departamento de Química, UNAN-Managua, enero – noviembre
2021**

Autoras:

Bra. Cindy Isamara Fonseca Acevedo
Bra. Marcia Susana Medrano González

Tutor:

MSc. Elvin Guzmán Jarquín

Asesor metodológico:

MSc. José Luis Prado Arróliga

Managua, Marzo 2022

Aspectos generales



Tema

Elaboración de cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (zea mays I, variedad NB6), Laboratorios de Química, Departamento de Química, UNAN-Managua, enero – noviembre 2021.

Dedicatoria

“Las raíces de los verdaderos logros residen en la voluntad de convertirse en lo mejor que puedas llegar a hacer” Harold Taylor

A Dios: Por ser la luz que guía cada uno de mis pasos en todo momento y especialmente por nunca soltarme de su mano, ese ser que me dio la fuerza para enfrentar cada uno de los obstáculos que se me presentaron a lo largo de este proceso y por darme la oportunidad de cumplir esta meta.

A mis padres: Por su amor incondicional, trabajo, sacrificios, no solo en el transcurso de esta etapa, sino por apoyarme en todas mis decisiones, por demostrarme lo que significa amar y ser un ejemplo a seguir. Las personas más importantes y las que se merecen más este logro que mi propia persona, *Sr. Félix Fonseca y Sra. Margarita Acevedo.*

A mis hermanos(as): Por ser parte fundamental en este proceso, brindándome su apoyo incondicional y demostrándome lo valioso que es la familia. Por guiarme, siendo los mejores maestros y maestras de vida que puedo tener.

A mis amistades: A esas personas que conocí en el transcurso de esta etapa, que me brindaron su apoyo y amistad, que me sacaron una sonrisa cuando más lo necesitaba, me escucharon, me aconsejaron y fueron sinceros conmigo.

Cindy Isamara Fonseca Acevedo

Dedicatoria

La vida es un regalo maravilloso, a pesar de que el panorama pueda tornarse oscuro y el camino por el que nos toque recorrer no sea lineal, siempre hay personas que se encargan de hacer más ligero todo el peso que llevamos a cuestas. Son personas que nos acompañan, nos alientan y motivan, seres que merecen todo agradecimiento de nuestra parte, es por ello que, todo logro y victoria obtenida va dedicado a ellos.

A Dios: Por ser quien dispuso la suerte para mi vida, quien colocó a las personas que amo y me aman en mi destino, por ser el sol que guía de formas maravillosas mis pasos. Dedico este logro a él mayormente, puesto que, sin su presencia, nada de mi tendría razón de ser.

A mis padres: Por apoyarme en todo momento, por motivarme e inspirarme, por darme su amor y paciencia, por siempre estar por y para mí. Porque confiaron en mí, aun cuando yo no lo hacía, porque me dieron la oportunidad de prepararme para un mejor futuro, por no dejarme sola nunca y por no permitir que me rindiera, porque siempre me ayudaron a levantarme dedico este logro a ellos principalmente.

A mis hermanos: Por motivarme a seguir adelante, por confiar en mí y ayudarme en este proceso. Por todo su apoyo les doy gracias y dedico el cumplimiento de esta meta a ustedes.

A mi persona especial: Por siempre estar para mí cuando lo necesitaba, por apoyarme y creer en mí todo el tiempo, por sus palabras de aliento y motivación. Porque siempre logró sacar una sonrisa en mi cuando no miraba claridad en el camino. Por ser una persona muy especial y fundamental en mi crecimiento personal.

A mis padrinos: Por apoyarme en el camino e inspirarme a crecer profesionalmente, por enseñarme que con esfuerzo todo se logra, por ser un ejemplo muy bonito de personas, de buenos profesionales y de pareja. Dedico este logro a ustedes también por formar parte de mi vida.

A mi familia: A aquellos cuya felicidad es verme culminando esta etapa, dedico este trabajo especialmente a mi tía, porque siempre me apoyo y ayudo en todo lo que yo necesité.

Marcia Susana Medrano González

Agradecimiento

“Empieza haciendo lo necesario, después lo posible, y de repente te encontraras haciendo lo imposible” San francisco de Asís

Primeramente, damos gracias a **Dios** por permitirnos cumplir esta meta, por darnos fuerza, sabiduría e inteligencia para afrontar lo bueno y lo malo que se presentó para cumplir este propósito.

A nuestros padres: Personas únicas y especiales para nosotras, sin ayuda de ellos esto no sería posible, por guiarnos y hacernos ver cuando errábamos, para ambas son motivo de inspiración porque cuando queríamos darnos por vencidas, siempre nos motivaron para seguir y creer que todo es posible si te esfuerzas en ello.

A nuestro tutor: MSc. Elvin Guzmán Jarquín, por habernos dado su apoyo incondicional en el transcurso de esta etapa, creer y no darse por vencido con nosotras a pesar de los obstáculos, sin duda alguna todo esto no sería posible sin usted.

A nuestro asesor metodológico: MSc. José Luis Prado Arróliga, por brindarnos sus conocimientos, su apoyo y su tiempo para la culminación de este trabajo.

A docentes del departamento de Química: Quienes nos transmitieron sus conocimientos a lo largo de esta etapa y ayudaron para poder cumplir esta meta, siendo soporte fundamental para adquirir lo que somos profesionalmente. Especialmente a la profesora MSc. Ileana Ruiz por ayudarnos los últimos meses con sus conocimientos y apoyarnos en todo lo que necesitábamos, también al Ing. Noel Zelaya que nos apoyó sin conocernos y fue fundamental en este proceso.

A nuestros amigos: Personas especiales que estuvieron incondicionalmente para nosotras, sin importar si fuese alegría o tristeza. Hermanos de otra sangre que nos demostró la verdadera amistad.

Cindy Fonseca Acevedo y Marcia Medrano González



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Carta aval del tutor, asesor metodológico y declaración de autenticidad



El presente trabajo monográfico titulado "***Elaboración de cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (zea mays I, variedad NB6), Laboratorios de Química, Departamento de Química, UNAN-Managua, enero-noviembre 2021***", ha sido realizado por las bachilleras ***Cindy Isamara Fonseca Acevedo y Marcia Susana Medrano González***, bajo la tutoría del ***MSc. Elvin José Guzmán Jarquín*** y asesoría metodológica del ***MSc. José Luis Prado Arroliga***. En nuestras facultades damos fe de que los bachilleres han cumplido con todas las disposiciones y requisitos académicos en cuanto a la elaboración del presente trabajo monográfico para optar al título de Licenciatura en Química Industrial, además declaramos la autenticidad de la información reflejada en el documento.

Managua, 25 de marzo de 2022

MSc. Elvin José Guzmán Jarquín

Docente Química Industrial

Departamento de Química

UNAN-Managua

Tutor

MSc. José Luis Prado Arroliga

Coordinador Química Industrial

Departamento de Química

UNAN-Managua

Asesor técnico

Resumen

Palabras claves: Cerveza, ale, maíz

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz- variedad NB6, donde la materia prima a utilizar fue recolectada en la finca Fonseca en el municipio de Santa Teresa, departamento de Carazo, posteriormente se caracterizó mediante análisis físico químicos según la NTON 03096-11. El grano de maíz presenta en su composición 7,08 % de humedad, 6 de pH, 2 de grados Brix y 2,75 % de cenizas.

Se estableció un método experimental acerca del proceso de elaboración de una cerveza artesanal a partir de maíz-variedad NB6, así mismo, se formuló para que cumpliera con los parámetros de calidad establecidos por la NTON 03038-06, cumpliendo con las siguientes características: físico químicas (6 % v/v de alcohol, 2 de grados Brix, 4,57 de pH, 1,0016 g/cm³ densidad, 0,4 g/L extractivo real y 13,83 % ESP), microbiológicas (<10 mohos, 23 recuento aeróbico en placa, coliformes totales, fecales y escherichia coli ausentes).

Además, se estableció una etiqueta comercial y contenido nutricional de la cerveza artesanal obtenida, que cumpliera con los estándares de la RTCA 67.01.05:11.

ABSTRACT

Keywords: Beer, ale, corn

The present work had as main objective to elaborate craft beer type ale from corn-variety NB6, where the raw material to be used was collected at the Fonseca farm in the municipality of Santa Teresa, department of Carazo, later it was characterized by physical chemical analysis according to NTON 03096-11. The corn grain presents in its composition 7, 08% humidity, 6 pH, 2 Brix degrees and 2, 75% ash.

An experimental method was established on the process of making a craft beer from corn variety NB6, likewise it was formulated to comply with the quality parameters established by the NTON 03038-06, complying with the following characteristics: physical-chemical (6% v/v alcohol, 2 Brix degrees, 4,57 pH, 1,0016 g/cm³ density, 0,4 g/L real extractive and 13.83% ESP), microbiological (<10 molds, 23 aerobic plate count, total and fecal coliforms, and absent Escherichia coli).

In addition, a commercial label and nutritional content of the craft beer obtained were established, which complied with the standards of the RTCA 67.01.05:11.

ÍNDICE

Aspectos generales

Tema	i
Dedicatoria	ii,iii,iv
Agradecimiento	v
Carta aval del tutor, asesor metodológico y <i>declaración de autenticidad</i>	vi
Resumen	vii
ABSTRACT	viii

Capítulo I

1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4

Capítulo II

2.1. Marco teórico	6
2.1.1. Maíz.....	6
2.1.1.1. <i>Generalidades de la planta de maíz</i>	6
2.1.1.2. <i>Producción agrícola de maíz en el periodo 2020/2021</i>	6
2.1.1.3. <i>Generalidades de la variedad NB6</i>	7
a) <i>Taxonomía</i>	8
b) <i>Morfología</i>	8
2.1.2. La cerveza	11
2.1.2.1. <i>Tipos y estilo de Cervezas</i>	12
2.1.2.2. <i>Ingredientes de la cerveza</i>	13

2.1.2.2.1. Agua.....	13
2.1.2.2.2. Cebada.....	14
2.1.2.2.3. Malta.	15
2.1.2.2.4. Levadura.	15
2.1.2.2.5. Lúpulo.	16
2.1.2.3. Sustituto de componente.....	17
2.1.2.3.1. El maíz como sustituyente de la cebada.	17
2.1.2.4. Procedimiento para la obtención de cerveza artesanal.....	17
2.1.2.5. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para bebidas fermentadas. Cerveza. Especificaciones (NTON 03038-06).	22
2.1.2.6. Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado para bebidas alcohólicas fermentadas (RTCA 67.01.05:11).	25
2.2. ANTECEDENTES	30
2.3. HIPOTESIS	32

Capítulo III

3.1. DISEÑO METODOLOGICO.....	34
3.1.1. Descripción del ámbito de estudio.....	34
3.1.2. Tipo de estudio.....	34
3.1.3. Población y muestra	35
3.1.3.1. Población.	35
3.1.3.2. Muestra.	35
a) Criterios de inclusión.	36
b) Criterios de exclusión.	36
3.1.4. Variables y operacionalización	36
3.1.4.1. Variables independientes.....	36
3.1.4.2. Variables dependientes.....	37

3.1.4.3. Operacionalización de variables.....	38
3.1.5. Material y método	41
3.1.5.1. Materiales para recolectar la información.....	41
3.1.5.2. Materiales para procesar la información.	41
3.1.5.3. Equipos, reactivos y materiales de experimentación.	42
3.1.5.4. Método.....	44
3.1.5.4.1. Método de investigación.....	44
3.1.5.4.2. Método experimental.....	45

Capítulo IV

4.1. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	70
4.1.1. Variables operacionales	70
4.1.1.1 Caracterización fisicoquímica del grano de maíz, variedad NB6	70
4.1.1.2. Formulación de la composición de la cerveza artesanal tipo ale	72
4.1.1.3. Condiciones operacionales para la producción de cerveza artesanal a partir de maíz, variedad NB6	74
4.1.1.4. Parámetros de calidad para la cerveza artesanal tipo ale bajo la norma técnica obligatoria nicaragüense NTON 03038-06.....	77
4.1.1.5. Etiquetas de información general y contenido nutricional según la RCTA 67.01.05:11	81

Capítulo V

5.1. Conclusiones.....	85
5.2. Recomendaciones	87
5.3. Bibliografía	88
5.4. Anexos	1

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Glosario.....	1
Anexo 2	Características de la planta de maíz (zea mays l).....	3
Anexo 3	Etapas en la siembra de maíz.....	6
Anexo 4	Tratamiento contra plagas y enfermedades que afectan a la planta de maíz (zea mays l, variedad NB6).....	10
Anexo 5	Cuadro comparativo sobre el proceso de malteado de diferentes cereales.....	18
Anexo 6	Sistema de muestreo simple.....	21
Anexo 7	Encuesta realizada al propietario de la finca Fonseca.....	24
Anexo 8	Análisis físicos químicos para la muestra de materia prima (maíz, variedad NB6).....	25
Anexo 9	Proceso de obtención de cerveza a base de maíz a escala de laboratorio.....	38
Anexo 10	Cálculos densimétricos para la obtención del extractivo real y extractivo seco primitivo	39
Anexo 11	Cálculos en referencia a la caracterización físico química del grano de maíz (variedad NB6)	44
Anexo 12	Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch.....	48
Anexo 13	Norma técnica obligatoria nicaragüense. Harina de maíz y sémola de maíz sin germen. NTON 03 096-11. Basada en la CODEX STAN 152-1985 norma técnica obligatoria nicaragüense.....	54
Anexo 14	Resultados de los análisis microbiológicos realizados a una muestra de cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6).....	60

Anexo 15 Catálogo de imágenes sobre el proceso de elaboración de cerveza artesanal a escala de laboratorio.....	61
Anexo 16 Catálogo de formulaciones realizadas	67

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 4.1 Etiqueta comercial de cerveza artesanal tipo ale partir de maíz (variedad, NB6).....	82
--	----

INDICE DE IMÁGENES DE ANEXOS

Imagen 5.1 Relación exportaciones/ producción de los principales exportadores de maíz.....	3
Imagen 5.2 Estructura de la planta de maíz.....	4
Imagen 5.3 Implementos agrícolas según el tipo de labranza.....	5
Imagen 5.4 Características de la planta de maíz (variedad NB6).....	6
Imagen 5.5 Características de la planta de maíz NB6 en comparación con NBS....	7
Imagen 5.6 Características de la planta de maíz en dependencia de un híbrido	8
Imagen 5.7 Cálculo del porcentaje de germinación del grano de maíz.....	9
Imagen 5.8 Herbicidas pre-emergentes contra malezas antes de la germinación del cultivo.....	10
Imagen 5.9 Malezas más comunes en la planta de maíz.....	10
Imagen 5.10 Incineración del muestreo de materia prima (maíz, variedad NB6). Determinación de cenizas.....	29
Imagen 5.11 Decantador con muestras de maíz, variedad NB6 para medir el porcentaje de humedad.....	34
Imagen 5.12 Solución de maíz NB6 para determinación de grados brix (muestras por duplicado)	35

Imagen 5.13 Determinación de pH con cintas de pH en muestras de maíz (variedad NB6).....	37
Imagen 5.14 Manual de operaciones de un reactor Batch (página 1).....	48
Imagen 5.15 Manual de operaciones de un reactor Batch (página 2).....	49
Imagen 5.16 Manual de operaciones de un reactor Batch (página 3).....	50
Imagen 5.17 Manual de operaciones de un reactor Batch (página 4).....	51
Imagen 5.18 Manual de operaciones de un reactor Batch (página 5).....	52
Imagen 5.19 Manual de operaciones de un reactor Batch (página 6).....	53
Imagen 5.20 Criterios microbiológicos de la harina de maíz.....	57
Imagen 5.21 Datos permisibles de la harina y sémola de maíz.....	58
Imagen 5.22 Granos de maíz germinados en el día 3.....	61
Imagen 5.23 Granos de maíz germinados en el día 4.....	61
Imagen 5.24 Maltas de maíz.....	62
Imagen 5.25 Malta base de maíz.....	62
Imagen 5.26 Malta de maíz (caramelo).....	63
Imagen 5.27 Malta de maíz (chocolate).....	63
Imagen 5.28 Malta combinada y triturada.....	64
Imagen 5.29 Proceso de maceración.....	64
Imagen 5.30 Cocción del mosto cervecero.....	65
Imagen 5.31 Agregación del lúpulo al mosto cervecero.....	65
Imagen 5.32 Choque térmico del mosto cervecero para bajar las altas temperaturas.....	66
Imagen 5.33 Inicio de la fermentación del mosto cervecero.....	66
Imagen 5.34 Etapa de fermentación casi finalizado.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos estadísticos de la producción mundial de maíz en el periodo 2020-21.....	7
Tabla 2.2 Área sembrada en manzanas y productividad promedio de maíz en el periodo 2020-21.....	7
Tabla 2.3 Taxonomía de la planta de maíz.....	8
Tabla 2.4 Características agronómicas de la planta de maíz (variedad NB6).....	10
Tabla 2.5 Composición química de la levadura de su peso en seco.....	16
Tabla 2.6 Composición química del lúpulo.....	16
Tabla 2.7 Características físico químicas que debe cumplir la cerveza.....	24
Tabla 2.8 Características microbiológicas de la cerveza.....	24
Tabla 3.1 Operacionalización de las variables en dependencia de los objetivos específicos.....	38
Tabla 3.2 Equipos utilizados en el desarrollo de la investigación.....	42
Tabla 3.3 Materiales de laboratorio.....	43
Tabla 3.4 Reactivos utilizados en el desarrollo de la investigación.....	44
Tabla 3.5 Equipos transductores de medida utilizados en el desarrollo de la investigación.....	44
Tabla 3.6. Formulación para elaborar cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz...50	
Tabla 3.7 Condiciones operacionales de la etapa de germinación.....	51
Tabla 3.8 Control del proceso de malteado.....	51
Tabla 3.9 Control de la etapa de maceración.....	56
Tabla 3.10 Control de la etapa de cocción.....	57
Tabla 3.11 Control de las etapas de fermentación y carbonatación.....	58

Tabla 4.1 Caracterización físico química del grano de maíz (variedad NB6).....	71
Tabla 4.2 Variables controladas en la operación de elaboración de malta a partir de maíz (variedad NB6).....	75
Tabla 4.3 Variables operacionales en las etapas de elaboración de cerveza artesanal a partir de malta de maíz (variedad NB6).....	76
Tabla 4.4 Control de la cerveza artesanal a base de maíz (variedad NB6).....	78
Tabla 4.5 Análisis microbiológico a muestra de cerveza a base de maíz (variedad NB6).....	80
Tabla 4.6 Contenido nutricional de la cerveza artesanal a base de malta de maíz (Variedad NB6).....	82

ÍNDICE DE TABLAS DE ANEXO

Tabla 5.1 Densidad poblacional de la planta de maíz.....	4
Tabla 5.2 Nombre de plagas que afectan el cultivo de maíz.....	11
Tabla 5.3 Nombres e ilustraciones de plagas que afectan al maíz.....	13
Tabla 5.4 Enfermedades más comunes de la planta de maíz con su respectivo daño y control.....	16
Tabla 5.5 Cuadro comparativo sobre el proceso de malteado de diferentes cereales.....	18
Tabla 5.6 Ficha de información de las etiquetas en las muestras.....	22
Tabla 5.7 Datos recolectados para la determinación de extracto seco primitivo...	42
Tabla 5.8 Datos para la determinación de materia seca en grano de maíz (variedad NB6, en cápsulas de porcelana vacía.....	44
Tabla 5.9 Resultado de la masa de las cápsulas de porcelana previamente desecadas con su respectiva muestra (porcentaje de humedad).....	44

Tabla 5.10 Resultados del porcentaje de humedad y sólidos totales en las muestras analizadas (porcentaje de humedad).....	45
Tabla 5.11 Resultados de la muestra de las cápsulas de porcelana previamente desecadas vacías (determinación de cenizas).....	45
Tabla 5.12 Resultados de la masa de las cápsulas de porcelana previamente desecadas con su respectiva muestra (determinación de cenizas).....	45
Tabla 5.13 Metales pesados que pueden causar daño a la salud humana.....	56
Tabla 5.14 Residuos de plaguicidas nocivos para la salud humana.....	56
Tabla 5.15 Resultados de análisis microbiológicos realizados a una muestra de cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6) por el centro de investigación de biotecnología, UNAN-Managua.....	60
Tabla 5.16 Formulaciones de cerveza artesanal tipo a ale a base de maíz (variedad NB6).....	67

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 3.1 Proceso sobre elaboración de malta de maíz (variedad NB6).....	53
Diagrama3.2 Proceso de elaboración de cerveza artesanal a partir de maíz.....	61
Diagrama 3.3 Diagrama de equipos para la obtención de cerveza artesanal a base de maíz.....	62

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 4.1 Composición químicas de la formulación de cerveza artesanal a partir de maíz (variedad NB6).....	73
---	----

Abreviaturas

α : Alfa

ADN: Ácido desoxirribonucleico

Abs: absorbancia

β : Beta

Ca: Calcio

CaSO₄: Sulfato de calcio

CaCO₃: Carbonato de calcio

CO₂: Dióxido de carbono

cm: Centímetro

cm³: Centímetro cubico

° C: Grados Celsius

Cl: Cloro

ESP: Extracto seco primitivo

etc: Etcétera

g: Gramos

L: Litros

LAFQA: Laboratorio de análisis fisicoquímicos de alimentos

LOUI: Laboratorio de operaciones unitarias industriales

Lb: Libras

Mg: Magnesio

m: Metros

mL: mililitros

mm: Milímetros

mz: Manzana

Na: Sodio

NTON: Norma técnica obligatoria nicaragüense

pH: Potencial de iones Hidrógeno

qq: Quintales

RTCA: Reglamento técnico centroamericano

SI: Sistema internacional de medidas

T: temperatura

t: Tiempo

Vol: Volumen

Capítulo I



1.1. Introducción

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas a nivel nacional e internacional, su gran aceptación por parte de la población ha ocasionado que con el paso del tiempo su composición se vuelva variada, la cebada poco a poco ha dejado de verse como el único cereal capaz de darle cuerpo a esta bebida, por eso es que algunos productores deciden jugar con los cereales combinándolos entre sí para elaborar una malta única en cuanto a sabor, olor y color. Otros, sin embargo, deciden sustituirla completamente por otro grano con características similares en cuanto a las propiedades que aporta al producto final.

Es por ello que, en esta investigación se presenta la alternativa de elaborar cerveza artesanal tipo ale a base del grano de maíz perteneciente a la variedad NB6. La aplicación de esta investigación pretende incrementar la demanda en el mercado del grano de maíz para que su producción no sea de uso exclusivo para el área harinera, si no también, para otra clase de productos tales como la cerveza.

Así mismo, se pretende demostrar mediante el uso de análisis físicos químicos y microbiológicos que la caracterización de la cerveza artesanal a partir de maíz, variedad NB6 es un producto de calidad en base a las normativas nacionales relacionadas a la fabricación de bebidas fermentadas. Siendo el procedimiento de obtención una parte fundamental que comprende desde la recepción de la materia prima, malteado, maceración, cocción, fermentación primaria, carbonatación, fermentación secundaria, embotellado y almacenamiento.

Mediante el estudio experimental en el que se lleva a cabo esta investigación, las variables de interés son manipuladas con el propósito de conocer su comportamiento para ajustarlas en beneficio del producto final. Las variables operacionales controladas en este proceso son: cantidad de grano del maíz-variedad NB6, temperatura y tiempo de malteado, maceración, cocción, fermentación primaria y secundaria respectivamente.

1.2. Planteamiento del problema

Nicaragua es un país influyente en el sector agrícola, donde los agricultores trabajan y explotan la tierra para producir diferentes cultivos, dentro de los cuales, el maíz es cultivado en gran parte del territorio nacional. El grano de maíz es un cereal que posee un porcentaje considerable de almidón, por lo que, es aprovechado principalmente en el sector alimenticio, sin embargo, no ha sido potencialmente explotado para la elaboración de cerveza.

Es ampliamente conocido, que la cerveza es elaborada a partir de cuatro ingredientes principales: Malta de cebada, agua, lúpulo y levadura cervecera; en Nicaragua, la cebada es un grano que no se cosecha por factores climatológicos, causando que la adquisición de la misma sea mediante el comercio internacional; por esta razón los costos de producción aumentan, limitando un poco la fuente de materia prima a productores de cerveza artesanal.

Ante lo expresado, la elaboración de cervezas artesanales a base de cebada y lúpulos, generan dificultades a emprendedores que tienen que afrontar los altos costos de estas materias primas, para lograr producir este tipo de cervezas; es por ello que surge la idea de sustituir el grano de cebada, por el grano de maíz, puesto que, es un cereal cosechado nacionalmente y más barato.

Por lo mencionado y teniendo en cuenta que Nicaragua posee extenso volumen de producción de maíz, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál sería la formulación y condiciones operacionales para elaborar cerveza artesanal de tipo ale, a base de maíz?

1.3. Justificación

Desde el punto de vista comercial, Nicaragua es un país que registra un alto consumo de alcohol, siendo la cerveza una de las bebidas alcohólicas más degustada por la población, es por ello que nace la idea de elaborar una cerveza artesanal cuya materia prima sea cultivada y cosechada en el territorio nacional, con el propósito de reducir costos de manufactura y materia prima; puesto que, actualmente las cervecerías artesanales nacionales tienen muchas limitantes debido a la poca accesibilidad que existe a la materia prima necesaria, por ende, la idea de la investigación es promover un proceso técnico de bajo costo productivo, y que el producto final tenga un precio menor a la competencia.

La cerveza consta únicamente de cuatro ingredientes principales agua, lúpulo, malta de cebada y levadura, donde dos de los ingredientes no se cultivan a nivel nacional, ahí radica la importancia de la investigación, la cual es experimentar en la elaboración de cerveza artesanal con materia prima cultivada a nivel nacional. Por lo tanto, la cebada será sustituida para ofrecer un producto innovador al mercado, que cuente con los beneficios de alto contenido proteico y ciertos nutrientes que generan energía para las personas que lo consumen de una forma adecuada y sin excesos.

Así mismo se debe tomar en cuenta que esta propuesta puede ejecutarse positivamente, creando así la posibilidad de cimentar poco a poco una empresa capaz de aportar a la economía nacional y eventualmente generar empleos, todo con la finalidad de alcanzar una tecnología cervecera capaz de competir nacionalmente con un producto de alta calidad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Elaborar cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (zea mays l, variedad NB6), Laboratorios de Química, Departamento de Química, UNAN-Managua, enero – noviembre 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar el grano de maíz (variedad NB6) como materia prima principal para la elaboración de cerveza artesanal tipo ale a escala de laboratorio.
2. Formular la composición de cerveza artesanal tipo ale a escala de laboratorio.
3. Establecer las condiciones operacionales para la elaboración de la malta y para la producción de la cerveza artesanal a base de maíz (variedad NB6), en los laboratorios del departamento de Química.
4. Evaluar los parámetros de calidad a la cerveza artesanal tipo ale conforme la norma nacional de cervezas NTON 03-038-06.
5. Diseñar las etiquetas de información general y contenido nutricional para la presentación comercial de la cerveza artesanal tipo ale a base de maíz, según la RTCA 67.01.05:11.

Capítulo II



2.1. Marco teórico

2.1.1. Maíz.

2.1.1.1. Generalidades de la planta de maíz.

El maíz (zea mays L.), es una planta monoica (produce flores masculinas y femeninas en distintos órganos de la planta), con flores femeninas en mazorcas laterales, flores masculinas que surgen de uno a dos días antes de la floración femenina. De polinización libre y cruzada, con gran producción de polen (25 a 30 mil granos por óvulos); granos en hileras incrustados en la tusa; mazorcas cubiertas por hojas; granos de tipo cariopsis (no tiene membrana); metabolismo fotosintético (radiación solar) tipo C4. (INTA, 2009)

2.1.1.2. Producción agrícola de maíz en el periodo 2020/2021.

La mayoría de países a nivel mundial producen maíz debido a su amplio uso en la gastronomía popular, así como también por su uso en las diferentes áreas de la producción industrial; las producciones anuales no son constantes debido a factores como: las plagas, el clima, enfermedades que pueden atacar a las plantas, entre otros.

a) Producción agrícola mundial de maíz en el periodo 2020/2021.

El maíz es un grano bastante comercializado en el mundo por su amplio uso y aporte alimentario para los seres humanos, por lo que su producción es sumamente importante y necesaria. En la actualidad, el 87% de las exportaciones mundiales se concentran en cuatro países: Estados Unidos, Argentina, Brasil y Ucrania (Anexo 2, imagen 5.1).

Tabla 2.1.

Datos estadísticos de la producción mundial de maíz en el periodo 2020-21.

Área	Unidad de medida	Datos
Cosecha	Ha	197 204 250
Rendimiento	hg/ha	58 238
Producción	Toneladas	1 148 487 291

Descripción: ha: hectárea equivale a 10 000 metros al cuadrado, hg: hectogramo es una unidad de masa del SI que equivale a 100 gramos. **Fuente:** (FAO, 2021).

b) Producción agrícola de maíz en Nicaragua en el periodo 2020/2021.

Según el ministerio agropecuario (MAG), el ciclo agrícola tuvo un crecimiento de producción nacional en comparación al ciclo anterior. Este resultado representa el 92 % del cumplimiento de la meta del plan de producción, teniendo como resultados 8,18 millones de quintales de maíz en todo el territorio nacional.

Tabla 2.2.

Área sembrada en manzanas y productividad promedio de maíz para el período 2020/21.

Área sembrada (mz)	Productividad promedio (qq/mz)
476 000	23,8

Descripción: qq: quintales, mz: manzana. **Fuente:** (MAGFOR, 2020).

2.1.1.3. Generalidades de la variedad NB6.

Existe una gran variedad de diversos tipos de maíz según su especie, dependiendo de la utilización del grano. Por lo tanto, para la producción de alcohol es ideal el maíz dentado o semi-dentado. A continuación, una breve definición:

Maíz dentado: El maíz dentado adopta su nombre por la forma de diente que adquiere en su proceso de secado. Se caracteriza por concentrar el almidón duro en las puntas y estar compuesto por almidón blando en el resto del grano. Perfecto para los procesos de obtención de alcohol. (Warman, 2012)

La variedad NB6 es apta para las siembras de primera y postrera por su buen potencial de rendimiento y tolerancia al achaparramiento. La variedad se recomienda para toda zona del Pacífico y en ambientes húmedos e intermedios de los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Masaya, León y Chinandega. (INTA, 2009)

a) Taxonomía.

La planta de maíz es una de las más cultivadas por todo el mundo, pertenece a la familia de las gramíneas y se le ha dado como nombre científico *zea mays l*. Ya que se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo, su clasificación taxonómica está bien estudiada y su información se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2.3.

Taxonomía de la planta de maíz.

Reino	Plantae
Subdivisión	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub Clase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Gramíneas
Sub Familia	Panicoidae
Tribu	Andropogoneae
Sub Tribu	Tripsacine
Género	Zea
Especie	Mays
Nombre científico	Zea Mays

Fuente: (INATEC, 2017).

b) Morfología.

El Instituto nacional de tecnología, 2017, hace referencia que la planta de maíz es única debido a su morfología conformada por sus raíces, tallo, flores, hojas, fruto

y semilla (anexo 2, imagen 5.2).

- **Raíces:** Fasciculadas, aportan un perfecto anclaje a la planta, sobresalen nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.
- **Tallo:** Simple erecto, robusto y sin ramificaciones. No presenta entrenudos y sí una médula esponjosa, pudiendo alcanzar 4 metros.
- **Flores:** Monoica con inflorescencia masculina (panícula) y femenina (espádice) dentro de la misma planta.
- **Hojas:** Largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias. El haz presenta vellosidades y los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.
- **Fruto:** Compuesto por una determinada cantidad de granos, el cual recibe el nombre de mazorca.
- **Semilla:** Llamada cariósida, está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de granos determina el fruto.

1. Características agronómicas.

La planta de maíz, variedad NB6 posee propiedades únicas que son parte de la identificación de este tipo de grano, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.4.

Características agronómicas de la planta de maíz (variedad NB6).

Características agronómicas	
Días a flor femenina	56-58
Altura de la planta (cm)	230-235
Altura de mazorca (cm)	110-115
Textura de grano	Semi dentado
Color del grano	Blanco
Días a cosecha	110- 115
Madurez relativa	Intermedia
Rendimiento comercial (qq/mz)	60 a 70
Densidad poblacional (mil plantas/mz)	35 a 48
Regiones recomendadas	A-1, A-2, B-3, B-5, y C-6
Enfermedad que tolera	Achaparramiento

Fuente: (INTA, 2009).

2. Preparación del suelo.

Consiste en crear las condiciones necesarias para que la semilla germine y se desarrolle como planta. En el anexo 2, imagen 5.3 se muestra implementos agrícolas según el tipo de labranza.

3. Siembra.

Es una etapa fundamental en la obtención de maíz, del cual debe de cuidarse por diferentes etapas como son: selección de variedades, prueba de germinación y métodos de siembra. En el anexo 3 se explica a detalle cada una de estas etapas.

4. Malezas.

Según el instituto nacional tecnológico consiste en mantener libre el cultivo de malezas utilizando labores como:

- Cultural: Se realizan prácticas tales como fechas de siembra, densidades adecuadas, fertilización, entre otras.

- Mecánico: Eliminación de las malezas por medio del machete, gancho de madera y chapeadoras mecánicas.
- Químico: Aplicación de productos con atomizador acoplados a tractores. En el anexo 4, imagen 5.8 se muestran herbicidas pre-emergentes contra malezas antes de la germinación del cultivo y en el anexo 4, imagen 5.9 se evidencia las malezas más comunes que afectan a la planta de maíz. (INTA, 2009)

5. Plagas.

Desde la siembra, la planta de maíz está expuesta a los ataques de numerosos insectos y plagas, entre los factores principales que propician la aparición o desarrollo de plagas y enfermedades en el cultivo están: control de malas hierbas, clima, tipo de suelo, residuos de cultivos anteriores, entre otros. En el anexo 4, tabla 5.2 se muestran las plagas, con el daño y control de estos. Y en el anexo 4, tabla 5.3 los nombres e ilustraciones de plagas que afectan el maíz.

6. Enfermedades más comunes.

Según el Instituto nacional de tecnología el cultivo de maíz variedad NB-6 se ve perjudicado por enfermedades foliares que aparecen después de la fructificación tales como: achaparramiento, cabeza loca, pudrición de la mazorca, pudrición del tallo, entre otras (anexo 4, tabla 5.4).

2.1.2. La cerveza

Balcells define la cerveza como:

“una bebida resultante de fermentar mediante levaduras seleccionadas, el mosto procedente de malta de cebada sólo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, cocción y aromatizado con flores de lúpulo”.

(Balcells, 2014)

2.1.2.1. Tipos y estilo de Cervezas.

La cerveza posee una diversidad tan extraordinaria que clasificarla puede resultar una actividad abrumadora hasta para el experto más versado. Esta complejidad se deriva del hecho de que ella es un producto de múltiples variables, lo cual la hace considerablemente difícil de tipificar. (González, 2017)

Con el objetivo de simplificar un tanto la ardua tarea de clasificar la cerveza se ha establecido un buen número de criterios que permiten imponer cierto orden en tan vasto universo. A continuación, se exponen algunos de ellos:

- **Según su aspecto:** Esta es una categorización basada en los rasgos visuales que presenta una cerveza, como son el color y la turbidez. Para el consumidor tradicional constituye la clasificación más fácil de distinguir. Por ejemplo, puede hablarse de cervezas rubias, ámbar o negras, así como de turbias o claras.
- **Según método de elaboración:** Basado en las técnicas específicas que han sido aplicadas durante el proceso de fabricación. Un ejemplo típico lo constituyen las cervezas ahumadas, en las cuales se permite que el humo de leña impregne de aroma al grano. También están las cervezas doble malta, que rinden un mayor porcentaje de alcohol. Debido a los escasos tipos que incluye este sistema de clasificación, resulta de poco uso en la actualidad.
- **Según los ingredientes empleados:** Establece categorías de cervezas considerando los componentes que son utilizados en la fabricación. La malta y el grano de cebada son los ingredientes básicos empleados en la elaboración de cerveza. Sin embargo, por razones técnicas o económicas, suele sustituirse parte de este último por diversos cereales como trigo, avena, centeno o maíz. Cuando solo se emplea malta la cerveza puede denominarse 100 % malta. Si en cambio se utilizan granos complementarios son llamadas

cervezas de trigo, cervezas de avena, etc.

- **Según su procedencia:** Corresponde a una clasificación que toma en consideración la región geográfica donde es fabricada. En ella se agrupan las cervezas alemanas, las belgas, las británicas, las americanas y las escocesas, entre otras. En cada una de estas regiones es habitual que las diferentes comarcas elaboren su propia cerveza con características únicas, lo cual hace a este sistema de tipificación bastante profuso.
- **Según el tipo de fermentación:** Este sistema utiliza un criterio básicamente técnico para categorizar las cervezas y establece dos grandes grupos definidos de acuerdo a la forma como se realiza la fermentación: cervezas Ale y cervezas Lager. Las primeras se elaboran a relativamente alta temperatura (15 a 25 °C). Las segundas, al contrario, requieren ambientes fríos para su fermentación (4 a 9 °C). En apariencia simple, esta clasificación resulta de gran alcance por cuanto los dos grupos incluyen casi todos los estilos de cerveza existentes. De ahí que éste sea el criterio de clasificación más utilizado por los entendidos al momento de hablar sobre categorías o tipos de cerveza.

2.1.2.2. Ingredientes de la cerveza.

Los ingredientes primarios que se utilizan en la elaboración de la cerveza actualmente son agua, cebada, malta, levadura, lúpulo y, en algunos casos, adjuntos. Por añadidura, pueden ser empleados otros elementos como frutas y hierbas, así como coadyuvantes y aditivos. (Hidalgo, 2015)

2.1.2.2.1. Agua.

El agua es un ingrediente cuya importancia pasa desapercibida para la mayoría de fabricantes e industrias cerveceras, debido a su simpleza muchos de ellos ignoran que su composición mineral puede ser muy compleja en algunas regiones, llegando a ser determinante en el sabor, el aroma y hasta en la definición del estilo.

La falta de atención a este ingrediente e ignorar la presencia de algunos minerales, metales y demás puede afectar ligeramente el resultado del producto final, por ejemplo, la presencia de sulfato de calcio (CaSO_4) o de carbonato de calcio (CaCO_3) puede dar a la cerveza un sabor ligeramente astringente o amargo. El calcio (Ca^{2+}) y el magnesio (Mg^{2+}), propician la actividad de la levadura, pero, en grandes cantidades, producen sabores metálicos. El exceso de sodio (Na^+) puede conferir un sabor salobre. Así mismo, el cloruro (Cl^-), solo o combinado con sodio, puede potenciar los sabores. (Balcells, 2014)

2.1.2.2.2. Cebada.

La cebada viene a ser la materia prima por excelencia para los cerveceros de todo el mundo, el grano que se utiliza para elaborar cerveza depende de la disponibilidad existente en una determinada región. Existen muchos tipos diferentes de cebada, pero los más comunes en cervecería son los llamados de dos hileras y de seis hileras. En promedio, contienen entre 60 y 65 % de almidón y un 10% de proteínas.

Ambos tipos de cebada, de dos y de seis hileras, dan estupendos resultados de fermentación. Sin embargo, el primero ofrece un mayor rendimiento de almidones (alto contenido de alcohol) mientras que el segundo es rico en actividad enzimática o diastásica (macerado más eficiente). La cebada de dos hileras (*Hordeum distichum*) es filogenéticamente más antigua que la de seis hileras (*Hordeum vulgare*). Apartando la descripción botánica de la espiga, la relación de estos dos tipos de cebadas con sus nombres, es bastante obvio: el primero muestra dos líneas de espiguillas a lo largo del eje central (raquis), mientras que el segundo presenta seis.

La cebada puede ser empleada directamente sin tratamiento para elaborar cerveza acompañada o no de otros cereales en cuyo caso se le denomina cebada «cruda». No obstante, con mayor frecuencia es utilizada tostada en diferentes grados o germinada en forma de cebada malteada. (Garcia, 2017)

2.1.2.2.3. Malta.

La malta es el producto resultante de un proceso natural de transformación (germinación y malteo), durante el cual la cebada sufre cambios en su estructura. Las enzimas más importantes en el malteado y en la elaboración de cervezas son las amiláceas α y β . Los productos de la α amilasa son fundamentalmente carbohidratos complejos denominados dextrinas, ramificadas y lineales. La β amilasa libera también dextrinas ramificadas, pero su principal producto es la maltosa.

Para el fabricante cervecero la maltosa es un azúcar fácilmente fermentable y es el principal constituyente del mosto. La β amilasa se encuentra ya en la cebada antes de su germinación, aunque gran parte de ella es inactiva, por el contrario, la α amilasa se sintetiza cuando comienza la germinación, desencadenada por acción de las giberelinas, por ende, el objetivo principal del malteo es incrementar la actividad enzimática del grano, principalmente amilolítica (anexo 5, tabla 5.5). (Hidalgo, 2015)

2.1.2.2.4. Levadura.

Las levaduras son hongos unicelulares de forma ovala o alargada de 6 o 8 micras, los cuales tienen una gran importancia en el proceso de fermentación de la cerveza, ya que son responsables de la transformación del mosto cervecero en cerveza y CO_2 por medio de la asimilación de los azúcares simples que conforman el mosto cervecero. Pertenecen a la familia Endomiceteaceas, subfamilia de saccharomycetecidea, genero *Saccharomyces*. Un 75 a 80 % de la levadura es agua, aunque sobre la base de su peso en seco la célula en crecimiento activo contiene lo descrito en la tabla 2.5. (Apaza & Atencio, 2017)

Tabla 2.5.

Composición química de la levadura de su peso en seco.

Componentes químicos	Porcentaje (%)
Proteína	40
Carbohidrato	34
Ceniza	7
Fosfolípidos	5
Triglicéridos	3
ADN, vitaminas y fibra	0,5

Fuente: (Apaza & Atencio, 2017).

2.1.2.2.5. Lúpulo.

El lúpulo (*Humulus lupulus*), es una planta trepadora dioica, de usos múltiples, pertenece a la familia de las cannabaceas. La industria cervecera elevó la producción de esta planta a nivel industrial, pues el hombre eligió al lúpulo entre todas las otras hierbas con las que experimentó. En la historia de sus cervezas, por sus extraordinarias capacidades aromáticas, saborizantes y antisépticas, ya que el uso del lúpulo en el mosto, previene infecciones indeseables en el estado inicial de la fermentación. La sustancia que produce el sabor amargo es la lupulina, localizada en una de las pequeñas glándulas ubicadas en la base de los pétalos de la flor.

Los principales países productores son Alemania, Estados Unidos y China, seguidos por la República Checa, Polonia, Corea del Norte, Albania y Reino Unido. (Galecio & Haro, 2012)

Tabla 2.6.

Composición química del lúpulo.

Componentes químicos	Porcentaje (%)
Materias nitrogenadas	17,5
Materias no nitrogenadas	27,5
Celulosa bruta	13,3
Aceites esenciales	0,4
Taninos	3,0
Extracto de éter (resinas)	1,3
Agua	1,5
Cenizas	7,5

Fuente: (Carvajal & Insuasti, 2010).

2.1.2.3. Sustituto de componente.

2.1.2.3.1. El maíz como sustituyente de la cebada.

Por lo general la cebada es el ingrediente base para la elaboración de la cerveza. Aunque nada impide fabricarla con otros productos amiláceos, la cebada viene a ser la materia prima por excelencia para los cerveceros de todo el mundo. En general, el grano que se utiliza para elaborar cerveza depende de la disponibilidad existente en una determinada región.

El maíz: Es el adjunto amiláceo tradicional de los cerveceros estadounidenses y probablemente el más popular en todo el mundo. Contiene un número importante de grupos fenólicos y flavonoides, que protegen las membranas celulares y el ADN de los efectos de los radicales libres, es decir, es un grano ideal para producción de alcohol etílico o bebidas fermentadas a base de maíz. (Hidalgo, 2015)

2.1.2.4. Procedimiento para la obtención de cerveza artesanal.

Según González (2017) el proceso de elaboración de una cerveza puede parecer algo complejo, sin embargo, puede englobarse en el siguiente procedimiento:

a) Germinación

Es la primera etapa en la elaboración de toda malta. Consiste en inducir el brote del germen de los granos de cebada para permitir la activación de las enzimas que convierten el almidón en azúcar fermentable, o enzimas amilolíticas. Debido a que la producción de alcohol depende directamente de la presencia de azúcar, este paso se hace imprescindible para el proceso de fabricación.

La cebada germinada recibe el nombre de malta y el proceso es conocido como malteado. Para maltear la cebada se comienza por limpiar y lavar los granos. Posteriormente ésta es colocada en agua siguiendo una proporción de 1 parte de granos por 3 partes de agua, permitiendo sobrepasarlos en unos 5 cm. Luego de 48 horas se escurre, se lava, se vuelve a escurrir y finalmente se mantiene tapada en

lugar oscuro a temperatura ambiente por unos 6 días. Si es necesario, se puede rociar un poco de agua para mantener las semillas húmedas. Cuando el brote alcanza el mismo tamaño que el grano, se habrá conseguido el estado ideal de la malta. El tiempo total varía dependiendo de las condiciones ambientales.

b) Secado

El objetivo de esta etapa es detener la germinación eliminando el agua que contienen las semillas hasta un nivel aproximado al 3 % empleando calor. Para no destruir las enzimas amilolíticas, la temperatura de secado no debe sobrepasar los 60 °C. Puede ser realizado al sol cuando las condiciones climáticas lo permitan, pero también puede ser efectuado al horno. El producto así obtenido es la llamada malta verde.

c) Tostado

Es el procedimiento usado con la finalidad de obtener las denominadas maltas especiales. Consiste en hornear la malta verde a temperaturas ascendentes y progresivas para producir maltas con diferentes grados de caramelización.

Entre 60 y 80 °C se obtiene una gama de maltas que va desde las muy activas hablando en términos enzimáticos y pálidos, hasta las que carecen totalmente de actividad enzimática, pero aportan mucho color y sabor por estar a fondo caramelizadas. Por encima de 80 °C prácticamente no existe actividad enzimática y sólo se obtienen maltas útiles para dar ciertas características sensoriales a la cerveza.

d) Mezcla de Maltas

La utilización de solo malta verde para elaborar cerveza es factible pero casi siempre se la usa combinada con otras maltas tostadas en diferente grado para darle al producto sus típicas características de color y sabor. De esta manera, una

mezcla bien lograda de maltas permite disponer de un alto poder enzimático, pero también de una buena carga de elementos de sabor y color que le den cuerpo y personalidad a la cerveza. La proporción de las diferentes maltas en la mezcla va a depender, obviamente, del perfil que se quiere impartir a la bebida.

e) Maceración o Mashing

La maceración consiste fundamentalmente en el proceso de someter una mezcla de agua y granos a una temperatura determinada y durante un tiempo específico con el objetivo de lograr que las enzimas de la malta (diastasas) actúen sobre los cereales y adjuntos no malteados transformando su almidón en azúcar fermentable.

Una acción adicional que se consigue con la maceración es activar las enzimas que degradan las proteínas de alto peso molecular como son las proteasas a aminoácidos y oligopéptidos. Ello permite obtener una cerveza más transparente y una mejor retención de la espuma.

Para realizar la maceración se comienza con la mezcla de los cereales y la malta en una proporción aproximada de 20 % malta y 80 % cereales. Se trituran o muelen para exponer el endospermo. Se adiciona agua en una proporción de 6 litros por cada kilogramo de granos. A continuación, el cervecero debe jugar con la temperatura para sacar el mayor provecho a su mezcla y obtener así un mosto rico en materia fermentable. A partir de este momento, la maceración puede ser realizada de dos maneras diferentes; maceración simple, aplicando solo un rango de temperatura o maceración escalonada, aplicado varios rangos de forma selectiva.

f) Gelatinización

La gelatinización es el proceso que ocurre en el grano de almidón cuando, por efecto de la temperatura, éste absorbe agua, se hace soluble y se transforma en un gel. En estas condiciones el almidón se hace traslúcido y semifluido. El fenómeno

tiene una importancia vital para la maceración ya que las enzimas diastásicas solo pueden actuar sobre el almidón gelatinizado, a una temperatura de 60-65 °C.

Para propiciar la gelatinización se recomienda la trituración o partido de los granos que se van a macerar con el objetivo de que el almidón se exponga completamente al agua. Por ello, la mayoría de los comercios que abastece a los fabricantes caseros y artesanales ofrece la opción de molienda previa de los granos cerveceros que vende.

g) Cocción

Con este procedimiento se esteriliza el mosto, se acentúa el color y sobre todo se coagulan las proteínas, lo cual favorece la obtención de una cerveza más transparente. Además, es en este proceso cuando es agregado el lúpulo. Para realizar correctamente la cocción, el mosto debe ser mantenido en ebullición durante una hora.

El lúpulo es agregado en una proporción aproximada de 3 gramos por cada litro de mosto. Si solo se usa lúpulo para amargor, deberá agregarse al inicio de la cocción, pero si además se usa lúpulo aromático se recomienda proceder así: 3 g/l del amargo al inicio y 3 g/l del aromático cinco minutos antes de terminar la cocción. Esta es una regla de carácter general y puede ser reformulada en función de la variedad de lúpulo, estilo, etc. Finalizada la cocción, se tiene un líquido a 100 °C que debe ser llevado a una temperatura entre 25 y 30 °C para que las levaduras puedan actuar, de lo contrario morirán. El enfriamiento debe ser rápido para no dar tiempo al desarrollo de microorganismos contaminantes y permitir una mejor coagulación de las proteínas que pueden causar turbidez.

h) Fermentación

La fermentación requiere aproximadamente entre 7 y 10 días y debe ser realizada a una relativa baja temperatura que ronda los 20 °C, pero con permitir que se lleve

a cabo en un ambiente fresco es suficiente. Por supuesto, este rango de temperaturas varía claramente en función de la levadura empleada, del estilo y del tipo de cerveza que se desea elaborar cuando ya no hay un evidente desprendimiento de gas puede considerarse que ha culminado el proceso. No obstante, para mayor seguridad, es recomendable medir la gravedad específica con un hidrómetro.

i) Clarificación

La turbidez no deseada es un problema común en muchas elaboraciones, el cual surge como consecuencia de prácticas inadecuadas de manufactura. Suele derivarse de tres causas principales, la cuales se mencionan a continuación.

A. Presencia de materia vegetal y levaduras empleadas normalmente en el proceso de fabricación. Es una turbidez si se quiere benigna, ya que puede ser corregida de forma más o menos fácil.

B. Condensación de ciertas proteínas por acción del frío, fenómeno conocido en el ámbito cervecero como chill haze. Éste consiste en la formación natural de complejos proteínas-taninos (ambos provenientes de la malta) que son solubles a temperatura ambiente pero no a las bajas.

C. Desarrollo de levaduras y bacterias contaminantes. Se evidencia por un velo blanquecino que empaña la cerveza. Los dos primeros defectos suelen ser corregidos mediante el agregado de agentes clarificantes que inducen la aglutinación y floculación de las partículas suspendidas, El tercero, sin embargo, es de difícil reversión y generalmente significa la pérdida del producto para el fabricante.

j) Carbonatación

Al finalizar la fermentación la cerveza ya ha perdido casi completamente el gas generado, por lo que debe ser restituido para que el producto ofrezca su espuma

característica. Existen dos métodos clásicos de carbonatación que los cerveceros artesanales suelen emplear para dar a sus productos el típico contenido de gas carbónico. El primero consiste en inducir una breve fermentación en la botella mediante el agregado de azúcar. El segundo, más complejo y técnico, se basa en la disolución de CO₂ directamente en el seno de la cerveza utilizando cilindros presurizados.

k) Maduración

La maduración o lagering es el proceso mediante el cual se somete a una cerveza recién elaborada (llamada también cerveza verde) a un período de reposo con la finalidad de equilibrar su sabor y afinar sus atributos. Con ello se eliminan ciertos compuestos como el diacetilo, sulfuro de hidrógeno y algunos aldehídos que suelen causar su típica aspereza.

l) Embotellado

Al pensar en el envasado de la cerveza debe considerarse que, por ser una bebida gaseosa, resulta imperativo colocarla en el recipiente correcto para ese tipo de producto. Éste debe tener una conformación tal que resista altas presiones, así como guardar una hermeticidad perfecta, la cual impida fugas del gas.

En el mundo de la cerveza artesanal, sin duda, el principal y casi universal recipiente utilizado es la botella de vidrio con tapa tipo corona. Aunque algunos artesanos se aventuran a envasar su producto en barriles de acero presurizados.

2.1.2.5. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para bebidas fermentadas. Cerveza. Especificaciones (NTON 03038-06).

La norma técnica nicaragüense 03038-06 tiene por objeto establecer las especificaciones, requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir la cerveza

que haya sido o no sometida a pasteurización y/o micro filtración durante el proceso de elaboración. Esta norma aplica a todas las cervezas que se elaboran y comercializan en el territorio nacional, sean estas de producción nacional o importada. (NTON, 2006)

a) Especificaciones y características generales de la cerveza:

- No se permite el uso de materiales filtrantes como asbesto u otros materiales prohibidos en la industria de alimentos y bebidas.
- La cerveza deberá estar libre de cualquier ingrediente dañino a la salud.
- La cerveza puede contener solamente los aditivos, colorantes y preservantes establecidos por el codex alimentarius.
- Las industrias que elaboren y distribuyan cervezas deberán cumplir con la NTON 03 069 – 06/RTCA 67.01.33:06, industria de alimentos y bebidas procesados. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales.
- La cerveza deberá estar libre de insectos o restos de ellos y de cualquier otro tipo de fragmento tales como plástico, metales u otras impurezas externas.
- El alcohol etílico de la cerveza deberá provenir de la fermentación del mosto con la levadura de cerveza. No se permite la adición de alcohol a la misma.

b) Características sensoriales

La cerveza deberá cumplir con las características propias del producto tales como: olor, amargor, color y turbidez.

c) Características físico-químicas

La cerveza deberá cumplir con los requisitos físico-químicos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 2.7.

Características físico-químicas que debe cumplir la cerveza.

Requisitos	Unidades	Especificaciones
Grado alcohólico	% Vol	0 – 12,0
Extracto original	% m/m	Min. 4,0
Unidades de Amargo	EBU*	2,0 – 100
pH		3,0 – 4,8
CO ₂	(% v/v)	2,0 – 4,0

Fuente: (NTON, 2006).

d) Características microbiológicas

La cerveza deberá cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 2.8.

Características microbiológicas de la cerveza.

Microorganismos	Límites máximos
Recuento total de microorganismos mesófilos, UFC/ml	100
Recuento total de mohos, UFC/ml	20
Coliformes y microorganismos patógenos	Ausente

Fuente: (NTON, 2006).

e) Muestreo y criterios de aceptación o rechazo

- Muestreo: Para el cumplimiento de los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos, todas las plantas que elaboren y/o comercialicen cervezas deben de tener un programa de monitoreo y muestreo. Este programa debe ser capaz de monitorear el producto en las diferentes etapas del proceso de manufactura y comercialización para asegurar el cumplimiento de los parámetros en la cerveza. Las muestras deben ser representativas y tomadas aleatoriamente cerca del punto en uso.
- Criterio de aceptación o rechazo: Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en la presente norma, se rechazará el lote de la muestra ensayada.

- El muestreo y aceptación por parte de las autoridades sanitarias será llevados a cabo de acuerdo al documento “planes de muestreo para alimentos pre-ensados CAC/RA 42-1969 del CODEX ALIMENTARIUS”.

f) Etiquetado

El etiquetado de la cerveza se hará de acuerdo a lo dispuesto en la norma técnica obligatoria nicaragüense de bebidas alcohólicas. Etiquetado de bebidas fermentadas.

2.1.2.6. Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado para bebidas alcohólicas fermentadas (RTCA 67.01.05:11).

Este reglamento técnico centroamericano RTCA 67.01.05:11 bebidas alcohólicas. Bebidas alcohólicas fermentadas. Requisitos de etiquetado, fue adoptado por el subgrupo de medidas de normalización de Centroamérica y tiene por objetivo establecer los requisitos que debe cumplir el etiquetado de las bebidas alcohólicas fermentadas pre envasadas para consumo humano.

Aplica al etiquetado de todas las bebidas alcohólicas fermentadas, solas o mezcladas, en su unidad de presentación final y que se comercialicen en el territorio de los países centroamericanos.

1. Etiquetado obligatorio de las bebidas alcohólicas fermentadas

En la etiqueta de las bebidas alcohólicas fermentadas debe aparecer la siguiente información:

1.1. Nombre del producto: debe indicar la verdadera naturaleza de la bebida alcohólica fermentada.

1.1.1. Se puede emplear un nombre "de fantasía" o de "fábrica", o una "marca".

1.1.2. Cuando no se disponga de un nombre específico, debe utilizarse un nombre común o usual establecido por el uso corriente como término descriptivo apropiado, que no induzca a error o engaño al consumidor.

1.2. Contenido de alcohol: se debe indicar el grado alcohólico en unidades del Sistema Internacional, usando para ello "% Alc./vol." u otras abreviaturas o frases equivalentes. Se podrá utilizar adicionalmente la unidad de medida "G.L." (grados Gay Lussac).

1.3. Contenido neto: se debe indicar el contenido neto en unidades del sistema internacional (SI).

1.4. Lista de ingredientes: salvo cuando se trate de alimentos de un único ingrediente, debe figurar en la etiqueta una lista de los mismos. La lista de ingredientes debe ir encabezada o precedida por un título apropiado que consista en el término "ingredientes" o lo incluya, en el caso que la bebida haya sido mezclada con otros productos, esos deberán ser declarados. La enumeración de los ingredientes debe ser en orden decreciente. Cuando se incorporen aditivos que no sean coadyuvantes de la fabricación, estos deben declararse.

1.5. Nombre y dirección

1.5.1. Deberá indicarse el nombre y la dirección del fabricante, envasador, distribuidor o exportador para los productos nacionales, según sea el caso.

1.5.2. Para los productos importados deberá indicarse el nombre y la dirección del importador o distribuidor de la bebida alcohólica fermentada.

1.6. Registro sanitario: deberá indicarse el número de registro emitido por la autoridad competente. La declaración debe iniciar con una frase o abreviatura que indique claramente al consumidor esta información y se

podrán utilizar la frase "Registro sanitario" y abreviaturas como Reg. San., RS, entre otras.

1.7. Leyenda precautoria o de advertencia: en la etiqueta se debe incluir una advertencia de que "el consumo excesivo de bebidas alcohólicas perjudica a la salud" u otra similar.

1.8. Identificación del lote: cada envase debe llevar grabada o marcada de cualquier otro modo, pero de forma indeleble, una indicación, que permita identificar el número o código de lote. La declaración debe iniciar con palabras tales como: "lote", "número de lote", "código de lote", "N de Lote", "C de Lote" y abreviaturas reconocidas como; "Lot", "L", o "NL". Puede ir seguido de la identificación del mismo o indicar donde está ubicado.

1.9. Marcado de la fecha de vencimiento

1.9.1. El marcado de la fecha de vencimiento debe ser colocada, directamente por el fabricante, de forma indeleble, no ser alterada y estar claramente visible.

1.9.2. En caso de que un producto importado no indique la fecha de vencimiento en las condiciones antes mencionadas, la información deberá ser colocada por el importador o envasador, según la información técnica del fabricante o proveedor. Dicha información debe estar disponible por el importador y ser facilitada en caso de que la autoridad competente lo solicite.

1.9.3. Regirá el siguiente marcado de la fecha:

- a) Se declarará la fecha empleando una de las siguientes frases y abreviaturas:
- Fecha de vencimiento
 - Consumirse antes de
 - Vence
 - Fecha de caducidad

- Expira el
 - EXP
 - VTO,
 - Venc.
 - V.
 - Cad.
 - Ven.
 - O cualquier otra frase que indique claramente al consumidor la fecha de vencimiento del producto.
- b) Las frases prescritas en el apartado 1.9.3 deberán ir acompañadas de:
- La fecha misma; o
 - Una referencia al lugar donde aparece la fecha.
- c) Esta constará por lo menos de:
- Día, mes y año para los productos que tengan una fecha de vencimiento no superior a tres meses
 - Mes y año para productos que tengan una fecha de vencimiento de más de tres meses. Si el mes es diciembre bastará indicar el año, en cuyo caso debe expresarse con cuatro cifras.
- d) El día, mes y año deberán declararse en orden numérico no codificado separado por guiones, punto o barra inclinada, con la salvedad de que podrá indicarse el mes con letras, inclusive en forma abreviada en formato de tres letras. Además, se permitirá el uso de espacios y en el caso de que la fecha se exprese en forma alfanumérica, podrá no requerirse ninguna separación. Se permitirá cambiar el orden del día y mes siempre y cuando el mes esté expresado en letras o sus respectivas abreviaturas.

- e) En caso de que no se indique esta fecha en las condiciones antes mencionadas el formato deberá ser ajustado y colocado por el importador.
- f) No se requerirá la indicación de la fecha de duración, vencimiento o caducidad para bebidas alcohólicas que contengan el 10% o más de alcohol por volumen.

Las bebidas alcohólicas fermentadas con un contenido de alcohol menor al 10% Alc./vol. así como, las bebidas que contengan leche de origen animal, huevo o cualquier otro ingrediente que vuelva al producto perecedero, debe hacer constar la fecha de vencimiento (mes y año) en un lugar visible en el etiquetado.

1.10. Uso del término Reducido, Light o ligero.

Podrá denominarse "reducida, light o ligera" a la bebida alcohólica fermentada que contengan una reducción de al menos un 25% del valor energético respecto de la bebida alcohólica fermentada de la misma categoría con la cual se compara.

Las bebidas alcohólicas comparadas deberán ser versiones diferentes de una misma bebida alcohólica fermentada, de las cuales una de ellas es la de referencia.

1.11. País de origen

Debe indicarse el país de origen de la bebida alcohólica fermentada. Cuando una bebida alcohólica fermentada se someta en un segundo país a una elaboración que cambie su naturaleza, el país en el que se efectúe la elaboración deberá considerarse como país de origen para los fines del etiquetado.

2.2. ANTECEDENTES

Los estudios que destacan en la obtención de cerveza artesanal a partir del grano de maíz son limitados.

A nivel nacional: La elaboración de cervezas artesanales en el país está en la faceta de inicio de manera casera como una forma de experimentar y diseñar nuevos productos con la combinación de diferentes maltas de cereales y presente con empresas grandes como la Moropotente, que realizan cervezas artesanales; sin embargo, no hay referencias escritas sobre el proceso de elaboración.

A nivel internacional: Se cuenta con un amplio campo de cerveceros artesanales que desarrollan cervezas de todo estilo y tipos, algunos países latinoamericanos optan por la utilización de otros cereales y granos debido a la factibilidad de este tipo de materia prima al ser cosechada en tierras americanas, por lo tanto, los antecedentes de estudio se limitan solo internacionalmente.

En 2012, Galecio & Haro, Quito-Ecuador, elaboraron **una bebida fermentada en base a “maíz negro” Zea Maya L. Poaceae; con el eco tipo “racimo de uva” y la variedad “mishca”**, donde realizaron una combinación de las dos variedades de maíz, siendo los sólidos solubles 5° Brix, pH 5, acidez 5%, gravedad específica 1,010%, taninos 11,9674 ppm y antocianinas 0,047 Abs. También solo de maíz negro los sólidos solubles 5,1° Brix, pH 5,05, acidez 4,6%, gravedad específica 1,011%, taninos 54,1496 ppm y antocianinas 0,081 Abs. Obteniendo como resultado un producto con propiedades nutritivas, antioxidantes y funcionales, esto debido a la evaluación de parámetros fisicoquímicos y pruebas microbiológicas que comprobaron la inocuidad de la misma. (Galecio & Haro, 2012)

En 2015, Hidalgo, en Quito-Ecuador, **desarrolló una cerveza a base de maíz morado** el cual durante el proceso fermentativo (50% Malta de cebada y 50% Malta de maíz morado), presentó un contenido de sólidos solubles promedio de 9,66° Brix, un pH de 4,13, acidez total (ácido láctico) 0,27% cumpliendo con la norma INEN 2262 y se obtuvieron otros parámetros como contenido de carbohidratos 7,46%, proteína 0,64%, grasa 0,02% y calorías 30,04 kcal/100 mL, siendo la más aceptada

por los consumidores con respecto a una cerveza control (100% malta de cebada). (Hidalgo, 2015)

EN 2016 los investigadores: Gustavo Mencia y Ricardo Pérez de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras con un proyecto especial de graduación titulado **“Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (zea mays), cebada (Hordeum vulgare), carbonatada con azúcar y miel de abeja”**. Se obtuvo como resultado que en grano de maíz mostro ser eficiente en relación maíz y cebada (70:27%), siendo una cerveza artesanal con un grado alcohólico superior al 5%, las cervezas producidas con 70% de malta de maíz mostro niveles aceptables en pH, color, grado alcohólico, gravedad específica, tiempo de retención de espuma categorizando dentro de los estilos Imperial Stout para Ale y Doppelbock para Lager. Cabe destacar que el uso de la malta de maíz redujo considerablemente los costos de producción de cerveza artesanal para ambos estilos. (Mencia & Pérez, 2016)

En 2017 las investigadoras: Ruth Apaza y Yessenia Atencio de la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa-Perú con la tesis titulada **“Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal tipo Ale, con sustitución parcial de malta (Hordeum Vulgare) por guiñapo de maíz morado (Zea mays)”**. Teniendo como resultado la evaluación y caracterización de la materia prima (maíz morado), además que la muestra obtenida con 20% de guiñapo de maíz morado y 80% de malta como materia prima, procesada con una maceración de una hora y media y tiempo de fermentación de seis días. Las características fisicoquímicas obtenidas fueron: 11° brix, pH 4,38, contenido de alcohol de 6,1% y sus análisis proximales fueron: grasa 0,01%, Proteína 0,29%, cenizas 0,1%, fibra 0,05%, carbohidratos 3,45% y energía 15,15 kcal/100 gr. (Apaza & Atencio, 2017)

2.3. HIPOTESIS

La cerveza artesanal tipo ale elaborada a partir de maíz (zea mays l, variedad NB6) resultante de la experimentación con 4 formulaciones y condiciones operacionales diferentes, cumple con los parámetros de calidad establecidos en la norma técnica obligatoria nicaragüense para cervezas (NTON 03-038-06).

Capítulo III



3.1. DISEÑO METODOLOGICO

3.1.1. Descripción del ámbito de estudio

La materia prima (maíz) para la elaboración de la cerveza será obtenida de la finca FONSECA ubicada en el municipio de Santa Teresa, departamento de Carazo-Nicaragua, específicamente en la comunidad Calishuate contiguo al trapiche FONSECA- ARCE (11° 46'38,6"N 86°08'4,2"W).

El estudio de elaboración de cerveza artesanal a partir de maíz se desarrolló en un área de estudio geográfico correspondiente a la parte experimental. Se procesó la información en los laboratorios de química que están constituidos por: laboratorio de Tecnología Farmacéutica (pabellón 11), laboratorio de Química Analítica (pabellón 1) y laboratorio de Operaciones Unitarias Industriales (pabellón 1), todos pertenecientes a la UNAN-Managua, en los cuales se desarrolló las diferentes etapas de la investigación experimental.

Desde el punto de vista técnico de la carrera de Química Industrial la presente investigación corresponde al área de procesos industriales, específicamente en las líneas de investigación de agroindustria que abarca la formulación y caracterización de bebidas energizantes, alcohólicas, analcohólicas, a partir de la combinación de frutos, plantas ornamentales y vegetales, puesto que los parámetros que abarca esta temática son importantes para la investigación.

3.1.2. Tipo de estudio

La presente investigación corresponde a un estudio **cuantitativo** puesto que los parámetros numéricos y de control son manipulados con el propósito de conocer su comportamiento y a nivel inicial de profundidad del conocimiento es **exploratorio**, ya que no hay antecedentes documentados a nivel nacional acerca del estudio de elaboración de cerveza artesanal a partir de maíz. (Piura López, 2012)

El tipo de estudio en relación entre variables es **correlacional**, debido a la observación del comportamiento de los conceptos de las variables (Hernández,

Fernández, & Baptista, 2006). Y según el tiempo de planificación de los hechos y registro de la información es **prospectivo**; pues la información fue recopilada de manera anticipada, antes de que ocurrieran los eventos de interés.

También por el periodo y secuencia del estudio es **transversal**, debido a la observación de diferentes variables, además el análisis y alcance de los resultados es **analítico** por la relación de las variables operacionales. (Canales, Alvarado, & pineda, 1996)

3.1.3. Población y muestra

3.1.3.1. Población.

Para el desarrollo de la presente investigación se seleccionó la producción de maíz (variedad NB6) proveniente de la finca Fonseca, ubicada en el municipio de Santa Teresa, departamento de Carazo, debido a que cuenta con producción de este grano, por tal razón se considera como población 28 quintales de maíz, generados en un área de 1,5 manzanas sembradas en el ciclo agrícola 2020/21 (ciclo de primera mayo-agosto) en dicha finca.

3.1.3.2. Muestra.

Las muestras se seleccionaran por medio del muestreo aleatorio simple (anexo 6) consistiendo en la selección al azar de 4 muestras de 8,6,7,8 libras respectivamente de maíz variedad NB6, por diferentes quintales que contenían el grano, se almacenaron en bolsas de polietileno con capacidad de 10 libras y luego se trasladaron al laboratorio en donde se le dio su debido tratamiento para la germinación del grano y posteriormente secado, trituration, maceración, cocción, fermentación y demás etapas para la obtención de una cerveza artesanal a partir de maíz.

a) Criterios de inclusión.

- Grano de maíz variedad NB6 del ciclo agrícola 2020/21.
- Organismos anaeróbicos facultativos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).
- Lúpulo mosaic (*Humulus Lupulus L.*) que tenga poca presencia de humedad.

b) Criterios de exclusión.

- Grano de maíz quebrado al momento de sacarlo del olote.
- Grano de maíz que presente pudriciones por la humedad y plagas.
- Grano de maíz que tenga perforaciones provocadas por plagas.
- Grano de maíz pequeño por defecto biológico.
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*, US-05) con previa exposición al aire y húmeda.
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*, US-05) con fecha de caducidad próxima.
- Lúpulo (*Humulus Lupulus L.*, mosaic) afectado por enfermedades tales como Mildiú Velloso y Mildiú polvoso.

3.1.4. Variables y operacionalización

3.1.4.1. Variables independientes.

- Cantidad y tipo de grano de maíz.
- Días de germinación del maíz.
- Tamaño del germinado del maíz.
- Tiempo y temperatura de la etapa de malteado.
- Tiempo y temperatura de la etapa de maceración.
- Tiempo y temperatura de la etapa de cocción.
- Tiempo y temperatura de la etapa de fermentación primaria.
- Tiempo y temperatura de la etapa de fermentación secundaria.
- Cantidad de lúpulo mosaic.

- Cantidad de levadura US-05.
- Cantidad de azúcar refinado.

3.1.4.2. Variables dependientes.

- pH de la cerveza artesanal.
- Color de la cerveza artesanal.
- Extracto real de la cerveza artesanal.
- Extracto seco primitivo de la cerveza artesanal.
- Grados Brix de la cerveza artesanal.
- Densidad de la cerveza artesanal.
- Porcentaje de alcohol de la cerveza artesanal.
- Mohos de la cerveza artesanal.
- Recuento aeróbico en placa de la cerveza artesanal.
- Coliformes totales y coliformes fecales de la cerveza artesanal.
- Escherichia coli de la cerveza artesanal.

3.1.4.3. Operacionalización de variables.

Tabla 3.1.

Operacionalización de las variables en dependencia de los objetivos específicos.

Objetivos específicos	Variable conceptual	Subvariables o dimensiones	Variable operativa ó indicador	Técnicas de recolección de datos e información y actores participantes		
				Análisis documental	Entrevista	Experimento de laboratorio
Caracterizar el grano de maíz (variedad NB6) como materia prima principal para la elaboración de cerveza artesanal tipo ale a escala de laboratorio.	1. Cantidad y calidad de materia prima	1. Composición química	1.1.1 Compuesto químico	x		x
		1.2. Propiedades	1.2.1 Usos	x	x	x
			1.2.2 Efectos	x	x	x
1.3. Características físicas	1.3.1. Calidad del grano	x	x	x		
	1.3.2. Cantidad de grano	x	x	x		
Formular la composición de cerveza artesanal tipo ale a escala de laboratorio.	2. Composición de la cerveza artesanal	2.1. Definición y cantidad de los insumos a utilizar	2.1.1. Malta de maíz	x		x
			2.1.2. Lúpulo mosaic	x		x
			2.1.3. Levadura US-05	x		x
			2.1.4. Agua purificada	x		x

			2.2. Control del proceso	2.2.1. Tiempo	x	x
				2.2.2. Temperatura	x	x
Establecer las condiciones operacionales para la elaboración de la malta y para la producción de cerveza artesanal a base de maíz (variedad NB6), en los laboratorios del departamento de Química.	3. Proceso productivo	3.1. Obtención de la malta		3.1.1. Germinación	x	x
				3.1.2. Malteado	x	x
				3.2.1. Tratamiento de los ingredientes	x	x
			3.2. Producción de cerveza artesanal	3.2.2. Proceso de elaboración	x	x
Evaluar los parámetros de calidad fisicoquímicos y microbiológicos de la cerveza artesanal tipo ale conforme la norma nacional de cervezas NTON 03-038-06.	4. Análisis de calidad a la cerveza	4.1. Análisis fisicoquímicos		4.1.1. pH	x	x
				4.1.2. Densidad	x	x
				4.1.3. Porcentaje de alcohol	x	x
				4.1.4. Grados Brix	x	x
			4.2.1. Recuento aeróbico en placa	x	x	
		4.2. Análisis microbiológico	4.2.2. Recuento total de mohos	x	x	
			4.2.3. Coliformes totales, fecales y Escherichia coli	x	x	

Diseñar las etiquetas de información general y contenido nutricional para la presentación comercial de la cerveza artesanal tipo ale a base de maíz, según la RCTA 67.01.05.11.	5. Marketing y calidad	5.1. Variables en una etiqueta	5.1.1. Nombre del producto	x	x
			5.1.2. Fecha de vencimiento y fabricación	x	x
			5.1.3. Información nutricional	x	x
			5.1.4. Modo de uso	x	
			5.1.5. Requerimiento de la empresa que lo fabrica y distribución	x	x
		5.2. Etiqueta de contenido nutricional			
		5.2.1. Información de cada una de las proporciones de los elementos que contiene	x	x	
		5.2.2. Método para inducir al cliente a consumir el producto	x	x	

Fuente: Autoras.

3.1.5. Material y método

3.1.5.1. Materiales para recolectar la información

La elaboración del documento se basó principalmente en revisiones bibliográficas, fundamentadas en artículos científicos, tesis de grado, libros de texto e investigaciones científicas relacionados a la obtención de cerveza a partir de maíz y también cerveza a partir de cebada como referencia. Todos los documentos consultados son afines al tema principal de esta investigación.

Gracias a toda la bibliografía consultada se pudieron realizar resúmenes, haciendo uso de las fichas de contenido como son las citas textuales y de paráfrasis, siguiendo la normativa APA 2020. El uso de estas fichas fue importante ya que fueron parte fundamental en el enfoque de antecedentes y en la elaboración del marco teórico. Así mismo, se elaboraron tablas explicativas con el fin de presentar un documento técnico científico donde se especifican datos estadísticos de producción, la taxonomía, morfología y composición del maíz variedad NB6. Además, de propiedades físico químicas y microbiológicas de la cerveza según NTON 03038-06.

Por otro lado, para la elaboración de este documento, fue útil la realización de una entrevista al productor de maíz (variedad NB-6) de la finca Fonseca, ya que nos permitió conocer la producción total de maíz en un determinado lote de terreno apartado para la siembra de maíz, cuantificando de esa forma toda la población y muestra.

También se hizo uso de libretas y etiquetas de campo para la recolección y anotación de los datos de muestreo, lo que nos permitió elaborar tablas para recopilar los datos de experimentación.

3.1.5.2. Materiales para procesar la información.

Para el procesamiento de los datos recolectados, se hicieron uso de herramientas tecnológicas para resumir los resultados experimentales y la información recopilada de las referencias bibliográficas. Las herramientas informáticas utilizadas fueron las siguientes:

- **Office Word 2019:** Programa informático orientado al procesamiento de textos, elaboración y edición del documento.
- **Office Excel 2019:** Software utilizado para la realización de hojas de cálculo de resultados, elaboración de gráficas y cálculo de errores.
- **Office Paint 2019:** Programa editor de imágenes.
- **Office Power point 2019:** Programa utilizado para la elaboración de diapositivas presentadas en la etapa final de la investigación.

3.1.5.3. *Equipos, reactivos y materiales de experimentación.*

Los materiales y equipos utilizados en esta investigación se describen en las siguientes tablas, esta clasificación va de acuerdo al vocabulario internacional de metrología (VIM).

a. *Equipos*

Tabla 3.2.

Equipos utilizados en el desarrollo de la investigación.

Descripción	Marca o especificación	Modelo
Horno	J.P. Selecta	Conterrm
Balanza analítica	Ohaus	Adventure AR00640
Mufla	Ivymen	FD15235M
Reactor Batch para cocción	De acero inoxidable	----
Reactor Batch para fermentación	De plástico	----
Laptop	hp	----

Fuente: *Autoras.*

b. *Materiales de laboratorio*

Tabla 3.3.

Materiales de laboratorio.

Descripción	Marca	Capacidad/Tamaño	Clase/Tolerancia
Cristalería			
Espátula	Fisher	10 cm	-
Termómetro	Fisher	-10 a 260 °C	± 1 °C
Varilla de vidrio	-	20 cm	-
Tamiz	-	# 3	-
Crisoles	Coors	-	-
Tamiz	Newark	425 µm	-
Desecador	Simax	-	-
Pinza para crisoles	Selecta	-	-
Pipeta volumétrica	Pyrex ®	5 mL	Clase A/± 0,05 mL
Pipeta volumétrica	Pyrex ®	20 mL	Clase A/± 0,1 mL
Beaker	Pyrex ®	10 mL	Clase A/± 0,05 mL
Beaker	Pyrex ®	100 mL	Clase A/± 0,05 mL
Beaker	Pyrex ®	250 mL	Clase A/± 0,05 mL
Erlenmeyer	Pyrex ®	250 mL	Clase A/± 0,05 mL
Erlenmeyer	Pyrex ®	100 mL	Clase A/± 0,05 mL
Probeta	Pyrex ®	20 mL	Clase A/± 0,1 mL
Probeta	Pyrex ®	10 mL	Clase A/± 0,1 mL
Probeta	Pyrex ®	1000 mL	Clase A/± 0,1 mL

Materiales de uso personal			
Bata de laboratorio	-	Talla M	-
Guantes de nitrilo	-	Talla s	-
Cubre boca	-	Estándar	-
Otros materiales			
Papel aluminio	Fans	-	-
Papel toalla	Nevax	100 hojas dobles	-

Fuente: Autoras.

c. *Reactivos*

Tabla 3.4.

Reactivos utilizados el desarrollo de la investigación.

Reactivo	Grado	Proveedor
Agua purificada	100 %	Fuente pura
Yodo	98 %	Farmacia SABA Nicaragua
Maíz (variedad NB6)	100 %	Finca Fonseca
Lúpulo Mosaic	100 %	Grupo cervecero nicaragüense
Levadura US-05	100 %	Grupo cervecero nicaragüense

Fuente: Autoras.

d. *Otros equipos*

Tabla 3.5.

Equipos transductores de medidas utilizados el desarrollo de la investigación.

Transductor de medida		
Nombre	Marca	Modelo
pH	Crison	Basic 20
Refractómetro	Customized	Brix 80
Alcoholímetro	ADE Grados de alcohol	RHBO-80

Fuente: Autoras.

3.1.5.4. *Método*

3.1.5.4.1. *Método de investigación*

La metodología utilizada se clasifica como cuantitativa de tipo experimental, puesto que la investigación posee un enfoque de análisis de diferentes

experimentos con respecto a distintas formulaciones empleadas, orientada hacia el estudio de relaciones de causalidad entre las variables independientes y dependientes, para la descripción, análisis y/o explicación de las mismas.

De esta manera, dicha experimentación implica, tanto la manipulación de la variable o variables independientes; la medición o valoración del efecto que dicha manipulación tiene sobre la variable o las variables dependientes; y, necesariamente, el control sobre el proceso y los procedimientos de experimentación en sí mismos.

3.1.5.4.2. Método experimental

El método experimental utilizado se dividió en cinco partes:

La primera abarca la caracterización del grano de maíz como materia principal para la elaboración de cerveza artesanal. En esta etapa, se realizaron diferentes análisis para comprobar la calidad del grano de maíz (variedad NB6) y también, pruebas preliminares en relación al tiempo de germinación, para adecuar las condiciones operacionales en la etapa del malteado.

En la segunda parte se realizó la formulación de los cuatro experimentos sugeridos para la elaboración de cerveza artesanal, fijando las cantidades de las materias primas; malta de maíz, agua, lúpulo, levadura y azúcar. Las proporciones de los insumos difieren en cada uno de los experimentos, con la finalidad de obtener cierta variabilidad en el cuerpo de la cerveza.

En la tercera parte, se fijaron las condiciones operacionales para la elaboración de la malta, así mismo, se incluyeron las variables que influyen en el proceso de elaboración de cerveza artesanal a partir de maíz (variedad NB6).

La cuarta parte, plantea la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Estos parámetros, son comparados con los criterios establecidos en la NTON 03038-06, con la finalidad de evaluar la calidad de la cerveza artesanal.

Finalmente, la quinta parte consistió en el diseño de la etiqueta de información comercial y nutricional. Esta etiqueta se trabajó de acuerdo a los parámetros

establecidos en la RTCA 67.01.05:11.

a) Caracterización del grano de maíz como materia prima principal para la elaboración de cerveza.

Los componentes de la cerveza son malta, lúpulo, agua y levadura, siendo la malta el ingrediente principal. La cerveza puede ser elaborada a base de diferentes granos tales como la cebada, trigo, arroz o maíz. Comúnmente, se elabora mediante la combinación de los granos mencionados, sin embargo, existen maltas especiales, las cuales se procesan teniendo un único grano base.

La malta es el resultado de un proceso denominado malteado, en el que primeramente se hacen germinar los granos sumergiéndolos en agua, para luego, una vez ya germinados secarlos rápidamente mediante aire caliente, reduciendo considerablemente su porcentaje de humedad (Campos, 2021).

Previo a la transformación del grano en malta, es necesario evaluar la calidad, con la finalidad de conocer si la materia prima utilizada posee las características que definen si es apta o no para la elaboración de cerveza. Por lo tanto, es fundamental el análisis fisicoquímico de la materia prima (maíz, variedad NB6). Los parámetros evaluados para determinar la calidad del grano son: Humedad, cenizas, pH y grados Brix.

Los resultados obtenidos se compararon con los valores establecidos en la norma técnica obligatoria nicaragüense, harina de maíz y sémola de maíz sin germen (NTON 03096-11). La metodología utilizada para la determinación de cada uno de los parámetros antes mencionado, se detalla de forma sintetizada a continuación:

- **Determinación de grados Brix**

Los grados brix sirven para determinar la cantidad de sacarosa que se encuentra en una determinada muestra. Para este análisis se tomó una cantidad de granos de maíz (variedad NB6), los cuales, fueron pulverizados en seco. De la harina resultante se tomaron 5 g, los cuales

fueron disueltos y homogenizados en 100 mL de agua destilada. Posteriormente, se procede a tomar una pequeña muestra con un gotero y se agrega al lente del refractómetro manual para medir la relación de grados Brix que tiene la muestra. Este análisis se realizó por triplicado.

- **Determinación de pH**

Inicialmente se pulveriza el grano de maíz- variedad NB6 en seco, para luego tomar una muestra de 5 g, los cuales, deben ser disueltos y homogenizados en 100 mL de agua destilada. Posteriormente, con una cinta de pH se tomó el valor correspondiente a la muestra. En este análisis se deben realizar 3 réplicas.

- **Determinación de cenizas totales en muestras de cereales y sus derivados. Referencia ISO 2171:2007**

Para la realización de este análisis, es necesario tener limpio los crisoles. La limpieza de los crisoles se realiza de la siguiente manera: Primeramente, los crisoles son sumergidos en una solución de ácido nítrico al 5%, por 24 horas. Posteriormente los crisoles pasan a un desecador donde permanecerán hasta el inicio del ensayo.

La muestra de maíz (variedad NB6), debe ser preparada mediante la homogenización en seco de los granos. De esta muestra, se deben tomar 15 g, los cuales deben ser distribuidos equitativamente en las cápsulas de porcelana previamente limpias. Después, se procede a incinerar las muestras con alcohol etílico, para posteriormente transferirlas a una mufla a una temperatura de 550 °C, durante 4 horas. Sin embargo, el proceso se detiene hasta que la muestra obtenga un color blanco o grisáceo (puede ser más de 4 horas). Seguidamente, las muestras se dejan enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente. Luego, las capsulas con la muestra deben ser pesadas y el proceso en la mufla debe repetirse, dejando los crisoles durante un tiempo de 30 minutos a la misma temperatura. Finalmente, se dejan enfriar los crisoles y se pesan hasta que la masa de los crisoles sea constante.

- Determinación de materia seca en granos, cereales y sus derivados.
Referencia ISO 6540:2001

Para la realización de este ensayo, los crisoles deben de estar previamente limpios. El proceso de limpieza de los crisoles, ya ha sido detallado en el ensayo anterior. Asegurada la limpieza y el secado de los crisoles, estos se pesan y se transfieren a una mufla durante 45 minutos a una temperatura de 130 °C. El paso previo debe repetirse dos veces más, en un intervalo de tiempo de 30 minutos.

La muestra a ser analizada, debe ser preparada siguiendo el mismo procedimiento del ensayo anterior. Posteriormente, las capsulas de porcelana que contienen la muestra, se colocan en la estufa de convección a una temperatura de 130 °C, durante unas 5 horas. Seguidamente, las capsulas de porcelana se retiran de la estufa y se dejan enfriar en el desecador y se procede al pesado de las mismas. Este procedimiento se repite, cada 30 minutos y se debe repetir hasta que la diferencia en el peso de los crisoles con la muestra, sea menor a 0,0015 g, en valor absoluto.

Para mayor información acerca de los métodos utilizados, en el anexo 7 se detalla de forma desarrollada cada uno de los métodos.

b) Formulación experimental a escala de laboratorio de cerveza artesanal

Como ha sido mencionado previamente, el cereal seleccionado para la obtención de la malta (materia prima principal de la cerveza artesanal) es a base de maíz variedad NB6.

González (2017) afirma, que la malta base es la responsable del incremento en el porcentaje alcohólico de las cervezas (la malta base provoca la conversión de almidón a azúcar fermentable, debido a la activación de la enzima amilolítica).

Un elemento clave en la formulación de cervezas artesanales, es el uso de diferentes porcentajes de malta base y maltas especiales. En el presente

proyecto de investigación se ha propuesto incluir en la formulación de la cerveza artesanal tres tipos de maltas; malta base, malta caramelo y malta chocolate. A nivel experimental, se definieron los siguientes porcentajes: 50% malta base, 30 % malta caramelo y 20 % malta chocolate. El porcentaje de maltas especiales (chocolate y caramelo), se incluyen con la finalidad de aportar características organolépticas a la cerveza artesanal (colores dorados o ámbar con un ligero olor a tostado).

En la formulación de la cerveza artesanal, además de la malta, también es importante la selección del lúpulo (*humulus lupulus*) y la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). En el caso del lúpulo se propuso utilizar el tipo Mosaic, ya que es rico en sabores cítricos, limón, mango, pino, fruta tropical, con tonos de carozo y hierbas. Conocidos por su perfil de triple uso que incluye amargor, sabor y aroma. Para el caso de la levadura, se propuso utilizar la fermentis Safale US-05; este tipo de levaduras produce cervezas bien balanceadas, con baja concentración de diacetilo, un paladar final limpio, fresco y vivaz. Además, favorece la formación de una capa superficial que suele permanecer en suspensión durante la fermentación (COCINISTA, 2019).

Establecidas las bases de la formulación (tipos de malta, lúpulo y levadura), se realizaron cambios en las cantidades de cada uno de los ingredientes, con la finalidad de obtener características diferentes. La Tabla 3.6, muestra la composición de la cerveza artesanal para cada una de las formulaciones propuestas

Tabla 3.6.

Formulación para elaborar cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz.

Ingredientes	F1	F2	F3	F4
Mezcla de maltas [%]	7	10	9,3	5,8
Agua, [%]	88	85	86	90
Lúpulo mosaico, [%]	2,7	2,2	2,1	2
Levadura fermentis US-05, [%]	1	0,80	0,80	1
Azúcar refinada, [%]	1,3	2	1,80	1,2
Total, [%]	100	100	100	100

Descripción: F1= Formulación uno; F2= Formulación dos; F3=Formulación tres; F4=Formulación cuatro. **Fuente:** Autoras.

Como se observa en la Tabla 3.4, los porcentajes en peso de cada una de las materias primas en todas las formulaciones son diferentes. Estas cantidades fueron establecidas de esta manera, con la finalidad de observar la variabilidad en las características organolépticas presentes en el producto final.

c) Condiciones operacionales para la elaboración de la malta y cerveza artesanal a partir de maíz variedad NB6

1. Obtención de malta

Como se mencionó previamente, la malta es obtenida a partir del grano de maíz, variedad NB6. Este proceso de malteado ya fue descrito previamente en el apartado (a) caracterización de la materia prima.

Para obtener la malta se realizan dos subprocesos: el proceso de germinación y el proceso del malteado. En cada formulación, los parámetros de temperatura y tiempo en los dos subprocesos son diferentes. Las Tablas 3.7 y 3.8, muestran las condiciones operaciones de las dos variables de control (tiempo y temperatura).

Tabla 3.7.

Condiciones operacionales de la etapa de germinación.

N° Formulaciones	Grano de maíz (libra)	Tiempo en remojo (horas)	Germinación (días)	Tamaño del germinado (cm)
1	8	24	4	3
2	6	24	4	3
3	7	24	3	2
4	8	24	3	2

Fuente: Autoras.

En la tabla 3.7 se muestran las condiciones operacionales que fueron controladas durante la etapa de germinación, estas incluyen la cantidad de grano, el tiempo de remojo y germinación, así como el tamaño del grano una vez germinado. Se pueden apreciar que algunas variables son cambiantes, esto se realizó para establecer diferencias en cuanto al tamaño del germinado.

Tabla 3.8.

Control del proceso de malteado.

N° Formulaciones	Secado (malta verde 50%)		Tostado (maltas especiales)			
			Caramelo 30%		Chocolate 20%	
	t (h)	T (°C)	t (h)	T (°C)	t (min)	T (°C)
1	2	60	1	70	20	120
2	1	60	2	80	20	120
3	2	60	1	90	20	120
4	3	60	1	80	20	120

Descripción: *t=tiempo, T= temperatura, h= hora, min= minutos, °C=grados Celsius.*

Fuente: Autoras.

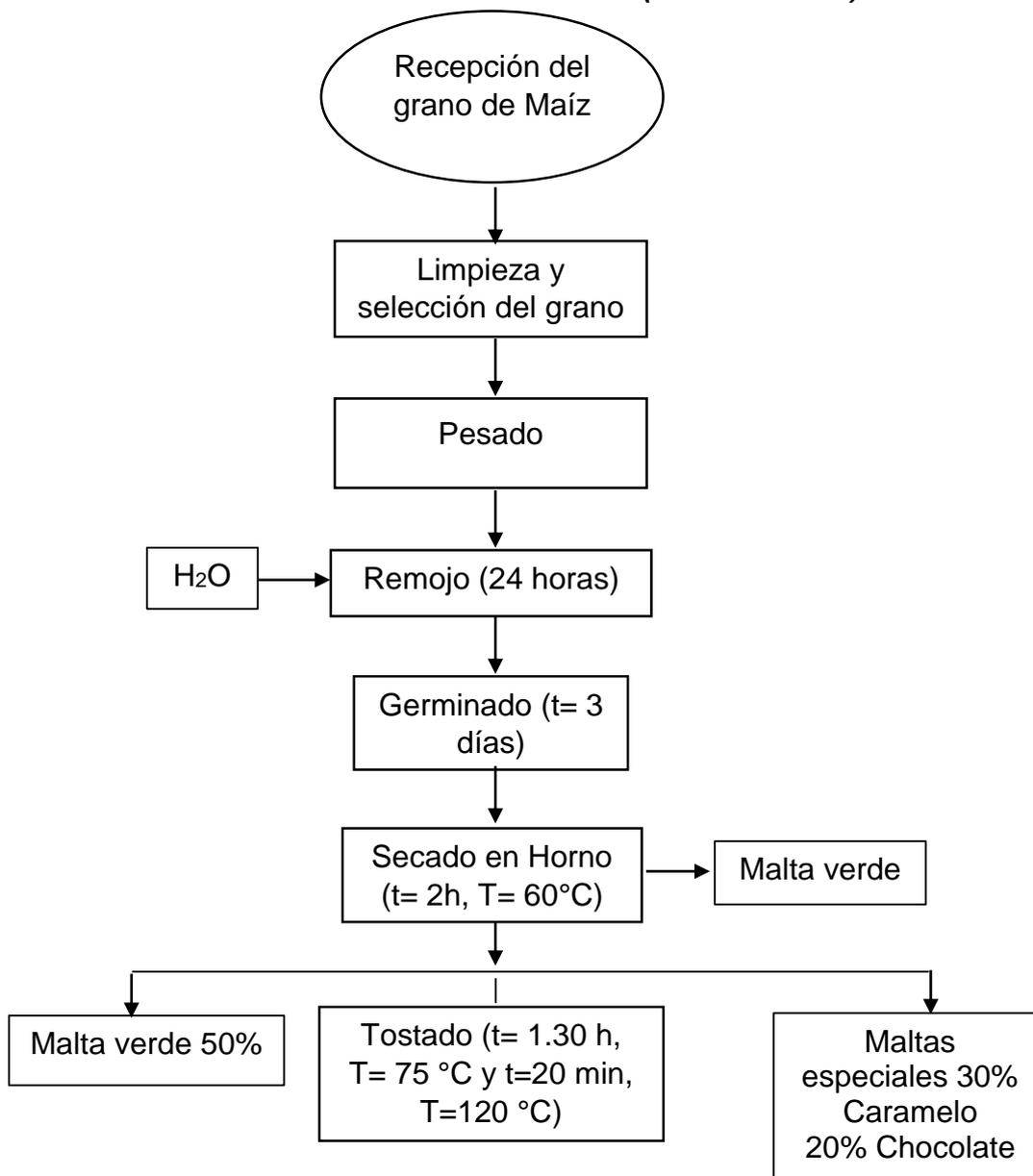
Como se muestra en la tabla 3.8, se observan cambios en las variables controladas (tiempo y temperatura) en las cuatro formulaciones. Estas diferencias, son consecuencia de las condiciones operacionales de los equipos utilizados. Sin embargo, debido a esta variedad se pudieron obtener maltas diferentes, las cuales aportaran características organolépticas distintas a la

cerveza artesanal.

En el diagrama 3.1 se observa de forma esquemática todas las especificaciones necesarias, para la obtención de la malta de maíz (variedad NB6). También hace referencia a las variables de control del proceso (tiempo y temperatura).

Diagrama 3.1.

Proceso sobre elaboración de la malta de maíz (variedad NB6)¹.



2. Producción de cerveza artesanal

En los procesos de elaboración de cervezas artesanales, es importante mantener controlado todos los aspectos que pueden ser perjudiciales para el producto final. Por lo tanto, es necesario mantener un control riguroso en el tratamiento y conservación de la materia prima a utilizar.

¹ Fuente: Autoras.

Los parámetros que deben ser controlados en cada materia prima, se detallan a continuación:

1. Malta de maíz (variedad NB6): Mantener en un lugar seco, libre de humedad y en un recipiente hermético.
2. Lúpulo mosaico: Después de adquirido, se mantiene a una temperatura que oscila de 10 a 15 °C, para evitar su deterioro.
3. Levadura fermentis US-05: Después de adquirido, se mantiene a una temperatura que oscila de 10 a 15 °C, para evitar su deterioro. Una vez abierto, se debe de cerrar herméticamente para evitar el mal estado por causa de la presencia de oxígeno en el ambiente.
4. Agua purificada: Una vez abierto el envase que la contiene, cerrar muy bien para evitar cualquier tipo de contaminación.

Una vez establecidos los parámetros de control de las materias primas y las formulaciones de cada uno de los cuatro experimentos, el proceso de elaboración sería el siguiente:

1. Recepción y selección de la materia prima

Se almacena el grano de maíz, limpia y selecciona (según los criterios de exclusión e inclusión).

2. Remojo

Se limpia y lava los granos de maíz, posteriormente se remoja el grano durante 24 horas para permitir la absorción de agua suficiente.

3. Germinación

Es la primera etapa en el proceso de malteado. Consiste en permitir que el grano de maíz perteneciente a la variedad NB6 rompa su estructura externa para dar paso al germen, todo esto con la finalidad de activar las enzimas que convierten el almidón en azúcar fermentable.

Pasado el tiempo de remojo inicial, se prepara el sitio donde se llevará a cabo la germinación. El grano se esparce sobre una mesa o superficie lisa y es tapado con una malla de tela para evitar cualquier tipo de contaminación externa.

El grano debe ser roseado de agua dos veces al día al mismo tiempo que es movido para propiciar la aireación y evitar la aparición de moho. Esta etapa tarda 3 días aproximadamente, tiempo en el cual el germinado es del mismo tamaño que el grano.

4. Secado

Es la parte del proceso donde las semillas son sometidas a calor para detener el proceso de germinación mediante la eliminación del agua que los granos contienen hasta un nivel aproximado del 3% de humedad. Esta etapa se lleva a cabo a nivel de laboratorio, en un tiempo aproximado de 3 horas haciendo uso del horno para tener un control preciso de temperatura, pues no debe sobrepasar los 60°C, de lo contrario se eliminarían las enzimas amilolíticas.

5. Tostado

Mediante la utilización del horno, se somete a ciertas temperaturas la malta verde obtenida en el secado, esta se transforma en una malta especial, cuyas características incluyen gran actividad enzimática y palidez. En esta etapa se obtuvo dos diferentes maltas como son: malta caramelo (temperatura de 75 °C, 1.30 hora) y malta chocolate (temperatura de 120 °C, 20 minutos).

6. Mezcla de maltas y reducción de tamaño

Este proceso consiste en la combinación de diferentes maltas, en dependencia de la temperatura de secado y tostado del grano de maíz (malta verde y malta especial), con la finalidad de darle un sabor único a la cerveza.

Se realiza la trituración del grano de maíz (variedad NB6) ya malteado. Se realiza en un molino, no es necesario dejarlo por completo reducido, solamente es abrir el grano con la finalidad de que sea más fácil el proceso de gelatinización del grano de maíz.

7. Maceración

La maceración consiste en someter una mezcla de agua y malta de maíz, a una temperatura determinada y durante un tiempo específico, con el objetivo de lograr que las enzimas de la malta (diastasas) actúen, transformando su almidón en azúcar fermentable, esto a través de la gelatinización.

Por lo tanto, la gelatinización es el proceso que ocurre en el grano de almidón, por efecto de la temperatura, éste absorbe agua, se hace soluble y se transforma en un gel. En estas condiciones el almidón se hace traslúcido y semifluido. El fenómeno tiene una importancia vital para la maceración, ya que las enzimas diastásicas solo pueden actuar sobre el almidón gelatinizado. De hecho, antes de someter la mezcla de granos a las temperaturas de actividad enzimática, ésta debe ser calentada hasta la temperatura de gelatinización específica para los granos que la constituyen, siendo para el maíz una temperatura oscilante de 62-74 °C. Esta etapa tiene un periodo de 1 hora y 30 minutos en una temperatura constante en el rango aproximado de 65 °C, para la obtención del mosto cervecero.

La siguiente tabla (Tabla 3.9), presenta los parámetros operacionales de tiempo y temperatura.

Tabla 3.9.

Control de la etapa de maceración.

N° Formulaciones	Malta (libra)	Tiempo (horas)	Temperatura (° Celsius)
1	7	1.40	65
2	5	1.50	65
3	6	1.30	65
4	7	1.30	65

Fuente: Autoras.

La variación del tiempo en cada uno de los experimentos (Tabla 3.9), se debe a la característica de gelatinización de la malta.

8. Cocción

En esta etapa del procedimiento se esteriliza el mosto, se acentúa el color y sobre todo se coagulan las proteínas, lo cual favorece la obtención de una cerveza más transparente. Es en esta parte del proceso cuando se agrega lúpulo que brindará olor y sabor a la cerveza producida, éste será agregado 5 minutos antes de finalizar el proceso. La temperatura de cocción debe alcanzar los 85°C

y el mosto dentro del reactor debe permanecer en ebullición por lo menos de 15 a 20 minutos, una vez que eso sucede la temperatura debe bajar rápidamente entre 25 y 30 °C para que las levaduras puedan ejercer su función, de lo contrario morirán.

El lúpulo utilizado pertenece a la variedad mosaic también conocido por su denominación experimental HBC369, es un lúpulo americano que puede definirse como un “super-Citra”. Es rico en sabores cítricos, limón, mango y pino y fruta tropical, con tonos de carozo y hierbas. Se utiliza en cervezas tipo Ale y proporciona aroma y amargor, posee ácidos alfa: 11,5-13,5%; ácidos beta: 3.2-3.9%; cohumulona: 24-26%. (COCINISTA, 2019)

En la siguiente tabla se observa la cantidad de lúpulo agregado en las diferentes formulaciones, el tiempo al cual fue sometido el mosto cervecero y la temperatura alcanzada en el proceso.

Tabla 3.10.

Control de la etapa de cocción.

N° Formulaciones	Lúpulo (gramos)	Tiempo (hora)	Temperatura (° Celsius)
1	15	1	95
2	14	1	95
3	13	1	90
4	20	0,25	85

Fuente: Autoras.

La variación del tiempo en el proceso de cocción se realizó de forma intencional, para controlar el amargor proporcionado por el lúpulo y la coagulación de proteínas.

9. Fermentación

La fermentación requiere aproximadamente de 4-5 días y debe ser realizada a una temperatura relativamente baja (alrededor de los 20 °C).

Para esta etapa se utiliza levadura cervecera tipo US05, la cual, da lugar a cervezas con un sabor limpio provocando una sensación final agradable en la boca. Genera una espuma densa y estable.

Se rehidrata la levadura en agua estéril o en mosto cervecero a una

temperatura de entre 24 y 30 °C (ideal de 27°C) y se deja reposar entre 15 y 30 minutos. Luego, se revuelve suavemente durante unos minutos y se añade al fermentador. Como forma alternativa, se puede espolvorear directamente en el fermentador sobre el mosto. Se deja 30 minutos y luego se remueve suavemente durante unos minutos. (COCINISTA, 2019)

La tabla 3.11 muestra la fermentación primaria y secundaria, observándose una variación conforme al tiempo (días), esto con el objetivo de definir el tiempo ideal para la fermentación. La diferencia en las cantidades de levadura es debido a la cantidad de mosto cervecero obtenido en la etapa de cocción. Siendo la relación de levadura con respecto a la cantidad de mosto cervecero 0,5g/L.

La fermentación secundaria es un proceso combinado, pues en este se realiza también la etapa de carbonatación. Se realizaron variaciones en los días para definir el tiempo idóneo de fermentación secundaria. La cantidad de azúcar es proporcional a la cantidad del mosto cervecero. Por lo tanto, la relación de azúcar con respecto al mosto cervecero es de 12 g/L.

Tabla 3.11.

Control de las etapas de fermentación y carbonatación.

N° Formulaciones	Mosto (litros)	Fermentación Primaria		Fermentación Secundaria	
		Días	Levadura (gramos)	Días	Azúcar (gramos)
1	3	4	1,5	40	30
2	3,5	4	1,75	15	35
3	3	5	1,5	20	30
4	10	5	5	10	100

Fuente: Autoras.

10. Clarificación

La turbidez es un problema común en el producto final. Suele derivarse de tres causas principales, la cuales se mencionan a continuación:

- Presencia de materia vegetal y levaduras: normalmente empleadas como materia prima en el proceso de fabricación. Ciertamente, se puede afirmar

que esta puede ser una turbidez benigna, y, por tanto, ser corregida con relativa facilidad.

- Condensación de ciertas proteínas por acción del frío: fenómeno conocido en el ámbito cervecero como chill haze. Este fenómeno consiste en la formación natural de complejos proteínas-taninos (ambos provenientes de la malta) que son solubles a temperatura ambiente pero no a bajas.
- Desarrollo de levaduras y bacterias contaminantes: Se evidencia por un velo blanquecino que empaña la cerveza. Los dos primeros defectos suelen ser corregidos mediante el agregado de agentes clarificantes que inducen a la aglutinación y floculación de las partículas suspendidas.

Por lo tanto, se hace uso de la clarificación física que consiste en filtrar el mosto cervecero para evitar cualquier contaminación presente en la fermentación.

11. Carbonatación y fermentación secundaria

Al finalizar la fermentación, la cerveza ya ha perdido casi completamente el gas generado, por lo que debe ser restituido para que el producto ofrezca su espuma característica. El método de carbonatación consiste en inducir una breve fermentación en la botella mediante el agregado de azúcar. Así mismo, es necesario una segunda fermentación para acentuar las características organolépticas de la cerveza ya con el CO₂ que será generado por medio de la carbonatación, esto es en un periodo de 6 a 10 días.

12. Maduración y embotellado

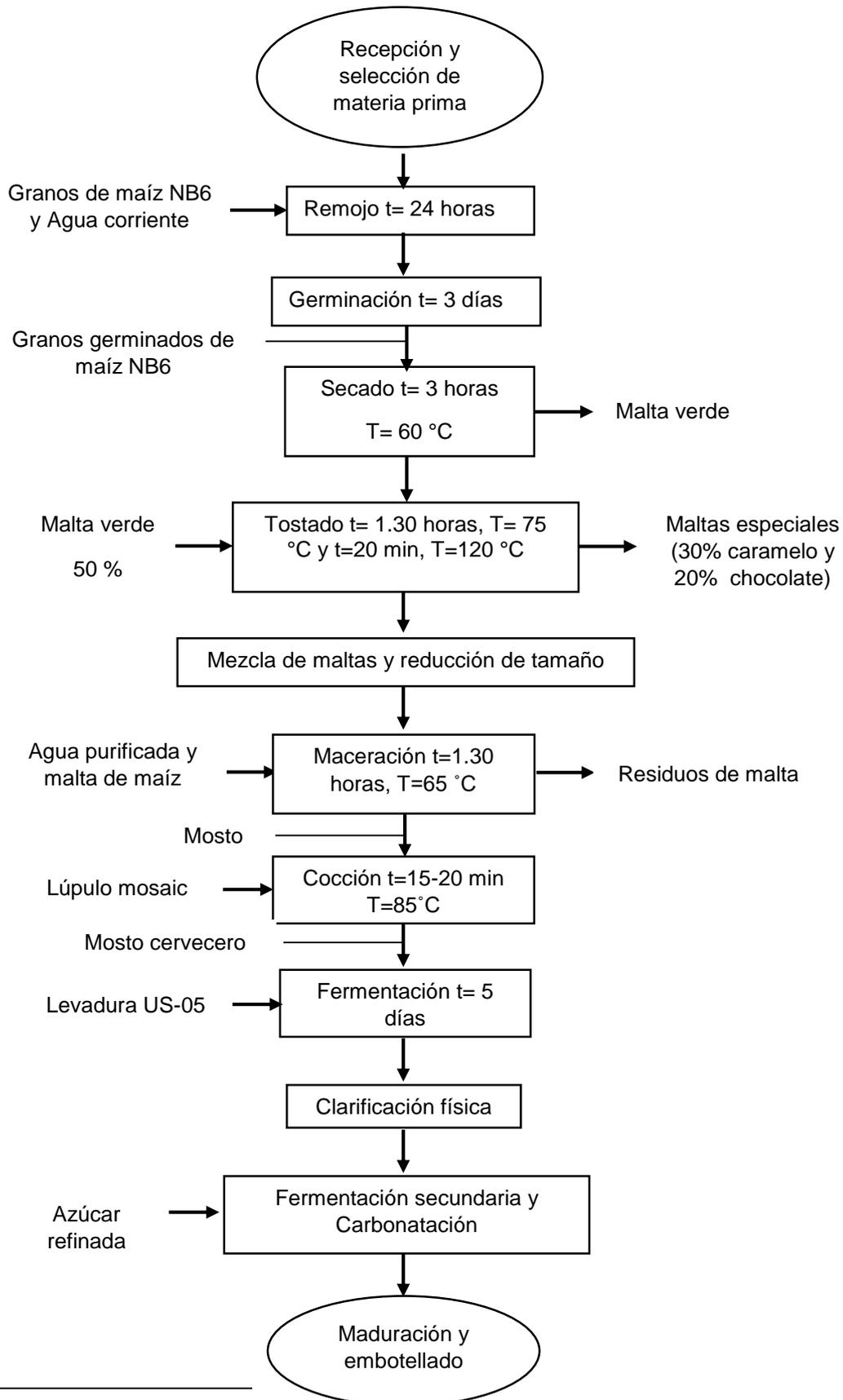
La maduración es el proceso mediante el cual se somete a una cerveza recién elaborada (llamada también cerveza verde), a un período de reposo con la finalidad de equilibrar su sabor y afinar sus atributos. Con ello se eliminan ciertos compuestos como el diacetilo, sulfuro de hidrógeno y algunos aldehídos que suelen causar su típica aspereza.

En el envasado de la cerveza, debe considerarse que esta es una bebida gaseosa, por tanto, resulta imperativo colocarla en un recipiente apropiado. Este debe tener una conformación tal que resista altas presiones, así como guardar una hermeticidad perfecta, la cual impida fugas del gas. El principal recipiente

utilizado en el mundo de la cerveza artesanal, es la botella de vidrio con tapa tipo corona.

Finalmente, se muestra en el diagrama 3.2 el proceso de obtención del producto de forma sintetizada. Además, se observa el diagrama de equipos a nivel industrial para dicho proceso (diagrama 3.3).

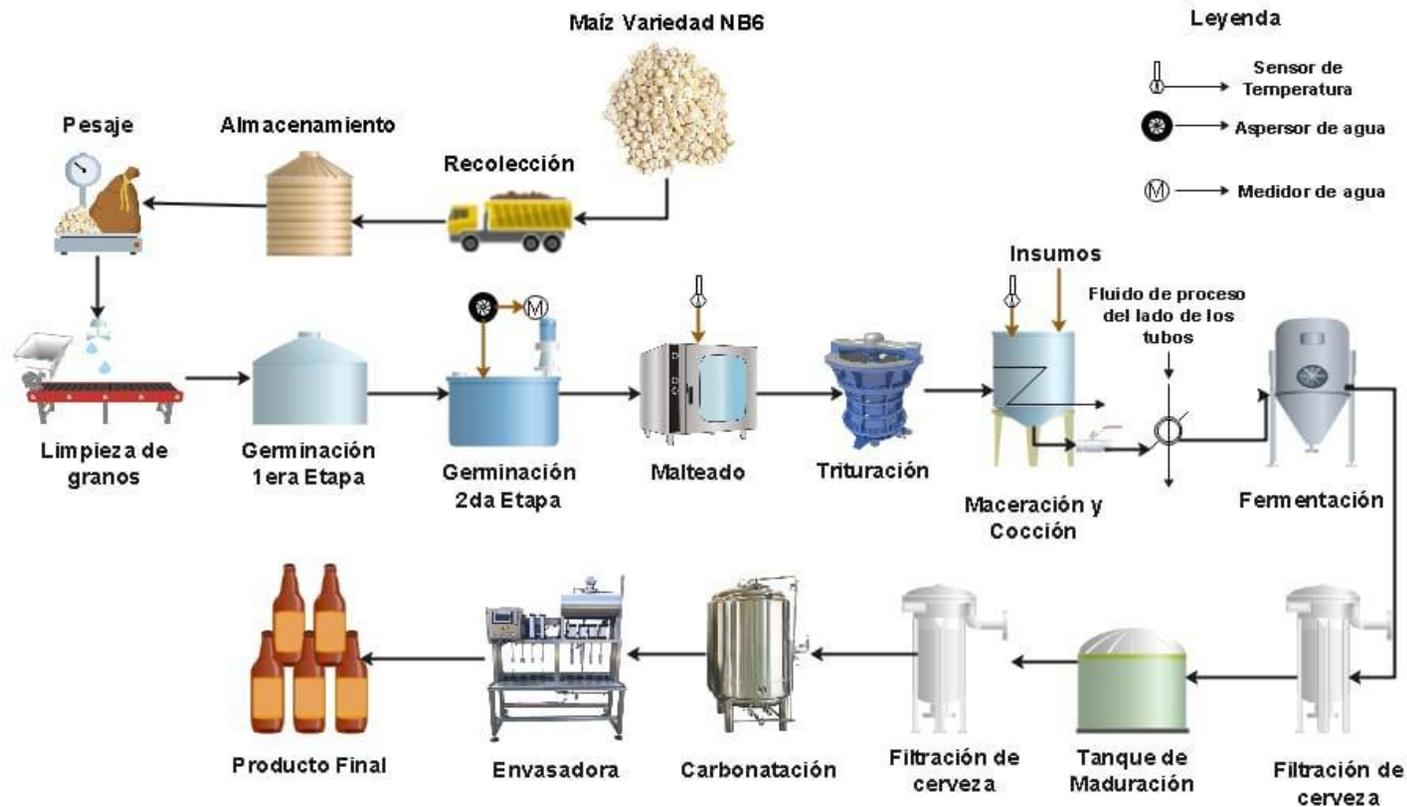
Diagrama 3.2. Proceso de elaboración de cerveza artesanal a partir de maíz².



² Fuente: Autoras.

Diagrama 3.3.

Diagrama de equipos para la obtención de cerveza artesanal a base de maíz.³



³ Fuente: Autoras.

d) Parámetros de calidad de la cerveza artesanal tipo ale, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos según la NTON 03038-06 para bebidas fermentadas, cerveza.

Las cervezas artesanales, se identifican por sus propiedades astringentes, esto debido a sus características fisicoquímicas y microbiológicas. Por lo tanto, es importante conocer estos aspectos, los cuales, puede a su vez ser comparados con los valores estándar descritos en la NTON 03038-06.

Los métodos utilizados para la determinación de estos parámetros, se describen a continuación:

A. Físico químicos

1. Método para determinar porcentaje de alcohol

a) Procedimiento

- El laboratorio debe encontrarse en unas condiciones de temperatura adecuadas, que según legislación debe ser de 20 °C.
- Se limpia el sensor del alcoholímetro con agua destilada y se seca con papel toalla.
- Se agrega el mosto cervecero en un beaker.
- Con un gotero se toma muestras del beaker y se le añade unas gotas del mosto cervecero en el sensor.
- Se visualiza el dato correspondiente al %v/v de alcohol del mosto cervecero.

b) Expresión de los resultados

Se expresan en %v/v grados alcohólicos.

2. Método para determinar el pH: Potenciometría

a) Procedimiento

- El pH-metro, debe estar previamente calibrado, lo cual suele realizarse de forma diaria o previa a su uso.

- Se calibra usando soluciones tampón, que pueden prepararse en laboratorio o soluciones tampón comercial. Lo más habitual es usar dos puntos de calibración con disoluciones tampón de pH igual 7 y pH igual a 4 o 9. Se introduce los datos de temperatura y potencial de asimetría requeridos por el pH-metro.
- Se enjuaga con agua destilada y se mantiene hidratado hasta su uso.
- Se vierte la cantidad suficiente de muestra en un beaker de 100 mL, sin llegar a completarlo.
- Se introduce el pH-metro y se realiza la lectura, el resultado suele expresarse con una cifra decimal.
- EL uso de un agitador magnético mejora la rapidez y reproducibilidad de las respuestas.

b) Expresión de los resultados

El valor del pH obtenido se relaciona con la concentración de iones H⁺.

3. Método para determinar la densidad

a) Procedimiento

- En un beaker se añade el mosto cervecero.
- Se pesa el matraz aforado vacío y se anota su peso.
- Previamente se añadió el mosto cervecero al matraz con ayuda de un gotero hasta aforarlo.
- Se anota su peso final.

b) Expresión de los resultados

La densidad de la muestra se define en la Ecuación 3.1.

Ecuación 3.1. $D_m = \frac{m}{v}$

Donde:

- D_m = Densidad de la muestra.
- m = Masa de la muestra.

- v = Volumen de la muestra.

4. Método para determinar la densidad relativa

a) Procedimiento

Se calcula la densidad relativa de la muestra respecto a la del agua, esto haciendo uso de los datos expresados en el apartado anterior.

b) Expresión de los resultados

Ecuación 3.2.

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w}$$

Donde:

- Dr_m = Densidad relativa muestra-agua.
- ρ_m = Densidad de la muestra.
- ρ_w = Densidad del agua.

Ecuación 3.3.

$$\rho_m = \frac{m_m}{V_m}$$

Donde:

- m_m = Masa de muestra.
- V_m = Volumen de muestra.

Ecuación 3.4.

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

Donde:

- m_w = Masa de agua.
- V_w = Volumen de agua.

Ecuación 3.5.

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} = \frac{m_m/V_m}{m_w/V_w} = \frac{m_m}{m_w}$$

$$\rho_m = \rho_w \times Dr_m$$

Donde:

- Dr_m = Densidad relativa muestra-agua.
- ρ_m = Densidad de la muestra.
- ρ_w = Densidad del agua.
- m_m = Masa de la muestra.
- m_w = Masa del agua.
- V_m = Volumen de la muestra.
- V_w = Volumen del agua.
- ρ_m = Densidad de la muestra.
- ρ_w = Densidad del agua.
- Dr_m = Densidad relativa de la muestra.

5. Método para determinar el extracto real y el extracto seco primitivo

a) Procedimiento

- Consiste en expresarlo mediante el porcentaje de compuestos solubles en unidades de masa, para ello se definieron las unidades °P (grado plato) o °Bx (grados Brix).
- Se definió el extracto seco primitivo (ESP) como el conjunto de ingredientes orgánicos presentes en el mosto final, a excepción del agua, antes de su fermentación.

b) Expresión de resultados

Ecuación 3.6.

$$^{\circ}P = \frac{\rho_m - 1000}{4}$$

Donde:

- ρ_m = Densidad en g/l de la muestra a 20 °C.
- $^{\circ}P$ = Masa de extracto (g) por cada 100 g de muestra.

Ecuación 3.7.

$$ESP = \frac{(Ar \times 2,0665 + Er)}{100 + (Ar \times 1,0665)} \times 100$$

Donde:

- ESP= Extracto seco primitivo. Expresado en masa de extracto por cada 100 gramos de mosto final ($^{\circ}P$).
- Ar= Contenido de alcohol en la cerveza. Expresado en g de alcohol por 100 g de cerveza.
- Er= Contenido de extracto soluble real en la cerveza final. Expresado en masa de extracto por cada 100 gramos de cerveza ($^{\circ}P$).

6. Método para determinar los grados Brix en el mosto cervecero

a) Procedimiento

- Se toma una muestra del mosto cervecero en un beacker.
- Con el gotero se toman muestras y se colocan en el sensor del refractómetro, luego se observa la cantidad de grados Brix que posee.

b) Expresión de los resultados

Los grados Brix se representan: 1 grado Brix (°Bx) = 1 g de sacarosa/ en 100 g de solución.

B. Microbiológicos

Los análisis microbiológicos constaron de los siguientes: mohos, recuento aeróbico en placas, coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, por lo cual, se basaron en un solo manual de bacteriología analítica, en diferentes capítulos, que se detallan a continuación:

- United States Food and Drug Administration (FDA, 2001). Bacteriological Analytical Manual (BAM). Chapter 18. Levaduras, hongos y Micotoxinas.
- United States Food and Drug Administration (FDA, 2001). Bacteriological Analytical Manual (BAM). Chapter 3. Aerobic Plate Count.
- United States Food and Drug Administration (FDA, 2001). Bacteriological Analytical Manual (BAM). Chapter 4. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria.

e) Caracterización de las etiquetas de información comercial y nutricional de la cerveza artesanal a partir de maíz (variedad NB6)

La etiqueta de información comercial contiene los siguientes elementos: diseño, información nutricional e información sobre el producto. En cuanto al diseño de la etiqueta, este se realizó tomando en cuenta las indicaciones de un diseñador gráfico, el cual orientó colores que hicieran contraste con el tipo de botella (vidrio ámbar). Con respecto a la información nutricional, tomando en cuenta la sugerencia de un especialista en nutrición, se incorporan datos relacionados a los análisis físicos químicos y microbiológicos de la cerveza artesanal.

Tanto la etiqueta comercial como la nutricional, se fundamentó en el reglamento centroamericano (RTCA 67.01.05:11), en el cumplimiento de los parámetros que exige la normativa para bebidas fermentadas alcohólicas.

Capítulo IV



4.1. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados logrados en todo el proceso de elaboración de la cerveza artesanal. Obtenidos mediante análisis fisicoquímicos realizados a la materia prima y al producto final, según lo planteado por los objetivos del proyecto. Además, se presentan los resultados de los análisis microbiológicos realizados a uno de los experimentos.

4.1.1. Variables operacionales

4.1.1.1 Caracterización fisicoquímica del grano de maíz, variedad NB6

La caracterización fisicoquímica del grano de maíz (variedad NB6), se determina mediante la realización de análisis de humedad, cenizas, pH y grados Brix. En la Tabla 4.1, se muestra el resultado de las mediciones de cada uno de los parámetros antes mencionados.

Tabla 4.1.

Caracterización físico química del grano de maíz (variedad NB6).

N°	Parámetro	Valor promedio	Desviación estándar	*NTON 03 096-11
1	% Humedad	7,0853	0,0996	≤14
2	pH	6	0	6 -7,05
3	% Cenizas	2,7504	0,0960	≤1
4	Grados Brix	2	0	-

Interpretación: * Norma técnica obligatoria nicaragüense para harina y sémola de maíz sin germen 03096- 11. **Fuente:** Autoras.

Los datos mostrados en la Tabla 4.1 se obtuvieron de pruebas realizadas por triplicado (anexo 14). Es importante mencionar, que estos datos representan los valores promedio corregidos con el blanco de laboratorio para cada análisis.

a) %Humedad

En promedio la muestra de maíz contiene un 7,0853% de humedad. De acuerdo a la (NTON, 2012) para el maíz en grano entero desgranado de tipo dentado (en la que se incluye la variedad NB6) este parámetro no debe exceder el 14%. Lo cual implica, que la muestra analizada cumple con este parámetro de calidad. Esto significa, que esta variedad de maíz es apta para el consumo humano y, por tanto, puede ser utilizada como base para otros derivados alimenticios, tales como la cerveza.

Así mismo, se muestra el valor de la desviación estándar el cual es 0,0996, un dato que no es muy lejano a cero, lo que indica que hay una variabilidad aceptable dentro de los datos colectados en este análisis.

b) pH

El pH establecido para los granos de maíz varía entre 6 a 7,05. El resultado promedio de las muestras analizadas presenta un pH de 6, caracterizando al cereal como ligeramente ácido, esto no es más que un indicativo de que el desarrollo de la planta de maíz, se dio en condiciones óptimas de cultivo propiciando un alto rendimiento del grano. (Info, 2021)

La desviación estándar en este parámetro es cero puesto que los resultados del análisis no presentaron variación alguna.

c) %Cenizas

Con respecto al porcentaje de cenizas, el valor promedio referido al peso en seco es de 2,7504%, siendo superior al valor que la (NTON, 2012) sugiere, ya que este valor no debería de exceder el 1%. El resultado de este análisis sugiere la existencia de algún tipo de adulterante inorgánico que está afectando la muestra.

En relación a la desviación estándar, no se presenta un valor distante a cero, por ende, la variabilidad de los resultados muestrales para este análisis es baja.

d) Grados Brix

La determinación de grados brix presenta una concentración de 2 g de sacarosa por cada 5 g de muestra diluida en 100 mL de agua pura. Según (Velástegui, 2020) los resultados obtenidos se encuentran en un rango similar a los valores obtenidos para el grano de cebada que abarca de 2,5 a 3,5.

En este parámetro la desviación estándar es nula puesto que los resultados de las muestras no presentaron variabilidad en sus valores.

Los resultados obtenidos de estos análisis confirman que el grano de maíz utilizado para la elaboración de cerveza artesanal, cumple con la mayoría de especificaciones requeridas en la norma técnica obligatoria nicaragüense NTON 03 096-11 (que a su vez es respaldada por la norma CODEX), a excepción del valor obtenido en el porcentaje de cenizas.

4.1.1.2. Formulación de la composición de la cerveza artesanal tipo ale

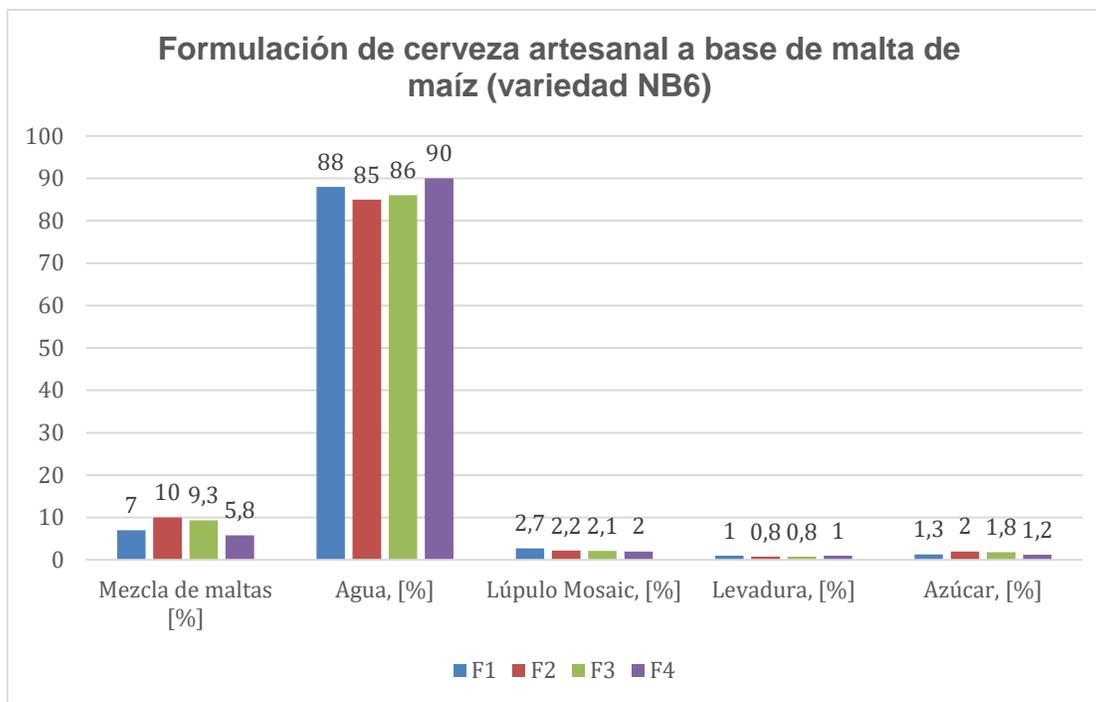
Se ha establecido como base referencial la elaboración de una cerveza artesanal tipo ale, para ello se realizaron cuatro formulaciones. Los cuales, tienen formulaciones diferentes en dependencia a los cambios de la composición química de cada uno de ellos.

Según (Cristian, 2019), la formulación de la cerveza está conformada por un 90% de agua, lo que la convierte en el ingrediente principal de la cerveza. El porcentaje restante que corresponde al 10% lo componen los demás ingredientes (malta, lúpulo, levadura) en dependencia de las cantidades empleadas.

En el esquema 4.1 se muestra las diferentes composiciones de cada una de las materias primas utilizadas en la producción de cerveza artesanal a partir de malta de maíz (variedad NB6).

Esquema 4.1.

Composiciones químicas de la formulación de cerveza artesanal a partir de maíz (variedad NB6).



Fuente: Autoras.

Como puede observarse en el esquema 4.1, se presenta la composición de cada una de las formulaciones, detallando en porcentaje la cantidad de los ingredientes.

- Mezcla de maltas

La variación observada está dada por la relación que hay entre la cantidad de agua y el tamaño del equipo en el que se llevó a cabo el proceso de maceración y cocción. En las formulaciones dos y tres se trabajó con una mayor cantidad de malta, sin embargo, la pérdida de mosto fue mucho mayor que en la formulación uno y dos.

- Agua (fuente pura)

El porcentaje de agua no difirió menos de 5 L en todas las formulaciones, se definió de este modo para mantener el equipo (reactor) en la capacidad máxima y

evitar mayores pérdidas por evaporación.

- Lúpulo (mosaic)

El lúpulo, como se ha aclarado en apartados anteriores, es el encargado de aportar el amargor característico de la cerveza. En las formulaciones estipuladas, la cantidad de lúpulo fue disminuyendo gradualmente, esto con la finalidad de reducir el amargor de la cerveza final.

- Levadura (fermentis US-05)

La cantidad de levadura en gramos no presentó cambios significativos, puesto que la cantidad de mosto no tenía gran diferencia.

- Azúcar refinada

Para la carbonatación se utilizó una proporción de 12 g/l del mosto cervecero. Las proporciones variaron de forma mínima, ya que se obtuvieron buenos resultados con la cantidad de azúcar utilizada.

4.1.1.3. Condiciones operacionales para la producción de cerveza artesanal a partir de maíz, variedad NB6

La producción de cerveza artesanal a partir de maíz (variedad NB6), se clasificó en dos etapas fundamentales:

a) Obtención de la malta

En el capítulo anterior se describió el proceso para la obtención de la malta, definiendo las siguientes variables de control: tiempo y temperatura. En la tabla 4.2 se observa la combinación de dos sub etapas en este proceso (germinado y malteado).

Tabla 4.2.

Variables controladas en la operación de elaboración de malta a partir de maíz (variedad NB6).

N° Formulaciones	Germinado (días)	Malteado					
		Secado		Tostado			
				Caramelo		Chocolate	
		t (h)	T (°C)	t (h)	T (°C)	t (min)	T (°C)
1	4	2	60	1	70	20	120
2	4	1	60	2	80	20	120
3	3	2	60	1	90	20	120
4	3	3	60	1	80	20	120

Descripción: *t=tiempo, T= temperatura, h=horas, min=minutos, °C= grados Celsius. Fuente: Autoras.*

La tabla 4.2 muestra como resultado lo siguiente:

- El tiempo indicado de germinación es de tres días, pues en ese periodo el tamaño del germinado es igual al tamaño del grano de maíz (2 cm aprox.).
- Para la obtención de la malta verde, la temperatura ideal es de 60 °C, ya que a esta temperatura no se destruye la enzima amilolítica, encargada de transformar el almidón a azúcar fermentable. El tiempo idóneo es de tres horas, debido a la cantidad de humedad presente en el grano.
- La malta especial (malta caramelo), debe someterse a una temperatura de 75 °C. El tiempo óptimo es de una hora y treinta minutos, pues el color obtenido en este intervalo es marrón.
- Finalmente, para obtener la malta chocolate es ideal a una temperatura de 120 °C, por un tiempo de veinte minutos, ya que como resultado se obtiene un color característico café y el olor a maíz ligeramente tostado es predominante.

b) Producción de cerveza artesanal (maíz, variedad NB6)

Es indispensable la inspección de las condiciones operacionales para la producción de cerveza artesanal a partir de malta de maíz. Por lo tanto, resultó importante mantener el monitoreo los experimentos realizados, para la determinación de ciertos parámetros en cuanto a la calidad del producto final. En la tabla 4.3 se observa las condiciones de control (tiempo y temperatura) en las etapas del proceso productivo.

Tabla 4.3.

Variables operacionales en las etapas de elaboración de la cerveza artesanal a partir de maíz (variedad NB6).

N° Formulaciones	Maceración		Cocción		Fermentación primaria	Fermentación secundaria
	t	T	t	T	t	t
	(h)	(°C)	(h)	(°C)	(días)	(días)
1	1.40	65	1	95	4	40
2	1.50	65	1	95	4	12
3	1.30	65	1	90	5	20
4	1.30	65	0.25	85	5	10

Descripción: *t= tiempo, T= temperatura, °C= grados Celsius, h= horas* **Fuente:** *Autoras.*

Las variables controladas en las cuatro etapas presentadas en la tabla 4.3 son la temperatura y el tiempo, debido a que fueron parte esencial para el proceso de producción. Los resultados fueron los siguientes:

- Etapa 1 (Maceración)

El tiempo fue la única variable cambiante en esta etapa, de los cuatro ensayos realizados se destacan los dos últimos, ya que se obtuvieron mejores resultados en cuanto a la gelatinización. Es decir, la gelatinización se da en un tiempo de una hora y treinta minutos, a una temperatura de 65 ° C. Las temperaturas de los otros ensayos se descartan puesto que, la gelatinización a mayor temperatura se vuelve intensa, provocando que el mosto sea un poco espeso.

- Etapa 2 (Cocción)

En esta etapa ambas variables (tiempo y temperatura) fueron cambiantes. Se determinó que el tiempo ideal para la cocción del mosto es de 15 minutos, a una temperatura de 85 ° C, pues los microorganismos patógenos son eliminados a una temperatura superior de 70 ° C. El tiempo de los primeros tres ensayos se descarta, esto es porque se pudo identificar una pérdida de mosto cervecero por evaporación.

- Etapa 3 (Fermentación primaria)

La fermentación primaria presentó mejores resultados en un periodo de 5 días, esto se dedujo porque no había presencia de residuos de levadura en la parte superior del mosto cervecero.

- Etapa 4 (Fermentación secundaria)

La última etapa tuvo variabilidad en cuanto a los días de fermentación, debido a que era un proceso combinado de carbonatación y maduración, identificando resultados idóneos en 15 días, pues si se prolongaba el tiempo se obtuvo un sabor áspero a diacetilo.

4.1.1.4. Parámetros de calidad para la cerveza artesanal tipo ale bajo la norma técnica obligatoria nicaragüense NTON 03038-06

a) Análisis fisicoquímicos

El sello único de la cerveza artesanal depende de sus propiedades físicas y químicas, que demuestran si es apta y fiable para su consumo. Sus valores son comparados con valores estándares de la NTON 03038-06. En la tabla 4.6 se muestran los parámetros de control, para la determinación de la calidad de la cerveza artesanal.

Tabla 4.4.

Control de la cerveza artesanal a base de maíz (variedad NB6).

N° Formulaciones	Grado de alcohol (%V/V)	Grados Brix	Densidad (g/cm³)	pH	Extractivo real (g/L)	ESP %
1	5	2	1,0025	4,29	0,625	10,4027
2	6	3	0,9846	3,92	-3,85	8,0348
3	5	1	0,9882	4,54	-2,95	7,0087
4	6	2	1,0016	4,57	0,4	13,8328
NTON 03038-06	0-12,0	-	-	3,0- 4,8	-	Mínimo 6

Fuente: Autoras.

- Grado de alcohol (%V/V)

En promedio, las muestras analizadas contienen un 5,55% en relación al porcentaje alcohólico, cabe mencionar que el porcentaje de alcohol para cervezas artesanales tipo ale es muy similar al porcentaje alcohólico que contienen las cervezas industrializadas. Algunos autores como (Sánchez, 2016) sugieren que el contenido alcohólico para este tipo de bebida varía entre 3 a 10%.

Así mismo la (NTON03038-06, 2002) indica que la variación es de 0-12,0%, lo que muestra que este parámetro se encuentra dentro de las caracterizaciones emitidas por esta norma.

- Grados brix

Los resultados del análisis para la cerveza ale fueron en promedio de 2 grados brix. La lectura de la cantidad de grados brix en la cerveza representa una unidad de azúcar contenida en una solución acuosa, por lo tanto, corresponde a un gramo de sacarosa en 100 g de solución. La cantidad cuantificada de grados brix indica la nula sensación de una cerveza dulce por la cantidad de azúcares disueltos. Por otra parte, también nos da un parámetro de fermentación casi completa por el contenido bajo de azúcares.

- pH

Los resultados del análisis obtenido para la cerveza con relación al pH ronda una media de 4,33, este valor se encuentra dentro del rango permitido que describe una cerveza de calidad, pues (Gigliarelli, 2016) menciona que el pH en cervezas tipo ale debe encontrarse en una escala de 4,1 a 4,4. Por otro lado, el resultado obtenido puede compararse con el valor estipulado por la (NTON03038-06, 2002) el cual comprende de 3,0-4,8 demostrando que, este parámetro se encuentra dentro del rango permitido.

- Densidad

El resultado del análisis de gravedad específica (densidad) de la cerveza tipo ale fue en promedio de 0,994225, este es un indicador de la estabilidad del proceso productivo de la cerveza, desde la etapa de maceración hasta el embotellado. Este parámetro sirve para determinar la cantidad de azúcares que fueron transformados a dióxido de carbono (CO₂) y etanol luego del proceso de fermentación.

- Extractivo Real

Según los resultados obtenidos la cantidad de azúcares que quedan en la cerveza después de la fermentación, es notoria que la formulación 2 y 3, presenta resultados negativos debido a la descomposición al obtener pH demasiados ácidos, mientras las formulaciones 1 y 4 presentan cantidades razonables en cuanto a las cantidades de azúcares fermentables, después del proceso de fermentación. Así, también se puede observar la pérdida de la densidad que se produce por la generación de etanol en todas las formulaciones. (Picón & Rodríguez, 2020)

- ESP%

Los resultados obtenidos para este análisis tienen como promedio un valor de 9,81975, es decir, por cada 100 mL de mosto cervecero hay 9,81975 g de ingredientes orgánicos previo a la fermentación. En otras palabras, ya que el ESP de esta cerveza es de 9,81975%, significa que antes de iniciarse la fermentación del mosto el 18,025% era agua y el restante eran sedimentos de la malta y el lúpulo.

Según la (NTON03038-06, 2002) el porcentaje mínimo debe ser del 6%, lo que indica que este parámetro se encuentra dentro de los valores estipulados por la norma.

b) Análisis microbiológico

El campo microbiano es parte fundamental del proceso productivo, para poder conocer si es apto para el consumo humano. En el anexo 14 se muestra la hoja de resultados presentados en la tabla 4.5.

Tabla 4.5.

Análisis microbiológico a una muestra de cerveza a base de maíz (variedad NB6).

Descripción de análisis	Valor real	* NTON 03038-06
Mohos	< 10	≤ 20 UFC/ml
Recuento aeróbico en placa (APC)	23	≤ 100UFC/ml
Coliformes totales	0	Ausente
Coliformes fecales	0	Ausente
Escherichia coli	0	Ausente

Descripción: * Norma técnica obligatoria nicaragüense para bebidas fermentadas. Cerveza 03038-06. Muestra obtenida de la formulación cuatro. **Fuente:** entro de investigación de biotecnología (2022).

En la tabla 4.5 se muestran los resultados obtenidos en el análisis microbiológico, según la norma técnica obligatoria nicaragüense NTON 03038-06 para bebidas fermentadas, específicamente cerveza, existen cinco parámetros que deben estar dentro de un rango en específico. Se aprecia que el valor real obtenido en estos análisis se contrasta con el valor de referencia según la norma.

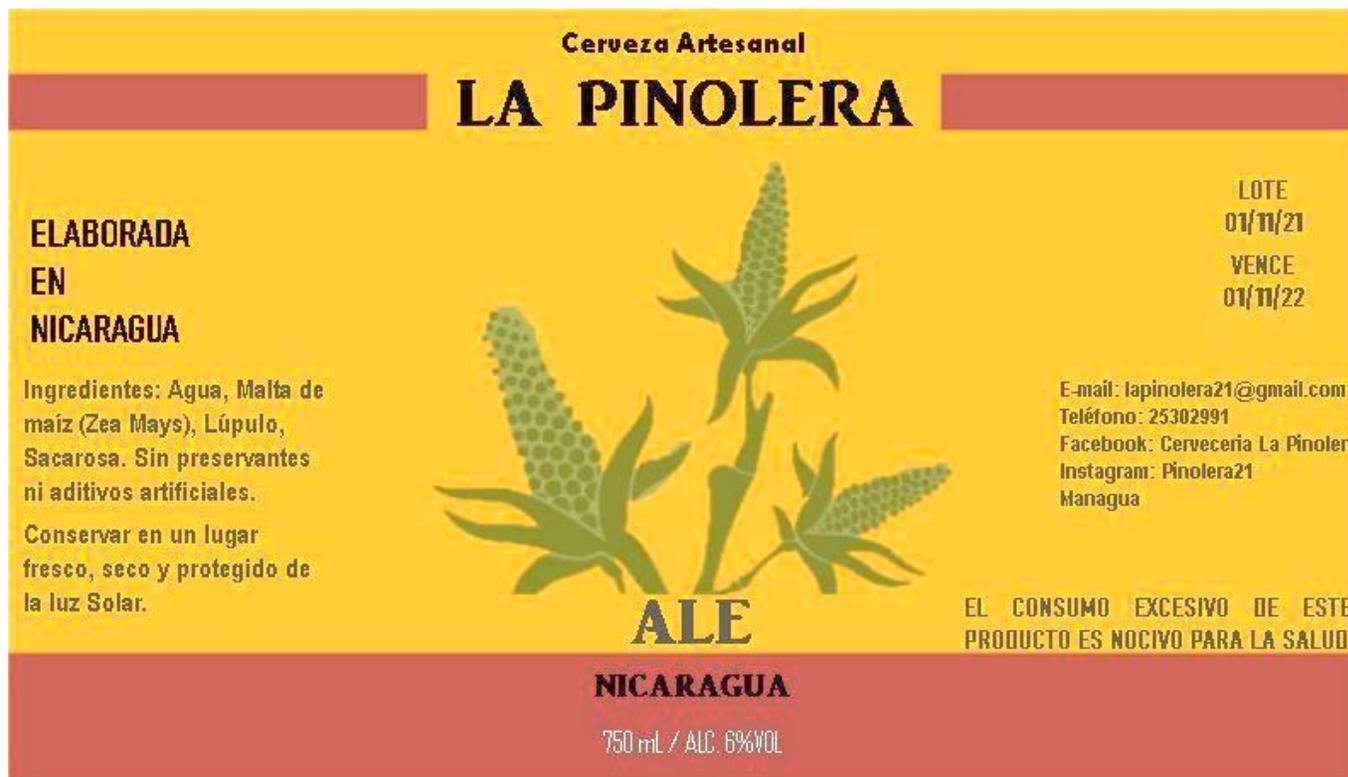
Los resultados indican que, la cerveza artesanal tipo ale elaborada a partir del grano de maíz perteneciente a la variedad NB6, cumple con los estándares microbiológicos estipulados por la NTON 03038-06.

4.1.1.5. Etiquetas de información general y contenido nutricional según la RCTA 67.01.05:11

Haciendo uso de la RCTA 67.01.05:11 se realizó una etiqueta que cumpliera con los estándares que exige la normativa, los colores de la etiqueta hacen buen contraste con la botella color ámbar de un litro que se utilizara para su empaçado.

Imagen 4.1.

Etiqueta comercial de cerveza artesanal tipo ale partir de maíz (variedad NB6).



Fuente: Autoras.

La Pinolera, es una bebida refrescante, que al probarla sentirás tus pupilas gustativas bailar. Mostramos su contenido nutricional para conocer a fondo la bebida única y original.

Es una bebida fermentada, a partir de malta de maíz (zea may l) y lúpulo variedad mosaic, que se presenta en un envase ecológico, ya que viene en botellas de vidrio muy fáciles de reciclar.

Los ingredientes de la Pinolera son: Malta de maíz, agua, azúcar, levadura y lúpulo. Y su tabla nutricional se muestra a continuación:

Tabla 4.6.

Contenido nutricional de la cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6).

ETIQUETA NUTRICIONAL	
Tamaño por porción: 250 mL	
Porciones por envase: 3	
Contenido Nutricional en 250 mL	
Energía (Kcal)	107,5 kcal
Proteínas (g)	1,15 g
Grasas Total (g)	0 g
Carbohidratos (g)	8,88 g
De los cuales Azúcares	5,3 g
Sodio (mg)	10 mg
Potasio (mg)	67,5 mg
Contiene 6 % de Alcohol	

Fuente: Autoras.

Esta nueva bebida tiene 107,5 kilocalorías por cada 250 mL, 0 gramos de grasas, 8,88 gramos de carbohidratos de los cuales 5,3 gramos son azúcares (naturales de

la mezcla de ingredientes), 1,15 g de proteínas, 10 mg de sodio y 67,5 mg de potasio. Además, aporta los siguientes beneficios tras su consumo:

1. **Ayuda a la Digestión:** La Cerveza posee propiedades digestivas, que incluye la estimulación de gastrina, ácido gástrico y las enzimas pancreáticas. y estimula el apetito por las sustancias del lúpulo.
2. **Evita el envejecimiento:** Esta bebida tiene antioxidantes naturales, lo que reduce el efecto de envejecimiento en la piel y el cuerpo. Por otro lado, el lúpulo retrasa el envejecimiento celular, si es consumido moderadamente.
3. **Reduce las enfermedades cardíacas:** El consumo moderado de cerveza favorece la función cardíaca global, reduce el riesgo de cardiopatías isquémicas y contribuye a la reducción del riesgo cardiovascular.
4. **Ayuda a controlar la presión arterial:** Su alto contenido de agua y bajo contenido en sodio hace que la cerveza sea adecuada para personas que presentan hiper tensión arterial.
5. **Buena para los riñones:** Por su efecto diurético y su alto contenido en agua, ayuda a la limpieza renal.
6. **Fortalece los huesos:** Por su contenido en fosforo, magnesio y silicio, fortalece la densidad ósea y previene la osteoporosis.

Capítulo V



5.1. Conclusiones

El objetivo fundamental de este trabajo monográfico fue elaborar cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6), siendo la aportación más importante la sustitución de la malta tradicional (elaborada de cebada), por malta de maíz.

Basándose en el análisis y discusión de resultados sobre la caracterización de la materia prima (malta de maíz, variedad NB6), la formulación de la cerveza artesanal y el establecimiento de las condiciones operacionales, se concluye lo siguiente:

1. Las características fisicoquímicas de la materia prima (maíz, variedad NB6) para la elaboración de cerveza artesanal tipo ale a escala de laboratorio, son ideales y aceptables según lo establecido por la norma técnica obligatoria nicaragüense NTON 03 096-11. Los valores están dentro de los límites permisibles de la norma, a excepción del porcentaje de cenizas, pues el valor obtenido se encuentra muy alejado del valor de referencia.
2. Se realizaron cuatro formulaciones, en cada una de ellas cambiaron las condiciones operacionales, las cuales incluyen la cantidad de materia prima, el tiempo de maceración, el tiempo de cocción y fermentación. De las cuatro formulaciones se destaca la última, puesto que es la que mejor resultados presenta según las condiciones óptimas de las variables operacionales.
3. Se presentan las siguientes condiciones operacionales como las idóneas para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo ale:
 - Para la etapa de maceración: El tiempo idóneo es de una hora y treinta minutos, a una temperatura de 65°C.
 - Para la etapa de cocción: El tiempo idóneo es de quince minutos, a una temperatura de 85°C.
 - Para la etapa de fermentación primaria y secundaria: El tiempo ideal es de cinco y diez días respectivamente.

Así mismo, mediante la evaluación del análisis físico químico y microbiológico se puede afirmar que:

4. La cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6), cumple con la calidad estipulada conforme a la norma técnica obligatoria nicaragüense para bebidas fermentadas (cervezas) NTON 03-038-06. Los valores obtenidos arrojan un grado alcohólico de 6%, un pH de 4,5, en extractivo real un 0,4 y un ESP de 9,81975%. Además, los análisis microbiológicos indican que la bebida resultante es apta para el consumo humano, puesto que está libre de mohos, coliformes totales, fecales y de la bacteria *Escherichia coli*.
5. Las etiquetas de información general y contenido nutricional para la presentación comercial de la cerveza artesanal tipo ale a base de maíz, se realizaron conforme a las RTCA 67.01.05:11.

Conforme a todo lo expuesto anteriormente, se puede concluir que la hipótesis de esta investigación monográfica que enuncia lo siguiente: “La cerveza artesanal tipo ale elaborada a partir de maíz (*Zea mays I*, variedad NB6) resultante de la experimentación con 4 formulaciones y condiciones operacionales diferentes, cumple con los parámetros de calidad establecidos en la norma técnica obligatoria nicaragüense para cervezas (NTON 03-038-06)”, se acepta según los resultados obtenidos mediante el análisis físico-químico y microbiológico.

5.2. Recomendaciones

En base a las conclusiones de los objetivos presentados en este estudio se recomienda:

- a) Determinar la cantidad de almidón presente en el grano de maíz.
- b) Utilizar mayor proporción de maltas especiales para atenuar el color.
- c) En la etapa de maceración del proceso de producción de cerveza, añadir un subproceso de recirculación líquida a la malta de maíz.
- d) La cerveza resultante debe tener un proceso de clarificación más efectivo.
- e) Realizar encuestas de catación que indiquen el nivel de aceptación que presenta el producto final en cuanto a los aspectos organolépticos.
- f) Optimizar los equipos necesarios para la elaboración de cerveza artesanal, especialmente el reactor utilizado para las etapas de maceración y cocción (panel de control); así como el reactor para llevar a cabo la etapa de fermentación (sea más hermético).

5.3. Bibliografía

- Apaza, R., & Atencio, Y. (2017). Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal tipo Ale, con sustitución parcial de malta (Hordeum Vulgare) por guiñapo de maíz morado (Zea mays). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Ecuador.
- Balcells, L. (2014). Cerveza: La bebida de la felicidad. Barcelona, España: Tercera Edición. Recuperado el 03 de febrero de 2021
- Campos, S. (mayo de 2021). Boletín agrario. Recuperado el 5 de marzo de 2022, de <https://boletinagrario.com/ap-6,malta,115.html>
- Canales, Alvarado, & pineda. (1996). Metodología de la investigación, Manual para el Desarrollo de personal de salud. OPS.
- Carvajal, L., & Insuasti, M. (2010). Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (Hordeum vulgare) y yuca (Manihot Esculenta Crantz). Tesis, Universidad Técnica del norte, Ibarra-Ecuador. Recuperado el 31 de enero de 2022
- Cristian. (7 de Mayo de 2019). Recuperado el 21 de Marzo de 2022, de Wiki: [https://cervezaartesana.info/wiki/cuales-son-los-4-ingredientes-principales-delacerveza/#:~:text=Agua%20\(el%20H2O%20representa%20hasta,la%20cerveza%20es%20hacer%20alcohol\)](https://cervezaartesana.info/wiki/cuales-son-los-4-ingredientes-principales-delacerveza/#:~:text=Agua%20(el%20H2O%20representa%20hasta,la%20cerveza%20es%20hacer%20alcohol))
- COCINISTA. (enero de 2019). Lúpulo Mosaic. Recuperado el 16 de octubre de 2021, de Innovative Cooking, S.L: <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/maltas-ylupulos/lupulo-mosaic.html>
- Eyherabide, G. (2006). Maíz y Nutrición. Buenos Aires: ILSI Argentina.
- FAO. (2002). En Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos de América Central y México. San José, Costa Rica.
- FAO. (2020). Producción mundial de cerveza por continente. Organización

de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Recuperado el 06 de febrero de 2021, de <http://www.fao.org>

- FAO. (2021). Producción de maíz. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Recuperado el 06 de febrero de 2021, de <http://www.fao.org>
- Fundación Cruzcampo. (2001). La cerveza en la antigüedad. Madrid, España. Recuperado el 04 de febrero de 2021, de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/130897/XGB_TESIS.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwiUqpuqoNfwAhVBU98KHRbUDLYQFjAAegQIAxAC&usg=AOvVaw0pavpUli5sgrfjnM14rEqX
- Galecio, M., & Haro, C. (2012). Bebidas fermentadas en base a “maíz negro” Zea Maya L. Poaceae; con el eco tipo “racimo de uva” y la variedad “mishca” de la serranía ecuatoriana. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Garcia, O. (2017). El malteo de la cebada. Madrid. Recuperado el 05 de julio de 2021
- Gigliarelli, P. (2016). Especificaciones técnicas. Revista MASH: Maltsters Association of Great Britain, 45-47.
- González, J. B. (2008). Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza, España: Acribia. xiv.
- González, M. (2017). Principios de elaboración de cervezas artesanales. Morrisville: Lulo Enterprises - Lulu Press Inc: Primera Edición.
- Guido, C. (2019). MINED. C. G. Martínez, Ed. Recuperado el 03 de febrero de 2021, de <http://www.mined.gob.ni/biblioteca/wp-content/uploads/2019/10/No-4-EI-Ma%C3%ADz-en-la-cultura-ancestral.pdf>
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2006). Metodología de la investigación (Vol. cuarta edición). México: Ed. Mc Graw Hill.

- Hidalgo, M. (2015). Desarrollo de cerveza a base de maíz morado. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- INATEC. (2017). Manual del protagonista. Granos básicos. Manual, Instituto Nacional Tecnológico, Managua, Nicaragua. Recuperado el 06 de febrero de 2021, de <http://www.inta.gob.ni>
- Info, F. (5 de septiembre de 2021). Food-Info. Obtenido de <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp65.htm>
- Infoabe. (4 de julio de 2020). Obtenido de [www://infoabe.com](http://www.infoabe.com)
- INTA. (2009). El cultivo de maíz. Guía Técnica, Instituto Nicaragüense de tecnología Agropecuaria, Managua. Recuperado el 18 de enero de 2021, de <http://www.inta.gob.ni>
- MAGFOR. (2020). Producción de maíz. Ministerio Agroforestal, Managua. Recuperado el 06 de febrero de 2021, de <https://www.mag.gob.ni>
- Mencia, G., & Pérez, R. (2016). Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (Zea Mays), cebada (Hordeum vulgare), carbonatada con azúcar y miel de abeja. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Zamorano, Honduras.
- NTON. (2006). Bebidas fermentadas. Cerveza. Especificaciones. Managua.
- NTON, 03096-11. (12 de abril de 2012). NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE. HARINA DE MAÍZ Y SÉMOLA DE MAÍZ SIN GERMEN. Managua, Managua, Nicaragua: La Gaceta Diario Oficial.
- NTON 03038-06. (24 de Enero de 2002). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Managua, Managua, Nicaragua.
- Picón, M., & Rodríguez, M. V. (2020). Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Dpto. Ingeniería Química y Ambiental, Sevilla.
- Piura López, J. (2012). Metodología de la investigación Científica: Un

enfoque Integrador (Vol. Séptima edición). Managua: Ed.

- Rodríguez, J. (2018). Malteado y fermentación de maíz para la obtención de whisky artesanal. Querétaro.
- Romero, V. (2019). Optimización del proceso de elaboración de malta de arroz (oryza sativa). Trujillo, Perú.
- RTC. (2013). RTCA 67.01.0BEBIDAS ALCOHOLICAS. BEBIDAS ALCOHÓLICAS FERMENTADAS. REQUISITOS DE ETIQUETADO.
- Sánchez, G. A. (noviembre de 2016). Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5772/1/AGI-2016-T027.pdf>
- Sanlate, J. (2010). Efecto de temperatura de tostado de malta y del porcentaje de trigo en la elaboración de una cerveza tipo Weissbier alemana. Zamorano, Honduras.
- Velástegui, P. F. (Agosto de 2020). Repositorio UTA. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31406/1/BQ%20233.pdf>
- Warman, A. (2012). codex virtual. Recuperado el 02 de febrero de 2021, de <http://www.codexvirtual.com/maiz/index.php/archivos?id=30#:tex=Algunos%20investigadores%20suponen%20que%20se,alturas%20de%20M%C3%A9xico%20o%20Guatemala>.

5.4. Anexos

Anexo 1

1.1. Glosario

- **Achaparramiento:** Enfermedad endémica transmitida por un vector. Es sistemática, afectando la fisiología, nutrición y desarrollo de la planta de maíz.
- **Aldehídos:** Compuestos caracterizados por poseer el grupo funcional -CHO (carbonilo).
- **Amiláceo:** Que contiene almidón.
- **Amilolítica:** Son catalizadores bioquímicos de la hidrólisis de almidones, y constituyen uno de los principales productos de la biotecnología microbiana.
- **Astringente:** Que, en contacto con la lengua, produce en esta una sensación mixta entre la sequedad intensa y el amargor.
- **Cariópside:** Fruto seco que tiene una sola semilla con el pericarpio adherido a la misma.
- **Coadyuvantes:** Que contribuye con otros para lograr un objetivo.
- **Coliformes fecales:** Sub grupo de bacterias que se encuentran en grandes cantidades en los intestinos y excrementos de los humanos y animales.
- **Coliformes totales:** Son microorganismos de la familia de las entero bacterias.
- **Escherichia coli:** Bacteria encontrada en los intestinos de las personas y los animales.
- **Fasciculadas:** Se aplica a la estructura que se dispone en forma de fascículos tiene los estambres fasciculados
- **Flavonoides:** Grupo diverso de fitonutrientes que se encuentran en muchas frutas, verduras y especies.
- **Giberelinas:** Hormonas vegetales que regulan multitud de procesos fisiológicos como la germinación.
- **Lanceoladas:** Que tiene la forma de una punta de lanza.
- **Morfología:** Residuo producido luego de desgranar la mazorca del maíz.
- **Oligopéptidos:** Compuestos formados por aproximadamente 2 a 12 aminoácidos.

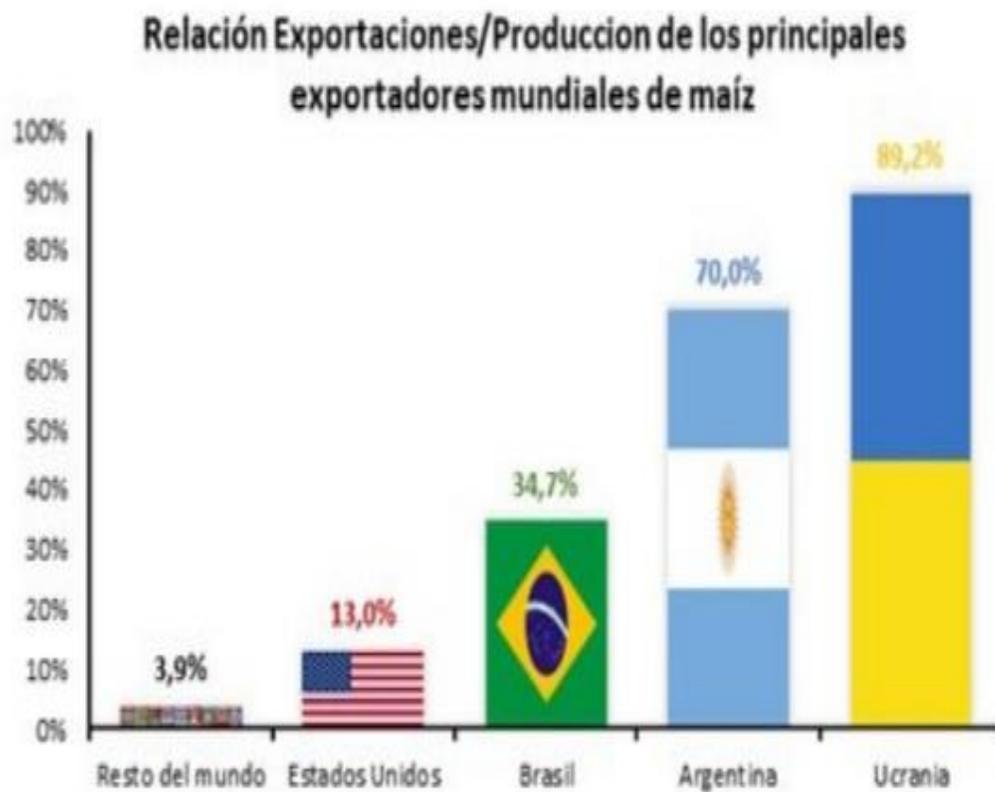
- **Paralelinervias:** Dícese de las hojas y otros órganos foliáceos que tienen los nervios principales aproximadamente paralelos.
- **Pasteurización:** Procedimiento que consiste en someter a calor un producto para matar todas las bacterias patógenas y reducir la actividad enzimática.
- **Proteasas:** Enzima que fragmenta las proteínas.
- **Turbidez:** Es la falta de transparencia, debida a la presencia de partículas en suspensión.
- **Tusa:** Residuo producido luego de desgranar la mazorca del maíz.

2.1. Características generales de la planta de maíz

2.1.1. Relaciones de exportación y producción de maíz a nivel mundial

Imagen 5.1.

Relación exportaciones/ producción de los principales exportadores de maíz.

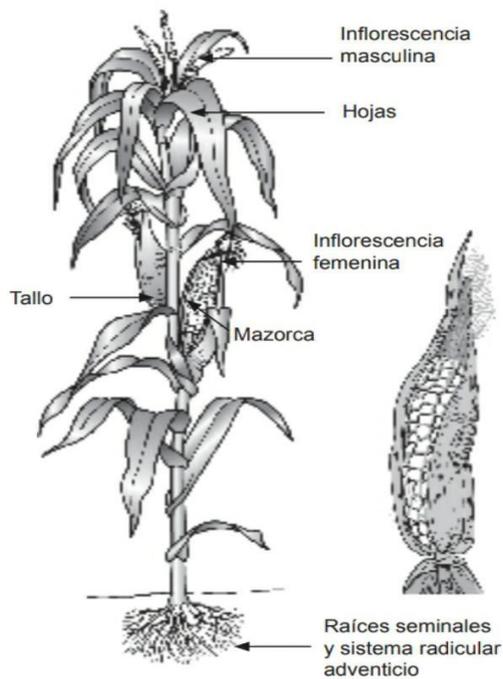


Fuente: (Infoabe, 2020).

2.1.2. Estructura del maíz

Imagen 5.2.

Estructura de una planta de maíz.



Fuente: (INATEC, 2017).

2.1.3. Densidad poblacional del maíz

Tabla 5.1.

Densidad poblacional de la planta de maíz.

Modalidad	Distancia entre surcos (pulgadas)	Distancia entre plantas (pulgadas)	Distancia entre plantas (miles)
Maquinaria	32	8	37 a 43
Bueyes	33 a 36	12 a 16	19 a 27
Espeque	30 a 36	16 a 24	13 a 23

Fuente: (INTA, 2009).

2.1.4. Implementos agrícolas según el tipo de labranza

Imagen 5.3.

Implementos agrícolas según el tipo de labranza.

Tipo de labranza	Implemento utilizado	Efectos en el suelo
Primaria Profundidad: hasta 30 cm	Arado de rejas o vertedera	Inversión del suelo con un corte horizontal a la capa arable. Control máximo de plagas, enfermedades y malezas presentes.
	Arado de discos	Inversión del suelo dispuesto en surco. Control de plagas, enfermedades y malezas relativamente inferior al arado de rejas.
	Arado de cincel	Corte vertical. Inversión casi nula del suelo. En condiciones de suelo seco y duro, fondo agrietado. Control parcial de las malezas.
Secundaria Profundidad: hasta 15 cm	Niveladora	Corte vertical y/o superficial. Desterronado. Compactación mínima. Mantiene residuos en la superficie.
	Grada de discos	Corte e incorporado al suelo, Desterronado.

Fuente: (INATEC, 2017).

Anexo 3

3.1. Etapas en la siembra de maíz

- **Selección de variedades**

Consiste en seleccionar la variedad de maíz según su objetivo tomando en cuenta las características de cada variedad. (INATEC, 2017)

A. **Adaptabilidad de las variedades criollas:** Originadas por selección natural y “artificial”, realizada por los productores que mantienen su propia “semilla”.

Se caracterizan por:

- Adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de su lugar de origen (sequía, plagas, enfermedades y poco uso de fertilizantes).
- El productor selecciona semilla para la siembra del siguiente año.
- Degeneramiento genético de la variedad
- Son de ciclo corto (70 – 75 días a cosecha) y de pocos rendimientos (< 25 qq/mz).
- Son plantas muy débiles si se sacan de su lugar de origen.

Imagen 5.4.

Características de la planta de maíz variedad NB6.

Características	Variedades	
	Blanco fino	Olotillo Oyanca
Días a floración masculina:	54 – 58	59
Días a floración femenina:	55 – 60	67
Color de la espiga (color predominante):	Amarillo	Rojiza
Color de estigmas:		Rojiza
Altura de la planta en cm:	225 – 235	247
Altura de la mazorca en cm:	115 – 140	135
Color del tallo (color predominante):	Verde	verde con pigmentación rojiza
Tipo de grano:	semidentado	dentado
Número de hileras:	12 – 14	10
Color del grano:	blanco cremoso	blanco
Rendimiento en qq/mz:	35 – 40	22 - 35

Fuente: (INATEC, 2017).

B. **Variedades mejoradas:** En su mayoría han sido introducidas de otros países y se han hecho ensayos de adaptación. Se caracterizan por:

- Uniformidad en cuanto a altura de planta, tamaño de mazorcas, mayor cantidad de hojas y cantidad de granos por mazorcas.

- Su característica genética está fijada, por tanto, se pueden reproducir las semillas para los siguientes ciclos.
- Más exigentes en preparación de suelo, fertilización y control de malezas.
- Nuevas características incorporadas (rendimiento, tolerancia, valor nutritivo, mejor adaptación a la mecanización agrícola, entre otras).

Imagen 5.5.

Características de la planta de maíz NB6 en comparación con NBS.

Características	Variedades			Nutrinta amarillo	Nutrader
	NB - 6	NB 9043 (Catacama)	NB - S		
Naturaleza genética	polinización libre	polinización libre	polinización libre		
Color de la semilla	blanco	blanco	blanco	amarillo	amarillo
Cobertura de la mazorca	buena	excelente	buena	excelente	excelente
Origen	Nicaragua	Nicaragua	México	México	México
Potencial de rendimiento (qq/mz)	65-70	65-70	40-50		
Tolerancia a	achaparramiento	podrición de mazorca	sequía		podrición de mazorca
Madurez relativa (días)	110 -115	110 -115	90 - 95		
Densidad poblacional (Plantas/mz)	35,000	37,000	37,000	37,000	37,000

Fuente: (INATEC, 2017).

C. **Híbridos:** Son cultivares procedentes del cruce de plantas por la reproducción sexual de dos líneas puras, y tienen las siguientes características:

- Tener mayor producción por unidad de área.
- No se puede utilizar su semilla para el ciclo siguiente.
- Requieren mejores condiciones en la preparación de suelo.
- Exigentes a las condiciones agroecológicas.

Imagen 5.6.

Características de la planta de maíz en dependencia de un híbrido.

Características	Variedad
	H INTA - 991
Naturaleza genética	híbrido
Color de semilla	blanco
Origen:	CIMMYT (México)
Potencial de rendimiento	muy bueno (80-90 qq/mz)
Tolerancia a	achaparramiento, excelente vigor
Madurez relativa	intermedia (110 -115 días)
Densidad poblacional	27,000

Fuente: (INATEC, 2017).

- **Prueba de germinación**

Es una práctica que se realiza sobre una muestra de semilla que sirve para estimar el porcentaje de semillas con capacidad para germinar. Permite saber la cantidad de semilla requerida para el establecimiento en un área determinada. Para obtener la población requerida y lograr buen rendimiento del cultivo es sumamente importante que se realice la prueba de germinación de la semilla 15 días antes de la siembra. (INATEC, 2017)

Procedimiento para realizar la prueba de germinación:

1. Obtener una muestra de semilla del recipiente donde ha sido almacenada. Si tiene más de dos recipientes tomar una muestra y mezclarlas.
2. Retire 400 semillas sin escogerlas de la muestra.
3. Forme cuatro grupos de 100 semillas cada uno.
4. Coloque los cuatro grupos de 100 semillas en el suelo o arena. Cada grupo debe quedar por separado.
5. Regarlas diariamente.
6. Las plántulas comenzaran a emerger de 4 a 5 días después de sembradas.
7. Contar las plántulas que emergieron en cada uno de los grupos. Luego sumar los cuatro grupos como se muestra en el ejemplo.

8. Dividir el total de plantas emergidas entre cuatro.
9. El resultado de la división anterior, es el porcentaje de germinación de la semilla.

Imagen 5.7.

Cálculo del porcentaje de geminación del grano de maíz.

Ejemplo: ¿Cómo calcular el porcentaje de germinación?

Grupo	Plántulas emergidas
Uno	97
Dos	90
Tres	92
Cuatro	81
Total	$360 \div 4 = 90$

Este resultado indica que la semilla tiene un 90% de germinación, es decir, que por cada 100 semillas que siembre 90 de éstas germinarán, lo cual es excelente.

Fuente: (INATEC, 2017).

- **Métodos de siembra**

Según el Instituto nacional tecnológico se puede realizar manual y mecanizada.

1. Manual

Al voleo: Se esparcen las semillas en la superficie del terreno de la manera más uniforme posible.

A golpes: Deposita las semillas de una en una en el lugar donde deseo que germinen.

A Chorrillo: Se distribuyen las semillas en líneas paralelas tratando de conseguir la mayor uniformidad posible en la línea de siembra.

En surco: Se realiza un surco en línea en profundidad variable según el tamaño de la semilla que estemos usando y después se van colocando las semillas.

2. Mecanizada

Para este método de siembra, primero debemos calibrar la sembradora con el objetivo de colocar la cantidad de semilla requerida por metro lineal.

Anexo 4

4.1. Tratamiento contra plagas y enfermedades que afectan a la planta de maíz (zea mays I, variedad NB6)

4.1.1. Herbicidas pre-emergentes contra malezas antes de la germinación del cultivo de maíz.

Imagen 5.8.

Herbicidas pre-emergentes contra malezas antes de la germinación del cultivo.

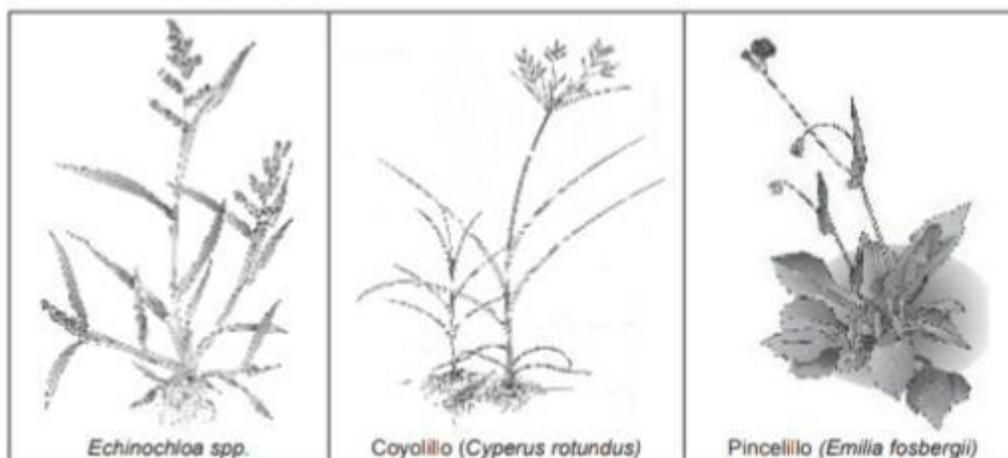
Producto	Dosis de aplicación
Gesagard PH 50%, Prometex PH 50% (Prometrina)	1,5 – 2,0 kg /ha
Gesapax PH 80%, Ametrex GD 80%, Ametrol SC 50%, Ametryn PH 80%	2,0 – 2,4 kg /ha
Glifosato SC 48%, Glifosato 36 SL	1,44 – 2,16 kg /ha 3 – 3.5 L/mz
Gramoxone	2,0 – 2,5 L/ha
Doblete	1,0 – 2,0 L/ha
Fusilade (Fluazitop-p-butilo) contra dicotiledóneas es post-emergencia, Leopard CE 10,8%, Mizil CE 10%, dirigidos	2,5 – 3,5 L/ha

Fuente: (INATEC, 2017).

4.1.2. Malezas más comunes en la planta de maíz

Imagen 5.9.

Malezas más comunes en la planta de maíz.



Fuente: (INATEC, 2017).

4.1.3. Plagas que afectan al cultivo de maíz

Tabla 5.2.

Nombre de las Plagas que afectan al cultivo de maíz.

Nombre	Nombre científico	Daño	Control
Gallina ciega	Phyllophaga spp	Se alimentan de las raíces, debilitan y matan las plántulas, a menudo se observan en parches bien definidos en el cultivo.	Preparación del suelo 15 días antes de la siembra. Las larvas quedan expuestas al sol, las que mueren por insolación o son depredadas por pájaros
Falso alambre	Epitragus sallei	En las raíces, y hacen galerías en los tallos, dejan orificios que permiten la entrada de microorganismos causantes de pudriciones.	Similar al usado para la gallina ciega
Coralillo	Elasmopalpus lignosellus	Perforan o rodean los tallos de las plántulas y provocan marchitez, desarrollo retardado o la muerte de las mismas (plantas quebradas).	Lorsban 5% G
Cogollero	Spodoptera frugiperda	Efectúa raspadura de la epidermis en las hojas. Se alimentan del cogollo, hacen agujeros grandes e	Similar al usado para el coralillo

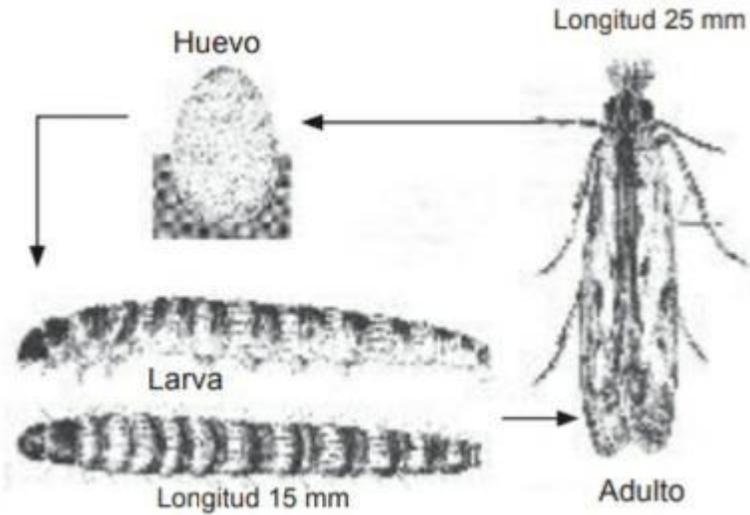
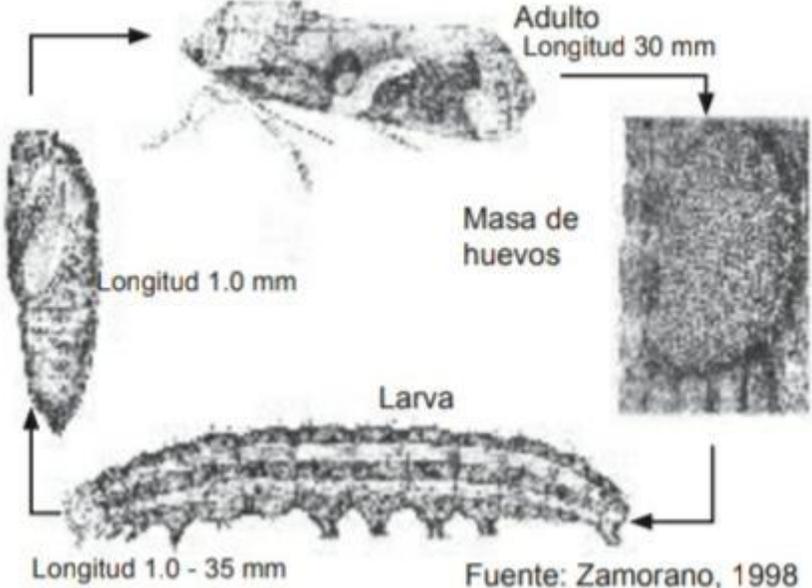
		irregulares y dejan excrementos como huella.	
Langosta medidora	Mocis latipes	Se alimentan la mayoría del follaje, y dañando la vena central de la hoja.	Lorsban 5% G
Chicharrita del maíz	Dalbulus maydis	Como chupador provoca lesiones en las hojas, le quita savia a la planta se desarrolla el hongo negro conocido como fumagina que cubre la hoja y obstaculiza la fotosíntesis, otro daño es el achaparramiento del maíz.	Similar al usado para el coralillo. La dosificación según panfleto del producto

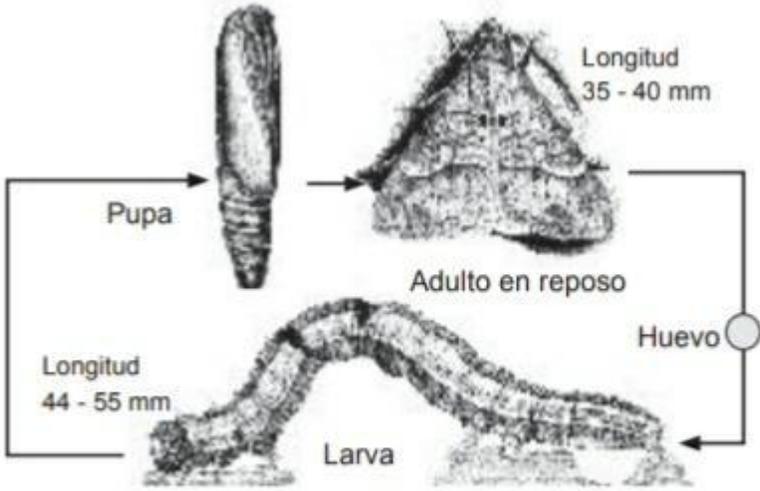
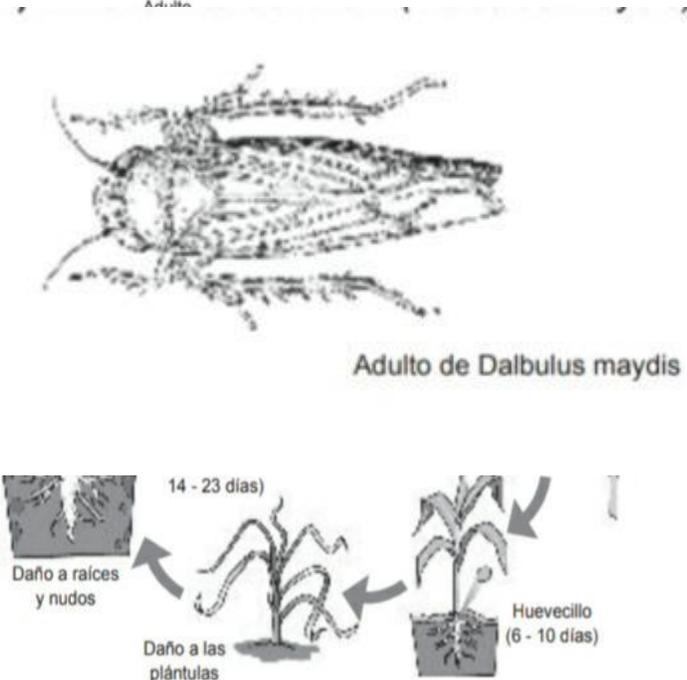
Fuente: (INATEC, 2017).

Tabla 5.3.

Nombres e ilustraciones de plagas que afectan al maíz.

Nombre	Esquema
<p>Gallina ciega (Phyllophaga spp)</p>	<p>Adulto Longitud 9-29 mm (Varios días)</p> <p>Huevecillo (3 - 6 semanas)</p> <p>Larva (9 - 21 meses) Longitud 50 mm</p> <p>Huevecillo (7 días)</p> <p>Duración total: 1 - 2 años</p>
<p>Falso alambre (Epitragus sallei)</p>	<p>Adulto (Varios días)</p> <p>Pupa (7 - 12 días)</p> <p>Larva (4 instares: 14 - 23 días)</p> <p>Huevecillo (6 - 10 días)</p> <p>Duración del ciclo: 25 - 45 días</p> <p>Catarinita hembra (pone hasta 1000 huevecillos)</p> <p>Vuela hacia los estigmas del maíz</p> <p>Las hembras ovipositan en el suelo</p> <p>Daño a raíces y nudos</p> <p>Daño a las plántulas</p>

<p>Coralillo (Elasmopalpus lignosellus)</p>	 <p>Huevo</p> <p>Longitud 25 mm</p> <p>Larva</p> <p>Longitud 15 mm</p> <p>Adulto</p>
<p>Cogollero (Spodoptera frugiperda)</p>	 <p>Adulto Longitud 30 mm</p> <p>Masa de huevos</p> <p>Longitud 1.0 mm</p> <p>Larva</p> <p>Longitud 1.0 - 35 mm</p> <p>Fuente: Zamorano, 1998</p>

<p>Langosta medidora (Mocis latipes)</p>	 <p>Longitud 35 - 40 mm</p> <p>Pupa</p> <p>Adulto en reposo</p> <p>Huevo</p> <p>Longitud 44 - 55 mm</p> <p>Larva</p> <p>Fuente: Zamorano, 1998</p>
<p>Chicharrita del maíz (Dalbulus maydis)</p>	 <p>Adulto</p> <p>Adulto de Dalbulus maydis</p> <p>14 - 23 días</p> <p>Daño a raíces y nudos</p> <p>Daño a las plántulas</p> <p>Huevecillo (6 - 10 días)</p>

Fuente: (INATEC, 2017).

4.1.4. Enfermedades más comunes de la planta de maíz

Tabla 5.4.

Enfermedades más comunes de la planta de maíz con su respectivo daño y control.

Nombre	Daño	Control
Achaparramiento (Micoplasma y Spiroplasma)	Se presenta enanismo, clorosis, enrojecimiento, proliferación de tallos y de mazorcas y entrenudos cortos.	Uso de variedades tolerantes, control químico temprano del vector, fechas de siembra calendarizadas, rotación de cultivos y limpieza de rondas.
Cabeza loca (Peronosclerospora sorghi)	Las hojas infectadas tienden a ser angostas, coriáceas y erectas. Presentan síntomas de clorosis o un rayado amarillo pálido. Sobre o debajo de la superficie foliar se desarrolla una cenicilla blanca. La espiga se deforma, por eso se conoce como cabeza loca.	El tratamiento químico a la semilla con metalaxil (Ridomil 25 PS), a razón de 3 oz por 25 lb de semilla, debe usarse variedades resistentes, rotación de cultivos, eliminación de hospederos, en especial malezas de sorgo jalapense o invasor.
Pudrición de la mazorca (Stenocarpela maydis)	Inicia el daño con manchas pequeñas en las hojas, que tienen el centro blanco y las orillas de color café. Al alargarse estas manchas en el centro, se torna de color café y las orillas de color amarillo, el daño más notable es la pudrición de la mazorca, empieza por la base, destruye los granos.	Uso de variedades tolerantes, eliminación de rastrojos, rotación de cultivos y quema de plantas enfermas.
Pudrición de la base del tallo (Erwinia spp.)	Se caracteriza por una coloración de la planta más oscura, una pudrición	Tratamiento químico temprano del vector, fechas de siembra

acuosa en la base del tallo y calendarizadas, rotación
el olor desagradable de cultivos y limpieza de
provocado por la ronda.
descomposición del tejido.

Fuente: (INATEC, 2017).

Anexo 5

5.1. Cuadro comparativo sobre el proceso de malteado de diferentes cereales

Tabla 5.5.

Cuadro comparativo sobre el proceso de malteado de diferentes cereales.

Cebada	Maíz	Arroz	Trigo
<ul style="list-style-type: none"> • Limpia (separan las materias gruesas por cribado) y clasificación de sus granos. • Si se almacena tiene que estar con una humedad inferior al 14-16 por 100 y temperatura 15 °C. • Se separan las semillas extrañas y los granos partidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del grano. • Limpia de suciedad del grano. • Se remoja el grano en agua hasta que alcanzan más de 40% humedad, en recipientes cónicos o en tanque de fondo plano, a una temperatura 14-18°C y por un tiempo de 6-8 horas. • Se hace germinar a una temperatura 16-18°C para reducir al mínimo las pérdidas respiratorias, ya 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del grano. • Clasificación del grano según los parámetros de inclusión y exclusión. • El remojo a una temperatura ambiente, por un tiempo de 24 horas. • La germinación a una temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del grano. • Clasificación del grano. • Remojo a temperatura ambiente por un tiempo de 24 horas. • La germinación a una temperatura de 27-30°C, tiempo de 5-7 días. • Secado a una temperatura de 60

<p>mediante un separador cilíndrico rotatorio de pared alveolada.</p> <ul style="list-style-type: none">● Se clasifican según las siguientes fases:● Tamaño superior 2,5 mm.● 2,5 a 2,2 mm.● Los de tamaño inferior.● La humedad del grano ha de aumentar desde menos dem 14 por 100, hasta 42-46 por 100.● Para maltas claras una humedad 42-44 por 100 y una temperatura de	<p>que puede llevar a un decremento en el rendimiento de la malta y con un tiempo de gemación de 3-7 días dependiendo del grano y variedad usada.</p> <ul style="list-style-type: none">● Con el objetivo de secar los granos germinados hasta un contenido de humedad de 4-5% en horno durante 16-40 horas a una temperatura de 45-80°C. (Rodríguez, 2018)	<p>de 26-27°C, humedad 92-96% y un tiempo de 36 horas.</p> <ul style="list-style-type: none">● El secado se da a una temperatura de 85°C por un tiempo de 6 horas. (Romero, 2019)	<p>°C por 12-16 horas en un horno.</p> <ul style="list-style-type: none">● Temperatura de tostado 55-70°C para maltas lager.● Temperatura de tostado 60- 95°C para maltas Ale.● Temperatura de tostado 105- 177°C para maltas oscuras.● Temperatura de 233°C malta negra o chocolate (menor actividad enzimática y contenido de humedad 3-5%).● El tiempo de tostado para todos
--	---	---	---

12°C.

- Para maltas oscuras algo superior y una temperatura de 20-30°C.
- Las cebadas sucias y descoloradas pueden someterse a maceración 45-48°C.
- Tiempo de maceración 3 días y maltas especiales de 2 a 5 días.
(García, 2017)

los tipos de maltas antes mencionadas es de 60 minutos.
(Sanlate, 2010)

Anexo 6

6.1. Sistema de muestreo simple

6.1.1. Objetivo de muestreo

Recolectar muestras de granos de maíz variedad NB-6, en la finca Fonseca en el ciclo agrícola 2019/20.

6.1.2. Razón para efectuar el muestreo

Las muestras se recolectaron para la producción de cerveza artesanal a partir de maíz, tanto como la materia prima y el producto final se sometió a diferentes pruebas analíticas y de control de calidad.

6.1.3. Características a evaluar

El procedimiento para la obtención de cerveza es supervisado en todas las etapas, iniciando con el control de calidad del muestreo donde se tomaron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión del grano de maíz, luego el producto obtenido es sometido a pruebas analíticas y de control de calidad que aseguran un producto excelente para los consumidores de cerveza.

6.1.4. Punto de muestreo

Departamento de Carazo, municipio de Santa Teresa, comarca Calishuate- finca Fonseca (11° 46'38.6"N 86°08'43.2"W).

6.1.5. Numero de muestras

Se recolectaron 4 muestras de 8, 6,7 y 8 Lb de grano de maíz variedad NB6 respectivamente, de diferentes lotes de maíz (quintales).

6.1.6. Tipo de envase

Bolsas de polietileno de baja densidad y colorantes, de capacidad 906 gramos.

6.1.7. Material anexo

Para la recolección de la muestra se utilizó: una balanza digital para pesar la muestra, recipiente plástico para depositar las muestras recolectadas, etiquetas, marcadores y lápices.

6.1.8. Instrucciones para la toma de muestras

Se preparó las bolsas para el muestreo con las etiquetas pertinentes. A continuación, se muestra las etiquetas utilizadas:

Tabla 5.6. Ficha de información de las etiquetas en las muestras.

Identificación	MA-1 (Maíz, muestra 1)
Fecha de muestreo	13/04/2021
Lugar de muestreo	Finca Fonseca, Calishuate, Santa Teresa- Carazo
Hora de muestreo	2: 35 pm
Descripción	Maíz variedad NB-6
N° de experimento	1
Temperatura en toma de muestras	28-30 °C
Nombre y firma del muestreador	Cindy Isamara Fonseca Acevedo

Fuente: Autoras.

Teniendo en cuenta datos otorgados por el propietario de la finca Fonseca. De 23 libras de maíz sembradas en un área de 1,5 manzanas de terreno, obtuvo aproximadamente 40 quintales de maíz.

Las muestras se tomaron de diferentes quintales de maíz, los cuales estaban en la bodega de granos básicos pertenecientes a la finca Fonseca.

6.1.9. Preservación y transporte de la muestra

Colocación de la muestra en una caja de cartón a temperatura ambiente.

6.1.10. Análisis de la muestra

- % Humedad
- % Cenizas
- pH
- Grados Brix

Anexo 7

7.1. Encuesta realiza al propietario de la finca Fonseca



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QUÍMICA INDUSTRIAL**

Entrevista

Para la realización del trabajo monográfico estudiantes de la carrera de química industrial de la universidad autónoma de Nicaragua UNAN-Managua, le solicitan responder las siguientes preguntas, basadas en su experiencia como productor del rubro de maíz variedad NB-6 en el ciclo agrícola 2020/2021.

- 1) ¿Qué semilla eligió para la siembra?
- 2) ¿Cómo selecciono la semilla?
- 3) ¿Qué cantidad de maíz sembró y en cuanto terreno?
- 4) ¿Cuánto fue la cantidad de maíz que cosecho?
- 5) ¿Cómo hizo la extracción del grano (manual o mecánica)?
- 6) ¿Cómo conserva el grano sano?
- 7) ¿Periodo de siembra hasta la cosecha (duración del ciclo agrícola)?
- 8) ¿Preparación del terreno de siembra? Especifique

Anexo 8

8.1. Análisis físicos químicos para la muestra de materia prima (maíz, variedad NB6)

8.1.1. Método de ensayo para la determinación de cenizas totales en muestras de cereales y sus derivados. Referencia ISO 2171:2007

a) Materiales y equipamiento

- Balanza analítica
- Mufla ($550^{\circ}\text{C}\pm 25^{\circ}\text{C}$)
- Campana extractora de gases
- Pipeta automática
- Espátula
- Tamiz
- Pinza para crisoles
- Homogeneizador
- Desecador
- Crisoles
- Alcohol etílico 95 %

b) Procedimiento

1.1. Preparación de la muestra

1.1.1. Tome de la muestra representativa la cantidad de grano, cereal o subproducto necesario para homogeneizarlo y luego efectuar las determinaciones por duplicado.

1.1.2. Homogenice la muestra a ensayar con el Homogeneizador de alimentos, tenga cuidado que la temperatura del material que contiene la muestra no se eleve por encima de 25°C , podría alterar su composición. Llene un recipiente hermético (apropiado) con la muestra preparada, ciérrelo y almacénelo de tal manera que se evite el deterioro de la misma, Analícela

tan pronto como sea posible, pero siempre dentro de 24 h después de la homogeneización.

1.1.3. Deshidrate la muestra (Únicamente cuando el % de H sea ≥ 15 %).

1.2. Procedimiento de análisis

La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada, además el crisol de porcelana debe estar previamente lavado con una solución de ácido nítrico al 5% y secado en un desecador provisto de un deshidratante eficaz (CaO o CaCl₂ anhidro).

Los crisoles de porcelana se deben preparar con anticipación. Una vez limpios los crisoles de porcelana deben rotularse por la parte exterior de la base con una clave particular utilizando un lápiz de carbón u otro marcador que su tinta resista a temperaturas iguales o superiores a 750 °C.

1.2.1. Caliente el crisol de porcelana vacío en la estufa de convección a 130 °C \pm 3 °C, durante 1 h.

1.2.2. Retire el crisol de la estufa y enfríe en el desecador en un periodo de 30-60 minutos hasta alcanzar la temperatura del laboratorio (20 °C \pm 3 °C), puede comprobarlo con ayuda del sensor IR del multímetro, pese con aproximación de 0,1 mg.

1.2.3. Vuelva a pesar los crisoles en intervalos de 10 min para esta vez desde el desecador hasta llevar el crisol a masa constante; normalmente la constancia de pesos se obtiene de dos pesadas consecutivas que no difieren en más de 1 mg.

1.2.4. Una vez que el crisol haya alcanzado peso constante, tare su masa y transfiera, con aproximación de 0,1 mg, 5 g de muestra preparada (homogeneizada) al crisol, mientras pesa la porción de ensayo asegure que toda la masa de la muestra quede extendida sobre el interior del crisol.

1.2.5. Luego en la campana de gases, adicione a cada crisol conteniendo la muestra, 6 mL de etanol y haga combustionar la muestra hasta que se de la emanación de humo.

1.2.6. Luego transfiera el crisol dentro de la mufla fría, inicie el ascenso de temperatura hasta $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e incinere hasta obtener cenizas de color blanco o grisáceo, aproximadamente entre 3-4 horas. No deje fundir las cenizas.

1.2.7. Después de la incineración, abra la puerta de la mufla y espere a que la temperatura de la misma descienda a una escala de $250\text{ }^{\circ}\text{C} - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, luego retire el crisol con la muestra, deje enfriar en el desecador y pese tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$) con aproximación de 0,1 mg.

1.2.8. Repita la incineración por períodos de 30 minutos tal como se indicó en el inciso 4.7.5.6, enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa, normalmente la constancia de pesos se obtiene de dos pesadas consecutivas que no difieren en más de 1 mg. En este caso la mufla ya está encendida.

c) Expresión de los resultados

La siguiente ecuación es aplicable para la determinación de cenizas totales

Ecuación 5.1.

$$\% CT = \frac{\bar{m}_2 - \bar{m}_0}{m_1} \times 100$$

Donde:

$\%CT_{bh}$: Contenido de cenizas totales de la muestra, en porcentaje

\bar{m}_0 : Masa del crisol vacío, en g.

m_1 : Masa de la muestra, en g.

\bar{m}_2 : Masa del crisol con las cenizas, en g.

Ecuación 5.2.

$$CT_a = \bar{m}_2 - \bar{m}_0$$

Donde:

CT_a : Contenido de cenizas totales en el blanco, en g.

\bar{m}_0 : Masa del crisol vacío, en g.

\bar{m}_2 : Masa del crisol con las cenizas, en g.

Ecuación 5.3.

$$\% CT = \frac{\bar{m}_2 - CT_a - \bar{m}_0}{m_1} \times 100$$

Donde:

$\% CT$: contenido de cenizas totales de la muestra en base húmeda, en porcentaje.

\bar{m}_0 : Masa del crisol vacío, en g.

m_1 : Masa de la muestra húmeda, en g.

\bar{m}_2 : Masa del crisol con las cenizas, en g.

CT_a : Promedio de las cenizas totales de los blancos analíticos.

Imagen 5.10.

Incineración del muestreo de materia prima (maíz, variedad NB6). Determinación de cenizas.



Fuente: Autoras.

8.1.2. Método de ensayo para la determinación de materia seca en granos, cereales y sus derivados. Referencia ISO 6540: 2001

a) Materiales y equipamiento

- Balanza analítica
- Mufla ($550^{\circ}\text{C}\pm 25^{\circ}\text{C}$)
- Espátula
- Tamiz
- Pinza para crisoles
- Homogeneizador
- Desecador
- Crisoles

b) Procedimiento

1. Procedimiento de análisis

Preparación de la muestra de ensayo

Tome la cantidad de cereal necesaria para homogeneizar y efectuar todas las determinaciones por duplicado.

- 1.1.1. Verifique que la temperatura del laboratorio se encuentre a 20°C y humedad relativa entre 40 y 70%.
- 1.1.2. Para granos de cereal: Pulverice la muestra hasta homogenizarla con ayuda de un mortero y pilón, luego proceda como en 1.1.4.
- 1.1.3. Para hojuelas: Homogeneice la porción de ensayo por lo menos 3 veces, mezclando bien después de cada molienda. Evite que a causa de la gran velocidad se origine calentamiento de la muestra superior de 25 °C. La temperatura puede ser medida con láser infrarrojo (multímetro), proceda como en 1.1.4.
- 1.1.4. Tamice la muestra pulverizada con ayuda de un tamiz de 40 sieves para obtener un tamaño de partícula inferior a 1,77 mm.
- 1.1.5. Cuando finalice coloque rápidamente la muestra homogeneizada en un recipiente hermético estéril.
- 1.2. **Preparación de las cápsulas de porcelana a masa constante**
 - 1.2.1. Sumerja las cápsulas de porcelana en HNO₃ al 5 % por 24 horas y enjuáguelas como mínimo tres veces con agua destilada.
 - 1.2.2. Una vez seca las cápsulas de porcelana, tome las cápsulas con guantes y marque la base exterior utilizando un marcador persistente colocando una clave que identifique a cada muestra y los blancos.
 - 1.2.3. Coloque las cápsulas con ayuda de una pinza metálica dentro de la estufa de convección a una temperatura de 130 ± 3 °C durante una hora, tomando el tiempo desde el momento en el que se alcanzó esta temperatura, cumplida la hora saque las cápsulas y colóquelas dentro del desecador hasta alcanzar la temperatura del laboratorio aproximadamente unos 45 minutos.
 - 1.2.4. Pese cada cápsula de porcelana y anote la primera pesada.

1.2.5. Repita los pasos 11.2.3 y 11.2.4 pero esta vez durante media hora desde que se alcance nuevamente la temperatura de 130 ± 3 °C. Realice y registre la segunda pesada.

1.2.6. Repita el paso 11.2.5 para la tercera pesada. Calcule el promedio de la masa de cada cápsula. Verifique que la diferencia entre las pesadas de cada cápsula no sea mayor de 0.1 % en valor absoluto, si esto es así puede promediar las tres pesadas para cada muestra, de lo contrario no se alcanzó peso constante.

1.3. **Análisis de las muestras**

1.3.1. Ajuste la temperatura de la estufa de convección entre 130 ± 3 °C al menos una hora antes de introducir las porciones de ensayos a fin de que se haya alcanzado la temperatura una vez pesadas las muestras.

1.3.2. Con ayuda de una espátula mezcle homogéneamente la muestra de laboratorio antes de tomar la porción de ensayo.

1.3.3. Pese 5 g de la muestra previamente pulverizada y tamizada con precisión de 0.1 mg en la cápsula de porcelana tarada, una vez alcanzada dicha masa registre su peso con todas las cifras significativas, traslade rápidamente la cápsula de porcelana con la muestra al desecador y coloque su tapa a la cápsula (siempre utilizando la pinza metálica, nunca deben tocarse las cápsulas ni la muestra aun con guantes).

1.3.4. Repita el paso anterior hasta completar el total de tres cápsulas de porcelana.

Recuerde operar rápida y cuidadosamente entre cada pesada.

1.3.5. Con ayuda de una pinza metálica saque del desecador las cápsulas de porcelana con sus tapas puestas y traslade a la estufa de convección.

1.3.6. Retire las tapas de las cápsulas y deje las tapas también en la estufa de convección, deje las muestras durante 5 horas, tomando el tiempo desde momento en que la temperatura de la estufa alcance nuevamente entre 130 ± 3 °C.

- 1.3.7. Transcurrido este tiempo, y operando rápidamente, cúbralas cápsulas con sus tapas y retire las muestras de la estufa al desecador y permita que éstas alcancen la temperatura del Laboratorio (30 -45 minutos).
- 1.3.8. Cuando varias pruebas se llevan a cabo simultáneamente, nunca coloque las cápsulas una encima de otra en el desecador.
- 1.3.9. Cuando la cápsula se ha equilibrado con la temperatura del laboratorio (generalmente entre 30 y 45 min después de que ha sido colocada en el desecador), pésela con una precisión de 0. 1 mg.
- 1.3.10. Volver a colocar las cápsulas abiertas y sus tapas en la estufa y desecar nuevamente durante otros 30 minutos a 130 ± 3 °C. Retire deje enfriar y realice la segunda pesada.
- 1.3.11. Continúe la desecación hasta que la diferencia resultante entre determinaciones duplicadas de la misma muestra no deberá ser mayor de 0.0015 g en valor absoluto. En caso contrario, no se alcanzó peso constante.

c) Expresión de resultados

Los resultados de humedad se expresan en:

Ecuación 5.4.

$$\%MS \left(\frac{m}{m} \right) = \frac{m_2 - m_0}{m_1} * 100$$

Donde:

%MS=porcentaje de materia seca en las muestras según el método de secado en estufa.

\bar{m}_0 = masa promedio de las capsulas de porcelana vacía.

m_1 = masa de la muestra (grano/cereal/derivado de cereal).

\bar{m}_2 = masa de la capsula de porcelana más la muestra desecada.

Ecuación 5.5.

$$\%H = 100 - \%MS$$

Dónde:

%H= Porcentaje de humedad en la muestra

%MS= Porcentaje de materia seca

Ecuación 5.6.

$$Rs = m_2 - m_0$$

Donde:

\bar{m}_0 = masa promedio de las capsulas de porcelana vacía.

\bar{m}_2 = masa de la capsula de porcelana más la muestra desecada.

Rs= diferencia entre la capsula vacía y la capsula con muestra.

Imagen 5.11.

Decantador con muestras de maíz, variedad NB6 para medir porcentaje de humedad.



Fuente: Autoras.

8.1.3. Método para la obtención de los grados Brix en el grano de maíz

a) Materiales y equipos

- Refractómetro
- Beaker 250 mL
- Probeta de 100 mL
- Espátula
- Homogeneizador
- Tamiz
- Balanza analítica
- Gotero de plástico
- Varilla de vidrio

- Agua destilada

b) Procedimiento

- Se toma una muestra de maíz, variedad NB6 y se tritura en el homogeneizador hasta pulverizar.
- Una vez homogenizado se tamiza para obtener partículas más pequeñas.
- Se pesan 5 gramos de la muestra ya tamizada, se agrega al beaker y se le añade 100 mL de agua destilada, posteriormente se agita con una varilla de vidrio (se hace un duplicado)
- Se toma con el gotero muestras y se coloca en el sensor del refractómetro para observar la cantidad de grados Brix que posee.

c) Expresión de los resultados

Los grados brix se representan: 1 grado brix ($^{\circ}\text{Bx}$) = 1 g de sacarosa/ en 100 g de solución.

Imagen 5.12.

Solución de maíz NB6 para determinación de grados brix (muestras por duplicado).



Fuente: Autoras.

8.1.4. Método para determinar el pH de la materia prima (maíz, variedad NB6)

a) Materiales

- Cintas de pH
- Beaker 250 mL
- Probeta de 100 mL
- Espátula
- Homogeneizador
- Tamiz
- Balanza analítica
- Gotero de plástico
- Varilla de vidrio
- Agua destilada

b) Procedimiento

- Se toma una muestra de maíz, variedad NB6 y se tritura en el homogeneizador hasta pulverizar.
- Una vez homogenizado se tamiza para obtener partículas más pequeñas.
- Se pesa 5 gramos de la muestra ya tamizada, se agrega al beaker y se le añade 100 mL de agua destilada, posteriormente se agita con una varilla de vidrio (se hace un duplicado).
- Se introduce las cintas de pH en la muestra para determinar el pH correspondiente a la muestra de materia prima.

c) Expresión de los resultados

El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14.

Imagen 5.13.

Determinación de pH con cintas de pH en muestra de maíz, variedad NB6.



Fuente: Autoras.

Anexo 9

9.1. Proceso de obtención de Cerveza a base de maíz a escala de laboratorio



Anexo 10

10.1. Cálculos densimétricos para la obtención del extractivo real y extractivo seco primitivo

- **Datos densidad**

$$1\text{g/cm}^3 = 1000\text{kg/m}^3$$

Muestra 1

$$1,0025 \text{ g/cm}^3 * 1\ 000 = 1000,5 \text{ kg/m}^3$$

Muestra 2

$$0,9846 \text{ g/cm}^3 * 1\ 000 = 984,6 \text{ kg/m}^3$$

Muestra 3

$$0,9882 \text{ g/cm}^3 * 1\ 000 = 988,2 \text{ kg/m}^3$$

Muestra 4

$$1,0016 \text{ g/cm}^3 * 1\ 000 = 1001,6 \text{ kg/m}^3$$

- **Densidad relativa**

Ecuación 3.2.

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w}$$

Donde:

- Dr_m : Densidad relativa muestra-agua.
- ρ_m : Densidad de la muestra.
- ρ_w : Densidad del agua.

Muestra 1

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w}$$

$$Drm = \frac{1002,5g/L}{1g/L} = 10002,4g/L$$

Muestra 2

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w}$$

$$Drm = \frac{984,6g/L}{1g/L} = 984,6g/L$$

Muestra 3

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w}$$

$$Drm = \frac{988,2g/L}{1g/L} = 988,2g/L$$

Muestra 4

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w}$$

$$Drm = \frac{1001,6g/L}{1g/L} = 1001,6g/L$$

- **Extracto real**

Ecuación 3.6.

$$^{\circ}P = \frac{\rho_m - 1000}{4}$$

Donde:

- ρ_m : Densidad en g/l de la muestra a 20 °C.
- $^{\circ}P$: Masa de extracto (g) por cada 100 g de muestra.
- $^{\circ}B$: Masa de extracto (g) por cada 100 ml de muestra.

Muestra 1

$$^{\circ}P = \frac{\rho_m - 1000}{4}$$

$$^{\circ}P = \frac{1002,5g/L - 1000}{4} = 0,625g/L$$

Muestra 2

$$^{\circ}P = \frac{\rho_m - 1000}{4}$$

$$^{\circ}P = \frac{984,6g/L - 1000}{4} = -3,85g/L$$

Muestra 3

$$^{\circ}P = \frac{\rho_m - 1000}{4}$$

$$^{\circ}P = \frac{988,2g/L - 1000}{4} = -2,95g/L$$

Muestra 4

$$^{\circ}P = \frac{\rho_m - 1000}{4}$$

$$^{\circ}P = \frac{1001,6g/L - 1000}{4} = 0,4g/L$$

- Extracto seco primitivo

Tabla 5.7.

Datos recolectados para la determinación de extracto seco primitivo.

Numero de muestra	Ar (Contenido de alcohol)	Er= Grados plato
1	5g	0,625g/L
2	6g	-3,85g/L
3	5g	-2,95g/L
4	7g	0,4g/L

Fuente: Autoras.

Ecuación 3.7.

$$ESP = \frac{(Ar \cdot 2,0665 + Er)}{100 + (Ar \cdot 1,0665)} \cdot 100$$

Donde:

- ESP: Extracto seco primitivo. Expresado en masa de extracto por cada 100 gramos de mosto final (°P).
- Ar: Contenido de alcohol en la cerveza. Expresado en g de alcohol por 100 g de cerveza.
- Er: Contenido de extracto soluble real en la cerveza final. Expresado en masa de extracto por cada 100 gramos de cerveza (°P).

Muestra 1

$$ESP = \frac{(Ar \cdot 2,0665 + Er)}{100 + (Ar \cdot 1,0665)} \cdot 100$$

$$ESP = \frac{(5g \cdot 2,0665 + 0,625g/L)}{100 + (5g \cdot 1,0665)} * 100 = 10,4027\%$$

Muestra 2

$$ESP = \frac{(Ar \cdot 2,0665 + Er)}{100 + (Ar \cdot 1,0665)} \cdot 100$$

$$ESP = \frac{(6g * 2,0665 - 3,85g/L)}{100 + (6g * 1,0665)} * 100 = 8,0348\%$$

Muestra 3

$$ESP = \frac{(Ar \cdot 2,0665 + Er)}{100 + (Ar \cdot 1,0665)} \cdot 100$$

$$ESP = \frac{(5g * 2,0665 - 2,95g/L)}{100 + (5g * 1,0665)} * 100 = 7,0087\%$$

Muestra 4

$$ESP = \frac{(Ar \cdot 2,0665 + Er)}{100 + (Ar \cdot 1,0665)} \cdot 100$$

$$ESP = \frac{(7g * 2,0665 + 0,4g/L)}{100 + (7g * 1,0665)} * 100 = 13,8328\%$$

Anexo 11

11.1. Cálculos en referencia a la caracterización físico química del grano de maíz (variedad NB6)

11.1.1. Cálculos para la determinación de humedad en la materia prima maíz, variedad NB6

Tabla 5.8.

Datos para el cálculo del porcentaje de materia seca en grano de maíz (variedad NB6) en cápsulas vacías.

Resultados de la masa de las cápsulas de porcelana previamente desecadas.					
Muestra	ID cápsula	1ra pesada	2da pesada	3ra pesada	\bar{m}_0
	G-001	18,9231	18,9234	18,9233	18,9232
	G-002	19,1680	19,1684	19,1680	19,1681
	G-003	18,9324	18,9331	18,9330	18,9328
Blanco	B-001	19,5029	19,5028	19,5028	19,5028

Fuente: Autoras.

Tabla 5.9.

Resultados de la masa de las cápsulas de porcelana previamente desecadas con su respectiva muestra (porcentaje de humedad).

Muestra	ID cápsula	1ra pesada	2da pesada	\bar{m}_2	MS
	G-001	23,7063	23,4333	23,5698	0,9292
	G-002	23,9531	23,6621	23,8076	0,9279
	G-003	23,7325	23,4366	23,58455	0,93034
Blanco	B-001	19,5040	19,5030	19,5035	

Fuente: Autoras.

Tabla 5.10.

Resultados del porcentaje de humedad y sólidos totales en las muestras analizadas (porcentaje de humedad).

Muestra	ID cápsula	\bar{m}_0	m_1	\bar{m}_2	%MS	%H	$R_s = \bar{m}_2 - \bar{m}_0$
	G-001	18,9232	5,0004	23,5698	92,92%	7,08%	4,6465
	G-002	19,1681	5,000	23,8076	92,79%	7,21%	4,6395
	G-003	18,9328	5,000	23,5845	93,034%	6,966%	4,6517
Blancos	B-001	19,5028		19,5035			-0,0003

Fuente: Autoras.

11.1.2. Cálculos para la determinación de cenizas en la materia prima maíz, variedad NB6

Tabla 5.11. Resultados de la masa de las cápsulas de porcelana previamente desecadas vacías (determinación de cenizas).

Muestra	ID cápsula	1ra pesada	2da pesada	3ra pesada	\bar{m}_0
	1 C	19,6079	19,6088	19,6090	19,6085
	2 C	18,0420	18,0424	18,0422	18,0422
	3 C	20,1451	20,1456	20,1459	20,1455
Blancos	B C	19,1934	19,1927	19,1933	19,1931

Fuente: Autoras.

Tabla 5.12.

Resultados de la masa de las cápsulas de porcelana previamente desecadas y con su respectiva muestra (determinación de cenizas).

Muestra	ID cápsula	1ra pesada	2da pesada	3ra pesada	\bar{m}_2	m_1
	1 C	19,7399	19,7426	19,7424	19,7416	5,0003
	2 C	18,1763	18,1776	18,1786	18,1775	5,0000
	3 C	20,2887	20,2898	20,2906	20,2897	5,0003
Blancos	B C	19,1920	19,1926	19,1925	19,1923	19,1929

Fuente: Autoras.

Con respecto a las tablas anteriores se puede determinar el porcentaje de cenizas totales en la muestra de maíz (variedad NB6). La siguiente ecuación es aplicable para la determinación de cenizas totales:

Ecuación 5.1.

$$\% CT = \frac{\bar{m}_2 - \bar{m}_0}{m_1} \times 100$$

Donde:

$\%CT_{bh}$: Contenido de cenizas totales de la muestra, en porcentaje

\bar{m}_0 : Masa del crisol vacío, en g.

m_1 : Masa de la muestra, en g.

\bar{m}_2 : Masa del crisol con las cenizas, en g.

Para la muestra C1

$$\% CT = \frac{19.7416 - 19,6085}{5,0003} \times 100$$

$$\% CT = 2,6614$$

Para la muestra C2

$$\% CT = \frac{18,1775 - 18,0422}{5,0000} \times 100$$

$$\% CT = 2,706$$

Para la muestra C3

$$\% CT = \frac{20,2897 - 20,1455}{5,0003} \times 100$$

$$\% CT = 2,8838$$

Cálculo de las cenizas totales del blanco.

Ecuación 5.2. $CT_a = \bar{m}_2 - \bar{m}_0$

Donde:

CT_a : Contenido de cenizas totales en el blanco, en g.

\bar{m}_0 : Masa del crisol vacío, en g.

\bar{m}_2 : Masa del crisol con las cenizas, en g.

Blanco

$$CT_a = 19,1923 - 19,1931$$

$$CT_a = -0,0008$$

Corrección del mensurando

$$\% CT = \frac{\bar{m}_2 - \underline{CT}_a - \bar{m}_0}{m_1} \times 100$$

Donde:

$\% CT$: contenido de cenizas totales de la muestra en base húmeda, en porcentaje.

\bar{m}_0 : Masa del crisol vacío, en g.

m_1 : Masa de la muestra húmeda, en g.

\bar{m}_2 : Masa del crisol con las cenizas, en g.

\underline{CT}_a : Promedio de las cenizas totales de los blancos analíticos.

Muestra C1

$$\% CT = \frac{19,7416 - (-0,0008) - 19,6085}{5,0003} \times 100$$

$$\% CT = 2,67$$

Muestra C2

$$\% CT = \frac{18,1775 - (-0,0008) - 18,0422}{5,0000} \times 100$$

$$\% CT = 2,722$$

Muestra C3

$$\% CT = \frac{20,2897 - (-0,0008) - 20,1455}{5,0003} \times 100$$

$$\% CT = 2,89$$

Anexo 12

12.1. Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA, UNAN - MANAGUA	Recinto universitario Rubén Darío Facultad de ciencias e Ingenierías Departamento de Química Química Industrial		
Fecha de emisión: 08-05-2021	Versión: 01	Código: MDOM-01	Hojas 1 de 6
Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch			

Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch



Autores:

Br. Cindy Isamara Fonseca Acevedo
Br. Marcia Susana Medrano González

Imagen 5.14. Manual de operación de un reactor Batch (página 1). **Fuente:** Autoras.

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA UNAN - MANAGUA</p>	Recinto universitario Rubén Dario Facultad de ciencias e Ingenierías Departamento de Química Química Industrial		
Fecha de emisión: 08-05-2021	Versión: 01	Código: MDOM-01	Hojas: 2 de 6
Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch			

Introducción

El presente manual está dirigido a todo aquel personal que opera o proporciona mantenimiento preventivo a los equipos de laboratorio de Química, así mismo a los estudiantes del departamento de Química de la UNAN-Managua; siendo desarrollado con el fin de apoyar en la comprensión de los requerimientos técnicos relacionados con la instalación, uso y mantenimiento del equipo, resultando de gran importancia para la realización de las prácticas de laboratorio y en actividades de investigación.

En el manual se describe el mantenimiento para evitar deterioros en el equipo y sus principales funciones. Tales como: cocción; mezcladora haciendo uso de temperatura e incluso como sistema de fermentación aeróbica.

Objetivos

- ✓ Mostrar al operador el uso, mantenimiento y cuidado adecuado del equipo.
- ✓ Describir las disposiciones generales para regular el uso y préstamo del equipo en el laboratorio.

Alcance

El presente manual aplica a todo aquel personal que opera o proporciona mantenimiento preventivo a los equipos de laboratorio.

Imagen 5.15. *Manual de operación de un reactor Batch (página 2). Fuente: Autoras.*

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA MANAGUA	Recinto universitario Rubén Dario Facultad de ciencias e Ingenierías Departamento de Química Química Industrial		
Fecha de emisión: 08-05-2021	Versión: 01	Código: MDOM-01	Hojas 3 de 6
Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch			

1.1. Propósito del equipo

El reactor batch tiene como principal función la transferencia de calor y mezcla homogénea de dos o más sustancias y de esta manera controlar el tiempo y la temperatura en referencia a las condiciones operacionales requeridas de un proceso definido.

1.2. Principios de operación

Los reactores batch se diferencian entre sí por el diseño, los principios utilizados y los criterios medibles con respecto a lo que se requiere controlar, ya sea temperatura, presión, nivel, entre otros aspectos. En los laboratorios se utilizan principalmente para la exploración y control de un proceso productivo en proporciones definidas.

1.3. Servicios requeridos para su instalación y operación

Para la utilización del reactor batch se necesita un lugar adecuado para su instalación y operación, en la que destacan las principales características:

- Área limpia y sin obstrucciones
- Para su conexión debe de tener un conector individual, así mismo un breaker de emergencia para evitar el paso de corriente eléctrica
- Estar ubicado por lo menos 80 cm por arriba del suelo
- La plataforma donde estará ubicado debe ser estable
- El reactor cuenta con un sistema de control para ingresar e indicar la temperatura a que se requiere y a la que se encuentra
- Usar guantes resistentes a lo caliente al momento de su manipulación
- Tener cuidado con los vapores en caso de afectar partes del cuerpo del operario

Imagen 5.16. *Manual de operación de un reactor Batch (página 3). Fuente: Autoras.*

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA UNAN - MANAGUA	Recinto universitario Rubén Dario Facultad de ciencias e Ingenierías Departamento de Química Química Industrial		
Fecha de emisión: 08-05-2021	Versión: 01	Código: MDOM-01	Hojas 4 de 6
Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch			

1.4. Especificaciones del equipo

- Resistencia de 2 000 watt
- Termocur tipo K
- Control de temperatura utilizando control proporcional
- Toma corriente 120-25 ampere

1.5. Mantenimiento general

1.5.1. Limpieza de las superficies de acero inoxidable

El acero inoxidable es un material de elección para las industrias alimenticias, farmacéuticas y biotecnológicas, especialmente para las superficies en contacto con los productos. Sin embargo, para lograr todas las ventajas de sus excelentes propiedades, la superficie debe estar libre de depósitos contaminantes y materiales extraños, que se pueden eliminar reconociendo sus fuentes y realizando buenos procedimientos de limpieza.

- **Limpieza de la superficie**

Los fabricantes de productos de acero inoxidable (chapas, barras, productos de fundición, etc.), realizan grandes esfuerzos para despachar sus productos con una buena terminación superficial. Sin embargo, durante el transporte, o a medida que se van construyendo los equipos de proceso, y durante su uso, las superficies se ensucian con muchos tipos de materias extrañas y perjudiciales. Para que el acero inoxidable tenga un buen desempeño se debe eliminar toda esta contaminación. En la **tabla 1.5.1.1**. Se resumen todos estos defectos y la manera de eliminarlos.

Imagen 5.17. *Manual de operación de un reactor Batch (página 4). Fuente: Autoras.*

	Recinto universitario Rubén Darío Facultad de ciencias e Ingenierías Departamento de Química Química Industrial		
Fecha de emisión: 08-05-2021	Versión: 01	Código: MDOM-01	Hojas: 5 de 6
Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch			

Tabla 1.5.1.1. Defectos superficiales y técnicas para su eliminación

Defecto	Técnica para eliminarlo
Polvo y suciedad	Lavar con agua y/o detergente. Si es necesario, hacerlo con agua a presión o vapor.
Inclusiones de partículas de hierro	Tratar la superficie con solución de ácido nítrico al 20%. Lavar con agua limpia. Confirmar la eliminación con el test del ferroxilo. Si el hierro está aún presente, utilizar una solución de ácido nítrico (10%) y ácido fluorhídrico (2%). Lavar con agua limpia. Confirmar nuevamente con el test de ferroxilo. Repetir si es necesario. Eliminar todas las trazas del test del ferroxilo con agua limpia o ácido nítrico o acético diluidos.
Rasguños, manchas de calentamiento	Pulir la superficie con un abrasivo fino. Decapar la superficie con una solución de ácido nítrico al 10% y ácido fluorhídrico al 2% hasta eliminar todas las trazas. Lavar con agua limpia o electropulir.
Áreas oxidadas	Tratar la superficie con una solución de ácido nítrico al 20%. Confirmar la eliminación del óxido con el test del ferroxilo. Lavar con agua limpia o ácidos nítrico o acético diluidos
Rugosidades	Pulir con un abrasivo de grano fino.
Marcas de electrodos	Eliminar mediante pulido con abrasivo de grano fino, o soldar encima si está en la línea de la soldadura.
Salpicaduras de soldadura	Prevenirías mediante la utilización de una película adhesiva a los costados del cordón de soldadura, o eliminarías utilizando un abrasivo de grano fino.
Marcas de decapante de soldadura	Eliminar mediante abrasivo de grano fino.
Defectos de soldadura	Si es inaceptable, eliminar con amoladora y volver a soldar.
Aceite y grasa	Eliminar con solventes o limpiadores alcalinos.

Imagen 5.18. Manual de operación de un reactor Batch (página 5). Fuente: Autoras.

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA UNAN - MANAGUA</p>	Recinto universitario Rubén Dario Facultad de ciencias e Ingenierías Departamento de Química Química Industrial		
Fecha de emisión: 08-05-2021	Versión: 01	Código: MDOM-01	Hojas 6 de 6
Manual de operación y mantenimiento de un reactor Batch			

Residuos de adhesivos	Eliminar con solventes o mediante pulido con abrasivo de grano fino.
Pintura, tiza y crayón	Lavar con agua limpia y/o limpiadores alcalinos.
Productos de proceso	Lavar con agua limpia o vapor, o disolver mediante solvente adecuado.
Depósitos coloreados	Disolver con ácidos nítrico, fosfórico o acético al 10-15 %. Lavar con agua limpia.

Fuente: (Aceros inoxidables , 2021)

1.6. Otros cuidados

Tener precaución de que la resistencia del equipo nunca quede seca es decir siempre tenga un nivel de agua adecuado para evitar daños definitivos en la resistencia.

Imagen 5.19. Manual de operación de un reactor Batch (página 6). **Fuente:** Autoras.

Anexo 13

13.1. Norma técnica obligatoria nicaragüense. Harina de maíz y sémola de maíz sin germen. NTON 03 096-11. Basada en la CODEX STAN 152-1985 norma técnica obligatoria nicaragüense

1. Objeto

Establecer los requisitos mínimos de calidad e inocuidad que debe cumplir la harina maíz y sémola de maíz sin germen.

2. Campo de aplicación

2.1. La presente norma se aplica a la harina y sémola de maíz sin germen destinadas al consumo humano directo, obtenidas de la molienda de granos de maíz común, *zea mays l*.

2.2. Esta norma no se aplica a la harina de maíz entero, a las harinas finas de maíz, a la sémola de cocción rápida, a la sémola de maíz molido, a las harinas de maíz que no necesitan levadura, a las harinas de maíz enriquecido, a la sémola de maíz enriquecido, a las harinas de maíz tamizado, a los copos de maíz y a los productos de maíz obtenidos mediante proceso alcalino.

2.3. Esta norma no se aplica a las harinas de maíz que se añaden en la preparación de la cerveza, ni a las harinas de maíz utilizadas para fabricar almidón y para otros usos industriales, ni a las harinas de maíz para la fabricación de piensos.

3. Descripción

3.1. **Harina de maíz sin germen.** El alimento que se obtiene de los granos de maíz, *zea mays l*, totalmente maduros, sanos, sin germen, exentos de impurezas, moho, semillas de malas hierbas y otros cereales mediante un

proceso de molienda durante el cual se pulveriza el grano hasta que alcance un grado apropiado de finura y se le quita el salvado y el germen. Durante esa elaboración es posible que se separen partículas gruesas de los granos de maíz molidos, y vuelvan a molerse para mezclarlas con la materia de la que fueron separadas.

3.2. **La sémola de maíz sin germen.** Es el alimento que se obtiene de los granos de maíz, *zea mays I*, totalmente maduros, sanos, sin germen, exentos de impurezas, moho, semillas de malas hierbas y otros cereales mediante un proceso de molienda durante el cual se pulveriza el grano hasta que alcance un grado apropiado de finura y se le quita casi completamente el salvado y el germen.

4. Composición esencial y factores de calidad

4.1. Factores de calidad – generales

- La harina y sémola de maíz sin germen debe ser inocua y apropiada para el consumo humano.
- La harina y sémola de maíz sin germen debe estar exentas de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
- La harina y sémola de maíz sin germen debe estar exentas de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

4.2. Factores de calidad – específicos

- Contenido de humedad: 14,0 % m/m máximo
Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos.

5. Contaminantes

5.1. Metales pesados

La harina y sémola de maíz sin germen debe estar exentas de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

Tabla 5.13.

Metales pesados que pueden causar daño para la salud humana.

Metal pesado	LMR
Plomo (Pb)	0,20 mg/kg
Cadmio (Cd)	0,20 mg/kg

Fuente: (NTON, 2012).

5.2. Residuos de plaguicidas

La harina y sémola de maíz sin germen debe ajustarse a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

Tabla 5.14.

Residuos de plaguicidas nocivos para la salud humana.

Plaguicida	LRM
Paraquat	0,05 mg/Kg
Forato	0,05 mg/Kg
Floruro de sulfurilo	0,1 mg/Kg
Propargita	0,2 mg/Kg

Fuente: (NTON, 2012).

5.3. Micotoxinas

La harina y sémola de maíz sin germen debe ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la comisión del codex alimentarius para este producto.

5.4. Criterios Microbiológicos.

La harina de maíz y sémola de maíz sin germen debe cumplir con:

Imagen 5.20.

Criterios microbiológicos de la harina de maíz.

Parámetro	Plan de Muestreo				Límite	
	Tipo de Riesgo	Clase	n	C	m	M
Recuento de Moho y Levaduras	B	3	5	1	10 UFC/g	10 ³ UFC/g
Escherichia coli		5	5	2	-	≤10 ¹
Salmonella spp		2	5	0	Ausencia	

Fuente: (NTON, 2012).

6. Higiene

Los manipuladores de alimentos deben cumplir con lo que establece la NTON norma sanitaria de manipulación de alimentos. Requisitos sanitarios para manipuladores.

7. Envasado

La harina y sémola de maíz sin germen debe envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

Los recipientes, incluido el material de envasado, debe estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No debe transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables. Cuando el producto se envase en sacos, éstos deben estar limpios y nuevos, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

8. Etiquetado

Además de los requisitos de la norma técnica obligatoria nicaragüense de etiquetado de alimentos preenvasados para consumo humano

- Nombre del producto:

El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será “harina de maíz sin germen” ó “sémola de maíz sin germen”.

- Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor: La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañen. El nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deben aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

Nota: Aquellas harinas de maíz y sémola de maíz sin germen que declaren en su etiqueta la fortificación de hierro deben especificar la cantidad del micronutriente.

9. Almacenamiento y transporte

- El Almacenamiento de este producto debe cumplir con lo establecido en la NTON norma técnica obligatoria nicaragüense de almacenamiento de productos alimenticios.
- El transporte de este producto debe cumplir con lo establecido en la NTON norma técnica obligatoria nicaragüense de requisitos para el transporte de productos alimenticios.

10. Otros

Especificación de los datos permisibles según la normativa obligatoria nicaragüense de la harina y sémola de maíz.

Imagen 5.21.

Datos permisibles de harina y sémola de maíz.

FACTOR/ DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE	METODO DE ANALISIS	PRINCIPIO	TIPO
CENIZA	Máx.: 1,0 % referido al peso en seco	AOAC 923.03 ISO 2171:1993 ICC No. 104/1 (1990)	GRAVIMETRICO	I
PROTEÍNA (N X 6,25)	Mín.: 7,0 % referido al peso en seco	Método KJELDAHL ICC 105/1 para determinación de la proteína cruda en cereales y productos a base de cereales para alimentos y piensos (Tipo I) - Catalizador selenio/cobre ISO 1871:1975	TITIMETRICO	I
GRASA NO REFINADA	Máx.: 2,25 % referido al peso en seco	AOAC 945.38F; 920.39C	GRAVIMETRICO (También extracción)	I
GRANULOSIDAD		AOAC 965.22	TAMIZADO	I
HARINA DE MAÍZ SIN GERMEN	El 95 % o más deberá pasar por un tamiz de 0,85 mm; - y - El 45 % o más deberá pasar por un tamiz de 0,71 mm; - y - El 25 % o menos deberá pasar por un tamiz de 0,210 mm	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones de tamizado como en los tamices de ensayo ISO 3310/1-1982)		
SÉMOLA DE MAÍZ SIN GERMEN	El 95 % o más deberá pasar por un tamiz de 2,00 mm; - y - El 20 % o menos deberá pasar por un tamiz de 0,71 mm	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones de tamizado como en los tamices de ensayo ISO 3310/1-1982)		
HUMEDAD		ISO 712:1998 ICC Método No 110/1 (1986)	GRAVIMETRICO	I

Fuente: (NTON, 2012).

Anexo 14

14.1. Resultados de los análisis microbiológicos realizados a una muestra de la cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6)

Tabla 5.15.

Resultados de análisis microbiológicos realizados a la cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6), por el centro de investigación de biotecnología, UNAN-Managua.

Parámetro	Método	Resultados	Límite de detección	NTON 03038-06	Unidades
Mohos	FDA/BAM	<10	1	20	UFC/ml
Recuento aeróbico en placas	FDA/BAM	23	1	100	UFC/ml
Coliformes totales	FDA/BAM	0	<3	Ausente	NMP/ml
Coliformes fecales	FDA/BAM	0	<3	Ausente	NMP/ml

Fuente: Centro de investigación de biotecnología, UNAN-Managua.

Anexo 15

15.1. Catálogo de imágenes sobre el proceso de elaboración de cerveza artesanal a escala de laboratorio.

15.1.1. Germinación

Imagen 5.22.

Granos de maíz germinados en el día 3.



Fuente: Autoras.

Imagen 5.23.

Granos de maíz germinados en el día 4.



Fuente: Autoras.

15.1.2. Malteado

Imagen 5.24.

Maltas de maíz.



Fuente: Autoras.

Imagen 5.25.

Malta base de maíz.



Fuente: Autoras.

Imagen 5.26.

Malta de maíz (Caramelo).



Fuente: Autoras.

Imagen 5.27.

Malta de maíz (chocolate).



Fuente: Autoras.

15.1.3. Trituración y combinación de los granos malteados.

Imagen 5.28.

Malta combinada y triturada.



Fuente: Autoras.

15.1.4. Maceración

Imagen 5.29.

Proceso de maceración.



Fuente: Autoras.

15.1.5. Cocción

Imagen 5.30. *Cocción del mosto cervecero.* **Imagen 5.31.** *Agregación del lúpulo al mosto cervecero.*



Fuente: *Autoras.*

15.1.6. Choque Térmico

Imagen 5.32. Choque térmico del mosto cervecero para bajar altas temperaturas.



Fuente: Autoras.

Imagen 5.33. Inicio de la fermentación del mosto cervecero. **Imagen 5.34.** Etapa de fermentación casi finalizada.



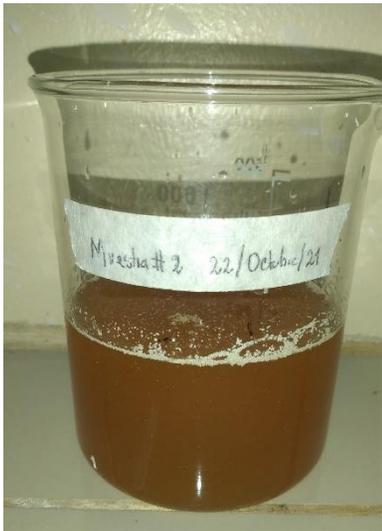
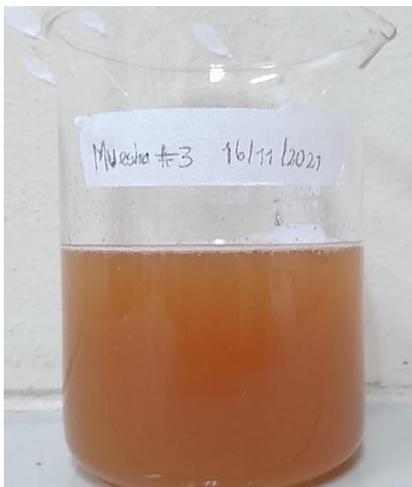
Fuente: Autoras.

Anexo 16

16.1. Catálogo de las formulaciones realizadas.

Tabla 5.16.

Formulaciones de cerveza artesanal tipo ale a partir de maíz (variedad NB6) realizadas.

Formulación uno	Formulación dos	Formulación tres	Formulación cuatro
			

Fuente: Autoras.