

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Estudio de la Influencia de las Etapas del Proceso de Micromalteo  
en la Calidad de la Malta a partir de Maíz (*Zea mays L.*)**

**TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:**

**Br. Jeynner José Cáceres Pérez**

**Br. Fabio Leonel González Vargas**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**TUTOR:**

**MSc. Silvio Andrés Rojas Zambrana**

**Managua, Nicaragua. Mayo 2019**

## **DEDICATORIA**

***A mis Padres. - Jeynner Cáceres***

***A mis padres, esposa e hijo – Fabio González***

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, a mis padres por toda la paciencia y amor todos los días, y a todas las personas que me motivaron a seguir adelante cada día y brindado su apoyo a lo largo de este camino.

A Compañía Cervecera de Nicaragua por la colaboración brindada durante este trabajo, así como al Decano de la Facultad de Ingeniería Química PhD. Rafael Gamero, Heiny Rojas. Y Eder Molina.

Al profesor Ing. Juan Alonso y Encargado de Laboratorio Kevin Gutiérrez

Al profesor Ing. Rodolfo Espinosa por todos los conocimientos impartidos, el tiempo dedicado a nuestras consultas y sus palabras de motivación para la conclusión de este trabajo monográfico.

A Solangie Jerez y Liam González, Esposa e Hijo que me brindaron la fortaleza para seguir adelante cada día.

**- Jeynner Cáceres**

**- Fabio González**

## RESUMEN

En este trabajo se realizó un estudio del maíz (Zea mays L.) como fuente de materia prima para obtener malta; se analizaron las propiedades de la malta obtenida y se comparó con Malta comercial de cebada para valorar su uso posible en la elaboración de cerveza.

Se seleccionó la variedad de Maíz NB-6, suministrado por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), la cual se sometió a proceso de micromalteo y se analizaron 3 variables a 3 niveles; Tiempo de remojo (24, 48 y 72 horas), Tiempo de germinación (96, 120 y 144 horas) y Temperatura de secado (50, 55 y 60 °C). Se evaluaron los efectos de las combinaciones de las variables sobre 4 parámetros a considerar en la malta; Rendimiento de Malta, Extracto de Agua Fría, Extracto de Agua Caliente y Poder Diastásico mediante el diseño de Taguchi, obteniéndose 9 tratamientos por 3 réplicas cada uno para un total de 27 ensayos.

La mejor combinación de experimentos resultó un tiempo de remojo de 72 horas, tiempo de germinación de 144 horas y una temperatura de 60 °C. El Poder Diastásico para estos experimentos resultó entre 32.58 a 36.59 °DP ASBC con un valor máximo de 1012 de gravedad específica en HWE y 1004 en HWE con un porcentaje potencial de volumen de alcohol etílico aproximado de 1.6% y rendimientos de malta de 87% - 88% base seca.

Al realizar un análisis comparativo con malta base de cebada, la malta de maíz proyectó un resultado con un valor de 80.64 °DP ASBC. Este valor es aproximado a las unidades determinadas en el análisis de laboratorio de origen, de 259 °WK ó 78 °L, el cual viene con la información de la malta de cebada (obtenida gracias al apoyo de la Compañía Cervecera Nicaragüense). Los resultados de este estudio permiten concluir que la malta de maíz se clasifica como malta auto convertible, aunque de bajo valor alcohólico y de bajo valor de extractos.

## TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
RESUMEN.....	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos Específicos .....	2
III. MARCO TEORICO .....	3
3.1. Generalidades del Maíz.....	3
3.1.1. Taxonomía y Descripción Botánica	4
3.1.2. Clasificación Morfológica	6
3.1.3. Estructura del Grano de Maíz	8
3.1.4. El Maíz en Nicaragua	10
3.2. Composición Química del Maíz.....	12
3.2.1. Contenido de Humedad	12
3.2.2. Carbohidratos	13
3.2.3. Componentes Nitrogenados	14
3.2.4. Lípidos	15
3.3. Proceso General de Malteo.....	16
3.3.1. Remojo	17
3.3.2. Germinación	18
3.3.3. Horneado	19
3.3.4. Micromalteo	20
3.4. Parámetros de Estudio de Micromalteo.....	21
3.4.4. Rendimiento de la malta	22
3.4.5. Extracto de Agua Fría (Cold Water Extract (C.W.E.)	23
3.4.6. Poder Diastásico	24

3.4.7. Extracto de Agua Caliente (Hot Water Extract H.W.E.)	26
IV. HIPÓTESIS .....	27
V. DISEÑO METODOLOGICO .....	28
5.1. Materiales y Métodos .....	28
5.2. Diseño Experimental .....	28
5.2.1. Factores y Niveles de Factores	29
5.2.2. Arreglo Ortogonal.	30
5.2.3. Definición de Unidad Experimental	30
5.2.4. Variable Respuesta	30
5.2.5. Métodos de Pruebas Puntuales del grano de Maíz ( <i>Zea mays L.</i> )	32
5.2.6. Proceso de Micromalteo para Maíz ( <i>Zea mays L.</i> )	36
5.2.7. Métodos de análisis de malta de maíz ( <i>Zea mays L.</i> )	39
VI. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	44
6.1. Resultados de la pureza de la muestra. ....	44
6.2. Determinación del peso de 1000 granos de maíz.....	45
6.3. Determinación de la Capacidad germinativa del maíz. ....	46
6.4. Determinación de la energía de germinación .....	47
6.5. Determinación de la sensibilidad al agua.....	48
6.6. Determinación de Porcentaje de Humedad.....	49
6.7. Rendimiento de malta de ( <i>Maíz Zea mays L</i> ) .....	51
6.8. Resultados de determinación de porcentaje de Extracto de Agua Fria (Cold Water Extract C.W.E).....	52
6.9. Resultados de determinación de Poder de Diastásico de la Malta (°Diastatic Power ASBC) 27.3.123. AOAC Official Method 935.31 Diastatic Power of Malt. ....	53
6.10. Resultados de determinación Extracto de Agua Caliente (Hot Water Extract .W.E). 55	
6.11. Análisis Estadístico de los parámetros de calidad de la malta .....	57
6.11.1. Pruebas de Normalidad y Homogeneidad de varianzas	57
6.11.2. Análisis de Varianza para % de Rendimientos de malta	58
6.11.3. Análisis de Varianza para % de Extracto de Agua Fria	58
6.11.4. Análisis de Varianza para Poder Diastásico Base seca	59
6.11.5. Análisis de Varianza para Extracto de Agua Caliente	60
6.11.6. Análisis de Efectos para Medias en el rendimiento de la malta	61
6.11.7. Análisis de Efectos para Medias en % de Extracto de Agua Fría	62

6.11.8. Análisis de Efectos para Medias en Poder Diastásico base seca	63
6.11.9. Análisis de Efectos para Medias en % de Extracto de Agua Caliente	64
VII. CONCLUSIONES.....	67
VIII. RECOMENDACIONES .....	68
IX. NOMENCLATURA.....	69
X. BIBLIOGRAFIA.....	71
XI. ANEXOS.....	75

## Índice de Tablas

<b>Tabla 3.1</b> Categoría Taxonómica de la planta de Maíz (Zea mays L.)	5
<b>Tabla 3.2.</b> Tipos de cultivares de maíz registrados para su comercialización en Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA	11
<b>Tabla 3.3</b> Porcentajes de los principales componentes del grano de Maíz (Zea mays L.)	12
<b>Tabla 3.4</b> Rendimientos en malta de maíz secada a 45 °C por 24 horas	23
<b>Tabla 5.1</b> Resumen de aplicación del método experimental Taguchi	31
<b>Tabla 5.2</b> Resumen de corridas de arreglo ortogonales de diseño Experimental Taguchi Corridas del Arreglo L27	31
<b>Tabla 5.3</b> Materiales, equipos e instrumentos para determinación de pureza de la muestra.	32
<b>Tabla 5.4</b> Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la determinación del peso de 1000 granos de Maíz.	32
<b>Tabla 5.5</b> Materiales e instrumentos utilizados en la determinación de la capacidad germinativa del maíz.	33
<b>Tabla 5.6</b> Materiales e instrumentos utilizados para la determinación de energía de germinación.	34
<b>Tabla 5.7</b> Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la Determinación de la sensibilidad al agua.	34
<b>Tabla 5.8</b> Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la Determinación de porcentaje de humedad.	35
<b>Tabla 5.9</b> Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la etapa de remojo	37
<b>Tabla 5.10</b> Materiales, equipos e instrumentos para la Etapa de germinación de maíz.	37
<b>Tabla 5.11</b> Materiales, equipos e instrumentos para etapa de secado de grano de maíz.	38
<b>Tabla 5.12</b> Material, equipo e instrumentos utilizados para la determinación del porcentaje de extracto de agua fría.	39
<b>Tabla 5.13</b> Material, equipo e instrumentos utilizados para la determinación	40



del poder diastásico de la malta.

<b>Tabla 5.14</b> Materiales, equipos e instrumentos utilizados para la determinación de extracto de agua caliente.	43
<b>Tabla 6.1</b> Resultados de pureza de la muestra sobre Maíz (Zea mays L.) variedad NB – 6	44
<b>Tabla 6.2</b> Resultados de la determinación del peso de 1000 granos de maíz.	45
<b>Tabla 6.3</b> Resultados de la determinación de los ensayos de la capacidad germinativa del maíz	46
<b>Tabla 6.4.</b> Resultados de los ensayos de Energía de germinación	47
<b>Tabla 6.5</b> Resultados de determinación de la sensibilidad al agua	48
<b>Tabla 6.6</b> Resultados de pruebas de % de humedad de maíz, maltas de cebada y maltas de maíz.	49
<b>Tabla 6.7.</b> Resultados de porcentajes de humedad en sistema ortogonal L27	50
<b>Tabla 6.8</b> Tablas de % de Rendimiento y Perdidas de malta de maíz en el proceso de micromalteo	51
<b>Tabla 6.9</b> Resultados de determinación de los porcentajes de Extracto de Agua Fría (C.W.E)	52
<b>Tabla 6.10</b> Resultados de determinación de Poder Diastásico en arreglo ortogonal	53
<b>Tabla 6.11</b> Resultado de determinación de Poder Diastásico de malta de cebada base	54
<b>Tabla 6.12</b> Resultados de determinación de porcentaje de Extracto de Agua Caliente (H.W.E.)	55
<b>Tabla 6.13.</b> Resultados de Métodos de análisis de malta de maíz (Zea mays L.) sometidas a proceso de micromalteo.	56
<b>Tabla 6.14</b> Pruebas de normalidad para parámetros de calidad de la malta del Maíz Variedad NB – 6.	57
<b>Tabla 6.15</b> Prueba de Levene	57
<b>Tabla 6.16</b> Análisis de Varianza para % Rendimiento de malta	58

<b>Tabla 6.17</b> Resumen del modelo de Rendimiento de malta	58
<b>Tabla 6.18</b> Análisis de Varianza para % Extracto de Agua Fría	58
<b>Tabla 6.19</b> Resumen del modelo de % Extracto de agua fría	59
<b>Tabla 6.20</b> Análisis de Varianza para Poder Diastásico Base seca	59
<b>Tabla 6.21</b> Resumen del modelo de Poder Diastásico Base seca	59
<b>Tabla 6.22</b> Análisis de Varianza para % Extracto de Agua Caliente	60
<b>Tabla 6.23</b> Resumen del modelo de % Extracto de Agua Caliente	60
<b>Tabla 6.24</b> Respuesta para medias de Porcentaje de rendimiento de malta	61
<b>Tabla 6.25</b> Respuesta para medias %Extracto de agua fría	62
<b>Tabla 6.26</b> Respuesta para medias Poder Diastásico base seca.	63
<b>Tabla 6.27</b> Respuesta para medias %Extracto de Agua Caliente	64
<b>Tabla 6.28</b> Pruebas de análisis de Tukey de rendimiento.	65
<b>Tabla 6.29</b> Pruebas de análisis de Tukey de Poder diastásico Base Seca.	65
<b>Tabla 11.2</b> Total de azúcares reductores requeridos para completar la reducción de 10 ml de solución de Fehling para ser utilizado en conjunción con el método general volumetrico Lane – Eynon	75

## Índice de Figuras

<b>Figura 3.1</b> Transición simple del teosinte al maíz actual.	3
<b>Figura 3.2</b> Descripción botánica de una planta de Maíz adulta.	4
<b>Figura 3.3.</b> Tipos de Endospermo.	6
<b>Figura 3.4.</b> Corte longitudinal de un grano de maíz.	9
<b>Figura 3.5</b> Variedades de maíz optimas por zona Imagen.	10
<b>Figura 3.6</b> Estructura química de la amilosa.	13
<b>Figura 3.7</b> Representación de una molécula de amilopectina ramificada con sus respectivos enlaces alfa y extremos reductores.	14
<b>Figura 3.8</b> Esquema de la reacción reversible del azul de metileno como indicador redox en presencia de un medio reductor y de uno oxidante.	24
<b>Figura 5.1</b> Diagrama de Flujo de Proceso experimental de micromalteo de Maíz Variedad NB-6	36
<b>Figura 6.1</b> Revisión de muestras de maíz y contabilización de impurezas sobre una hoja de papel.	44
<b>Figura 6.2</b> Conteo de granos de muestra 1 de 20.05 g	45
<b>Figura 6.3</b> Imagen de la prueba no. 5 de capacidad germinativa con 198 granos germinados.	46
<b>Figura 6.4</b> Ensayo de la determinación de la energía de germinación.	47
<b>Figura 6.5</b> Pruebas 1, 2 y 3 de determinación de sensibilidad al agua.	48
<b>Figura 6.6</b> muestras de análisis de humedad a malta de maíz.	49
<b>Figura 6.7</b> Muestras de análisis de humedad a previo al pesado en el desecador.	49
<b>Figura 6.8</b> Efectos principales para medias de Porcentaje de rendimiento de malta.	61

<b>Figura 6.9.</b> Efectos principales para medias %Extracto de agua Fría.	62
<b>Figura 6.10</b> Efectos principales para medias Poder Diastásico base seca.	63
<b>Figura 6.11.</b> Efectos principales para medias %Extracto de agua Caliente.	64
<b>Figura 11.1</b> Tabla de Referencia de conversión del hidrometro de triple escala.	75
<b>Figura 11.2</b> Total de azúcares reductores requeridos para completar la reducción de 10 ml de solución de Fehling para ser utilizado en conjunción con el método general volumétrico Lane – Eynon.	76
<b>Figura 11.3</b> Especificaciones de lectura y utilización de hidrómetro de triple escala.	77
<b>Figura 11.4</b> Análisis de laboratorio elaborado a Malta de cebada Holland (Malta Base) elaborado por la Universidad técnica de Múnich.	78
<b>Figura 11.5</b> Diagrama de Flujo de Proceso de Determinación de % Extracto de Agua Fría.	79
<b>Figura 11.6</b> Diagrama de Flujo de Proceso de determinación de Poder Diastásico.	80
<b>Figura 11.7</b> Diagrama de Flujo de Proceso de determinación de Extracto de Agua Caliente.	81
<b>Figura 11.8</b> Molino manual utilizado para la molienda de malta.	82
<b>Figura 11.9</b> Sistema de enfriamiento para análisis de malta.	82
<b>Figura 11.10</b> Sistema de filtrado de malta con bomba de vacío y erlenmeyer de Kitasato.	83
<b>Figura 11.11</b> Medición de gravedad específica para Extracto de Agua Fría de ensayo 3.3	83
<b>Figura 11.12</b> Medición de gravedad de Extracto de Agua Caliente de ensayo 3.1	84

<b>Figura 11.13</b> Interior del baño de agua para Extracto de Agua Caliente.	84
<b>Figura 11.14</b> Horno convectivo utilizado en los procedimientos de secado.	85
<b>Figura 11.15 Valoración</b> de Fehling de para Poder Diastásico Ensayo 8.1	85
<b>Figura 11.16 Muestra</b> de malta verde de maíz antes de entrar al horno. Ensayo 5.1	86
<b>Figura 11.17</b> Malta y raicillas después de la etapa de secado de ensayo 5.1	86

## I. INTRODUCCION

En tiempos recientes, Nicaragua ha experimentado el fenómeno de creaciones de micro cervecerías a nivel artesanal, así como semi industrial; donde se ofrece a los consumidores opciones de cervezas con diferente variedad de calidad, sabores y cuerpos. Estas bebidas, aunque sean de producción nacional, utilizan en casi su totalidad materias primas importadas en el proceso de producción.

La materia prima principal de la cerveza es la malta de cebada, pero se puede realizar a partir de otros cereales tales como Sorgo, Trigo, Maíz, Avena, Mijo y Quínoa. Existe un marcado interés por emprendedores en la innovación de procesos y tecnologías que den lugar a productos alimenticios elaborados con materia prima de origen nacional, listos para el consumo; tales emprendimientos generarían un aumento directo en los empleos en las industrias que produzcan alimentos.

A nivel nacional no se encuentran empresas de nivel industrial que implementen procesos o productos que se beneficien del potencial de malteo de los cereales producidos a nivel local, los cuales solamente son aprovechados de manera directa mediante procesos solamente de transformaciones físicas y ocasionalmente en procesos de transformación química. Las empresas de índole naturista son las que toman ventaja a un nivel artesanal para ofrecer productos a base de semillas malteadas entre ellas principalmente Chía (*Salvia hispánica L.*) y Linaza (*Linum usitatissimum*) para un consumo directo y de alto valor nutritivo.

La iniciativa de esta evaluación fue para el aprovechamiento de los cereales en este caso del maíz, como materia prima en la elaboración de malta. Esta evaluación está destinada también a iniciar una línea de antecedentes a nivel nacional que funcione como respaldo en la creación de los productos formulados en base a procesos de malteado ya sean productos finales o intermedios.

El objeto de estudio fueron las condiciones a las que se deben llevar a cabo las etapas de remojo, germinación y secado de las semillas de Maíz en base al índice de transformación de los carbohidratos que posee a azúcares reductores.

Se realizó una evaluación de las propiedades de malteo del maíz para evaluar su viabilidad en el aprovechamiento del proceso de malteo mediante métodos oficiales de AOAC (Association of Official Analytical Chemists), IOB (Institute of Brewing) y ASBC (American Society of Brewing Chemists). El estudio se plantea como un antecedente de investigación de la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad Nacional de Ingeniería, en el área de alimentos, relacionado al proceso de malteo de cereales.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

- Estudiar los efectos de las etapas del proceso de Micromalteo en la calidad de la malta obtenido a partir de maíz (*Zea mays L.*).

### 2.2. Objetivos Específicos

- Determinar Cuantitativamente la viabilidad de germinación de Maíz (*Zea mays L.*) mediante ensayos de Capacidad Germinativa, Porcentaje de Energía de Germinación y Sensibilidad al Agua.
- Cuantificar el rendimiento de malta a partir del proceso de Micromalteo de Maíz (*Zea mays L.*).
- Evaluar Extracto de Agua Fría, Extracto de Agua caliente y Poder Diastásico de malta a diferentes condiciones de Micromalteo de Maíz (*Zea mays L.*).
- Evaluar comparativamente los resultados del rendimiento de semillas de maíz con resultados reportados en la literatura para el caso de la cebada. (*Hordeum Vulgare*)

### III. MARCO TEORICO

#### 3.1. Generalidades del Maíz

El Maíz pertenece al grupo de las gramíneas, de los cereales más importantes considerados como alimentos, perteneciente a la especie *Zea mays L.*, cuyo cultivo tiene origen en América principalmente en las zonas donde se asentaron las civilizaciones precolombinas de la parte sur de México y en países de Centroamérica hace unos 8 mil años aproximadamente. Una de las hipótesis mejores fundamentadas es que se deriva del teosinte conocida por ser una maleza. Luego de la llegada de los conquistadores al nuevo continente, éste se difundió por todo el mundo entre los siglos de XVI y XVII. (Wrigley & Batey, 2010) (Castillo y Bird, 2013).

El maíz es característico por ser fácilmente cultivable, tiene un gran rendimiento, fácilmente almacenable y alto contenido en almidón el cual puede ser metabolizado en energía fácilmente por el cuerpo humano. Representa un gran valor cultural principalmente en las regiones de África, Mesoamérica y Suramérica, el cual es de vital importancia en la dieta de la población. (Henry & Ketlewell 1996).

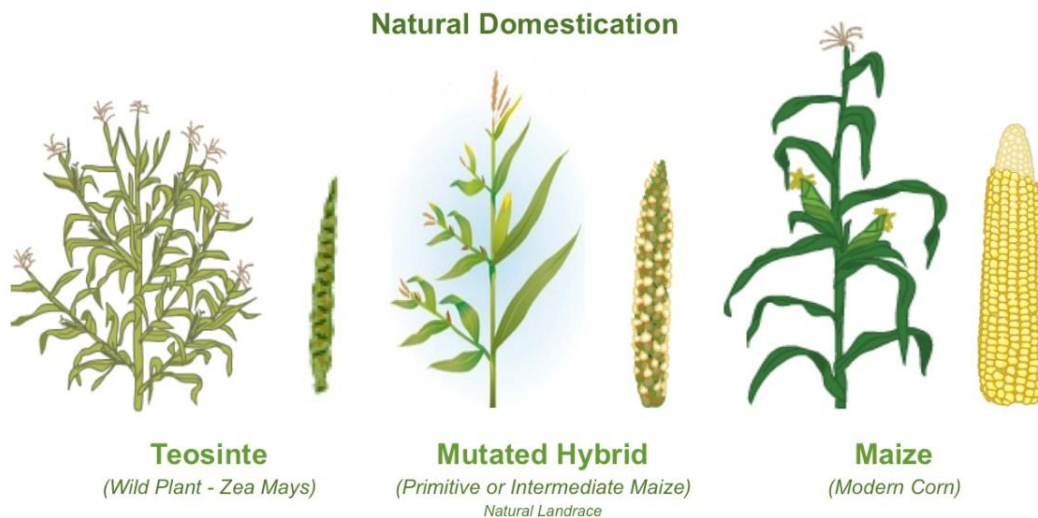


Figura 3.1 Transición simple del teosinte al maíz actual (Buggs,2007).



### 3.1.1. Taxonomía y Descripción Botánica

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo que se puede sembrar todo el año lo que la convierte en una gramínea anual, robusta de crecimiento determinado de 1 a 5 metros de altura, un solo tallo dominante, el cual puede producir hijos fértiles. Es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae. Al género *Zea* además de la especie *Zea mays L.* el cuál es el maíz común se le conocen cuatro especies denominadas teosintes (*Zea mexicana*, *Zea luxurians*, *Zea diploperennis*, y *Zea perennis*) (INTA, 2010).

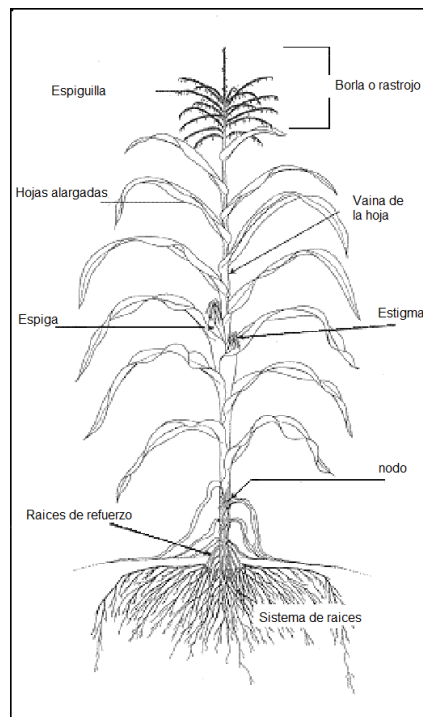


Figura 3.2. Descripción botánica de una planta de Maíz adulta. (INTA, 2007)

- Raíz

La planta de Maíz posee dos tipos de raíz, el primer tipo de ellas se caracteriza por ser fibrosas y el segundo tipo por ser adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo las cuales tiene el principal papel de sostener a la planta erecta para su correcto desarrollo. Esto implica que una cantidad de raíces quedaran expuestas en la superficie del suelo lo cual lo convierte en una planta susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes con poco valor nutritivo para el cultivo y la vulnerabilidad de ceder y caer ante ráfagas de viento muy fuertes. (INTA, 2010) (Wikipedia, s.f.)

Tabla 3.1 Categoría Taxonómica de la planta de Maíz (*Zea mays L.*)

Categoría Taxonómica	
Reino:	Plantae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Sub - Familia:	Panicoideae
Género:	Zea
Especie:	<i>Zea mays L.</i>

Nota: Descripción y clasificación botánica de la planta de Maíz (*Zea mays L.*) (Wikipedia 2019).

- Tallo

El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior impermeable y una pared por circulan las sustancias alimenticias y una medula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias en especial azucares.

- Hojas

Las hojas tienen una forma alargada arrollada al tallo del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta.

- Florescencia

El maíz es una planta monoica (presencia de flores masculinas y femeninas en distintos órganos de la planta), con flores femeninas en las mazorcas laterales, flores masculinas que surgen de uno a dos días antes de la floración femenina.

- Granos

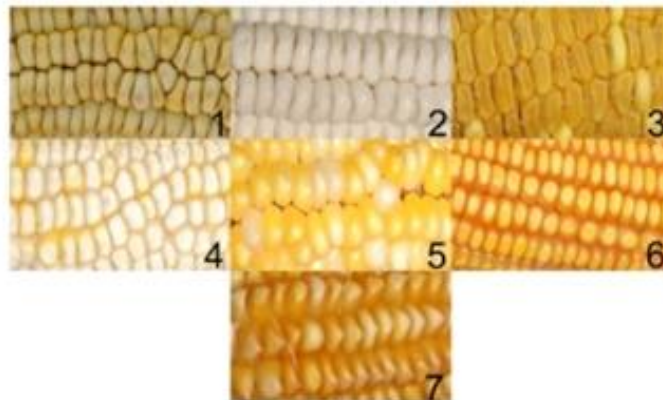
En la mazorca cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide que está insertado en el raquis cilíndrico u olote. La cantidad de maíz producido por cada mazorca está delimitada por el número de granos en la hilera y por el número de hileras contenida en la mazorca.

### 3.1.2. Clasificación Morfológica

Los cultivos comercialmente importantes pueden ser divididos en cinco tipos: Dentado, Harinoso, Rocos, Popcorn y Maíz Dulce.

- Maíz Dentado

El maíz dentado es el tipo de maíz mayormente cultivado en los Estados Unidos. Este es un cruce entre Maíz del tipo rocoso y harinoso y se pueden encontrar diferentes proporciones de estos dos tipos de maíz en el tipo dentado. Este se origina su nombre debido por la característica corona en forma de diente que se forma en la corona del grano lo cual ocurre principalmente durante la maduración y el secado. Esta forma resulta del colapso de la matriz proteínica en el endospermo harinoso el cual generalmente es el centro del grano. Esta región es demasiado débil como para soportarse por sí sola durante el secado y colapsa (Henry & Ketlewell 1996).



**Figura 3.3** Tipos de Endospermo: 1. Harinoso, 2. Semiharinoso, 3. Dentado, 4. Semidentado, 5. Semicristalino, 6. Cristalino, 7. Reventador. Paredes,

- Maíz Harinoso

Este tipo de maíz es uno de los más antiguos tipos de maíz caracterizado principalmente por la ausencia de endospermo vidrioso o duro, estos granos generalmente son largos y planos. Durante el secado el endospermo uniformemente se arruga dando como resultado dificultades en la identificación del grano. Este tipo de maíz es cultivado principalmente en América del Sur (Henry & Ketlewell 1996).

- Maíz Rocoso

Este tipo de maíz se caracteriza principalmente por poseer una gruesa capa de endospermo vidrioso el cual rodea el pequeño centro de suave o harinoso endospermo. Durante el secado no ocurre que el grano toma forma de diente debido a la predominancia del endospermo vidrioso o duro. Este tipo de maíz es cultivado principalmente en Argentina y en menor escala en otros países del Sur de América así mismo en algunos países de Europa (Henry & Ketlewell 1996).

- Maíz Popcorn

El maíz tipo Popcorn es una variación del maíz rocoso el cual ha sido elegido a lo largo de los años debido a la habilidad de los granos de reventar durante el cocinado rápido al que se someten. Los granos individuales revientan debido al aumento de la presión interna ocasionado por rápido calentamiento del grano. La humedad en el endospermo se vaporiza, pero es incapaz de escapar debido a la baja difusividad de la gruesa matriz proteínica estructural que encapsula a los gránulos de almidón. (Henry & Ketlewell 1996).

El vapor se acumula en un área demasiado pequeña en la parte central de cada granulo de maíz. Cuando la presión total interna de este grano de maíz excede la fuerza mecánica del grano de maíz este revienta liberando así vapor de agua del grano. Cada granulo de maíz explota expandiendo la caliente matriz de proteína el cual rodea el granulo de maíz como un balón. La matriz de la proteína se expande y se congela junto con el almidón gelatinizado y distribuido por todo el interior de la matriz (Henry & Ketlewell 1996).

- Maíz Dulce

El maíz dulce es una variante genética del maíz el cual inhabilita la conversión de azúcar en almidón durante el desarrollo del grano. El resultado de este es una acumulación de azúcar en el endospermo como un grano desarrollado. El temprano almacenamiento y la cocción de este maíz dan como resultado un sabor dulce satisfactorio. Comercialmente el grano dulce de maíz puede ser cortado directamente de la mazorca y ser enlatado para su posterior consumo (Henry & Ketlewell 1996).

### **3.1.3. Estructura del Grano de Maíz**

- El Pericarpio

Es la capa externa protectora la cual es encargada de la protección del grano contra agentes patógenos, así como insectos que se alimentarían y perjudicarían la integridad del grano, compuesta principalmente por celulosa y hemicelulosa.

La parte del pericarpio que une el grano con la mazorca se llama Pedicelo la cual actúa como el acceso y se encarga del transporte de nutrientes y componentes de la planta de maíz adentro del grano. Esta es la parte más frágil del grano la cual se puede ver afectada durante el proceso de remojo del grano. Este al final de la maduración desarrolla una pared oscura de células densas con el fin de cerrar este acceso al grano. Dependiendo de las condiciones del proceso de remojo esta parte del grano es el acceso principal al agua a la estructura interna del grano siempre cuando se den las condiciones adecuadas para dar inicio al proceso de germinación (Henry & Ketlewell, 1996).

- El Germen

Es la parte viva del grano conteniendo la información genética necesaria para el desarrollo y reproducción del grano de maíz. Desde la perspectiva del proceso del maíz la parte del germen es la más importante por dos razones. La primera es que representa la principal fuente de aceite en el grano y la segunda es que tiene un importante índice de absorción de humedad mayor que las otras partes del grano característica necesaria para el desarrollo de las reacciones vitales en el desarrollo del grano (Henry & Ketlewell, 1996).

- El Endospermo

Constituye la mayor parte de un grano de maíz el cual es almidón. Al mismo tiempo el 70% de la proteína está en el endospermo. El germen es rico en lípidos, pero el 70% de cenizas y azúcares. En cuanto al aceite contenido en el germen el más importante ácido es el ácido linoleico lo que aumenta sus efectos dietéticos. Aquí hay dos tipos de endospermo uno es endospermo duro el cual es llamado vidrioso o traslucido y el endospermo suave llamado también harinoso o opaco. Los dos tipos de endospermos poseen una composición similar sin embargo el endospermo duro generalmente posee un contenido mayor de proteína. Estructuralmente el

endospermo suave es más débil y menos denso. Esta región del grano colapsa cuando se somete a la remoción de agua (Henry & Ketlewell 1996).

La matriz estructural del endospermo es compuesta principalmente de prolamina soluble alcalina conocida como Gluteína. Incrustado en la estructura proteínica de la Gluteína se encuentran pequeñas estructuras proteínicas de forma esféricas compuestas de la proteína Zeína. La Zeína es una proteína que es soluble en alcohol la cual tiene aplicaciones industriales tales como revestimiento para capsulas farmacéuticas. (Henry & Ketlewell, 1996).

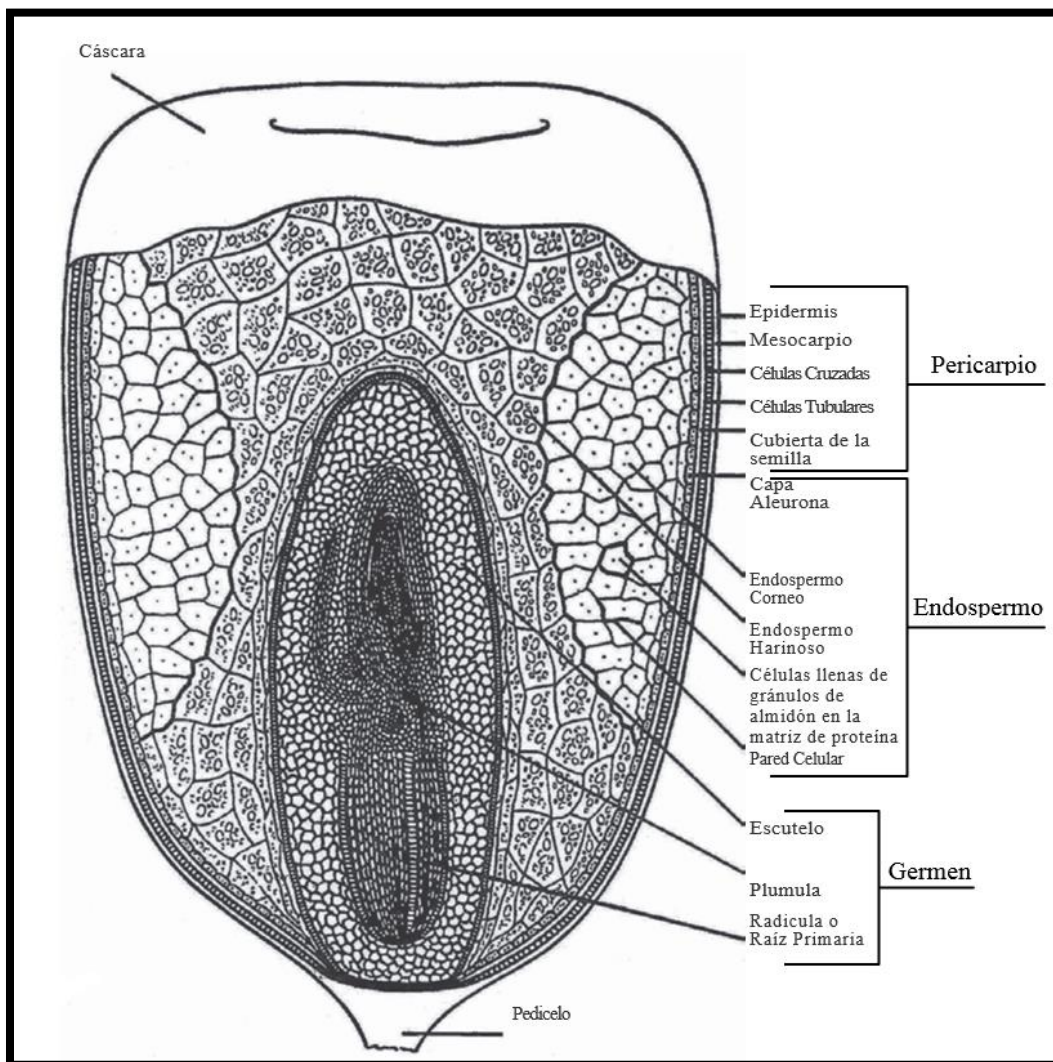


Figura 3.4. Corte longitudinal de un grano de maíz. (Wrigley & Batey, 2010).

### 3.1.4. El Maíz en Nicaragua

Cuando se trata de granos, en Nicaragua se cuenta con una variedad de 61 tipos diferentes de granos básicos cultivables. Siendo los cuatro principales el sorgo que presenta la mayor variedad con 20, seguido del maíz con 18 variedades luego el arroz con 14 y finalmente 9 variedades para el frijol. Estos pueden estar registrados como producción local (variedad criolla) e importada, híbridos y polinización libre. De los 18 cultivares registrados de Maíz en Nicaragua que pueden ser adquiridos a través del INTA, once son de tipo importado y los siete restantes son de desarrollo criollo. De acuerdo a su naturaleza genética el 72 % de los cultivares de maíz son híbridos y el 28 % restante es de polinización libre (INTA, 2014).

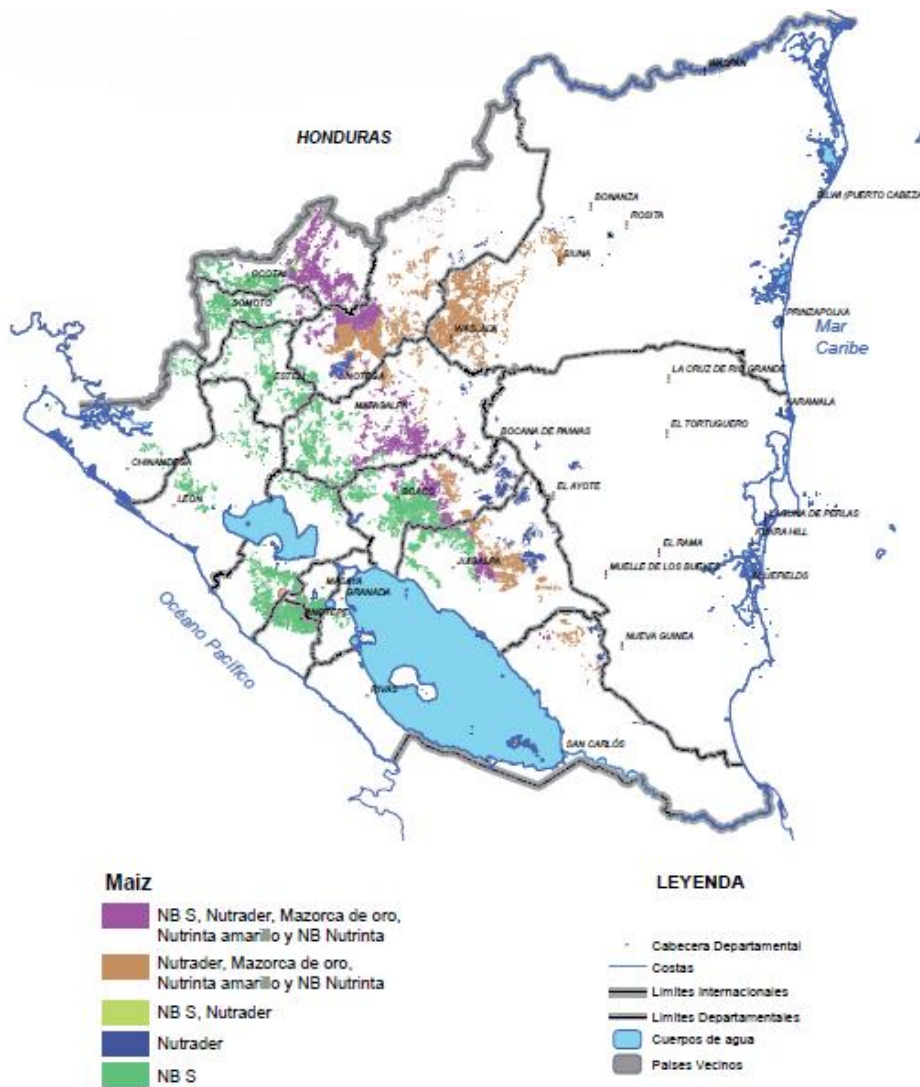


Figura 3.5 Variedades de maíz óptimas por zona Imagen. (INTA, 2010).

Respecto al color característico de cada uno de los 18 cultivares de maíz, 14 de ellos son blancos y únicamente 4 son amarillos. (INTA 2014). Cabe resaltar que el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria realiza ocasionalmente procesos de fitomejoramiento en conjunto con los agricultores de diferentes zonas del país sobre todo en zonas del norte (Las Segovias, Matagalpa, Jinotega y RAAN). Por ello se pueden encontrar otras variedades diferentes de las citadas anteriormente que son proporcionadas por los agricultores para su fitomejoramiento (INTA, 2015).

Entre el periodo de 2001 – 2013, los departamentos en donde se siembra más maíz han sido Jinotega, Matagalpa y Nueva Segovia, las que en su conjunto representaron 47.1 por ciento del total de área sembrada. En consonancia con lo anterior, las mayores producciones se dan en estos departamentos, los que en su conjunto han producido el 67 por ciento del total. Siguiendo a estos departamentos, de forma individual aparecen, de lejos, Siuna (6.5%), Estelí (4.7%) y Chinandega (4.0%) (Castillo y Bird, 2013).

**Tabla 3.2** Tipos de cultivares de maíz registrados para su comercialización en Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA.

Cultivares criollos de polinización libre	Cultivares de producción nacional híbridos	Cultivares importados híbridos
NB – 6	H INTA – 991	DK – 357
NB 9043 (Catacama)	H INTA Oro Doble	HS - 5G
NB – S		HS – 23
Nutrinta Amarillo		DK – 7088
Nutrader		P4082W
		P4063W
		30F35
		30F96
		HR – 99
		HR – 101
		HR – ORO

Fuente: Elaboración propia con el catálogo de cultivares de granos básicos registrados y autorizados para la producción y comercialización del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).



### 3.2. Composición Química del Maíz

Los granos de maíz están compuestos aproximadamente 73% de almidón, 10% proteína, 5% grasas y el restante fibras, vitaminas y minerales. En la estructura del maíz las tres principales partes son: Pericarpio, Endospermo y Germen. El pericarpio en esta parte es la parte externa protectora del grano de maíz compuesta principalmente por celulosa y hemicelulosa lo cual lo cual hace que tenga cierta resistencia al agua (Wrigley & Batey, 2010).

#### 3.2.1. Contenido de Humedad

La humedad está presente en el grano de maíz como en todos los organismos vivientes. El agua está presente tanto en forma libre como en forma compuesta. La forma compuesta la cual fisicoquímicamente son materias coloidales como proteínas y carbohidratos y de ahí su diferencia del agua libre. El agua libre se refiere a la humedad física la cual posee todas las propiedades físicas del agua, se puede congelar y evaporar relativamente fácil.

**Tabla 3.3** Porcentajes de los principales componentes del grano de Maíz (*Zea mays* L.) (Wrigley & Batey, 2010).

Partes del Grano		% Almidón	% Lípidos	% Proteínas	% Cenizas	% Azúcares
Endospermo	Media	98.10	15.40	73.80	17.90	28.90
	Rango	97.8 – 98.7	13.3 – 17.4	69.5 – 78.9	12.6 – 23.3	23 – 37.3
Germen	Media	1.50	82.60	26.20	78.40	69.30
	Rango	0.7 – 1.7	80.9 – 85.0	18.4 – 27.8	72.4 – 83.3	60.8 – 75.1
Pericarpio	Media	0.60	1.30	2.60	2.90	1.20
	Rango	0.4 – 0.7	0.8 – 1.7	1.4 – 2.6	0.9 – 3.6	0.7 – 1.7

En los métodos de la determinación de la humedad del grano la mayoría del agua que se determina es la de su forma libre. Los procesos vitales como la germinación son iniciados por la presencia de agua en su forma libre; es por eso que uno de los objetivos del almacenamiento de los granos es la regularización de la humedad en el ambiente la cual no debe superar sus niveles críticos la cual en la mayoría de las plantas puede llegar a ser entre un 14% 15% (Wrigley & Batey, 2010).

### 3.2.2. Carbohidratos

En los cereales los carbohidratos son encontrados en grandes cantidades las cuales pueden ser encontradas en forma de azúcar, almidón, celulosa y polisacáridos no celulosos. El azúcar es encontrado en los granos de maíz en un nivel del 1% al 3%. En el embrión los azúcares se encuentran en grandes cantidades como disacáridos, así como en menores cantidades los monosacáridos. Celulosa, hemicelulosa, y sustancias pépticas son primariamente encontradas en el pericarpio. El almidón es el más importante polisacárido encontrado en los granos de cereal constituyendo del 60% al 80% de la materia seca en el grano. La mayoría del almidón es encontrado en las paredes del endospermo en forma de gránulos cuya forma y tamaño son característicos de la especie del grano (Wrigley & Batey, 2010).

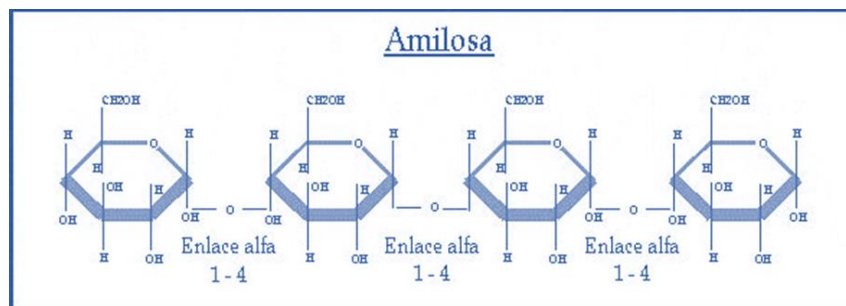


Figura 3.6 Estructura química de la amilosa (Serna-Saldivar 2010)

El almidón consiste en dos componentes principales: amilosa y amilopectina la cual está presente en una proporción 1:3 en almidones de varios orígenes. Para el maíz ordinario las proporciones de amilosa y amilopectina son de un 26 a 27% y 73 a 74% respectivamente y se encuentran dentro de las diferentes formas del grano de almidón (bola, lenticular, riñón, rectangular o multiangular) y su tamaño determinado en  $\mu\text{m}$  permite la diferenciación microscópica para el tipo de harina que se puede producir.

Las partículas de almidón más grandes son encontradas en forma de bola o riñón las cuales pueden alcanzar diámetros entre 15 a 40  $\mu\text{m}$  donde las más pequeñas de forma de bola pueden alcanzar diámetros de 1 a 10  $\mu\text{m}$  (Serna-Saldivar 2010)

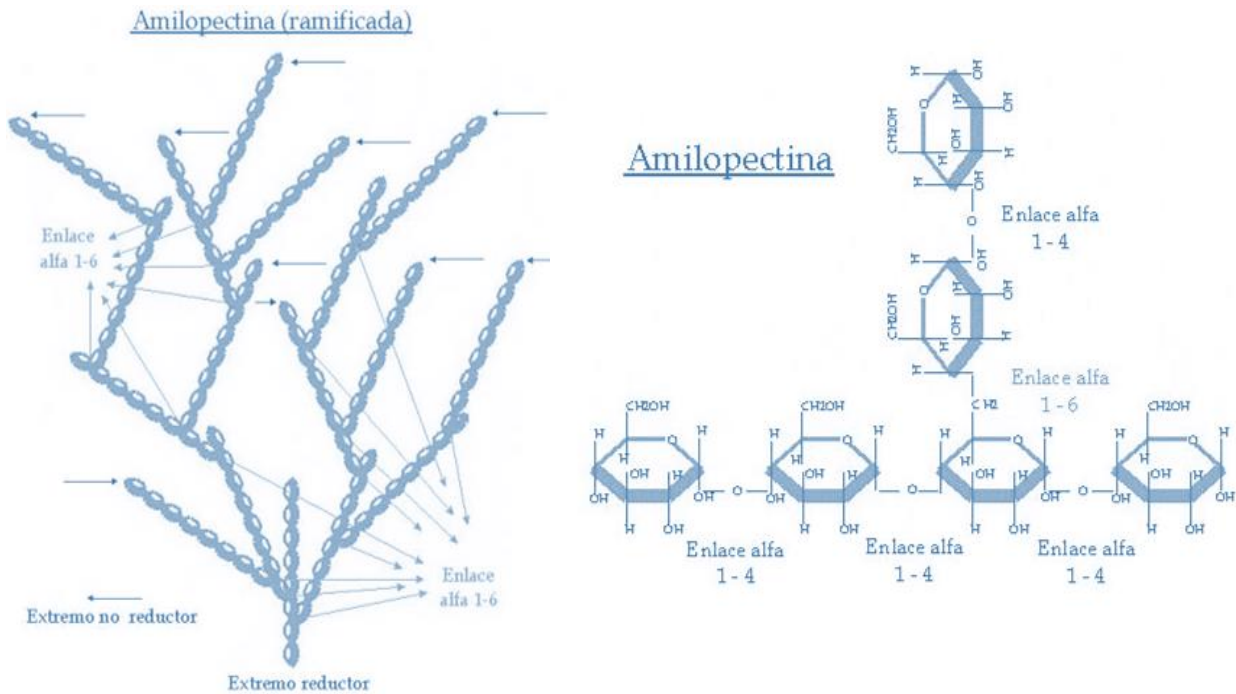


Figura 3.7 Representación de una molécula de amilopectina ramificada con sus respectivos enlaces alfa y extremos reductores. (Izq) y Representación de una ramificación de amilopectina según diagrama de Haworth (Der). Recuperado de: [http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/transformaciones\\_quimicas\\_coccion.html](http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/transformaciones_quimicas_coccion.html)

### 3.2.3. Componentes Nitrogenados

Las sustancias nitrogenadas en el grano de maíz pueden ser divididos inicialmente en dos grupos nombrados compuestos orgánicos e inorgánicos. La cantidad de compuestos inorgánicos nitrogenados encontrados en el grano de maíz son muy pocas, principalmente consisten en derivados de amoníaco y compuestos de nitratos. Las proteínas juegan un rol importante en la formación del proceso de germinación, maduración y almacenamiento del grano. Las proteínas son importantes constituyentes con respecto a la utilización del maíz. Los productos hechos de maíz y su digestibilidad, valores nutricionales, y propiedades estáticas dependen principalmente de las proteínas (Wrigley & Batey, 2010).

En cuanto a los componentes orgánicos nitrogenados contenidos en el grano de maíz, las cantidades de aminoácidos son insignificantes. Las proteínas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: funcionales y de almacenamiento. Las funcionales incluyen las enzimas importantes las cuales están contenidas principalmente en el endospermo y también en la capa aleurona y en el germen. La clasificación más ampliamente aceptada de las proteínas de los granos en la literatura técnica es basada en sus solubilidades nombradas por el procedimiento de fraccionamiento de Osborne las cuales están nombrados en las categorías: Albuminas, Globulinas, Prolaminas y Glutelinas (Wrigley & Batey, 2010).

Las proteínas simples Albuminas (Solubles en agua); y Globulinas (Solubles en solución salina) estas se encuentran en los granos relativamente en menores cantidades. Para las Albuminas la leucosina es la proteínas más importante y conocida dentro del grano de maíz. La globulina del grano de maíz es llamada maizina. (Wrigley & Batey, 2010).

A pesar de que las enzimas se encuentran en pequeñas cantidades en el grano de maíz ellas juegan un importante rol en la formación de almidón, proteínas y grasas. El grano procesa estos elementos durante la fase de germinación. La actividad enzimática depende principalmente de la cantidad de humedad dentro del grano en desarrollo, disminuyendo con el avance de la maduración es cuando le sigue un estado estático a esta actividad, pero incrementa nuevamente una vez que se da a lugar el proceso de germinación (Wrigley & Batey, 2010).

#### **3.2.4. Lípidos**

El endospermo y la cascara son bajos en grasas, mientras tanto el germen y la capa aleurona son ricos en aceites. El aceite de maíz pertenece a los aceites insaturados comenzando por el principal de estos contenidos en el grano que es un ácido graso como lo es el ácido linoleico, el cual es seguido principalmente en abundancia por ácido palmítico y ácido esteárico. Estos componentes se pueden extraer con solventes orgánicos, y se extraen productos como esteroides, vitaminas mezcladas y pigmentos en adición a las grasas y aceites extraídos (Wrigley & Batey, 2010).

Bajo la influencia de la enzima Lipasa los diferentes tipos de grasas son transformados en glicerina y ácidos grasos libres durante el almacenamiento.

Cuando se es expuesto el grano de maíz a condiciones de aire y luz estas grasas se enrancian rápidamente produciendo olores y sabores desagradables. Los fosfátidos (lecitina y cefalina) son encontrados principalmente en el germen y en la capa aleurona. Las lipasas descomponen estos materiales y resultan en ácido fosfórico lo cual causa la acidificación en el grano almacenando más fosfátidos, pero estos son encontrados en formas compuestas junto con las proteínas y carbohidratos (Wrigley & Batey, 2010).

### **3.3. Proceso General de Malteo**

La palabra Malta es derivada del origen anglosajón *mealt* o *melt* la cual se refiere a lo blando que se vuelve el grano durante la germinación o quizás a maulled o maled (quebrado o molido) podría deberse a que todas las maltas son sometidas a molienda antes del proceso de cerveza. El proceso de malteo y elaboración de cerveza van de la mano y quizás son los procesos biotecnológicos más antiguos siendo practicados hace unos 8,000 años. La calidad de la malta depende de variables tales como: condiciones de cultivo, crecimiento, condiciones de almacenamiento del grano y condiciones de malteo (Serna-Saldivar 2010).

Convencionalmente el proceso de malteo es dividido en tres partes principales: Remojo, Germinación y Horneado. Esta clasificación se puede definir un poco anticuada, pero resulta ser práctica y conveniente para la definición. El proceso empieza por la limpieza de los granos selectos para la remoción de material foráneo, granos rotos, granos marchitos u otros contaminantes para el grano. Durante la germinación el embrión se desarrolla a costa de sus reservas energéticas alojadas en el grano.

Tan pronto como el grano hace contacto con las condiciones adecuadas durante la etapa del remojo las propiedades enzimáticas del grano son activadas para tomar las reservas de almidón y proteínas para formar una nueva planta. Es fácil de entender que la etapa óptima para interrumpir la germinación es cuando la malta es más rica en enzimas las suficientes para lograr la modificación del endospermo y que se haya consumido una pequeña cantidad de sus materiales de reserva como sea posible durante el desarrollo del embrión (Serna-Saldivar, 2010; Boulton, 2013).

### **3.3.1. Remojo**

El Remojo es la etapa en el proceso de malteado en el que el objetivo es que los granos generalmente de cebada u otro cereal se hidraten por sumersión o rocío. La exposición al agua de los granos previamente secos resulta en la reanudación de los procesos metabólicos asociados con la germinación que fueron detenidos previamente por secado después de la cosecha. Generalmente la operación se lleva a cabo de 24 a 48 horas para incrementar la humedad del grano hasta un 42% - 48% (Hough, 1985; Morris & Bryce, 2000; Serna-Saldivar, 2010; Boulton, 2013)

Durante el remojo, la actividad metabólica de los granos resulta en la absorción de oxígeno y la consecuente formación de CO<sub>2</sub> y este factor importante consiste en la aplicación del aire u oxígeno necesario para el desarrollo del embrión en las condiciones aeróbicas óptimas para el grano. Durante el remojo, los granos se hinchan y se vuelven más blandos como generalmente de cebada u otro cereal resultado de la ingestión de agua. Típicamente, el peso de los granos individuales aumenta en un 40-50% como consecuencia de la absorción de agua. Es habitual controlar la temperatura del agua y periódicamente realizar un cambio de agua. (Boulton, 2013; Serna-Saldivar, 2010).

Al someterse a nueva agua de remojo esto permite la eliminación de desechos sólidos flotantes no deseados y solutos disueltos de granos puesto que el agua eliminada del remojo posee polvo de los granos y de partículas de endospermo de los granos dañados, lo cual lo hace rica en materia orgánica disuelta y a nivel industrial constituye un efluente que requiere ser tratado antes de su vertido en ríos o lagos. Esto purifica los granos y ayuda a reducir la concentración de microorganismos contaminantes y previene la formación de caracteres añejos. (Hough, 1985; Boulton, 2013;).

### **3.3.2. Germinación**

La germinación describe los procesos que ocurren cuando una semilla pasa de una fase inactiva y comienza el crecimiento y desarrollo del embrión. Con respecto al corazón del proceso es la primera etapa que se inicia al agregar agua a los granos, oxígeno, control de la temperatura y cualquier otro aditivo del proceso que pueda usarse. La germinación se inicia mediante la aplicación de agua durante el remojo. La hidratación generalmente ocurre durante 2-3 días y durante este tiempo los granos aumentan en volumen. El embrión se hidrata antes del endospermo. Inicialmente, el embrión usa sus propias reservas de azúcares para proporcionar carbono y energía para el desarrollo (Boulton, 2013).

El objetivo principal del malteo es lograr el máximo de actividad diastásica con la menor cantidad de pérdida de materia seca. Las diferentes etapas de la germinación del grano son caracterizadas por la protrusión en el área del pedicelo seguido por el gradual desarrollo de raíces y acrospiros. Las primeras enzimas generadas durante en el proceso son oxidativas asociadas con la absorción de O<sub>2</sub>, las cuales son necesarias para los mecanismos de respiración y necesarias para degradar las paredes celulares y permitir la entrada de otras enzimas al endospermo. En adición estas -enzimas son las encargadas del ablandamiento progresivo del grano (Serna-Saldivar, 2010).

Durante la germinación, el grano sufre modificación. Estas son la suma de los cambios que ocurren dentro de los granos a medida que se convierten de granos a malta. El primer signo de germinación que es visible a simple vista es el crecimiento del acrospiro o tallo que aparece al final del grano y es seguida por la aparición de las raicillas (culmos). Al mismo tiempo, el acrospiro comienza a desarrollarse, en el caso de los granos de cebada, debajo de la cáscara y se detiene mediante la aplicación de calor en la etapa de horneado (Boulton, 2013).

Incluso bajo condiciones óptimas es posible que muchos granos no germinen, esto puede deberse a diversos factores internos y externos, a este fenómeno se le denomina latencia o letargo. Dentro de los factores internos se puede enumerar la madurez de las semillas y su longevidad (retención de la capacidad germinativa).

Por otro lado, en los factores externos se encuentran la absorción de humedad, granos impermeables, granos sucios, y granos con baja presión hidrostática o bien granos secos que no absorben la humedad de forma homogénea y eficientemente. Los granos deben alcanzar una humedad crítica (alrededor del 30% para el maíz) para iniciar el proceso de germinación. Además, el remojo o imbibición de los granos

es mejor en presencia de agua pura. La temperatura como en todo proceso biológico tiene un factor decisivo en la germinación ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla al hidratarse. Las especies de granos tropicales usualmente operan mejor en un rango de temperatura de 25 °C a 40 °C. Finalmente, la aireación, esta se encuentra en competitividad con el remojo de las semillas (el agua en exceso puede desfavorecer la absorción del oxígeno por parte del grano) puesto que tanto el agua como el oxígeno deben estar disponibles para el embrión. Además, la temperatura afecta el oxígeno soluble dentro del agua de remojo, pues a mayor temperatura menor solubilidad (McDonald, 1994).

### **3.3.3. Horneado**

Los objetivos del proceso de horneado son múltiples, el principal es detener la germinación en el grano y el crecimiento botánico de las raíces y el acrospiro para obtener de la malta verde un producto auto estable que pueda reactivar la actividad enzimática por medio de la rehidratación. Para cualquier tipo de malta, se debe lograr un conjunto definido de especificaciones cuando el proceso de horneado esté completo. Estos incluyen sabor, aroma, color, friabilidad, rendimiento de extracto y complemento de enzima. Cuando se completa el proceso, las raicillas deben secarse y quitarse fácilmente (Boulton, 2013; Serna-Saldivar, 2010).

En los procesos tradicionales de malteado, los granos simplemente se extendieron en una capa delgada y se dejaron secar al sol o en un edificio a medida, como un altillo ventilado. Como tal, el grado de control que podía lograrse era pobre y, en consecuencia, la calidad resultante de la malta era variable. En los procesos modernos, el grado de control de las condiciones aplicadas durante el secado, particularmente la regulación de la temperatura y la humedad, es mucho más preciso. Esto ha permitido mejoras en consistencia y, en consecuencia, el uso de tamaños de lote mucho más grandes, camas más profundas. Los tiempos de producción son más consistentes y los costos operativos se reducen (Boulton 2013).

Los cambios bioquímicos deben ser controlados por las condiciones empleadas en el horneado para asegurar que la malta en particular adquiera sus características deseadas finales. En las primeras etapas, el desarrollo y la actividad de algunas enzimas continúan y, en consecuencia, se producen modificaciones adicionales. A medida que avanza el secado y las temperaturas aumentan, ocurre algo de desnaturalización enzimática. Las características asociadas con granos crudos se vuelven menos pronunciadas. En consecuencia, el color y el aroma de la malta aumentan en intensidad (Serna-Saldivar, 2010).



En la fase temprana del horneado, los procesos asociados con la germinación continúan ocurriendo. Por lo tanto, la longitud del acrospiro aumenta y la respiración continúa avanzando. Debido a la actividad continuada de las enzimas de malta, el  $\beta$ -glucano disminuye y los niveles de nitrógeno soluble y de extracto de agua fría aumentan. En la fase de final del secado, la actividad enzimática disminuye, al igual que el nitrógeno soluble total (TSN) y el nitrógeno amino libre (FAN), este último a través de la desnaturalización y la formación de melanoidina. El límite de atenuación del mosto, el pH del mosto y el poder diastásico de las maltas disminuyen con el grado de secado (Boulton, 2013).

#### **3.3.4. Micromalteo**

Versión de procesos a pequeña escala pueden ser utilizadas para entrenamiento, evaluación de materia prima, nuevas opciones de proceso y nuevas investigaciones de productos. La mayoría de las cervecerías desarrollan al menos uno de sus procesos a una escala menor para cubrir los requerimientos de un proceso, así como la flexibilidad de poder concentrarse en el preciso control de las variables. Todas las etapas del proceso de malteo pueden ser representadas en un ensayo de micromalteo a escala de laboratorio, así como las pruebas de capacidad germinativa y energía de germinación que establecen un criterio en la calidad de los granos (Boulton, 2013).

Los procedimientos de micromalteo para el análisis de la calidad de la malta suelen utilizar cantidades de muestra entre 100 y 150 g y pueden producir maltas con características representativas de malta producida a nivel comercial. Esos permiten determinar y realizar modificaciones a las diferentes rutinas en el que pequeñas cantidades de malta se generan y se analizan lo que retroalimenta el monitoreo y el control crítico durante el proceso de malteo para producir maltas de propiedades y características deseables (Schmitt & Budde, 2011).

Esta escala en el malteo por lo general es viable y repetible. Usualmente en este tipo de experimentación suele suceder que las muestras de maltas se realizan al triplicado cuando suficiente grano está disponible y es raro que la tercera muestra se llegue a analizar porque coincidirá con el de las dos primeras muestras realizadas. La desventaja de este procedimiento es que la mayoría de las operaciones son manuales y el operador debe atender los ensayos al menos dos veces al día usualmente por 10 u 11 días seguidos. Además, que las cantidades de malta producidas son inconvenientemente pequeñas para algunos propósitos como por ejemplo desarrollar un producto final a partir una muestra de (Briggs, 1998).

### **3.4. Parámetros de Estudio de Micromalteo**

#### **3.4.1. Capacidad germinativa**

La Capacidad Germinativa es un término aplicado al porcentaje de granos que germinan en condiciones óptimas. Se distingue de la Energía de Germinación en la que se determina el porcentaje de granos que germinan en condiciones habituales. Para medir este parámetro es necesario alcanzar condiciones que puedan sobre pasar el estado de latencia del grano que es el estado donde el grano de manera natural entra en un estado de reposo donde solamente se espera alcanzar las condiciones óptimas en el grano para desarrollar sus procesos metabólicos (Boulton 2013; Briggs, et al. 2000; Briggs, 1998)

Se pueden usar varios enfoques para superar la latencia. En la prueba directa recomendada por el European Brewing Convention (EBC) y el Institute of Brewing (IOB), las muestras de los granos se sumergen en agua que contiene un pequeño porcentaje de peróxido de hidrógeno. El  $H_2O_2$  reduce la carga microbiana y proporciona una fuente de oxígeno. Después de algunos días de incubación a una temperatura definida (temperatura ambiente) en los procedimientos, se cuentan los números relativos de granos germinados y no germinados (Boulton 2013; Briggs 1998).

Con el fin de garantizar que las condiciones sigan siendo favorables para la germinación, la solución de peróxido de hidrógeno se reemplaza después del segundo día de incubación. Al final de la primera etapa de la prueba, los granos sin germinar son tratados para asegurar que el oxígeno y el agua penetren en el grano. Esto se logra mediante la remoción de las capas de cáscara y pericarpio que recubren el embrión con ayuda de una aguja hipodérmica. Los granos tratados se colocan luego sobre papel de filtro húmedo y se incuban durante un período adicional de 24 horas. Después de esto, se anotan los granos adicionales que muestran signos de germinación y se agrega el valor a los determinados en la primera parte de la prueba (Boulton 2013; Briggs 1998).

#### **3.4.2. Energía de germinación**

La energía de germinación es una medida de la capacidad de los granos para germinar en condiciones definidas. Se define como el porcentaje de granos que germinan bajo las condiciones definidas de la prueba. Se distingue de la capacidad germinativa en que la última es la proporción de granos que germinarán en condiciones óptimas. (Briggs, et.al 2000; Boulton 2013).

Se realizan pruebas de capacidad germinativa para evaluar la calidad de los granos, desde una perspectiva acerca de la calidad de malteado de los granos. En este sentido, la mayoría de las pruebas que se utilizan son de uso limitado ya que los resultados pueden tener poca relación con el comportamiento real en malteado comerciales. Por lo tanto, el comportamiento de malteado probablemente se evalúa mejor utilizando un enfoque de micromalteo (Boulton, 2013).

### **3.4.3. Sensibilidad del agua**

La sensibilidad al agua se refiere a un fenómeno asociado con la relación entre la disponibilidad de agua y la germinación de los granos. Los granos se pueden diferenciar sobre la base de una prueba en la cual la habilidad de 100 granos para germinar en presencia de 8 ml de agua, de los cuales aquellos que logren germinar se dice que son sensibles al agua. En este caso, se considera que estos granos más sensibles requieren un régimen de remojo adecuadamente modificado (Boulton, 2013; Brigss. et al 2000).

La muestra de granos de maíz en un círculo de papel de filtro y este se coloca dentro de una placa de Petri. Se agrega el volumen requerido de agua y después de la incubación en la oscuridad durante 72 horas a temperatura ambiente. La adición de peróxido de hidrógeno es particularmente efectiva ya que es tóxica para muchos microorganismos y después de la descomposición proporciona una fuente de oxígeno. Sin embargo, existen diferencias ya que los granos completamente maduros germinarán cuando estén completamente suspendidos en agua aireada, mientras que los tipos sensibles al agua no lo harán (Boulton, 2013; Brigss. et al 2000).

### **3.4.4. Rendimiento de la malta**

Al momento de realizar el proceso de malteo es de mucha utilidad conocer el porcentaje de rendimiento de malteo como un índice clave para el dimensionamiento de procesos y equipos, así mismo como la cuantificación de materiales. En este caso el rendimiento es considerado desde el punto de vista base seca la cual permite verificar las cantidades netas de peso de entrada de grano y salida de malta, así como las pérdidas durante el proceso de micromalteo. Este parámetro es fácilmente determinable si se registran pesos de entrada y salida del proceso de micromalteo, así como % de humedad de los materiales.

Algunos rendimientos hechos en estudios para el maíz indican valores entre el 86% y el 93%. Los valores óptimos se alcanzan con un promedio de 5 días de germinación tal como se muestra en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4** Rendimientos en malta de maíz secada a 45 °C por 24 horas. (Briggs, 1998)

Días de Germinación	Rendimiento de malta de maíz
5	93% - 90%
7	90% - 86%

De igual manera las pérdidas y el rendimiento se relacionan con crecimientos excesivos o con altos porcentajes de germinación. Las pérdidas de malteado no deben ser mayores al 20%; de ser así el rendimiento de la malta se considera como deficiente (Ruiz 2006).

### **3.4.5. Extracto de Agua Fría (Cold Water Extract (C.W.E.)**

Es un método utilizado para evaluar la calidad de la malta. El cual establece una medida de la reserva de las sustancias solubles o medida de modificación de la malta que son asociados con el proceso de germinación (Boulton, 2013; Briggs, 1998).

El método implica someter una muestra de malta molida de peso conocido a un proceso de extracción utilizando un volumen fijo de agua a una temperatura constante por lo general de 20° C y un periodo de tiempo controlado. El agua se alcaliniza con una solución de amoníaco el cual actúa como un inhibidor de las enzimas hidrolíticas. Se determina la gravedad específica de la solución acuosa y en comparación con la gravedad específica del agua a temperatura estándar se utiliza para determinar el extracto de agua fría expresado como un porcentaje de peso total de la malta. (Boulton, 2013; Briggs, 1998).

### 3.4.6. Poder Diastásico

El poder diastásico es un indicativo de la cantidad de almidón hidrolizado que determina la actividad la capacidad de producción de azúcares fermentables durante el proceso de maceración. Una medida de la actividad combinada de una serie de reacciones enzimáticas principalmente  $\alpha$ - y  $\beta$ -amilasas, conocidas colectivamente como diastasas por esta razón es conocido como poder diastásico. (Briggs 1998, Briggs. et al 2000; Boulton, 2013)

Se realiza una infusión a cierta temperatura con una muestra de malta determinada en una solución de NaCl por un tiempo determinado el cual se toma una alícuota conteniendo enzimas y se disuelve en una solución de almidón a concentración determinada por el procedimiento. A este se le aplica una titulación por medio de la cual se evalúa los azúcares reductores producidos por la hidrolisis de la solución de almidón por las enzimas utilizando el azul de metileno como indicador de redox La reacción principal de la titulación de identificación de azúcares reductores es llamado Reacción de Fehling.

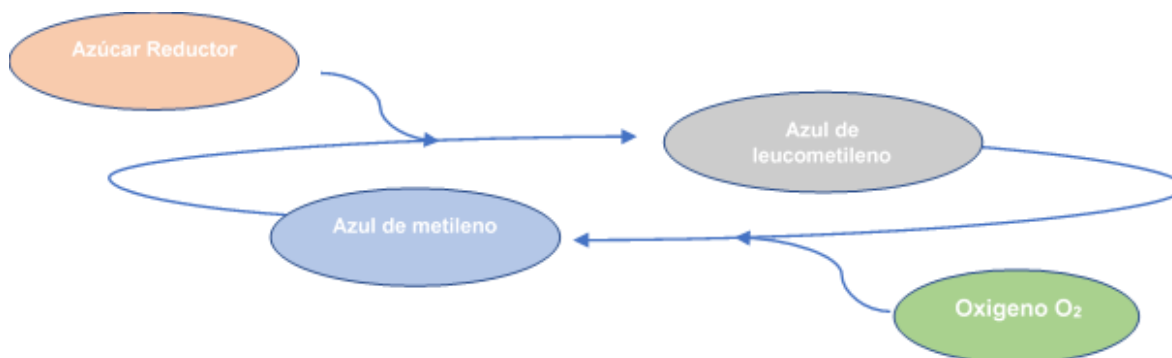
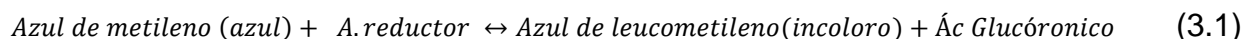
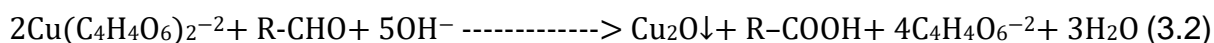


Figura 3.8 Esquema de la reacción reversible del azul de metileno como indicador redox en presencia de un medio reductor y de uno oxidante.



Esta prueba se utiliza principalmente para el reconocimiento de azúcares reductores. El poder reductor que pueden presentar los azúcares proviene de su grupo carbonilo que puede ser oxidado a grupo carboxilo con agentes oxidantes suaves. Si el grupo carbonilo se encuentra combinado no puede presentar este reductor. Los azúcares reductores, en medio alcalino son capaces de reducir el ion  $\text{Cu}^{2+}$  de color azul a  $\text{Cu}^+$  color rojo dando como resultado un precipitado rojo de óxido cuproso. Para ello el grupo carbonilo del azúcar se oxida a grupo carboxilo. En medio fuertemente básico como en nuestro caso el NaOH el ion  $\text{Cu}^{2+}$  formaría  $\text{Cu(OH)}_2$  insoluble.

La reacción tiene lugar en medio básico por lo que es necesario introducir en la reacción tartrato sódico-potásico para evitar la precipitación del hidróxido cúprico. Así los resultados obtenidos mediante la titulación de los azúcares reductores son comparados con un blanco de almidón preparado previamente sin extracto sometido al mismo procedimiento de titulación.



Varias unidades son usadas para cuantificar el poder diastásico. En el Reino Unido, IOB (Institute of Brewing) la unidad original es el °Lintner (°L). Se define como 100°L como el equivalente de 0.1 ml de una infusión de malta al 5% de w/v bajo condiciones definidas por el procedimiento para producir azúcares en una solución de almidón de concentración al 2% w/v suficientes para reducir 5 ml de reactivo de Fehling. Este ha sido reemplazado por las unidades Windisch – Kolbach (°W–K) el cual es utilizado por EBC (European Brewing Congress).

$$\text{Diastatic Power } (^\circ\text{L}) = \frac{(\text{°W-K}+16)}{3.5} \quad (3.3)$$

El método utilizado por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) basado en el método de ASBC (American Society of Brewing Chemists) utiliza una solución de cloruro de sodio como medio de infusión por lo tanto el resultado difiere de los procedimientos europeos y las unidades son determinadas como DP°ASBC (Diastatic Power degrees of American Society of Brewing Chemists). Valores de contenidos de proteínas demuestran una correlación directa con el del poder diastásico indicando un valor más alto a mayor contenido de proteínas. Típicos valores de poder diastásico son de 30 – 40 °L para maltas inglesas auto convertibles de baja proteína, 90 - 110 °L para maltas lager europeas, valores mayores a 125°L para maltas americanas de gran contenido proteico y mayores a 150 °L para maltas de cebadas de 6 hileras (ASBC 2011; ASBC 2012; Boulton 2013).

### **3.4.7. Extracto de Agua Caliente (Hot Water Extract H.W.E.)**

El Extracto de Agua Caliente o HWE (Hot Water Extract) es una medida comúnmente utilizada de la calidad de la malta. Específicamente, estima la cantidad de extracto que se obtiene cuando una muestra de malta molida se somete a una maceración a escala de laboratorio en agua destilada. Es uno de varios métodos similares usados en varias partes del mundo. Todos comparten la característica común de que las condiciones de maceración se realizan bajo condiciones controladas. Esto permite realizar comparaciones entre muestras individuales de maltas (Briggs 1998; Briggs. et al 2000; Boulton 2013)

Los parámetros que se controlan durante la ejecución de la prueba son el peso de la malta, el peso relativo y el volumen de malta y agua, la temperatura y la duración de la mezcla y el tipo de agitación aplicada durante la maceración. Después de completar el período de maceración, el mosto se separa de los granos gastados por filtración. Se mide la gravedad específica del mosto, a una temperatura predeterminada. El rendimiento del extracto se calcula con respecto al peso original de la malta utilizada en la prueba (Boulton, 2013)

## IV. HIPÓTESIS

Al menos uno de los parámetros de calidad de la malta: Porcentaje de rendimiento de la malta, Extracto de agua fría, Poder diastásico y Extracto de agua caliente; obtenidos a través del grano de Maíz (*Zea mays L.*) Variedad NB-6, se ven influidos por el tiempo de remojo (24, 48 y 72 horas), tiempo de germinación (96, 120 y 144 horas) y la temperatura de secado de los granos (50, 55 y 60 °C).

- **Hipótesis Alternativa,  $H_1$ :**

Más de dos tratamientos experimentales se encontrarán con diferencias entre los resultados de los parámetros de calidad de la malta: Porcentaje de rendimiento de la malta, Extracto de agua fría, Poder diastásico y Extracto de agua caliente; obtenidos a través del grano de Maíz (*Zea mays L.*) Variedad NB-6, se ven influidos por el tiempo de remojo (24, 48 y 72 horas), tiempo de germinación (96, 120 y 144 horas) y la temperatura de secado de los granos (50, 55 y 60 °C).

- **Hipótesis Nula,  $H_0$ :**

Ninguno de los Parámetros de calidad de la malta: Porcentaje de rendimiento de la malta, Extracto de agua fría, Poder diastásico y Extracto de agua caliente; obtenidos a través del grano de Maíz (*Zea mays L.*) Variedad NB-6, se ven influidos por el tiempo de remojo (24, 48 y 72 horas), tiempo de germinación (96, 120 y 144 horas) y la temperatura de secado de los granos (50, 55 y 60 °C).



## **V. DISEÑO METODOLOGICO**

### **5.1. Materiales y Métodos**

Se seleccionó este tipo de variedad de maíz entre los 18 cultivares seleccionados por ser de cultivar criollo y de polinización libre, lo que significa que se encuentra al alcance de los productores ya que pueden obtener semilla para los ciclos siguientes. Además de adaptarse muy bien a una amplia variedad de ambientes de la Región del Pacífico de Nicaragua y ambientes húmedos intermedios. Además, según el INTA, la variedad NB – 6 es la variedad de mayor rendimiento entre las de cultivar criollo y polinización libre, y se encuentra presente en todas las plantaciones del país.

Se utilizó granos de Maíz (*Zea Mays L.*) variedad NB-6, se analizaron sus propiedades físicas, morfológicas y fueron sometidos a un proceso de malteo con variaciones de tiempo en las etapas de remojo y germinación (ambos procesos a temperatura ambiente), y finalmente en la fase de horneado con variaciones de temperatura (durante un periodo de 24 horas). Esta variedad fue adquirida por medio del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.

### **5.2. Diseño Experimental**

Para la elaboración de este trabajo monográfico fue necesaria la recopilación de información general referente tanto a la materia prima en este caso el grano de Maíz como a la información necesaria para plantear un proceso de micromalteo para la determinación de las propiedades de la malta de maíz obtenida. Así mismo investigar los métodos de análisis estándar recomendados por institutos cerveceros e investigadores en el campo de los cereales.

Esta investigación abarco de manera indirecta la clasificación morfológica de granos de maíz. La obtención de los granos de maíz se realizó de manera personal por medio del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA en el cual se soporta documentalmente la variedad de Maíz (*Zea mays L.*) Variedad NB-6. Los métodos aquí planteados son recomendados para análisis de malta de cebada, pero aplican también para malta de cualquier otro cereal

### 5.2.1. Factores y Niveles de Factores

Factor A. Días de remojo de la muestra del grano de maíz. Etapa de Remojo

Para establecer los niveles de remojo la teoría establece tiempos más cortos que los tiempos de germinación, además si se toma en cuenta los tiempos de remojo de los ensayos de viabilidad de germinación la mayoría de estos toman como base los dos días. Agregando los otros niveles más/menos un día.

Niveles

1. 24 horas de remojo o 1 día de remojo
2. 48 horas de remojo o 2 días de remojo
3. 72 horas de remojo o 3 días de remojo

Factor B. Días de Germinación de la muestra de grano de maíz. Etapa de Germinación

Para definir los niveles de tiempo de germinación Briggs establece tiempos entre 5 a 7 días, pero para evitar tiempos prolongados se establece los 5 días como el tiempo medio más/menos un día para los otros niveles.

Niveles

1. 96 horas de germinación ó 4 días de germinación.
2. 120 horas de germinación ó 5 días de germinación
3. 144 horas de germinación ó 6 días de germinación

Factor C. Temperatura de Secado a tiempo constante de 24 Horas. Etapa de Secado

Para definir los niveles de temperatura de secado se establece como valor máximo 60 °C puesto que a temperaturas mayores de 65 °C se da la desnaturalización de las enzimas diastásicas provocando la pérdida de poder diastásico.

Niveles

1. 50°C de temperatura de Secado a la malta en el horno
2. 55°C de temperatura de Secado a la malta en el horno
3. 60°C de temperatura de Secado a la malta en el horno

### 5.2.2. Arreglo Ortogonal.

El número de tratamientos será determinado por el método de diseño experimental el cual será el método Taguchi un sistema ortogonal de matrices donde se pueden utilizar tantos factores como pruebas a realizar por lo general se utilizan de dos a tres niveles y simplifica el análisis de los procesos y determinar cual está relacionado directamente con la respuesta o variable de salida de los factores analizados.

El modelo Ortogonal supondrá

$$L=a*(b)^c \quad (5.1)$$

Donde:

a: Representa número de pruebas o condiciones experimentales que se tomaran. Esto es el número de renglones o líneas de arreglo.

b: Representa los diferentes niveles a los que se tomara cada factor.

c: Es el número de efectos independientes o factores que se pueden analizar.

L: número de tratamiento definido por el diseño factorial  $3^3$ . Tres factores con tres niveles de factores en un arreglo ortogonal y tres replicas dando como resultado un total de 27 tratamientos definidos para este diseño experimental.

### 5.2.3. Definición de Unidad Experimental

Al iniciar cada experimento se plantea una unidad experimental con la selección de los granos para cada muestra con un valor estimado de 120.00 g. De esta son retiradas las impurezas localizadas como granos quebrados, partes y restos de endospermo del maíz. Antes de iniciar la etapa de remojo solo son enjuagadas rápidamente en agua destilada para retirar cualquier resto solido que no pertenezca al grano.

### 5.2.4. Variable Respuesta

Las variables respuesta a obtener en este sistema serán cuatro: Porcentaje de Rendimiento y perdidas de la malta, Extracto de Agua Fría, Poder Diastásico y Extracto de Agua Caliente. Estas variables respuesta serán obtenidas luego de ser analizadas las unidades experimentales sometidas a los diferentes niveles de

factores en este caso las diferentes condiciones en las etapas del proceso de micromalteo.

**Tabla 5.1** Resumen de aplicación del método experimental Taguchi.

Diseño de Método Experimental Taguchi

Resumen del Diseño

Arreglo de Taguchi	L27 (3 <sup>3</sup> )
Factores	3
Corridas	27

**Tabla 5.2** Resumen de corridas de arreglo ortogonales de diseño Experimental Taguchi Corridas del Arreglo L27

Tratamiento	Tiempo de Remojo (h)	Tiempo de Germinación (h)	Temperatura de secado (°C)
1	24	96	50
2	24	96	50
3	24	96	50
4	24	120	55
5	24	120	55
6	24	120	55
7	24	144	60
8	24	144	60
9	24	144	60
10	48	96	55
11	48	96	55
12	48	96	55
13	48	120	60
14	48	120	60
15	48	120	60
16	48	144	50
17	48	144	50
18	48	144	50
19	72	96	60
20	72	96	60
21	72	96	60
22	72	120	50
23	72	120	50
24	72	120	50
25	72	144	55
26	72	144	55
27	72	144	55

### 5.2.5. Métodos de Pruebas Puntuales del grano de Maíz (*Zea mays L.*)

Los métodos mostrados a continuación son métodos avalados por el Institute of Brewing (IOB) el cual recomienda métodos de análisis para las propiedades del grano, así como la viabilidad de germinación del grano variable necesaria para establecer un proceso de malteo óptimo.

#### 1. Determinación de la pureza de la muestra.

**Tabla 5.3** Materiales, equipos e instrumentos para determinación de pureza de la muestra.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• 100 gramos de Maíz</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Balanza Electrónica</li><li>• Hoja de papel blanco</li></ul>

#### Procedimiento

Una muestra de 100 gramos de maíz se esparce en una hoja blanca sobre la cual las impurezas son separadas en diferentes categorías llamadas materia inerte, granos de otros cereales. El peso de las impurezas es medido y calculado con respecto al resto del peso de la muestra original (Serna-Saldivar 2012).

$$\% \text{ de Pureza de la Muestra} = \frac{\text{Peso de Granos de maíz}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad (5.2)$$

#### 2. Determinación del peso de 1000 granos de maíz.

**Tabla 5.4** Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la determinación del peso de 1000 granos de Maíz.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• 20 gramos de Maíz</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Balanza Electrónica</li><li>• Espátula</li></ul>

## Procedimiento

Se toman porciones de alrededor de 20 gr. Los granos de maíz en cada porción son contados, el peso de 1000 granos de maíz está determinado por:

$$g = \frac{W \times 1000 \times DM}{N \times 100} \quad (5.3)$$

Dónde:

W: Peso total de la muestra inicial

N: Número Total de Granos Contados

DM: Porcentaje de materia seca del maíz.

### 3. Determinación de la capacidad germinativa del maíz

**Tabla 5.5** Materiales e instrumentos utilizados en la determinación de la capacidad germinativa del maíz.

Materiales	Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• 200 granos de Maíz</li><li>• Solución Peróxido de Hidrogeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 0.75%</li><li>• Agua Destilada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Beaker 500 ml</li><li>• Probeta 500 ml</li><li>• Aguja</li><li>• Papel Filtro</li></ul>

## Procedimiento

200 granos de maíz son sometidos a proceso de Remojo por dos días en 200 ml de solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 0.75% a una temperatura entre 18°C y 21°C. El agua de remojo debe de ser reemplazada cada 24 horas. Luego de dos días de remojo los granos son filtrados y los granos de maíz germinados son contabilizados. Estos granos que no lograron germinarse deben de someterse un día más a tratamiento de remojo en peróxido de hidrogeno, pero antes deben de someterse a la remoción de las capas superiores del grano para una mejor absorción del agua.

$$\% \text{ Capacidad Germinativa (\% G. C.)} = \frac{200-n}{2} \quad (5.4)$$

Dónde: n es el número de granos no germinados.

#### 4. Determinación de la energía de germinación

**Tabla 5.6** Materiales e instrumentos utilizados para la determinación de energía de germinación.

Materiales	Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 granos de Maíz</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probeta 500 ml</li> <li>• Papel Filtro</li> <li>• Vidrio Petri</li> </ul>

#### Procedimiento

100 granos de maíz son colocados en un tubo de 15 cm o una probeta cubierta de agua destilada. El agua es remplazada por agua destilada fresca luego de 24 horas. Luego de 2 días de remojo un papel filtro se humedece en agua destilada por 5 segundos y se deja escurrir por breves momentos. El papel humedecido es colocado sobre una capa de vidrio y los granos de maíz son distribuidos en el papel humedecido en una sola capa de granos distribuidos en la mitad del papel filtro humedecido mientras se cubre firmemente con la otra mitad del papel filtro.

Luego de 72 Horas se examinan los granos de maíz germinados y aquellos granos que presentaron germinación son removidos y se contabilizan siendo estos los granos germinados los que indican el porcentaje de energía de germinación.

$$\% \text{ Energía de Germinación} = \frac{\text{Granos Germinados}}{\text{Granos Totales}} * (100) \quad (5.5)$$

#### 5. Determinación de la sensibilidad al agua.

**Tabla 5.7** Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la Determinación de la sensibilidad al agua.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 granos de Maíz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel Filtro</li> <li>• Vidrio Petri</li> </ul>

## Procedimiento

100 granos de maíz son colocados entre dos papeles filtro en el fondo de un vidrio de Petri y 8 ml de H<sub>2</sub>O destilados son agregados y encubados por 72 horas. Luego de transcurridas las 72 horas se retiran los granos germinados estos son contabilizados y representan en porcentaje la sensibilidad del agua.

$$\% \text{ Sensibilidad del Agua} = \frac{\text{Granos Germinados}}{\text{Granos Totales}} * (100) \quad (5.6)$$

### 6. Determinación de Porcentaje de Humedad. 32.1.03 AOAC Official Method 925.10 Solids Total and Loss Drying (Moisture) in Fluor. Air Oven Method.

**Tabla 5.8** Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la Determinación de porcentaje de humedad.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 gramos de muestra de maíz</li> <li>• Disco de aluminio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza electrónica</li> <li>• Desecador</li> <li>• Horno de secado convectivo</li> <li>• Espátula</li> </ul>

## Procedimiento

Un disco de aluminio se pesan 2 gramos de muestra de malta molida y se introduce en el horno ajustado a 130°C ± 1°C durante 1 hora. Al terminar la muestra es transferida a un desecador por un breve periodo para luego pesar antes de que la muestra se enfríe. Reportar la pérdida de peso de la muestra como: % de humedad.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(\text{Peso de entrada} - \text{Peso de salida}) \times 100}{\text{Peso de entrada}} \quad (5.7)$$

Dónde:

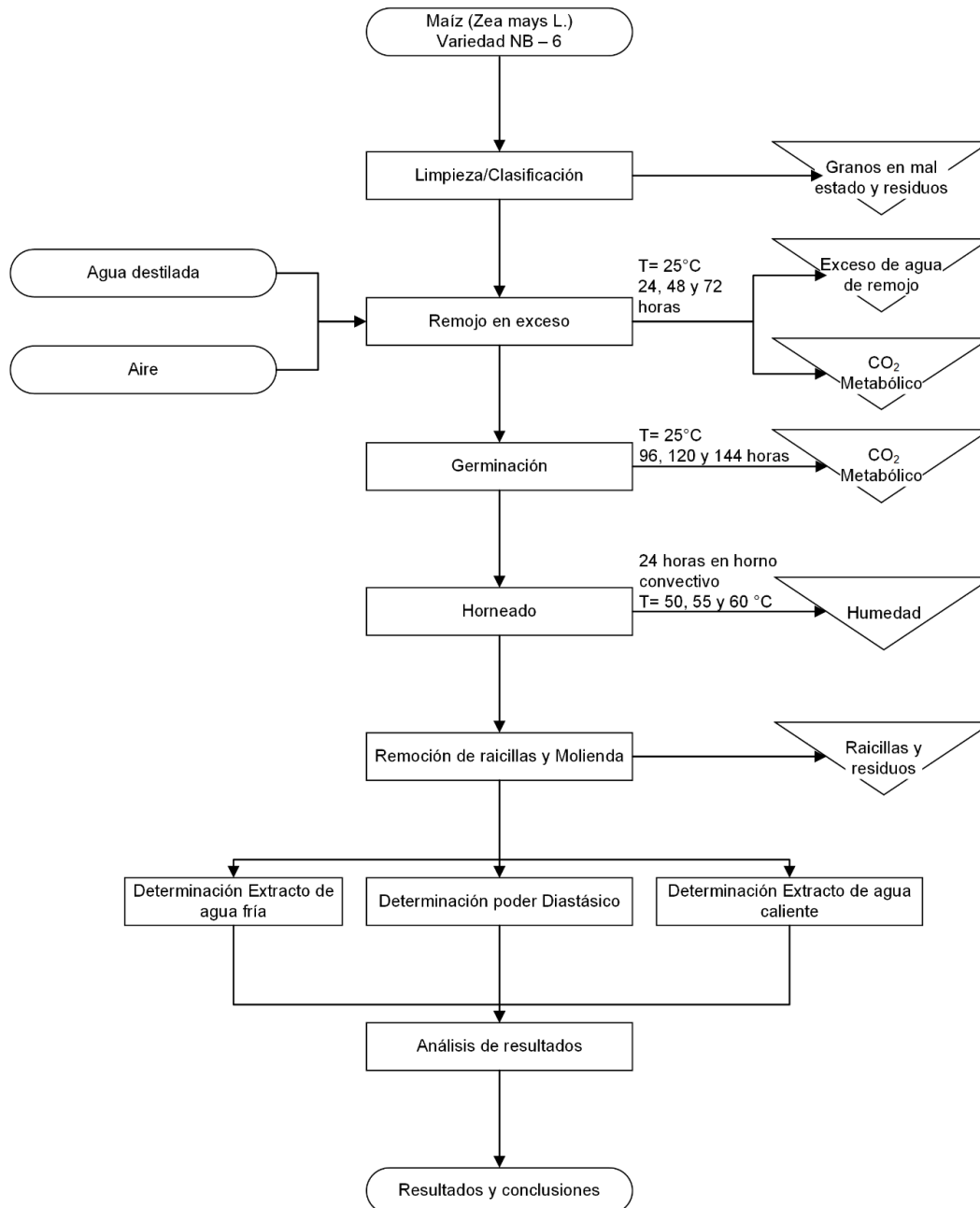
Peso de entrada = Peso inicial de la muestra (g)

Peso de salida = Peso de salida de la muestra (g)



### 5.2.6. Proceso de Micromalteo para Maíz (*Zea mays L.*)

El proceso de micromalteo de este estudio se realizó conforme al siguiente diagrama de flujo de procesos. En el cual se incluye el análisis de la malta con los tres parámetros: Extracto de Agua Fría, Poder Diastásico y Extracto de Agua Caliente.



**Figura 5.1.** Diagrama de Flujo de Proceso experimental de Micromalteo de Maíz Variedad NB-6

## 1. Etapa de Remojo del grano de maíz (*Zea mays L.*)

**Tabla 5.9** Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la etapa de remojo.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• 27 muestras de 120 g de Maíz (<i>Zea mays L.</i>) variedad NB-6.</li><li>• Agua Destilada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Balanza electrónica</li><li>• Contenedores plásticos</li></ul>

### Procedimiento

Previo a la etapa de remojo las muestras son seleccionadas y pesadas sobre la balanza aproximándose a un peso de 120 g por cada una de las muestras.

Luego se introduce en el contenedor plástico y se sumerge a un volumen de agua destilada de 150 ml y dejar reposar por 12 horas a temperatura ambiente. Luego de este lapso de tiempo que el grano se someta a remojo se filtra y se intercambia el agua de remojo hasta cumplir con el tiempo especificado 24, 48 y 72 horas. Durante el proceso de remojo se debe aislar la muestra de la luz solar y artificial.

## 2. Etapa de Germinación del grano de maíz (*Zea mays L.*)

**Tabla 5.10** Materiales, equipos e instrumentos para la Etapa de germinación de maíz.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• 27 muestras de granos de maíz (<i>Zea mays L.</i>) variedad NB-6 previamente sometidas a etapa de remojo</li><li>• Agua Destilada</li><li>• Papel filtro</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aspensor Manual</li><li>• Contenedor Plástico</li><li>• Balanza electrónica</li></ul>

### Procedimiento

Una vez sometidos los granos a etapa de remojo continúa la etapa de germinación del grano de maíz la cual tiene por objetivo de mantener las condiciones de humedad al grano para desarrollar los procesos metabólicos necesarios.

Se coloca una capa de papel toalla sobre la bandeja metálica de aluminio y se dispersa en forma de capa el grano luego se humedece la muestra con un aspersor manual conteniendo agua destilada cada 12 horas y colocar en un lugar con ausencia de luz hasta completar el tratamiento diseñado para cada una de las muestras experimentales. Los diferentes niveles del factor de germinación propuestos son de 96, 120 y 144 horas todos a temperatura ambiente. Pasado este periodo de tiempo se continúa con la etapa de secado del grano.

### 3. Etapa de Secado de malta del grano de maíz (*Zea mays L.*)

**Tabla 5.11** Materiales, equipos e instrumentos para etapa de secado de grano de maíz.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• 27 muestras de granos de maíz (<i>Zea mays L.</i>) variedad NB-6 previamente sometidas a etapa de germinación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Horno convectivo</li><li>• Balanza</li><li>• Bandejas de aluminio</li></ul>

#### Procedimiento

Luego del proceso de germinación los granos se pesarán en la balanza para determinar el peso de entrada al horno y se someterán inmediatamente al proceso de secado en este caso se realizará uso de horno convectivo Fisher Scientific 825F (Con rango de operación de 50 – 250 °C ± 2 °C y sensibilidad de 1°C) el cual se mantendrá un tiempo constante de 24 horas, pero a diferentes temperaturas en este caso 50, 55 y 60° C.

Posterior al proceso de secado la muestra se pesa para conocer el peso de salida y se remueven las raicillas de manera manual. Estas raicillas se pesarán para registrar y cuantificar el peso por perdidas de raicillas en la malta antes de realizar las pruebas de análisis de los granos. Finalmente se realizan los métodos de análisis para la malta de maíz.

### 5.2.7. Métodos de análisis de malta de maíz (*Zea mays L.*)

A continuación, se describen los tres métodos a utilizarse para el análisis de la malta de maíz los cuales son Determinación del porcentaje de Rendimiento y perdidas de la malta, Determinación de porcentaje de Extracto de Agua Fría, Determinación de Poder Diastásico y Determinación de Porcentaje Extracto de Agua Caliente.

#### 1. Determinación del Porcentaje de Rendimiento y perdidas de la malta.

Debido al dimensionamiento de las muestras destinadas a ser sometidas al proceso de micromalteo los productos como granos, maltas y raíces pueden ser pesadas con facilidad. Con estos datos podemos determinar la relación entre el rendimiento

$$\% \text{ Rendimiento de la malta d. b. (base seca)} = \frac{\text{Malta d.b.(g)} \times 100}{\text{Muestra d.b.(g)}} \quad (5.8)$$

$$\% \text{ Perdida de malta} = \frac{(\text{Muestra d.b.(g)} - \text{Malta d.b.(g)}) \times 100}{\text{Muestra d.b.(g)}} \quad (5.9)$$

Dónde:

Muestra d.b. (g) = Peso de la muestra de maíz base seca

Malta d.b. (g) = Peso de la cantidad final de malta base seca

#### 2. Determinación del Porcentaje de Extracto de Agua Fría (Cold Water Extract C.W.E)

**Tabla 5.12** Material, equipo e instrumentos utilizados para la determinación del porcentaje de extracto de agua fría.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 g de Malta de Maíz</li> <li>• Agua Destilada</li> <li>• Amoniaco NH<sub>3</sub> 0.1 N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beaker 500 ml</li> <li>• Pipeta</li> <li>• Hidrómetro</li> <li>• Molino</li> </ul>

## Procedimiento

Se toman 12 ml de NH<sub>3</sub> a 0.1 N y se diluyen a un volumen de 200 ml en el cual se someterá a digestión 10.00 g de malta por 3 horas a una temperatura de 20° C agitando cada media hora. Luego filtrar el remanente en el frasco y medir la gravedad específica de este con la ayuda de un hidrómetro graduado.

El cálculo para determinar el extracto de agua fría en porcentaje es como se indica:

$$\% \text{ C.W.E} = \left( \frac{\text{S.G.} - 1000}{3.86} \right) * 20 \quad (5.10)$$

Dónde:

% C.W.E.: Porcentaje de Extracto de Agua Fría (Cold Water Extract).

S.G.: El exceso de gravedad específica del filtrado arriba de 1000

### 3. Determinación del Poder Diastásico de la Malta. 27.3.123. AOAC Official Method 935.31 Diastatic Power of Malt

**Tabla 5.13** Material, equipo e instrumentos utilizados para la determinación del poder diastásico de la malta.

Materiales	Equipos e Instrumentos
• 25 g de Malta de Maíz	• Beaker 1000 ml.
• Agua Destilada	• Pipeta 10 ml
• Acetato de Sodio (CH <sub>3</sub> COONa.3H <sub>2</sub> O) Sólido	• Bureta 50 ml
• Ácido Acético 1.0 N	• Probeta 500 ml
• NaCl grado reactivo	• Beaker 500 ml
• Azul de Metileno 1%	• Magneto de agitación
• Solución de Fehling A	• Plancha Térmica
• Solución de Fehling B	• Gotero
• Almidón soluble grado reactivo	• Molino
• Solución 0.5 N de NaOH	• Termómetro

## Preparación de Soluciones

- Solución Buffer de Acetato. Disolver 68 g de Acetato de Sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) en 500 ml de 1.0 N de Ácido Acético
- Solución de Fehling A. Solución de Sulfato de Cobre. Una cantidad de 69.3 g de Sulfato de Cobre Pentahidratado ( $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) es disuelto en un litro de agua destilada.
- Solución de Almidón. Macerar el almidón con suficiente agua destilada fresca hasta formar una pasta fina y suave (5% del volumen final de solución). Agregar con agitación constante a agua destilada hirviente (75% del volumen final de solución). Calentar a ebullición durante 2 minutos hasta que la pasta fina se haya disuelto completamente. Rápidamente agregar agua destilada fresca (10 % del volumen final de solución) para luego enfriar a 20°C y finalmente agregar 2 ml de solución buffer por cada 100 ml de solución final de almidón, aforar con agua destilada hasta el volumen final de solución y almacenar a 20°C hasta su uso.
- Solución estándar de azúcar invertida: 9.5 g de sacarosa pura y agregar 5 ml de HCl y diluir con agua destilada en un matraz aforado a un volumen de 100 ml. Almacenar a temperatura ambiente (7 días aproximadamente a 12°C y 15°C o 3 días a 20°C. 25°C) entonces diluir a 1L. Neutralizar la alícuota necesaria con 1M NaOH antes de diluir a la concentración deseada.

## Estandarización de soluciones de Fehling

Seleccionar 10 ml de solución de Fehling en un Erlenmeyer y agregar 15 ml de solución de azúcar invertida de la bureta ebulir durante 15 segundos si el color azul de la solución se desvanece agregar 3 gotas de solución de azul de metileno al 1 % y completar la titulación agregando hasta que se el azul de metileno se reduzca por el medio y la solución se torne de un rojo ladrillo o marrón.

## Procedimiento:

Pesar 25 g de malta molida transferir a un beaker de 1 L agregar 500 ml de solución de NaCl a 0.5% a 20 °C dejando reposar durante 2 horas y 30 minutos agitando levemente cada 20 minutos evitando que partículas en suspensión se adhieran a las paredes del frasco. Luego que pase el tiempo de infusión. Filtrar con papel filtro de análisis cuantitativo y recircular los primeros 50 ml de solución

Inmediatamente diluir 20 ml de esta infusión a un matraz aforado de 100 ml con solución de NaCl al 0.5% a 20 °C. Transferir 10 ml por cada 200 ml de volumen de solución de almidón a 20 °C y aforar en el volumen deseado. Mantener esta infusión a 20 °C durante 30 minutos. Cuando se cumpla el tiempo utilizar se agrega rápidamente 20 ml de NaOH a 0.5 N para la inhibición enzimática.

Para la titulación de la solución tomar 5 ml de Fehling A y 5 ml de Fehling B y agregar 10 ml de agua destilada y colocar sobre la plancha de calentamiento a 400 °C durante 2 minutos. Colocar en la bureta 50 ml de almidón al 2% neutralizado y agregar 1/3 del volumen e iniciar la agitación de la plancha a 125 rpm colocando un magneto de agitación en el frasco. Agregar volumen de la bureta hasta que el azul de la solución de Fehling se desvanezca un poco y agregar 3 gotas de indicador de azul de metileno al 1%.

Agregar más volumen de almidón hasta que se note un cambio de azul a un violeta esto indica el punto final de la titulación y agregar la solución de 2 gotas por segundo. La titulación finaliza cuando el indicador de azul de metileno se reduce y la solución se torna de un color rojo ladrillo. El poder diastásico está determinado por:

$$^{\circ}\text{Poder Diastásico ASBC} := \left(\frac{5000}{V}\right) - \left(\frac{B}{V}\right) \quad (5.11)$$

$$^{\circ}\text{Poder Diastásico ASBC Base Seca} = \frac{^{\circ}\text{Poder diastásico base húmeda} \times 100}{100 - M} \quad (5.12)$$

Dónde:

V: Volumen de solución de almidón al 2% reducido en ml

B: Volumen de solución de almidón de blanco reducido en ml

M: % de humedad de la muestra de malta

#### 4. Determinación de Extracto de Agua Caliente H.W.E. (Hot Water Extract H.W.E.)

**Tabla 5.14** Materiales, equipos e instrumentos utilizados para la determinación de extracto de agua caliente.

Materiales	Equipos e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"><li>• 50 g de malta de maíz</li><li>• Agua Destilada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Beaker 1000 ml</li><li>• Baño Térmico</li><li>• Molino</li><li>• Plancha Térmica</li></ul>

#### Procedimiento

360 ml de agua destilada son colocados en un beaker calentando hasta alcanzar una temperatura de 65 – 68 ° C. 50 g de malta molida son colocados dentro del volumen de agua y este se debe agitar vigorosamente cada 10 minutos para evitar aglutinaciones en la solución. Esta se mantiene a una temperatura de 65° C por exactamente una hora luego se enfría rápidamente a una temperatura de 20° C. La mezcla luego es ajustada a un volumen de 515 ml a 20° C usando agua destilada a la misma temperatura del frasco. La mezcla entera es filtrada y los primeros 50 ml del filtrado son recirculados y filtrados. La densidad relativa de del filtrado es determinada por:

$$H.W.E = 10.13(G) \quad (5.13)$$

Dónde:

G. = Es el exceso de gravedad específica del filtrado

$$G = S.G. - 1000 \quad (5.14)$$



## VI. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### 6.1. Resultados de la pureza de la muestra.

El contenido de impurezas del Maíz (*Zea mays L.*) variedad NB – 6 se determinó al pesar 5 diferentes muestras de 100 gr cada una, tal como lo indica la tabla 6.1 alcanzando hasta un 5.84% de impurezas, diferenciando la materia inerte, otros granos y granos rotos de maíz de los granos enteros. Particularmente no contenía ni material inerte ni otros granos en su interior, únicamente granos quebrados.

**Tabla 6.1** Resultados de pureza de la muestra sobre Maíz (*Zea mays L.*) variedad NB – 6

Ensayo	Peso de impurezas	Peso de granos total	% Impurezas
1	4.28 gr	100 gr	4.28 %
2	5.84 gr	100 gr	5.84 %
3	5.39 gr	100 gr	5.39 %
4	4.00 gr	100 gr	4.00 %
5	3.62 gr	100 gr	3.62%
Promedio	4.62 gr	100 gr	4.62 %



Figura 6.1. Revisión de muestras de maíz y contabilización de impurezas sobre una hoja de papel.

## 6.2. Determinación del peso de 1000 granos de maíz

Se realizaron 5 ensayos de muestras de granos de maíz con un porcentaje de material seco del 95.7% de promedio, el peso de 1000 granos de maíz fue plasmados en la tabla 6.2. Con un promedio de 296.54 gramos por cada 1000 granos de maíz.

**Tabla 6.2** Resultados de la determinación del peso de 1000 granos de maíz.

Ensayo	Peso de la muestra	Granos Contados	Peso de 1000 Granos de maíz
1	20.05 gr	65	295.19 gr
2	20.01 gr	63	303.96 gr
3	20.10 gr	65	295.93 gr
4	20.04 gr	65	295.05 gr
5	20.18 gr	64	301.75 gr
6	20.12 gr	67	287.38 gr
Promedio	20.08 gr	64.83	296.54 gr



Figura 6.2 Conteo de granos de muestra 1 de 20.05 g

### 6.3. Determinación de la Capacidad germinativa del maíz.

Al finalizar este periodo de 48 horas se contabilizó la cantidad de granos germinados siendo de 198 granos en promedio, se decidió no continuar a partir de este punto para evitar consumir solución de Peróxido de Hidrógeno innecesariamente pues solo quedaban 2 granos sin germinar en casi todos los ensayos. Esto demuestra que la variedad NB – 6 tiene una gran capacidad germinativa, germinando casi en su totalidad en condiciones óptimas lo cual lo hace viable para el proceso de micromalteo.

**Tabla 6.3** Resultados de la determinación de los ensayos de la capacidad germinativa del maíz

Ensayo	Granos germinados	%Capacidad germinativa
1	198	99.0 %
2	198	99.0 %
3	198	99.0 %
4	197	98.5 %
5	198	99.0 %
Promedio	197.8	98.9%



Figura 6.3. Imagen de la prueba no. 5 de capacidad germinativa con 198 granos germinados.

#### 6.4. Determinación de la energía de germinación

Para esta prueba se realizaron 5 ensayos en paralelo para determinar la energía de activación del maíz variedad NB – 6 cuyos resultados se muestran en la tabla 6.4 con un promedio total de energía de germinación del 94.4%. Al igual que con el ensayo de capacidad germinativa, la mayoría de los granos germinaron sin problemas con suficiente agua. Esto indica que la variedad NB – 6 posee baja latencia y por lo tanto no requiere de modificaciones en los regímenes de remojo y germinación.

**Tabla 6.4.** Resultados de los ensayos de Energía de germinación.

Ensayo	Granos germinados	Energía de germinación
1	95	95.0 %
2	92	92.0 %
3	91	91.0 %
4	96	96.0 %
5	98	98.0 %
Promedio	94.4	94.4 %



Figura 6.4 Ensayo de la determinación de la energía de germinación.

### 6.5. Determinación de la sensibilidad al agua

La variedad de Maíz NB – 6 colocados sobre los platos petri tuvo bajos resultados para la prueba de sensibilidad de agua, alcanzando en promedio 11.2%. Esto es prueba de que la variedad NB – 6 es poco sensible al agua (Porcentajes mayores del 25% se consideran muy sensibles).

**Tabla 6.5** Resultados de determinación de la sensibilidad al agua.

Ensayo	Granos Germinados	Sensibilidad al agua
1	14	14%
2	12	12%
3	12	12%
4	11	11%
5	7	7%
Promedio	11.2	11.20%



Figura 6.5 Pruebas 1, 2 y 3 de determinación de sensibilidad al agua



## 6.6. Determinación de Porcentaje de Humedad

Los resultados de los análisis de determinación de % de humedad según el método 32.1.03 AOAC Official Method 925.10 Solids Total and Loss Drying (Moisture) in Fluor. Air Oven Method; fue aplicado al maíz, así como a la malta de cebada base, malta caramelo, malta negra para su comparación.

**Tabla 6.6** Resultados de pruebas de % de humedad de maíz, maltas de cebada y maltas de maíz.

Ensayo	1	2	3	4	5	Promedio	% Humedad
Maiz (g)	4.31	4.31	4.31	4.3	4.32	4.31	4.22
Malta Base (g)	4.34	4.35	4.32	4.34	4.35	4.34	3.60
Malta Caramelo (g)	4.35	4.35	4.38	4.38	4.37	4.37	2.98
wMalta.Negra (g)	4.38	4.39	4.40	4.40	4.39	4.39	2.40



Figura 6.6 muestras de análisis de humedad a malta de maíz



Figura 6.7. Muestras de análisis de humedad a previo al pesado en el desecador

**Tabla 6.7.** Resultados de porcentajes de humedad en sistema ortogonal L27

<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Promedio</b>	<b>% Humedad</b>
1.1	4.35	4.35	4.35	4.35	4.36	4.35	3.29
1.2	4.35	4.36	4.35	4.35	4.36	4.35	3.24
1.3	4.35	4.36	4.36	4.35	4.36	4.36	3.20
8.1	4.32	4.32	4.34	4.33	4.33	4.33	3.82
8.2	4.32	4.34	4.32	4.34	4.32	4.33	3.82
8.3	4.32	4.32	4.33	4.32	4.32	4.32	3.96
6.1	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	3.33
6.2	4.35	4.34	4.34	4.35	4.35	4.35	3.42
6.3	4.35	4.35	4.34	4.34	4.35	4.35	3.42
2.1	4.37	4.36	4.36	4.35	4.35	4.36	3.16
2.2	4.35	4.37	4.35	4.36	4.35	4.36	3.20
2.3	4.35	4.35	4.36	4.35	4.35	4.35	3.29
4.1	4.37	4.37	4.39	4.38	4.38	4.38	2.71
4.2	4.37	4.37	4.38	4.37	4.37	4.37	2.84
4.3	4.38	4.38	4.36	4.38	4.37	4.37	2.80
9.1	4.35	4.33	4.34	4.35	4.34	4.34	3.51
9.2	4.32	4.35	4.35	4.32	4.33	4.33	3.69
9.3	4.35	4.35	4.33	4.35	4.35	4.35	3.42
3.1	4.37	4.37	4.39	4.38	4.39	4.38	2.67
3.2	4.35	4.36	4.38	4.38	4.36	4.37	2.98
3.3	4.38	4.36	4.36	4.38	4.35	4.37	2.98
5.1	4.37	4.36	4.36	4.37	4.38	4.37	2.93
5.2	4.38	4.37	4.36	4.38	4.37	4.37	2.84
5.3	4.37	4.37	4.37	4.36	4.38	4.37	2.89
7.1	4.35	4.34	4.35	4.37	4.36	4.35	3.24
7.2	4.35	4.35	4.36	4.35	4.36	4.35	3.24
7.3	4.36	4.35	4.35	4.35	4.36	4.35	3.24

Como parte de los resultados de porcentajes de humedades de las muestras del arreglo ortogonal de la tabla 6.7 se ejecutaron en 5 pruebas por cada una de los ensayos dando como resultado un mínimo de humedad del 2.67% en el ensayo 3.1 a 60 °C y un valor máximo de 3.96% en el ensayo 8.3 a una temperatura de 50 °C. Se registra una media de 3.22% de humedad como resultado del análisis de los 27 ensayos.

## 6.7. Rendimiento de malta de (*Maiz Zea mays L*)

**Tabla 6.8** Tablas de % de Rendimiento y Perdidas de malta de maíz en el proceso de micromalteo

Ensayo	Peso muestra (g)	Peso de muestra base seca (g)	Peso malta verde (g)	Peso raicillas (g)	Peso malta final (g)	% Humedad malta	% Peso seco final malta (g)	% Rendimiento	% Perdida
1.1	120.1	115.03	173.26	2.7	107.23	3.29	103.70	90.15%	9.85%
1.2	120.04	114.97	174.33	3.76	104.32	3.24	100.94	87.79%	12.21%
1.3	120.06	114.99	170.56	4.34	105.76	3.2	102.38	89.03%	10.97%
8.1	120.02	114.96	170.66	8.72	108.54	3.82	104.39	90.81%	9.19%
8.2	120	114.94	173.58	6.43	108.37	3.82	104.23	90.69%	9.31%
8.3	120.01	114.95	171.47	7.45	109.47	3.96	105.13	91.47%	8.53%
6.1	120.3	115.22	178.88	2.57	107.56	3.33	103.98	90.24%	9.76%
6.2	120.03	114.96	180.56	4.65	105.21	3.42	101.61	88.39%	11.61%
6.3	120.05	114.98	177.41	2.82	105.32	3.42	101.72	88.46%	11.54%
2.1	120.1	115.03	185.42	4.32	108.62	3.16	105.19	91.44%	8.56%
2.2	120.06	114.99	182.53	6.23	108.74	3.2	105.26	91.54%	8.46%
2.3	120.05	114.98	180.52	5.87	107.65	3.29	104.11	90.54%	9.46%
4.1	120.05	114.98	177.5	1.83	103.21	2.71	100.41	87.33%	12.67%
4.2	120.04	114.97	175.62	3.9	104.82	2.84	101.84	88.58%	11.42%
4.3	120.03	114.96	177.34	4.32	104.33	2.8	101.41	88.21%	11.79%
9.1	120.01	114.95	178.88	3.54	104.32	3.51	100.66	87.57%	12.43%
9.2	120.04	114.97	176.68	4.75	105.79	3.69	101.89	88.62%	11.38%
9.3	120.07	115.00	175.47	2.78	105.32	3.42	101.72	88.45%	11.55%
3.1	120.08	115.01	164.67	4.54	106.84	2.67	103.99	90.41%	9.59%
3.2	120.1	115.03	167.93	6.21	105.53	2.98	102.39	89.01%	10.99%
3.3	120.04	114.97	168.54	4.3	105.21	2.98	102.07	88.78%	11.22%
5.1	120.05	114.98	168.71	3.05	104.41	2.93	101.35	88.14%	11.86%
5.2	120.04	114.97	163.51	2.43	107.32	2.84	104.27	90.69%	9.31%
5.3	120.01	114.95	167.28	3.47	107.69	2.89	104.58	90.98%	9.02%
7.1	120.06	114.99	175.34	3.31	103.22	3.24	99.88	86.85%	13.15%
7.2	120.05	114.98	174.39	4.25	104.32	3.24	100.94	87.79%	12.21%
7.3	120.1	115.03	176.23	3.32	105.32	3.24	101.91	88.59%	11.41%

Los porcentajes de rendimiento de malta en la tabla 6.8 demuestran un rendimiento del 91.54% en relación al peso del grano en el ensayo 2.2 y de 91.44% en el ensayo 2.1 utilizado para el proceso de la malta. De la misma manera se registra el rendimiento más bajo de la tabla en un 86.85% en el ensayo 7.1. Estos rendimientos son dependientes principalmente del peso de la salida de la malta, así como del peso de las raicillas generadas consideradas como perdidas no utilizables y el porcentaje de humedad natural del grano puesto que este rendimiento se considera en base seca.



### 6.8. Resultados de determinación de porcentaje de Extracto de Agua Fría (Cold Water Extract C.W.E).

**Tabla 6.9** Resultados de determinación de los porcentajes de Extracto de Agua Fría (C.W.E)

Ensayo	Remojo (h)	Germinación (h)	Secado (°C)	G. E. CWE	% CWE
1.1				1006	31.09
1.2	24	96	50	1006	31.09
1.3				1005	25.91
8.1				1008	41.45
8.2	72	120	50	1010	51.81
8.3				1008	41.45
6.1				1004	20.73
6.2	48	144	50	1004	20.73
6.3				1004	20.73
2.1				1004	20.73
2.2	24	120	55	1006	31.09
2.3				1005	25.91
4.1				1004	20.73
4.2	48	96	55	1004	20.73
4.3				1003	15.54
9.1				1004	20.73
9.2	72	144	55	1004	20.73
9.3				1005	25.91
3.1				1007	36.27
3.2	24	144	60	1008	41.45
3.3				1008	41.45
5.1				1006	31.09
5.2	48	120	60	1006	31.09
5.3				1005	25.91
7.1				1006	31.09
7.2	72	96	60	1006	31.09
7.3				1007	36.27

El Porcentaje de extracto de agua fría dentro de los ensayos del arreglo ortogonal dan lugar a un valor mínimo encontrado de 15.54 % en el ensayo 4.3 indicando su baja solubilidad de materiales en soluciones acuosas a 20 °C, por otro lado, se registraron valores de 51% de solubilidad de materiales a esta temperatura lo cual indica una transformación óptima y equilibrada del proceso de germinación en el ensayo 8.1 a como lo indica Boulton 2013.

## 6.9. Resultados de determinación de Poder de Diastático de la Malta (°Diastatic Power ASBC) 27.3.123. AOAC Official Method 935.31 Diastatic Power of Malt.

**Tabla 6.10** Resultados de determinación de Poder Diastático en arreglo ortogonal

Ensayo	Remojo (h)	Germinación (h)	Secado (°C)	% Humedad	ml de Alm. 2%	°DP ASBC as - is basis	°DP ASBC dry basis
1.1				3.29	294	17.01	17.59
1.2	24	96	50	3.24	284	17.6	18.19
1.3				3.2	296	16.9	17.46
8.1				3.82	169	29.54	30.71
8.2	72	120	50	3.82	156	31.98	33.25
8.3				3.96	150	33.27	34.64
6.1				3.33	169	29.61	30.63
6.2	48	144	50	3.42	168	29.74	30.79
6.3				3.42	166	30.12	31.19
2.1				3.16	240	20.84	21.52
2.2	24	120	55	3.2	249	20.05	20.71
2.3				3.29	256	19.55	20.22
4.1				2.71	265	18.9	19.43
4.2	48	96	55	2.84	256	19.56	20.13
4.3				2.8	274	18.23	18.76
9.1				3.51	159	31.44	32.58
9.2	72	144	55	3.69	151	33.19	34.46
9.3				3.42	140	35.65	36.91
3.1				2.67	180	27.81	28.57
3.2	24	144	60	2.98	182	27.4	28.24
3.3				2.98	184	27.23	28.07
5.1				2.93	210	23.82	24.54
5.2	48	120	60	2.84	207	24.1	24.81
5.3				2.89	192	26.05	26.83
7.1				3.24	179	27.98	28.92
7.2	72	96	60	3.24	164	30.51	31.53
7.3				3.24	157	31.85	32.92

El poder diastático es la variable más relevante en este estudio. Se obtuvieron valores máximos de entre 32.58 a 36.91 °DP ASBC en el grupo de ensayos 9, los cuales se ejecutaron a mayor tiempo de remojo, mayor tiempo de germinación y temperatura media de secado de 55°C; así también se obtuvieron valores inferiores pero aproximados a éstos en los grupos de experimentos numerados 8 y 6 con valores desde 30.63 a 34.64 °DP ASBC, que fueron ejecutados (en combinación) con un valor alto de tiempo de remojo y germinación y secado a una temperatura de 50 °C.

**Tabla 6.11** Resultados de determinación de Poder diastásico de malta de cebada base.

Ensayo	% Humedad	Almidón al 2% ml.	Almidón 2%. Blanco ml.	°DP ASBC as - is basis	°DP ASBC dry basis
1	2	52	660	83.46	85.16
2	2	54	650	80.56	82.20
3	2	55	660	78.91	80.52
4	2	56	690	76.96	78.53
5	2	57	710	75.26	76.80
Promedio	2.00	54.80	674.00	79.03	80.64

La malta base originaria de Alemania obtenida para la evaluación comparativa, indica un valor de Poder Diastásico de 259 Windisch–Kolbach (Reportado en análisis de laboratorio. Ver en Anexo tabla 11.4) equivalente a 78 °L. Se realizó la valoración por medio del método establecido por la AOAC en 5 ensayos propuestos realizando pruebas de blanco en cada una de ellas para considerar el azúcar generado en el grano. Estos 5 ensayos como promedio dieron un valor de 80.64 ° ASBC aproximándose a un valor similar al de grados Lintner. Estableciendo así un paralelismo entre los grados Lintner y los grados de Poder Diastásico ASBC.

## 6.10. Resultados de determinación Extracto de Agua Caliente (Hot Water Extract C.W.E).

**Tabla 6.12** Resultados de determinación de porcentaje de Extracto de Agua Caliente (H.W.E.)

Ensayo	Remojo (h)	Germinación (h)	Secado (°C)	G. E. HWE	l°/kg HWE
1.1				1011	111.43
1.2	24	96	50	1010	101.3
1.3				1010	101.3
8.1				1008	81.04
8.2	72	120	50	1010	101.3
8.3				1010	101.3
6.1				1007	70.91
6.2	48	144	50	1008	81.04
6.3				1008	81.04
2.1				1010	101.3
2.2	24	120	55	1010	101.3
2.3				1011	111.43
4.1				1006	60.78
4.2	48	96	55	1007	70.91
4.3				1006	60.78
9.1				1012	121.56
9.2	72	144	55	1010	101.3
9.3				1010	101.3
3.1				1008	81.04
3.2	24	144	60	1006	60.78
3.3				1007	70.91
5.1				1010	101.3
5.2	48	120	60	1009	91.17
5.3				1010	101.3
7.1				1011	111.43
7.2	72	96	60	1010	101.3
7.3				1010	101.3

Los valores de extracto de agua caliente registrados durante el análisis a las muestras de maltas de maíz se determinó un valor máximo de 121.56 l°/kg en el grupo de ensayo 9 los cuales indican un mayor rendimiento de los sólidos solubles a mayor poder diastásico. Así mismo se indican valores de hasta 60.78 l°/kg en el ensayo 3.2 como en el 4.3 reduciendo como las peores opciones de malta para el rendimiento en un proceso de maceración del grano

**Tabla 6.13.** Resultados de Métodos de análisis de malta de maíz (*Zea mays L.*) sometidas a proceso de micromalteo.

Ensayo	Remojo (h)	Germinación (h)	Secado (°C)	Peso muestra (g)	Peso malta verde (g)	Peso raicillas (g)	Peso malta final (g)	% Humedad	G. E. CWE	% CWE	ml de Alm. 2%	°DP as - is basis	°DP dry basis	G. E. HWE	l°/kg HWE
1.1				120.1	173.26	2.7	107.23	3.29	1006	31.09	294	17.01	17.59	1011	111.43
1.2	24	96	50	120.04	174.33	3.76	104.32	3.24	1006	31.09	284	17.6	18.19	1010	101.3
1.3				120.06	170.56	4.34	105.76	3.2	1005	25.91	296	16.9	17.46	1010	101.3
8.1				120.02	170.66	8.72	108.54	3.82	1008	41.45	169	29.54	30.71	1008	81.04
8.2	72	120	50	120	173.58	6.43	108.37	3.82	1010	51.81	156	31.98	33.25	1010	101.3
8.3				120.01	171.47	7.45	109.47	3.96	1008	41.45	150	33.27	34.64	1010	101.3
6.1				120.3	178.88	2.57	107.56	3.33	1004	20.73	169	29.61	30.63	1007	70.91
6.2	48	144	50	120.03	180.56	4.65	105.21	3.42	1004	20.73	168	29.74	30.79	1008	81.04
6.3				120.05	177.41	2.82	105.32	3.42	1004	20.73	166	30.12	31.19	1008	81.04
2.1				120.1	185.42	4.32	108.62	3.16	1004	20.73	240	20.84	21.52	1010	101.3
2.2	24	120	55	120.06	182.53	6.23	108.74	3.2	1006	31.09	249	20.05	20.71	1010	101.3
2.3				120.05	180.52	5.87	107.65	3.29	1005	25.91	256	19.55	20.22	1011	111.43
4.1				120.05	177.5	1.83	103.21	2.71	1004	20.73	265	18.9	19.43	1006	60.78
4.2	48	96	55	120.04	175.62	3.9	104.82	2.84	1004	20.73	256	19.56	20.13	1007	70.91
4.3				120.03	177.34	4.32	104.33	2.8	1003	15.54	274	18.23	18.76	1006	60.78
9.1				120.01	178.88	3.54	104.32	3.51	1004	20.73	159	31.44	32.58	1012	121.56
9.2	72	144	55	120.04	176.68	4.75	105.79	3.69	1004	20.73	151	33.19	34.46	1010	101.3
9.3				120.07	175.47	2.78	105.32	3.42	1005	25.91	140	35.65	36.91	1010	101.3
3.1				120.08	164.67	4.54	106.84	2.67	1007	36.27	180	27.81	28.57	1008	81.04
3.2	24	144	60	120.1	167.93	6.21	105.53	2.98	1008	41.45	182	27.4	28.24	1006	60.78
3.3				120.04	168.54	4.3	105.21	2.98	1008	41.45	184	27.23	28.07	1007	70.91
5.1				120.05	168.71	3.05	104.41	2.93	1006	31.09	210	23.82	24.54	1010	101.3
5.2	48	120	60	120.04	163.51	2.43	107.32	2.84	1006	31.09	207	24.1	24.81	1009	91.17
5.3				120.01	167.28	3.47	107.69	2.89	1005	25.91	192	26.05	26.83	1010	101.3
7.1				120.06	175.34	3.31	103.22	3.24	1006	31.09	179	27.98	28.92	1011	111.43
7.2	72	96	60	120.05	174.39	4.25	104.32	3.24	1006	31.09	164	30.51	31.53	1010	101.3
7.3				120.1	176.23	3.32	105.32	3.24	1007	36.27	157	31.85	32.92	1010	101.3

## 6.11. Análisis Estadístico de los parámetros de calidad de la malta

El análisis estadístico para los parámetros de calidad de la malta se llevó a cabo comprobando inicialmente la normalidad de cada grupo de datos con fin de determinar si estos se distribuyen normalmente puesto que es requisito para la aplicación del ANOVA.

### 6.11.1. Pruebas de Normalidad y Homogeneidad de varianzas

**Tabla 6.14** Pruebas de normalidad para parámetros de calidad de la malta del Maíz Variedad NB – 6.

Parámetro de calidad de la malta	Kolmogorov – Smirnov		Shapiro – Wilk	
	Estadístico	Significancia	Estadístico	Significancia
Rendimiento de malta	0.163	0.066	0.970	>0.100
%Extracto Agua Fría	0.168	>0.048	0.987	>0.100
% Extracto Agua Caliente	0.299	<0.010	0.979	>0.100
Poder diastásico base seca	0.143	>0.150	0.969	>0.100

Se observó que todas las variables respuesta tienen comportamiento normal en la prueba de normalidad Shapiro – Wilk (únicamente el rendimiento de la malta y el poder diastásico tiene comportamiento normal para ambas pruebas).

Otro requisito es determinar que las varianzas entre cada parámetro sean iguales mediante el test de Levene.

**Tabla 6.15** Prueba de Levene

Respuesta	Estadístico de Levene	Valor P
Rendimiento de la malta	0.27	0.967
%Extracto de agua fría	0.30	0.958
%Extracto de agua caliente	0.15	0.995
Poder diastásico	1.12	0.394

Con un valor P mayor que 0.05 significa que las varianzas entre rendimiento de malta, %CWE, %HWE y Poder diastásico base seca son iguales.

### 6.11.2. Análisis de Varianza para % de Rendimientos de malta

**Tabla 6.16** Análisis de Varianza para % Rendimiento de malta

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P	Contribución
Tiempo de Remojo (	2	1.4875	1.4875	0.7437	5.25	0.160	12.25%
Tiempo de Germinación (h)	2	9.6614	9.6614	4.8307	34.12	<b>0.028</b>	79.60%
Temperatura de Secado (°C)	2	0.7058	0.7058	0.3529	2.49	0.286	5.81%
Error residual	2	0.2832	0.2832	0.1416			2.33%
Total	8	12.1377					

**Tabla 6.17** Resumen del modelo de Rendimiento de malta

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.3763	97.67	90.67

En el ANOVA realizado para el factor Rendimiento de malta se observó que únicamente el factor de germinación lo afecta significativamente (Valor P < 0.05). Por otra parte, el modelo se ajusta con un  $R^2 = 97.67\%$ .

### 6.11.3. Análisis de Varianza para % de Extracto de Agua Fria

**Tabla 6.18** Análisis de Varianza para %Extracto de Agua Fría

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P	Contribución
Tiempo de Remoj (h)	2	184.89	184.89	92.44	1.53	0.396	30.70%
Tiempo de Germinación (h)	2	73.56	73.56	36.78	0.61	0.622	12.21%
Temperatura de Secado (°C)	2	222.66	222.66	111.33	1.84	0.352	36.96%
Error residual	2	121.21	121.21	60.60			20.12%
Total	8	602.31					

**Tabla 6.19** Resumen del modelo de %Extracto de agua fría

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
7.7849	79.88	19.50

En el ANOVA realizado para el factor %Extracto de agua fría se observó que ninguno de los tres factores afecta significativamente (Valor  $P > 0.05$ ) este parámetro de calidad de la malta. Por otra parte, el modelo se ajusta con un  $R^2 = 79.88 \%$ .

#### 6.11.4. Análisis de Varianza para Poder Diastásico Base seca

**Tabla 6.20** Análisis de Varianza para Poder Diastásico Base seca

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P	Contribución
Tiempo de Remojo (h)	2	179.393	179.393	89.696	42.51	<b>0.023</b>	57.90%
Tiempo de Germinación (h)	2	109.279	109.279	54.639	25.90	<b>0.037</b>	35.27
Temperatura de Secado (°C)	2	16.933	16.933	8.466	4.01	0.200	5.46%
Error residual	2	4.220	4.220	2.110			1.36%
Total	8	309.825					

**Tabla 6.21** Resumen del modelo de Poder Diastásico Base seca

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1.4526	98.64	94.55

En el ANOVA realizado para el factor Poder Diastásico base seca en cambio se observó que solo dos factores afectan significativamente (Valor  $P < 0.05$ ) este parámetro de calidad de la malta, el tiempo de remojo (24, 48, 72 horas) y el tiempo de germinación (96, 120 y 144 horas). Para este modelo el ajuste llegó a un  $R^2 = 98.64 \%$ .



### 6.11.5. Análisis de Varianza para Extracto de Agua Caliente

**Tabla 6.22** Análisis de Varianza para %Extracto de Agua Caliente

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P	Contribución
Tiempo de Remojo (h)	2	1021.10	1021.10	510.55	14.39	0.065	46.26%
Tiempo de Germinación (h)	2	276.18	276.18	138.09	3.89	0.204	12.51%
Temperatura de Secado (°C)	2	838.67	838.67	419.34	11.82	0.078	38.00%
Error residual	2	70.95	70.95	35.47			3.21%
Total	8	2206.90					

**Tabla 6.23** Resumen del modelo de % Extracto de Agua Caliente

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
5.9559	96.79%	87.14%

En el ANOVA realizado para el factor %Extracto de agua caliente se observa que ninguno de los factores afecta significativamente (Valor  $P > 0.05$ ) este parámetro de calidad de la malta. Para este modelo el ajuste alcanza un  $R^2 = 96.79\%$ .

### 6.11.6. Análisis de Efectos para Medias en Porcentaje de Rendimiento de la malta

Haciendo uso de Minitab 18.0 para analizar los datos de las tablas anteriores se determinó la magnitud de los efectos de los diferentes factores (rendimiento de la malta, Tiempo de remojo, tiempo de germinación y temperatura de secado) en las diferentes variables respuesta (rendimiento de malta, %Extracto de agua fría, %Extracto de agua caliente y poder diastásico base seca).

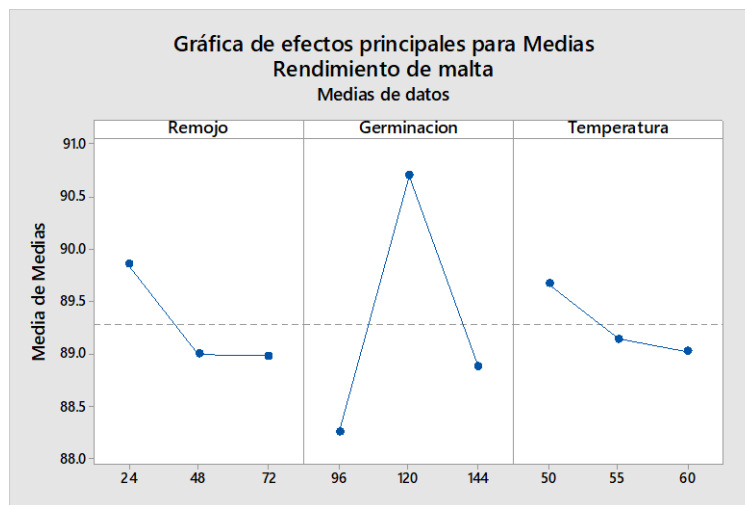


Figura 6.8. Efectos principales para medias de Porcentaje de rendimiento de malta

**Tabla 6.24** Respuesta para medias de Porcentaje de rendimiento de malta

Nivel	Tiempo de Remojo (h)	Tiempo de Germinación (h)	Temperatura de Secado (°C)
1	89.85	88.26	89.67
2	89.00	90.70	89.14
3	88.98	88.88	89.03
Delta	0.87	2.44	0.64
Clasificar	2	1	3

Se observa que el rendimiento de malta se ve afectado ligeramente por los tiempos de remojo y temperatura de secado (a medida que aumentan los niveles de estos factores el rendimiento se reduce ligeramente), en cambio el mayor efecto se ve provocado por los tiempos de germinación alcanzando su mayor valor en el tiempo de germinación de 120 horas.

### 6.11.7. Análisis de Efectos para Medias en % de Extracto de Agua Fría

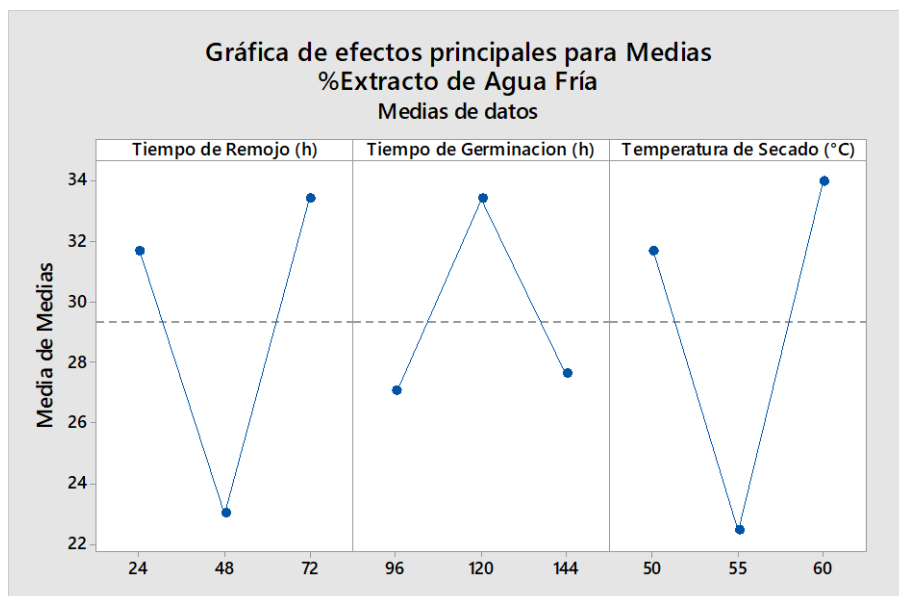


Figura 6.9. Efectos principales para medias %Extracto de agua Fría.

**Tabla 6.25** Respuesta para medias %Extracto de agua fría

Nivel	Tiempo de Remojo (h)	Tiempo de Germinación (h)	Temperatura de Secado (°C)
1	31.67	27.06	31.67
2	23.03	33.39	22.46
3	33.39	27.64	33.97
Delta	10.36	6.33	11.51
Clasificar	2	3	1

Para el caso del porcentaje de extracto de agua fría se observa que los efectos principales tienen un comportamiento complejo, observando una gran diferencia entre cada nivel de cada factor (para el tiempo de remojo y temperatura de secado tenemos primero un decremento entre los niveles 1 y 2, y luego un aumento entre los niveles 2 y 3. En cambio los tiempos de germinación tienen un comportamiento opuesto (los valores de extracto de agua fría aumentan de los niveles 1 a 2 y disminuye del nivel 2 al 3). Siendo el de mayor influencia aparentemente la temperatura de secado, le sigue el tiempo de remojo y en menor medida los tiempos de germinación.

### 6.11.8. Análisis de Efectos para Medias en Poder Diastásico base seca

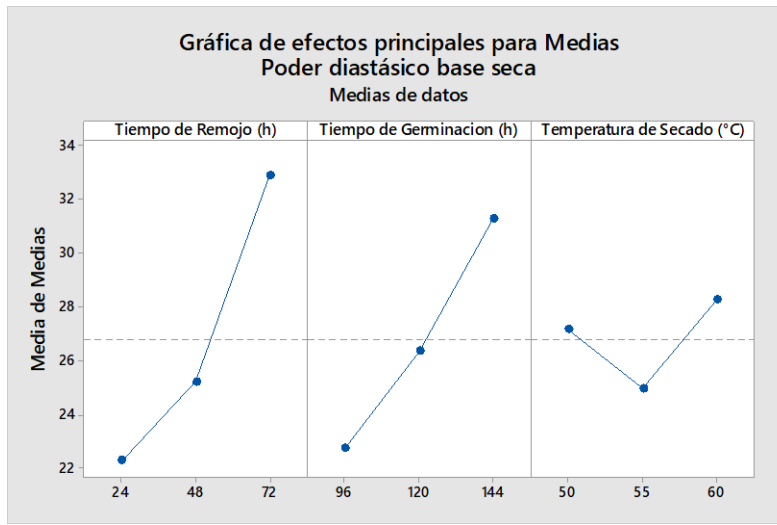


Figura 6.10 Efectos principales para medias Poder Diastásico base seca.

**Tabla 6.26** Respuesta para medias Poder Diastásico base seca

Nivel	Tiempo de Remojo (h)	Tiempo de Germinación (h)	Temperatura de Secado (°C)
1	22.29	22.77	27.16
2	25.23	26.36	24.97
3	32.88	31.27	28.27
Delta	10.59	8.50	3.30
Clasificar	1	2	3

Los factores que tienen mayor efecto principal en el poder diastásico base seca son los tiempos de remojo y tiempos de germinación y en menor medida la temperatura de secado. Vemos que para ambos factores los valores de poder diastásico base seca aumentan a medida que aumentan los niveles, alcanzando los valores máximos en el tercer nivel de ambos factores. En cambio, la temperatura de secado no tiene mucha influencia en el poder diastásico base seca.

### 6.11.9. Análisis de Efectos para Medias en % de Extracto de Agua Caliente

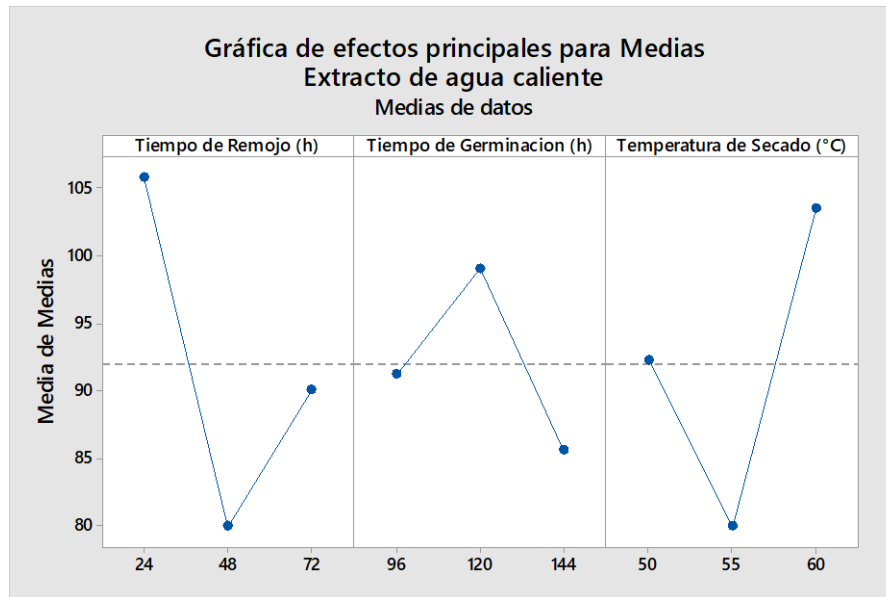


Figura 6.11. Efectos principales para medias %Extracto de agua Caliente

**Tabla 6.27** Respuesta para medias %Extracto de Agua Caliente

Nivel	Tiempo de Remojo (h)	Tiempo de Germinación (h)	Temperatura de Secado (°C)
1	105.80	91.17	92.30
2	79.91	99.05	79.91
3	90.04	85.54	103.55
Delta	25.89	13.51	23.64
Clasificar	1	3	2

Al igual que el porcentaje de extracto de agua fría, el de agua caliente tiene un comportamiento complejo. En cambio, aparentemente el factor con el mayor efecto principal es el tiempo de remojo, le sigue la temperatura de secado y en menor medida el tiempo de germinación. A diferencia de del extracto de agua fría, en el de agua caliente se obtuvieron valores mayores en el menor tiempo de remojo.

**Tabla 6.28** Pruebas de análisis de Tukey de rendimiento

Factor	Nivel	N	Media	Agrupación
<i>Tiempo de germinación (horas)</i>	120	9	90.7000	A
	144	9	88.8811	B
	96	9	88.2578	B

*\*Las medias que no comparten letra son significativamente diferentes*

**Tabla 6.29** Pruebas de análisis de Tukey de Poder diastásico Base Seca.

Factor	Nivel	N	Media	Agrupación
Tiempo de remojo (horas)	72	9	32.8800	A
	48	9	25.2344	B
	24	9	22.2856	C
<i>Tiempo de germinación (horas)</i>	144	9	31.2711	A
	120	9	26.3589	B
	96	9	22.7700	C

*\*Las medias que no comparten letra son significativamente diferentes*

Los únicos parámetros de calidad de la malta que se ven afectados significativamente por los factores del experimento son:

- El rendimiento de malta por el tiempo de germinación (96, 120 y 144 horas)
- El poder diastásico por el tiempo de remojo (24, 48 y 72 horas) y el tiempo de germinación (96, 120 y 144 horas).

Para establecer diferencias entre los niveles se realizó la prueba de comparaciones de Tukey en Minitab 18.0.

Se puede observar en la tabla 6.28 el análisis de Tukey del rendimiento de malta que existen diferencias significativas entre el nivel 2 con los demás (el nivel 1 y 3 no presentan diferencias significativas). Siendo el nivel 2 donde se alcanza los

mayores valores de rendimiento. Lo cual se ajusta a la teoría, mayor tiempo de germinación puede provocar mayor pérdida de la malta debido al crecimiento de las raicillas.

En la tabla 6.29 se muestra el análisis de Tukey del Poder Diastásico base seca, el cual se ve afectado por el tiempo de remojo y el tiempo de germinación. Cada nivel de estos dos factores tiene diferencias significativas entre sí, estableciendo una correlación directa (mayor tiempo de remojo y germinación se traduce en mayor poder diastásico).

## VII. CONCLUSIONES

Las pruebas de viabilidad de germinación Capacidad germinativa, %Energía de germinación y sensibilidad del agua demuestra que la variedad NB -6 es un buen candidato para el proceso de malteo con bajos niveles de latencia y sensibilidad al agua y una casi total capacidad germinativa.

Los extractos de agua caliente y de agua fría no se ven afectados significativamente por los factores de tiempo de remojo, tiempo de germinación y temperatura de secado por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

El rendimiento de malta se ve afectado significativamente por el tiempo de germinación por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa. Alcanzando sus valores más altos de 91% tiempos de germinación de 120 horas, mayores tiempos de germinación provocan pérdida de

El poder diastásico se ve afectado significativamente por el tiempo de remejo y el tiempo de germinación y en menor medida por la temperatura de secado por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa. Se tiene una relación directamente proporcional del poder diastásico con los tres factores del experimento. Se observa que la malta de maíz variedad NB -6 ha alcanzado valores de autoconversión, pero bajos comparados con la malta de cebada.

La mejor combinación de niveles en base al análisis de medias para el poder diastásico al ser la variable de mayor importancia en el estudio es de 72 horas, tiempo de germinación 144 horas y temperatura de 60°C para esta variedad de maíz con una gravedad específica de 1012, y un potencial alcohólico de 1.6% de volumen de alcohol etílico.



## VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de malta de maíz variedad NB -6 para la fabricación de bebidas de bajo contenido alcohólico libre de gluten o bien hacer uso de ella como un adjunto en combinación de una malta base a partir de cebada para la elaboración de cervezas.

Para futuros estudios con el maíz variedad NB-6 se recomienda la combinación de niveles: tiempo de remojo 72 horas, tiempo de germinación 144 horas y temperatura de 60°C, para obtener datos en conjunto con un poder diastásico que la defina como malta auto convertible.

De igual manera se variedades de maíz de origen nacional que posean un mayor contenido proteico pues la literatura indica una correlación directa entre el contenido proteico del grano y el poder diastásico. Estos estudios pueden aplicar a otros cereales de producción nacional como el sorgo (*Sorghum spp.*) con mayor contenido proteico y con ausencia de gluten en su composición.

De ser adquiridos los granos en el INTA, es necesario verificar las materias primas puesto que es usual en este Instituto vender granos que puedan estar tratados con químicos fungicidas o bien granos enriquecidos de vitaminas, estos pueden afectar el valor de las pruebas realizadas por ello asegurarse de que los granos se adquieran sin ninguno de estos tratamientos.

Tratar de mantener las condiciones de almacenamiento lo más similar a las condiciones en las que se resguardan en el INTA. Granos al vacío, lejos de la luz solar y a bajas temperaturas (por debajo de los 10 °C).

## IX. NOMENCLATURA

Símbolo	Nombre	Unidades
°L	Grados Lintner	
°W - K	Grados Windisch - Kolbach	
AOAC	ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS por sus siglas en ingles	-
ASBC	American Society of Brewing Chemists por sus siglas en ingles	-
B	Volumen de Solución de Blanco	Mililitro
C.W.E	Cold Water Extract por sus siglas en inglés, Extracto de agua fría	-
DM	Porcentaje de Materia seca	%
DP	Diastasic Power por sus siglas en inglés, Poder diastásico	°DP ASBC °DP ASBC base seca °L °W-K
EBC	European Brewing Congress por sus siglas en ingles	-
G	Exceso de gravedad especifica	-
g	Peso de 1000 granos	gramos
G.C	Porcentaje de Capacidad germinativa	%
H.W.E	Hot Water Extract por sus siglas en inglés, Extracto de agua caliente	-
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnologia Agropecuaria	-
IOB	Institute of Brewing por sus siglas en ingles	-

---

M	Porcentaje de humedad de la muestra de malta	%
Malta d.b.	Peso de la cantidad final de malta base seca	gramos
Muestra d.b.	Peso de la muestra de maíz base seca	gramos
N	Número total de granos contados	-
n	Granos no germinados	-
NB - 6	Variedad criolla de maíz de polinización libre	-
S.G	Gravedad específica	-
V	Volumen de solución de almidón 2 %	Mililitros
W	Peso total de la muestra inicial	gramos

---

## X. BIBLIOGRAFIA

American Society of Brewing Chemists (2011) Methods of analysis Malt – 6  
Diastatic Power. Recuperado de:  
<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=16F7D69F26A0965645C3BBCB34C2A033>

Bailey, R.D.(1907) The Brewers Analyst. USA, New York: D. Van Nostrand Company.

Bishop, R.L., Martin, P.A., Hudson, J. R., Pierce, J.S., Howard, G.A., (1971)  
*Recommended Methods of Analysis. Journal of Institute of Brewing*, vol 77,181-226.

Boulton C. (2013). *Encyclopedia of Brewing*. United Kingdom: Wiley – Blackwell

Briggs, D., Boulton, C., Brookes, P., Stevens R. (2000) *Brewing Science and Practice*. Florida, USA: CRC Press LLC

Briggs. D. (1998) *Malts and malting*. London, UK: Blackie Academic & Professional

Castillo,R., Bird, R. (2013) *Caracterizacion del cultivo de Maíz en Nicaragua. Un análisis de Varianza de las determinantes del rendimiento. Documento de Trabajo Banco Central de Nicaragua, DT-33*. Recuperado de [http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/estudios/2014/DT33\\_Documento\\_final\\_Caracterizacion\\_del\\_maiz.pdf](http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/estudios/2014/DT33_Documento_final_Caracterizacion_del_maiz.pdf)

Henry, R. J., Kettlewell P. S. (1996). *Cereal Grain Quality*. UK, London: Chapman & Hall

Hough, S. (1985). *Biología de la cerveza y de la malta*. Reino Unido: Cambridge University Press

Howard, G. A., Bishop, L. R., Martin, P. A., Hudson, J. R., y Pierce, J. S., (1971). Analysis Committee. Recommended Methods of Analysis. *Journal Institute of Brewing*, 77 (181-226)

Institute of Brewing (1948) Standard Methods of Analysis for comercial purposes. *Journal of Institute of Brewing*, 179-188.

Institute of Brewing. (1933) Standard Methods of Malt Analysis for comercial purposes. *Journal of Institute of Brewing*, 518-525.

Institute of Brewing. (1967). Recommended Methods of Analysis of Barley, Malt and Adjuncts. *Journal of Institute of Brewing*, 77, 233 – 245.

Institute of Brewing: Analysis Comittee (1958) Recomend Methods for determining the germination capacity of barley. *Journal of Institute of Brewing*, 468 – 469.

Institute of Brewing: Analysis Comittee (1961) Recommended Methods of Analysis of Barley, Malt and Adjuncts. *Journal of Institute of Brewing*, 67, 315-327.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, INTA (2010), *Guía Tecnológica cultivo del maíz*. Recuperado de: <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MAIZ%202010%202DA%20EDICION.pdf>.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, INTA (2014). *Catálogo de cultivos de granos básicos registrados y autorizados para la producción y comercialización*. Recuperado de: [http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/manuales\\_catalogos/Catalogo%20de%20Cultivos%20Papasan%202014.pdf](http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/manuales_catalogos/Catalogo%20de%20Cultivos%20Papasan%202014.pdf).

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, INTA (2015). *Catálogo de variedades criollas y acriolladas de frijol y maíz seleccionados en procesos de fitomejoramiento participativo en la región VI de Nicaragua (Matagalpa y Jinotega)*.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, INTA. (2013). *Catálogo de Semillas de granos básicos - Variedad de arroz, frijol, sorgo y maíz liberados por el INTA*. Recuperado de: <http://intapapssan.info/wp-content/uploads/2013/09/Cat%C3%A1logoSemillas2013.pdf>.

Morris, P. C., Bryce J. H. (2000). *Cereal Biotechnology*. USA, FL: WOODHEAD PUBLISHING LIMITED and CRC Press.

Ruiz S.Y. (2006). *Elaboración y Evaluación de Maltas Cerveceras de Diferentes Variedades de Cebada (Hordeum vulgare) Producidos en los estados de Hidalgo y Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo. Estado de Hidalgo.

Schmitt, M. R., Budde, A. D, (2011) U.S. Department of Agriculture – Agricultural Research Service, Cereal Crops Research Units.

[https://fq4astaregia.files.wordpress.com/2013/12/e\\_el-agua-azul-teorc3ada.pdf](https://fq4astaregia.files.wordpress.com/2013/12/e_el-agua-azul-teorc3ada.pdf)

Serna-Saldivar, S. (2010). *Cereals Grains Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. México Monterrey: CRC Press.

Wrigley, C. W., Batey, I. L. (2010). *Cereal grains Assessing and managing quality*. USA, NW: CRC Press LLC.

Zea mays (s.f). En Wikipedia. Recuperado el 18 de Junio de 2019 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Zea\\_mays](https://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays).

Buggs, R. (2007). Empirical study of hybrid zone movement, Heredity [Imagen]  
Recuperado de [http://nephicode.blogspot.com/2017/07/does-corn-prove-others-were-in-land-of\\_12.html](http://nephicode.blogspot.com/2017/07/does-corn-prove-others-were-in-land-of_12.html)

Recuperado de [https://www.researchgate.net/figure/The-maize-plant-IITA-2007\\_fig1\\_328020475](https://www.researchgate.net/figure/The-maize-plant-IITA-2007_fig1_328020475)

Nelly (2009) Caracterización morfológica de la diversidad de razas de *Zea Mays* en la Sierra norte de Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2196/1/Diversidad.pdf>

[http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/transformaciones\\_quimicas\\_cocci\\_on.html](http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/transformaciones_quimicas_cocci_on.html)

## XI. ANEXOS

Fahrenheit To Celsius		Original Gravity To Plato		Original Gravity to Potential Alc.		Grams to Ounces		Liters to Gallons		Alc % Vol To Alc % WT	
°F	°C	O.G.	°P	O.G.	% Vol.	Gm.	Oz.	Ltr.	Gal.	% Vol.	% WT
212	100	1100	24	1100		200	7.0	100	26	9.0	7.0
210	95	1095	23	1095	13.0	190	6.5	95	25	8.0	6.0
200	90	1090	22	1090	12.0	180	6.0	90	24	7.0	5.0
190	85	1085	21	1085		170	6.0	85	23	6.0	4.0
180	80	1080	20	1080	11.0	160	5.5	80	22	5.0	3.0
170	75	1075	19	1075	10.0	150	5.0	75	20	4.0	2.0
160	70	1070	18	1070		140	5.0	70	19	3.0	1.0
150	65	1065	17	1065	9.0	130	4.5	65	17	2.0	0.0
140	60	1060	16	1060	8.0	120	4.0	60	16	1.0	
130	55	1055	15	1055	7.0	110	3.5	55	15	0.0	
120	50	1050	14	1050	6.0	100	3.0	50	14		
110	45	1045	13	1045	5.0	90	3.0	45	13		
100	40	1040	12	1040	4.0	80	2.5	40	12		
90	35	1035	11	1035	3.0	70	2.5	35	11		
80	30	1030	10	1030	2.0	60	2.0	30	10		
70	25	1025	9	1025	1.0	50	1.5	25	9		
60	20	1020	8	1020	0.0	40	1.0	20	8		
50	15	1015	7	1015		30	1.0	15	7		
40	10	1010	6	1010		20	0.5	10	6		
32	0	1005	5	1005		10	0.5	5	5		
		1000	4	1000		0	0	0	4		
			3						3		
			2						2		
			1						1		
			0						0		

\*POTENTIAL

Use this conversion chart for easy reference  
Look for the number you wish to convert and read across to the other measurement

Figura 11.1 Tabla de Referencia de conversión del hidrómetro de triple escala.



930.44 Total reducing sugar required for complete reduction of 10 ml Soxhlet solution to be used in conjunction with Lane-Eynon general volumetric method

Titer	Invert Sugar, No Sucrose	g Sucrose/100 ml Invert Sugar				Glucose	Fructose	Maltose		Lactose	
		1	5	10	25			Anhyd.	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> .H <sub>2</sub> O	Anhyd.	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> .H <sub>2</sub> O
Required for Reduction of 10 ml Soxhlet Soln											
15	50.5	49.9	47.6	46.1	43.4	49.1	52.2	77.2	81.3	54.9	68.3
16	.6	50.0	.6	.1	.4	.2	.3	.1	.2	.8	.2
17	.7	.1	.6	.1	.4	.3	.3	.0	.1	.8	.2
18	.8	.1	.6	.1	.3	.3	.4	.0	.0	.7	.1
19	.8	.2	.6	.1	.3	.4	.5	76.9	80.9	.7	.1
20	.9	.2	.6	.1	.2	.5	.5	.8	.8	.6	.0
21	51.0	.2	.6	.1	.2	.5	.6	.7	.7	.6	.0
22	.0	.3	.6	.1	.1	.6	.7	.6	.6	.6	.0
23	.1	.3	.6	.1	.0	.7	.7	.5	.5	.5	67.9
24	.2	.3	.6	.1	.9	.8	.8	.4	.4	.5	.9
25	.2	.4	.6	.0	.8	.8	.8	.4	.4	.6	.9
26	.3	.4	.6	.0	.8	.9	.9	.3	.3	.5	.9
27	.4	.4	.6	.0	.7	.9	.9	.2	.2	.4	.8
28	.4	.5	47.7	.0	.7	50.0	53.0	.1	.1	.4	.8
29	.5	.5	.7	.0	.6	.0	.1	.0	.0	.4	.8
30	.5	.5	.7	.0	.5	.1	.2	.0	.0	.4	.8
31	.6	.6	.7	45.9	.5	.2	.2	75.9	79.9	.4	.8
32	.6	.6	.7	.9	.4	.2	.3	.9	.9	.4	.8
33	.7	.6	.7	.9	.3	.3	.3	.8	.8	.4	.8
34	.7	.6	.7	.8	.2	.3	.4	.8	.8	.4	.9
35	.8	.7	.7	.8	.2	.4	.4	.7	.7	.5	.9
36	.8	.7	.7	.8	.1	.4	.5	.6	.6	.5	.9
37	.9	.7	.7	.7	.0	.5	.5	.6	.6	.5	.9
38	.9	.7	.7	.7	.0	.5	.6	.5	.5	.5	.9
39	52.0	.8	.7	.7	41.9	.6	.6	.5	.5	.5	.9
40	.0	.8	.7	.6	.8	.6	.6	.4	.4	.5	.9
41	.1	.8	.7	.6	.8	.7	.7	.4	.4	.6	68.0
42	.1	.8	.7	.6	.7	.7	.7	.3	.3	.6	.0
43	.2	.8	.7	.5	.6	.8	.8	.3	.3	.6	.0
44	.2	.9	.7	.5	.5	.8	.8	.2	.2	.6	.0
45	.3	.9	.7	.4	.4	.9	.9	.2	.2	.7	.1
46	.3	.9	.7	.4	.4	.9	.9	.1	.1	.7	.1
47	.4	.9	.7	.3	.3	51.0	.9	.1	.1	.8	.2
48	.4	.9	.7	.3	.2	.0	54.0	.1	.1	.8	.2
49	.5	.0	.7	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.8	.2
50	.5	.0	.7	.2	.0	.1	.0	.0	.0	.9	.3

Tabla 11.2 Total de azúcares reductores requeridos para completar la reducción de 10 ml de solución de Fehling para ser utilizado en conjunción con el método general volumetrico Lane – Eynon. AOAC 2012.

#6800

## #6800 Triple Scale Beer & Wine Hydrometer 60° F. (Made in the USA)

**Ranges:**

Specific Gravity		0.990 - 1.170
Balling or Brix		0 - 38% sugar by weight
Potential Alcohol by Volume		0 - 22%

A hydrometer measures the weight of a liquid in relation to water. Sugar and other fermentable solids add to the density of water, raising the specific gravity. As fermentation takes place, solids are converted to alcohol, lowering gravity. Specific gravity is therefore a useful indication of fermentation potential prior to yeast introduction, and, by comparison with beginning readings, an accurate final indication of the fermentation results.

Water, by definition, has a specific gravity of 1.000. Unfermented beer or wine (wort or must), since they contain fairly high levels of fermentable solids, will have specific gravities higher than 1.000, sometimes reaching as high as 1.170.

The different scales on a hydrometer interpret the specific gravity of a liquid in several useful formats:

The **BALLING** or **BRIX** scale shows the percentage of sugar by weight.

The **ALCOHOL** scale indicates potential alcohol. In order to determine the alcohol content of a wine or beer, you will need to take two readings: one before fermentation commences and one after fermentation is complete.

For Example:	Beer:	1 <sup>st</sup> reading	6%		Wine:	1 <sup>st</sup> reading	16%
		2 <sup>nd</sup> reading	-1%			2 <sup>nd</sup> reading	-4%
		Alcohol content 5%				Alcohol content 12%	

To use your hydrometer put a sample of the test liquid in a hydrometer testing jar or similar clear container. Spin the hydrometer to dislodge air bubbles. At eye level read the figures on the stem of the hydrometer where the surface of the liquid cuts across the stem. This figure will tell you sugar content and potential alcohol. You can then adjust the amount of sugar according to the type of wine or beer you wish to produce.

Starting gravity for:	Dry Wine	1.085 - 1.100	Starting gravity for Beer varies from recipe to recipe.
	Medium Sweet Wine	1.120 - 1.140	
	Sweet Wine	1.140 - 1.160	

**Temperature Corrections.**  
This hydrometer gives an accurate reading when the temperature of the liquid is 60° F. The following tables show how to correct for temperature difference:

Temperature in degree F:	Specific Gravity Correction:
50	Subtract .0005
60	No correction needed
70	Add .001
77	Add .002
84	Add .003
95	Add .005
105	Add .007
110	Add .008
113	Add .009
118	Add .010

**Example:** Temperature of wort is 84°F.  
Specific Gravity is 1.045  
Correction figure is +.003  
= 1.048

True Brew

Figura 11.3 Especificaciones de lectura y utilización de hidrómetro de triple escala.



Technische Universität München

Forschungszentrum  
Weihenstephan für  
Brau- und Lebensmittelqualität

Test Report 31026

Sample No.: 638332 Page 2(2)

Attributes	Unit	Measurement	Method	*
Appearance		normal	WBBM 2.14.1	1)
Filtration time	min	35	PV 9000	1)
FAN EBC Ninyhydrin-method dry basis	mg/100 g TrS	136	R-205.14.111 [2016-03]	
β-Glucan d.s.	mg/100 g	130	R-205.15.174 [2016-03]	
Turbidity	EBC	3.70	PV 9281	1)
Alpha-amylase (EBC dry matter)	DBE	62.0	R-200.24.731 [2016-03]	
Diastatic power (EBC) air dry	WK	248	R-200.23.031 [2016-03]	
Diastatic power dry matter	WK	259	R-200.23.031 [2016-03]	
Hartong Index 65°C	%	98.9	R-207.00.002 [2016-03]	
Viscosity (measured 8,6%) 65°C mash	mPas	1.51	R-205.10.282 [2016-03]	
β-Glucan 65°C mash	mg/100 g	160	R-205.15.174 [2016-03]	

Freising, 08.10.2018

Figura 11.4 Análisis de laboratorio elaborado a Malta de cebada Holland (Malta Base) elaborado por la Universidad técnica de Múnich

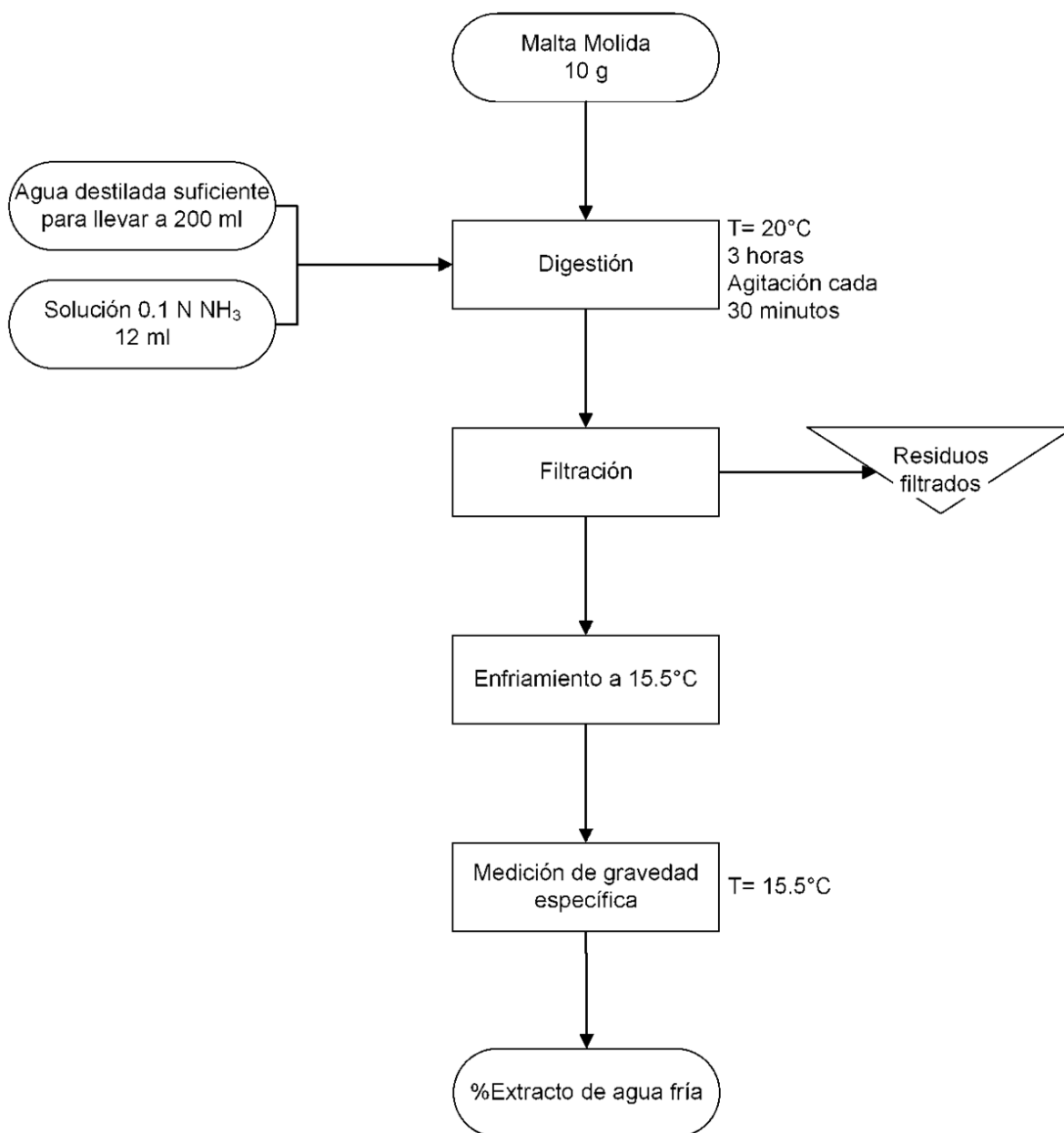


Figura 11.5 Diagrama de Flujo de Proceso de Determinación de %Extracto de Agua Fría

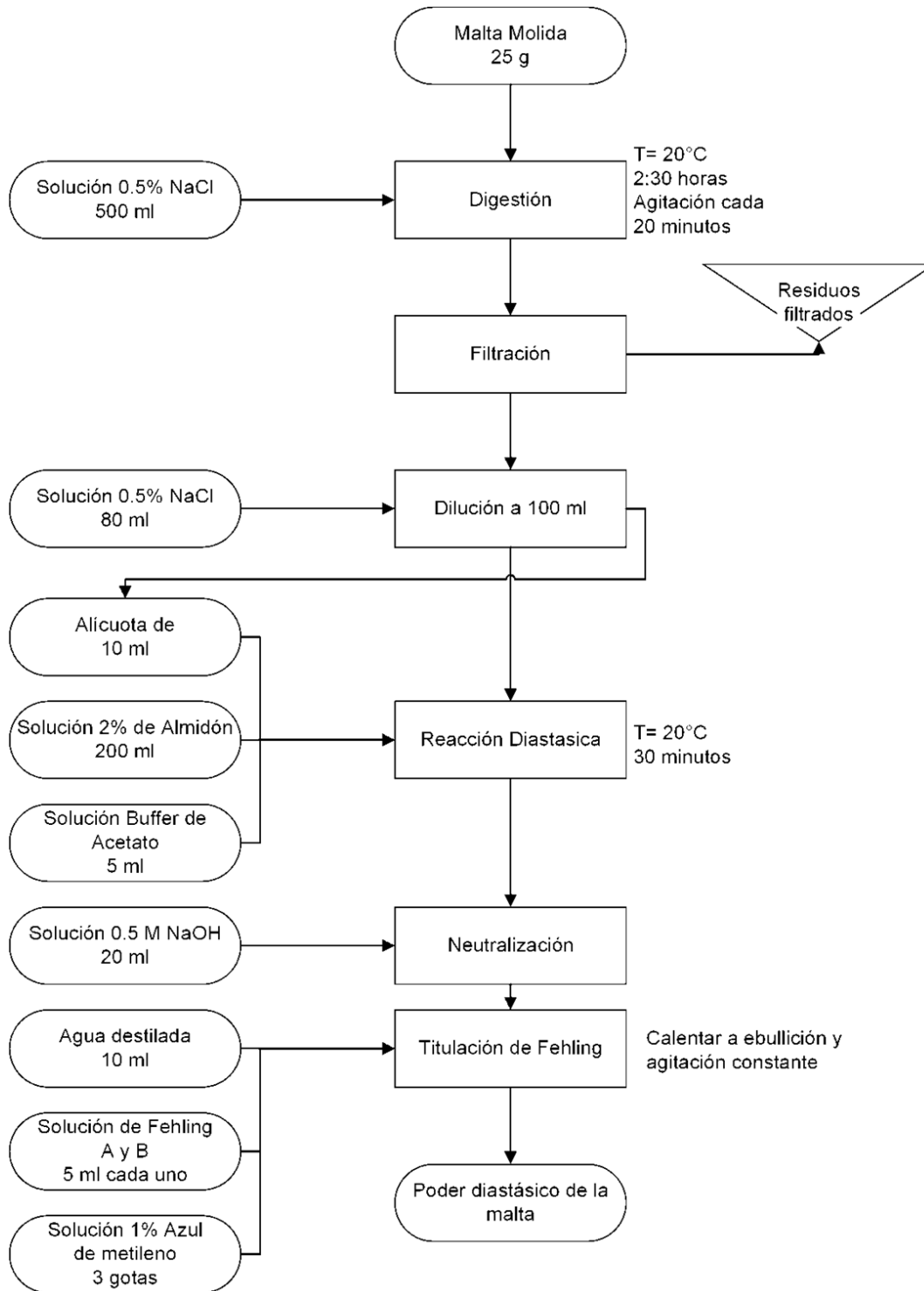


Figura 11.6 Diagrama de Flujo de Proceso de determinación de Poder Diastásico.

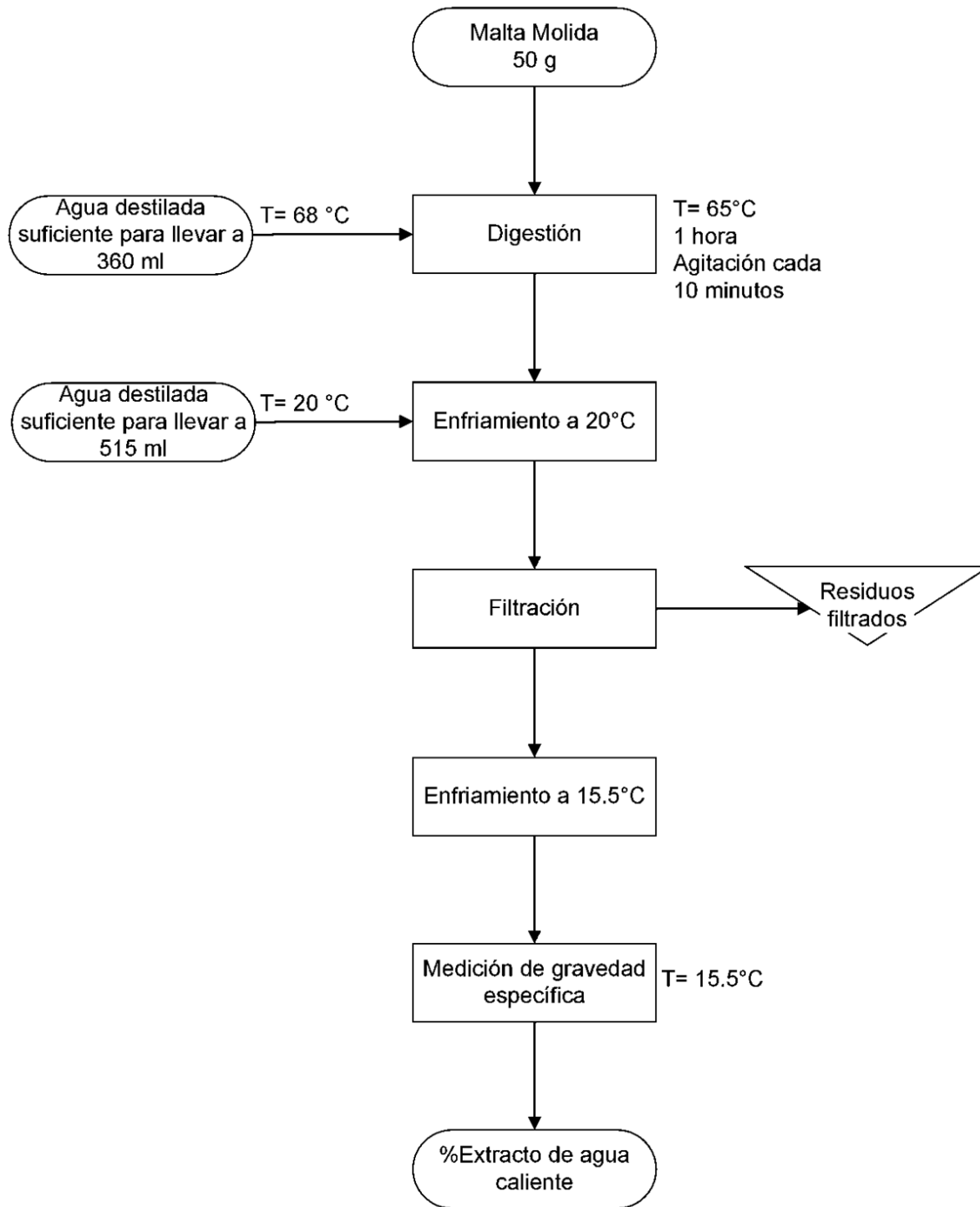


Figura 11.7 Diagrama de Flujo de Proceso de determinación de Extracto de Agua Caliente.



Figura 11.8 Molino manual utilizado para la molienda de malta.



Figura 11.9 Sistema de enfriamiento para análisis de malta.



Figura 11.10 Sistema de filtrado de malta con bomba de vacío y erlenmeyer de kitasato



Figura 11.11 Medición de gravedad específica para Extracto de Agua Fría de ensayo 3.3





Figura 11.12 Medición de gravedad de Extracto de Agua Caliente de ensayo 3.1



Figura 11.13 Interior del baño de agua para Extracto de Agua Caliente



Figura 11.14 Horno convectivo utilizado en los procedimientos de secado



Figura 11.15 Valoración de Fehling de para Poder Diastásico Ensayo 8.1





Figura 11.16 Muestra de malta verde de maiz antes de entrar al horno. Ensayo 5.1



Figura 11.17 Malta y raicillas después de la etapa de secado de ensayo 5.1