



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“OBTENCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE  
OSCURA UTILIZANDO UN EQUIPO BIORREACTOR DE  
NIVEL PILOTO”**

**Tesis previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**AUTORAS:**

Fuentes Ruano Angela Paola

Fuentes Ruano Evelyn Karina

**DIRECTOR:**

Ing. Carla Almendáriz MSc.

**Ibarra-Ecuador**

**2014**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

### “OBTENCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE OSCURA UTILIZANDO UN EQUIPO BIORREACTOR DE NIVEL PILOTO”

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Carla Almendáriz

Directora

Ing. Jimmy Cuarán

Asesor

Ing. Carlos Paredes

Asesor

Dra. Lucía Yépez

Asesora

Ibarra – Ecuador

2014



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>		1002857611	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>		Fuentes Ruano Angela Paola	
<b>DIRECCIÓN:</b>		Carlos Oña #1 y Santander Tulcán – Ecuador	
<b>EMAIL:</b>		anghe.f@gmail.com	
<b>TELÉFONO FIJO</b>	062245746	<b>TELÉFONO MOVIL</b>	0985589813
DATOS DE CONTACTO 2			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>		1002857637	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>		Fuentes Ruano Evelyn Karina	
<b>DIRECCIÓN:</b>		Calle Quito #6337 Ibarra-Ecuador	
<b>EMAIL:</b>		evelynfuentes0@yahoo.es	
<b>TELÉFONO FIJO</b>	062545008	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0969597377

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO</b>	OBTENCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE OSCURA UTILIZANDO UN EQUIPO BIORREACTOR DE NIVEL PILOTO
<b>AUTOR(AS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuentes Ruano Angela Paola</li> <li>- Fuentes Ruano Evelyn Karina</li> </ul>
<b>FECHA:</b>	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniera Agroindustrial
<b>DIRECTOR</b>	MSc. Carla Almendáriz

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotras, **Angela Paola Fuentes Ruano**, con cédula de identidad Nro. **1002857611**, y **Evelyn Karina Fuentes Ruano**, con cédula Nro. **1002857637**, en calidad de autoras y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

Las autoras manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 14 de Noviembre del 2014

**LAS AUTORAS:**

Angela Paola Fuentes Ruano

1002857611

Evelyn Karina Fuentes Ruano

1002857637



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotras, **Fuentes Ruano Angela Paola**, con cédula de identidad Nro. **1002857611**, y **Fuentes Ruano Evelyn Karina**, con cédula de identidad Nro. **1002857637**, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado: **OBTENCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE OSCURA UTILIZANDO UN EQUIPO BIORREACTOR DE NIVEL PILOTO**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniera Agroindustrial** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 14 días del mes de Noviembre del 2014

Angela Paola Fuentes Ruano

1002857611

Evelyn Karina Fuentes Ruano

1002857637

## ***DEDICATORIA***

*Con mucho cariño dedico este trabajo a Dios, a mis padres, a mi esposo, a mis hijas y a mis hermanos.*

*Anghe*

*A Dios, por brindarme su amparo en la elaboración del presente trabajo de tesis.*

*A mi padre y madre que con su amor y enseñanzas han sido mi impulso y guía en todo momento.*

*A mi hermana y hermano por ser mis compañeros y amigos inseparables.*

*Evelyn.*

## ***AGRADECIMIENTO***

Agradecemos a la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Agroindustrial y a las Unidades Productivas y Laboratorios de uso Múltiple.

A nuestros maestros, en especial al Ing. Jorge Granja e Ing. Marcelo Miranda por su colaboración y tiempo brindados para el inicio de la elaboración de este trabajo.

A la Ing. Carlita Almendáriz, Directora de Tesis por su apoyo total y tiempo constante dedicados para el desarrollo de la presente tesis.

A nuestros estimados Asesores, Dra. Lucia Yépez, Ing. Jimmy Cuarán e Ing. Carlos Paredes por la orientación y apoyo en mejora de nuestra investigación.

Al Dr. José Moreno por su amistad y cooperación en la elaboración de los análisis requeridos.

Las Autoras



## RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los parámetros de inicio, procesamiento y características de la cerveza artesanal tipo Ale oscura.

Esta bebida fue elaborada utilizando levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, y se obtuvo una tonalidad oscura, por medio de la utilización de tres porcentajes de malta tostada en la fórmula.

Uno de los factores influyentes en la elaboración de cerveza es la temperatura de fermentación; ésta debe ser constante y estable durante todo el tiempo que dure el proceso, por lo que se utilizó un biorreactor eléctrico, con el fin de establecer la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación.

El proceso para obtener cerveza artesanal tipo Ale oscura consta de los siguientes pasos: recepción, selección, pesado, malteado, tostado, molienda, maceración, lavado, filtrado, hervido, enfriado, inoculación, fermentación, maduración y envasado.

Para el análisis de las variables se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A x B, siendo el factor A la cantidad de malta tostada que se adicionó a la fórmula en proporciones del 5, 10 y 15%, y el factor B la temperatura de fermentación utilizada 15, 20 y 25°C, obteniéndose 9 tratamientos con 3 repeticiones, esto es 27 unidades experimentales de 20 litros de mosto cada una, los mismos que fueron utilizados para evaluar la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación, el pH, grado alcohólico, aspecto, color, olor, sabor y preferencia de la cerveza.

Además, se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) para factores, para la evaluación del aspecto, color, olor y sabor la prueba analítica discriminativa de ordenamiento y para la preferencia la prueba de Friedman.

Al final del proceso de fermentación se determinó el rendimiento del producto mediante balance de materiales y se evaluó la eficiencia del biorreactor.

Con el producto terminado se realizó un análisis sensorial, con la colaboración de 15 personas que evaluaron el aspecto, color, olor, sabor y preferencia del producto, por medio de una degustación.

Los resultados demostraron que **T8** (15% de malta tostada, 20°C) fue el mejor tratamiento, por lo que se analizó el rendimiento, costos y análisis microbiológico de conteo de mohos y levaduras, según el método de ensayo de la Asociación de las Comunidades Analíticas AOAC 997.02 y Recuento en placa, utilizando el método de ensayo de la Asociación de las Comunidades Analíticas AOAC 989.10, para este tratamiento.

## SUMMARY

In this paper, we present the startup parameters, and processing characteristics of the Handcrafted beer type dark Ale.

This drink was prepared using yeasts of the genus *Saccharomyces cerevisiae*, and obtained a dark in tone, through the use of three percentages of toasted malt in the formula.

One of the influential factors in the development of beer is the temperature of fermentation; this must be constant and stable during the entire duration of the procedure so that was used a bioreactor electric, in order to establish the influence of temperature on the fermentation time.

The process for obtaining handcrafted beer type dark Ale consists of the following steps: reception, selection, heavy, malty, roasting, grinding, maceration, washing, filtered, boiled, cooled, inoculation, fermentation, maturation and bottling.

For the analysis of the variables employed a completely randomized design (CRD) factorial arrangement with A x B, being the factor to the amount of toasted malt that was added to the formula in proportions of 5, 10 and 15 %, and the B-factor the fermentation temperature used 15, 20 and 25 °C, and obtained 9 treatments with 3 replications, this is 27 experimental units of 20 liters of wine each, the same that were used to assess the influence of temperature in the fermentation time, pH, alcoholic strength, appearance, color, smell, taste and preference of the beer.

In addition, the Tukey test at the 5% for treatments, the Minimum Significant Difference test (DMS) for factors, for the evaluation of the appearance, color, smell and taste the analytical test ordering and discriminative preference for the Friedman test.

At the end of the process of fermentation was determined the performance of the product through material balance and assessed the efficiency

With the finished product was a sensory analysis, with the collaboration of 15 persons who evaluated the appearance, color, smell, taste and preference of the product, through a tasting.

The results showed that T8 (15% of toasted malt, 20 °C) was the best treatment, by what was discussed the performance, costs and microbiological analysis of count of molds and yeasts, according to the method of test of the Association of Analytical communities AOAC 997.02 and plate count, using the test method for the Association of Analytical communities AOAC 989.10 for this treatment.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
<b>CAPÍTULO I</b>	
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 GENERAL.....	3
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	3
1.4 HIPÓTESIS.....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. Marco Teórico.....	5
2.1 La Cerveza.....	5
2.2 Tipos De Cerveza.....	5
2.2.1 Cerveza Tipo Ale.....	6
2.2.2 Cerveza Tipo Lager.....	6
2.3 Cerveza Artesanal.....	7
2.4 Composición de la cerveza.....	7
2.5 Valor Nutritivo.....	9
2.6 Materias primas de la cerveza.....	10
2.6.1 La Cebada.....	10
2.6.1.2 Componentes de la cebada.....	11
2.6.2 El Lúpulo.....	11
2.6.2.1 Variedades de lúpulo.....	12
2.6.3 Levadura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> .....	13
2.6.3.1 Clasificación Científica de la levadura.....	14
2.6.4 El agua.....	15
2.6.5 Sacarosa.....	15
2.7 Proceso artesanal.....	15
2.7.1 Malteado.....	16
2.7.1.1 Síntesis de enzimas.....	17

2.7.2 Secado.....	17
2.7.2.1 La malta.....	18
2.7.3 Tostado.....	19
2.7.3.1 Malta tostada.....	20
2.7.3.2 Mezcla entre maltas tostadas y sin tostar.....	20
2.7.4 Molienda.....	21
2.7.5 Maceración.....	21
2.7.6 Hervido del mosto.....	21
2.7.7 Enfriamiento.....	21
2.7.8 Fermentación.....	21
2.7.8.1 Fermentación alcohólica.....	22
2.7.9 Envasado.....	23
2.8 Importancia de la temperatura en la fermentación.....	23
2.9 Tiempo de fermentación.....	24
2.10 Importancia del pH en la cerveza.....	24
2.11 Grado alcohólico.....	25
2.12 Características organolépticas de la cerveza artesanal.....	26
2.13 Degustación.....	26
2.13.1 Apreciación visual.....	27
2.13.2 Apreciación olfativa.....	27
2.13.3 Apreciación del sabor.....	27
2.14 Defectos de la cerveza.....	28
2.14.1 Acción de los microorganismos.....	28
2.14.2 Daños físicos.....	28
2.14.3 Daños Químicos.....	28
2.15 Biorreactor.....	29
2.15.1 Tipos de biorreactor.....	29
2.15.1.1 Biorreactor con agitación.....	29
2.15.1.2 Biorreactor con agitación por burbujeo.....	30
2.15.1.3 Biorreactor de disco rotatorio.....	30
2.15.2 Eficiencia del Biorreactor.....	31
2.15.2.1 Eficiencia del sistema eléctrico del biorreactor.....	31

## CAPÍTULO III

3. Materiales y métodos.....	33
3.1 Materiales.....	33
3.1.1 Materias primas.....	33
3.1.2 Equipos.....	33
3.1.3 Laboratorio.....	35
3.2 Métodos.....	35
3.2.1 Caracterización del área de estudio.....	35
3.3 Factores en estudio.....	36
3.3.1 Tratamientos.....	36
3.3.2 Diseño experimental.....	37
3.3.3 Características del experimento.....	37
3.3.4 Análisis de varianza.....	37
3.4 Manejo específico del experimento.....	38
3.4.1 Diagrama de bloques.....	38
3.4.2 Diagrama de flujo.....	40
3.4.3 Descripción del Proceso.....	42
3.4.3.1 Recepción.....	42
3.4.3.2 Selección.....	42
3.4.3.3 Pesado.....	43
3.4.3.4 Malteado.....	43
3.4.3.5 Secado.....	44
3.4.3.6 Tostado.....	44
3.4.3.7 Molienda.....	45
3.4.3.8 Maceración.....	46
3.4.3.9 Lavado.....	46
3.4.3.10 Filtración.....	47
3.4.3.11 Hervido Del Mosto.....	47
3.4.3.12 Enfriamiento.....	48
3.4.3.13 Inoculación.....	48
3.4.3.14 Fermentación.....	49
3.4.3.15 Maduración.....	49

3.4.3.16 Envasado y etiquetado.....	50
3.5 Determinación de variables.....	51
3.5.1 Variables cuantitativas.....	51
3.5.1.1 Descripción del método de evaluación – variables cuantitativas.....	51
3.5.2 Variables cualitativas.....	52
3.5.2.1 Descripción del método de evaluación – variables cualitativas.....	52
3.5.3 Variables microbiológicas.....	53
3.5.3.1 Descripción del método de evaluación – variables microbiológicas.....	53
3.5.4 Rendimiento.....	53
3.5.5 Costos.....	53
3.5.6 Eficiencia del biorreactor.....	54
3.5.6.1 Eficiencia del sistema eléctrico del biorreactor.....	54

#### **CAPÍTULO IV**

4. Resultados y discusiones.....	55
4.1 Análisis estadístico de las variables cuantitativas.....	55
4.1.1 Análisis de la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación.....	55
4.1.2 Análisis del pH.....	59
4.1.3 Análisis del grado alcohólico.....	61
4.2 Análisis estadístico de las variables cualitativas.....	63
4.2.1 Análisis del aspecto.....	63
4.2.2 Análisis del color.....	65
4.2.3 Análisis del olor.....	67
4.2.4 Análisis del sabor.....	69
4.2.5 Análisis del % óptimo entre m. tostada y sin tostar.....	71
4.3 Análisis microbiológico del mejor tratamiento.....	74
4.4 Rendimiento del mejor tratamiento.....	75
4.5 Costos de producción del mejor tratamiento.....	77
4.6 Eficiencia del biorreactor.....	77
4.6.1 Eficiencia del sistema eléctrico del biorreactor.....	78

#### **CAPÍTULO V**

5. Conclusiones y recomendaciones.....	80
5.1 Conclusiones.....	80



5.2 Recomendaciones.....	81
--------------------------	----

## CAPÍTULO VI

6. Bibliografía.....	82
----------------------	----

## CAPÍTULO VII

7. Anexos.....	86
----------------	----

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1: Composición de la cerveza industrial.....	8
Cuadro 2: Composición de la cerveza artesanal.....	9
Cuadro 3: Composición de la Cebada.....	11
Cuadro 4: Clasificación científica de las levaduras.....	14
Cuadro 5: Tratamientos.....	36
Cuadro 6: ADEVA.....	37
Cuadro 7: Variables Cuantitativas.....	51
Cuadro 8: Variables Cualitativas.....	52
Cuadro 9: Variables microbiológicas.....	53
Cuadro 10: Costos.....	54
Cuadro 11: Datos del tiempo de fermentación.....	55
Cuadro 12: ADEVA del tiempo de fermentación.....	55
Cuadro 13: Tukey tiempo de fermentación.....	56
Cuadro 14: DMS factor A.....	56
Cuadro 15: DMS factor B.....	57
Cuadro 16: Datos del pH.....	59
Cuadro 17: ADEVA del pH.....	59
Cuadro 18: Datos del Grado Alcohólico.....	61
Cuadro 19: ADEVA del grado alcohólico.....	61
Cuadro 20: DMS Malta tostada.....	62
Cuadro 21: Datos del Aspecto Fase 1.....	63
Cuadro 22: Datos del Aspecto Fase 2.....	64
Cuadro 23: Datos del Color Fase 1.....	65

Cuadro 24: Datos del Color Fase 2.....	66
Cuadro 25: Datos del Olor Fase 1.....	67
Cuadro 26: Datos del Olor Fase 2.....	68
Cuadro 27: Datos del Sabor Fase 1.....	69
Cuadro 28: Datos del Sabor Fase 2.....	70
Cuadro 29: Datos de la Preferencia Fase1.....	71
Cuadro 30: Datos de la Preferencia Fase 2.....	72
Cuadro 31: Datos de la Preferencia Fase 3.....	73
Cuadro 32: Análisis Microbiológico.....	74
Cuadro 33: Costos de Producción del mejor tratamiento.....	77

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Gráfico 1: Levadura.....	13
Gráfico 2: Explotación industrial de los microorganismos.....	14
Gráfico 3: Germinación de la cebada.....	17
Gráfico 4: Pérdida de agua de la malta.....	18
Gráfico 5: Conversión de la maltosa en glucosa.....	19
Gráfico 6: Reacción de Maillard.....	19
Gráfico 7: Formación de color y nuevos sabores.....	20
Gráfico 8: Fermentación alcohólica.....	22
Gráfico 9: Curso de fermentación ale.....	22
Gráfico 10: Biorreactor con agitación.....	29
Gráfico 11: Biorreactor con agitación por burbujeo.....	30
Gráfico 12: Biorreactor de disco rotatorio.....	30
Gráfico 13: Sistema de codificación de resistencias eléctricas.....	32
Gráfico 14: Biorreactor utilizado para el experimento.....	34
Gráfico 15: Interacción A x B.....	57
Gráfico 16: Representación del tiempo de fermentación.....	57
Gráfico 17: Representación de la densidad vs. el tiempo.....	58
Gráfico 18: Representación de la dinámica de crecimiento de las levaduras.....	58
Gráfico 19: Representación del pH obtenido en los tratamientos.....	60

Gráfico 20: Representación del pH vs. el tiempo.....	60
Gráfico21: Representación del grado alcohólico... ..	62
Gráfico 22: Representación del grado alcohólico vs. el tiempo.....	62
Gráfico 23: Aspecto fase 1.....	64
Gráfico 24: Aspecto fase 2.....	65
Gráfico 25: Color fase 1.....	66
Gráfico 26: Color fase 2.....	67
Gráfico 27: Olor fase 1.....	68
Gráfico 28: Olor fase 2.....	69
Gráfico 29: Sabor fase 1.....	70
Gráfico 30: Sabor fase 2.....	71
Gráfico 31: Preferencia fase 1.....	72
Gráfico 32: Preferencia fase 2.....	73
Gráfico 33: Preferencia fase 3.....	74

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Fotografía 1: Tipos de cerveza.....	5
Fotografía 2: Cerveza tipo Ale.....	6
Fotografía 3: Cerveza Tipo Lager.....	7
Fotografía 4: Cebada.....	10
Fotografía 5: Lúpulo.....	11
Fotografía 6: Materias primas.....	42
Fotografía 7: Selección.....	42
Fotografía 8: Pesado.....	43
Fotografía 9: Remojo.....	43
Fotografía 10: Germinación.....	43
Fotografía 11: Cebada Germinada.....	44
Fotografía 12: Malta.....	44
Fotografía 13: Tostado.....	45
Fotografía 14: Molienda.....	45
Fotografía 15: Maceración.....	46

Fotografía 16: Lavado.....	46
Fotografía 17: Filtración.....	47
Fotografía 18: Hervido .....	47
Fotografía 19: Enfriamiento.....	48
Fotografía 20: Levadura activada.....	48
Fotografía 21: Inoculación.....	48
Fotografía 22: Fermentación.....	49
Fotografía 23: Maduración.....	50
Fotografía 24: Envasado.....	50
Fotografía 25: Etiquetado.....	51

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Anexo 1: Protocolo de uso y funcionamiento del equipo.....	86
Anexo 2: Encuesta de consumo de cerveza.....	88
Anexo 3: Datos de la encuesta.....	90
Anexo 4:Ficha de Degustación.....	94
Anexo 5: Datos de la Degustación.....	99
Anexo 6: Fotografías de la Degustación.....	100
Anexo 7: Tabla SRM.....	102
Anexo 8: Fórmula base.....	102
Anexo 9: Resultado del análisis microbiológico.....	103
Anexo 10: Resultado del análisis físico – químico.....	104
Anexo 11: Resultado del análisis de acidez de la cerveza.....	105
Anexo 12: Hoja técnica de la levadura.....	106
Anexo 13: Hoja técnica del lúpulo.....	107
Anexo 14: Método turbidimétrico.....	108
Anexo 15: Normas INEN.....	108

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PROBLEMA

En Latinoamérica la preferencia por las bebidas de elaboración artesanal es una de las tendencias de consumo observadas en el estudio de los gustos de los consumidores (Mundo cerveza, 2013).

En el Ecuador está creciendo la preferencia del consumidor por productos nuevos y artesanales, lo que promueve su fabricación.

Sin embargo, las nuevas políticas del gobierno prohíben importar productos que se considera pueden ser fabricados en el país, como es el caso de la cerveza artesanal, quedando por tal razón desatendido este mercado. Además para su elaboración no se cuenta con parámetros estandarizados de inicio, de proceso y del producto final, lo que no asegura o garantiza la obtención de un producto homogéneo y certificado para su consumo, siendo éste uno de los principales problemas para su producción.

Según la Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria al no existir una norma técnica específica para la cerveza artesanal no se habían registrado productos de este tipo, ni tampoco establecimientos que la fabriquen (Tamariz, 2013).

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo, pretende establecer parámetros de inicio, procesamiento y características de la cerveza artesanal tipo Ale oscura, con el fin de estandarizar la producción en el Ecuador.

Al caracterizar la materia prima, su formulación y regularizar el proceso de producción mediante un biorreactor de nivel piloto que permita tener una estabilidad en la producción se proyecta la obtención de una cerveza homogénea.

Mediante este estudio se podría contribuir a establecer parámetros iniciales para una norma de cerveza artesanal, debido a que por sus características propias no se puede compararla o adaptarla con la norma INEN 2262 para cerveza, ya que sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas son diferentes a la cerveza industrial.

El consumidor ecuatoriano cada vez es más exigente, busca nuevos productos, lo que motiva la producción de cerveza artesanal, su consumo y la creación de microempresas, exaltando el espíritu emprendedor de los mismos.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GENERAL**

1. Obtener cerveza artesanal tipo Ale oscura utilizando un equipo biorreactor de nivel piloto.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

1. Establecer la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación requerido para la elaboración de cerveza artesanal tipo Ale oscura.
2. Valorar el pH, grado alcohólico, aspecto, color, olor y sabor de la cerveza.
3. Determinar el porcentaje de mezcla óptimo entre malta tostada y sin tostar para la elaboración de cerveza artesanal tipo Ale oscura utilizando un biorreactor de 50 litros de capacidad.
4. Realizar pruebas microbiológicas como: conteo de mohos y levaduras y recuento en placa, al mejor tratamiento.
5. Definir el rendimiento y costos de producción del mejor tratamiento.
6. Evaluar el funcionamiento del biorreactor de 50 litros y de manera especial la estabilidad en la temperatura de la fermentación por medio de un sistema eléctrico.

#### 1.4 HIPÓTESIS

- 1) **H<sub>0</sub>** Los porcentajes de mezcla entre malta tostada y sin tostar no influyen en las características organolépticas de la cerveza artesanal tipo Ale oscura.
  - 2) **H<sub>0</sub>** La temperatura no influye en el tiempo requerido para la fermentación en el proceso de obtención de cerveza artesanal tipo Ale oscura.
- 
- 1) **H<sub>a</sub>** Los porcentajes de mezcla entre malta tostada y sin tostar influyen en las características organolépticas de la cerveza artesanal tipo Ale oscura.
  - 2) **H<sub>a</sub>** La temperatura influye en el tiempo requerido para la fermentación en el proceso de obtención de cerveza artesanal tipo Ale oscura.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 LA CERVEZA

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada, elaborada por medio de la fermentación de una solución de cereales, donde el almidón ha sido parcialmente hidrolizado y se le ha conferido por infusión el sabor del lúpulo. La cerveza se puede considerar como la bebida preparada a base de cualquier cereal (por ejemplo, la cerveza de sorgo africana, o la Weissbier, elaborada con una alta proporción de malta de trigo), pero normalmente el término se refiere al producto elaborado a partir de malta de cebada, con o sin la adición de otros cereales no malteados, que son conocidos como adjuntos (Páez, 2010).

#### 2.2 TIPOS DE CERVEZA



*Fotografía 1: Tipos de cerveza*

En función de las materias primas utilizadas en su elaboración, de los procesos industriales aplicados y de su composición, se distinguen infinidad de tipos de cerveza.

- Según la materia prima: un criterio de clasificación hace referencia al cereal utilizado como materia prima fundamental. Si simplemente se utiliza la denominación de cerveza, significa que procede de la cebada. Si es reemplazada por otros cereales, se deberá indicar el cereal o cereales de procedencia.
- Según el tipo de fermentación: se clasifica en dos grandes grupos, las de baja y las de alta fermentación, las cuales a su vez presentan diversas subcategorías en función de la zona de origen.

- Contenido en extracto seco: un criterio de calidad de la cerveza se refiere a la cantidad de cereales utilizada en su elaboración, lo cual se expresa como Extracto Seco Primitivo (ESP) y que corresponde a los componentes del mosto antes de su fermentación, así las cervezas normales contienen un ESP entre 11 y 13, las especiales entre 13 y 15 y las extras, superior a 15.
- Contenido de alcohol: es muy variable, la mayoría rondan el 5%, pero es posible encontrar cervezas de bajo contenido en alcohol a las que se designan como light (Rodríguez, 2008).

### **2.2.1 Cerveza Tipo Ale**

Son cervezas obtenidas con levaduras que fermentan a altas temperaturas, la nota de malta domina sobre la de lúpulo, además de estar impregnada de aromas de especias más complejas y persistentes, éste tipo de cervezas reagrupa diferentes variedades (Pilla & Vinci, 2012).



*Fotografía 2: Cerveza tipo Ale (Dudes, 2014)*

### **2.2.2 Cerveza Tipo Lager**

Esta cerveza debe su nombre a los almacenes (lager, en alemán) o bodegas donde los cerveceros bávaros producían y la conservaban en estaciones frías del año.

El frío de la estación y de las bodegas permitía que ciertas levaduras dieran nacimientos a cervezas de color dorado brillante, espuma firme y persistente y con volumen de alcohol de 4 a 5% (Pilla & Vinci, 2012).



*Fotografía 3: Cerveza tipo Lager (Gonal, 2014)*

### **2.3 CERVEZA ARTESANAL**

Es una cerveza de características muy personales, diferenciadas de las marcas industriales. Carece de pasteurización y filtración, sin ningún tipo de aditivos ni conservantes; posee levadura sedimentada en la botella que genera una segunda fermentación en el envase (Castillo J. , 2012).

### **2.4 COMPOSICIÓN DE LA CERVEZA**

En los cuadros siguientes se muestra la composición de la cerveza industrial y artesanal.

*Cuadro 1: Composición de la cerveza industrial*

Agua	91%
Alcohol	5%
Residuos de hidratos de carbono	4%
Energía	450 Kcal
Sustancias protéicas	6 g
Anhídrido carbónico	5 g
Aminoácidos esenciales	80 mg
Polifenoles	100 mg
Alcoholes superiores	100 mg
Ésteres	25 mg
Potasio	350 mg
Sodio	30 mg
Calcio	40 mg
Magnesio	80 mg
Fósforo	250 mg
Cobre	0,05 mg
Hierro	0,03 mg
Ácido pirúvico	80 mg
Ácido cítrico	110 mg
Vitamina B3 (niacina)	7700 ug
Vitamina B5 (ácido pantoténico)	1500 ug
Vitamina B6 (piridoxina)	600 ug
Vitamina B2 (riboflavina)	300 ug
Vitamina B9 (ácido fólico)	80 ug
Vitamina B (tiamina)	25 ug
Vitamina H (biotina)	10 ug

(Inaroja & Soriano, 2009)

*Cuadro 2. Composición de la cerveza artesanal*

100 ml Cerveza	kcal	Agua g	Proteína g	Lípidos g	h. dec. g	Tiramina g	Histamina g	Na mg
Oscura	30	93.3	0.4	0	2.8	1.2	ND	16
Rubia	12	90.6	0.5	0	2.9	1.2	0.63	5
Tipo Pale	11	93.7	0.25	0	2.8	ND	0.45	4
Tipo Brown	45	91	0.4	0	3.5	ND	ND	10

100 ml Cerveza	K Mg	Na mg	Na Mg	Mg mg	Ca mg	B1 mg	B2 Mg	Pantoténico mg	B6 mg	Fólico mcg
Oscura	33	16	16	ND	7	tr	ND	ND	0,01	4
Rubia	38	5	5	9	4	0,01	ND	ND	ND	ND
Tipo Pale	21	4	4	ND	1	tr	ND	0,03	ND	ND
Tipo Brown	57	10	10	9	6	tr	0,03	ND	0,03	10

(Cerveza y salud, 2012)

## 2.5 VALOR NUTRITIVO

La cerveza como bebida alcohólica moderada, es una bebida nutritiva, excitante, fortificante, a la vez refresca y tonifica. El consumo de cerveza aporta vitaminas del tipo B y D, minerales, antioxidantes, carece de grasas y el alcohol que contiene es bueno para las arterias y el corazón (Castillo J. , 2012).

Por su alto contenido en agua y reducido aporte calórico, se la considera como un rápido calmante de la sed, la baja graduación alcohólica, el reducido contenido en hidratos de carbono y nulo de lípidos hace que las cervezas aporten poca energía (40 kcal/100 ml en las rubias y 50 kcal/100 ml en las oscuras). Esto conlleva que en ciertos casos se consuman grandes cantidades de cerveza que pueden llegar a cubrir en cierto grado las necesidades nutritivas de algunos minerales y fibra soluble. Aunque también posee en pequeñas cantidades sustancias consideradas toxicológicamente como problemáticas, como son las aminas biógenas, tiramina e histamina, implicadas en reacciones alérgicas (Rodríguez, 2008).

## 2.6 MATERIAS PRIMAS DE LA CERVEZA

### 2.6.1 La Cebada



*Fotografía 4: Cebada*

La cebada es una planta gramínea parecida al trigo, de espigas formadas por espiguillas uniformes y grano aguzado en los extremos. Es una de las plantas agrícolas más antiguas. Ocupa el cuarto lugar en volumen de producción de cereales, después del trigo, el arroz y el maíz (Castillo C. , 2002).

Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. Si queda solamente la espiguilla intermedia, tendremos la cebada de dos hileras (*Hordeum distichum*), si quedan solo las dos espiguillas laterales, tendremos la cebada de cuatro hileras (*Hordeum tetrastichum*) y si se desarrollan las tres espiguillas tendremos la cebada de seis hileras (*Hordeum hexastichum*) (Guerrero, 1998).

Generalmente la cebada que entra en el proceso de malteado es la de dos hileras, por su relación harina/cascarillas (Castillo C. , 2002).

La fabricación de cerveza siempre ha implicado el empleo de enzimas. La malta de cebada es la materia prima más importante como base para la producción del extracto

y, al mismo tiempo, la única fuente esencial de enzimas. La cebada resulta ventajosa por las siguientes razones:

- El almidón en la cebada se gelatiniza a temperaturas de maceración normales y, por tanto, no requiere ebullición.
- La proporción de amilasa y amilopectina en la cebada es muy parecida a la de la malta.
- La cebada contiene  $\beta$  amilasa.
- La proteína de la cebada es muy parecida a la de la malta (Zaragoza, Vincent, & Alvarez, 2006).

### 2.6.1.2 Componentes de la Cebada

Composición aproximada de un grano de cebada:

*Cuadro 3: Composición de la cebada*

COMPONENTES	%
Humedad	14
Carbohidratos	66,5
Proteína	10
Grasa	1,8
Celulosa	5,2
Materias minerales	2,6

(Castillo C. , 2002)

### 2.6.2 El Lúpulo



*Fotografía 5: Lúpulo*

Es un arbusto de origen silvestre de la familia de las cannabáceas, aunque en la actualidad, se cultiva en grandes cantidades. Posee herbáceos trepadores que se convierten en tallos leñosos (Castillo J. , 2012).

Es una planta aromática, herbácea y trepadora, perenne en su parte subterránea y anual en la aérea, originaria de zonas templadas del hemisferio norte (Posse, 1993).

Su nombre científico es *Humus lupulus*, posee flores diferenciadas, las femeninas, que tienen forma cónica, y un aroma intenso característico, proporcionan el sabor amargo y parte del aroma de la cerveza (Hernández, 2003).

El lúpulo es un ingrediente esencial de la cerveza, precipita las proteínas del mosto, por lo que aclara la cerveza; además, posee propiedades antibióticas que mejoran su conservación. Entre los más de 150 compuestos químicos identificados en su aceite esencial, encontramos las isohumulonas (terpenos) que son fotosensibles, por lo que en contacto con luz blanca o ultravioleta, se descomponen en radicales libres muy activos que reaccionan con el azufre que contienen las proteínas de la cerveza y producen unos compuestos de olor desagradable llamados tioles. De ahí que la cerveza se envase en latas o en botellas de color ámbar que no dejen pasar la luz (Wolke, 2005).

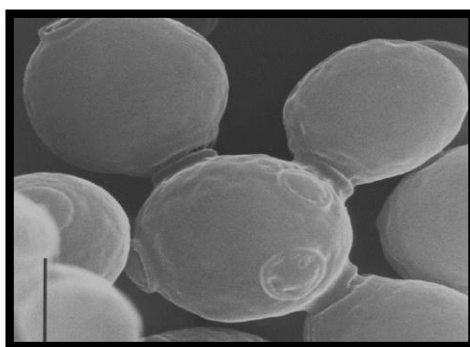
#### **2.6.2.1 Variedades de Lúpulo**

Según el contenido de ácidos alfa se clasifican en:

- Lúpulo aromático, contiene entre 4 y 8% de ácidos alfa, incluye variedades como: Spalt, Hallertau, Hersbuck, Cascade y Fugle.
- Lúpulo amargo, contiene más de 7% de ácidos alfa, como las variedades Cluster, Northern Brewer, Brewers Gold, Bullion y Pride of Ringwood (Posse, 1993).



### 2.6.3 Levadura *Saccharomyces cerevisiae*



*Gráfico 1: Levadura* (Hough, 2002)

Existe una variedad de cepas distintas de levadura de cerveza, la diferencia fundamental entre las cepas ale y lager se basa en la capacidad de fermentar el azúcar melobiosa. Las cepas ale no son capaces, mientras que las lager sí (Bamforth, 2005).

La *Saccharomyces cerevisiae* es un hongo de una sola célula eucarionte, con un genoma de cromosomas lineales individuales contenidos en un núcleo y con orgánulos citoplasmáticos, como el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi, mitocondrias, peroxisomas y vacuolas análogas a los lisosomas (Passarge, 2010).

Las levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, son los microorganismos responsables de la producción de las bebidas alcohólicas, ya que fermentan y asimilan la glucosa, y normalmente la sacarosa, la maltosa y la galactosa. Las cepas de *S. cerevisiae*, presentan distintos comportamientos al crecer en medios líquidos: algunas floculan y otras no. Asimismo, el flóculo, puede irse al fondo del fermentador (levaduras de floculación baja), o la superficie (levaduras de floculación alta). La tendencia a flocular puede aparecer al finalizar la fermentación o en sus etapas tempranas (Hernández, 2003).

Son organismos heterótrofos, por lo tanto requieren de carbono orgánico para obtener la energía y el carbono para la síntesis de sus componentes celulares. Los azúcares constituyen el mejor alimento energético para las levaduras. El proceso típico es la disimilación anaerobia, conocido comúnmente como fermentación alcohólica, el cual

da como resultado etanol y dióxido de carbono: (García V. , 2005). El proceso se resume en la ecuación:

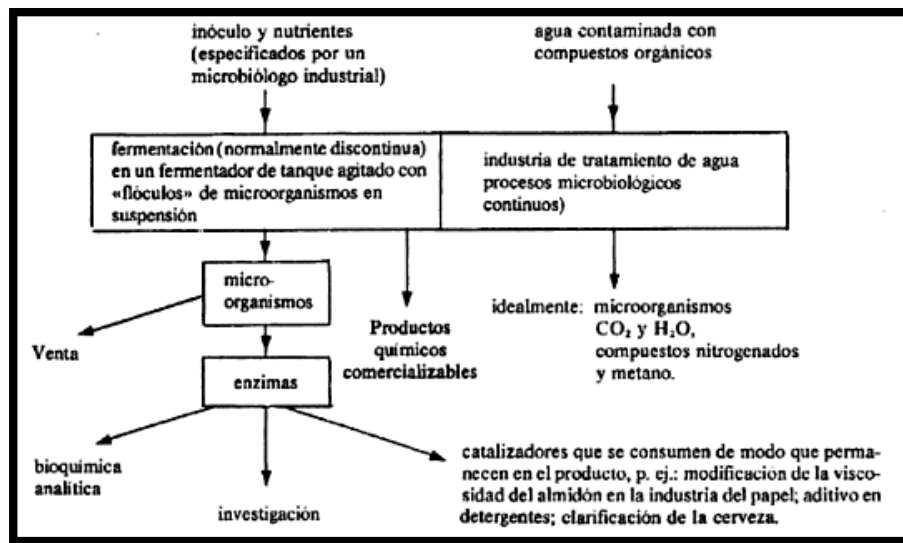
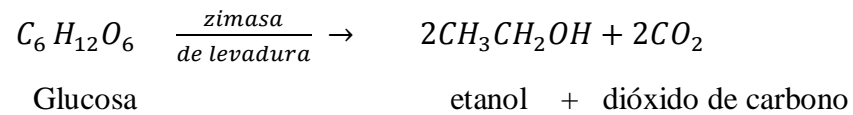


Gráfico 2: Explotación industrial de los microorganismos (Atkinson, 2002)

### 2.6.3.1 Clasificación Científica

Cuadro 4: C. científica Levaduras

<b>Reino</b>	Fungi
<b>División</b>	Ascomycota
<b>Clase</b>	Hemiascomycetes
<b>Orden</b>	<i>Saccharomycetales</i>
<b>Familia</b>	<i>Saccharomycetaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Saccharomyces</i>
<b>Especie</b>	<i>S. cerevisiae</i>

(Tortora, Funke, & Case, 2007)

#### 2.6.4 El Agua

Es el mayor componente de la cerveza, entre un 85 y un 90%. Debe ser bacteriológicamente pura (García, Gil, & García, 2004).

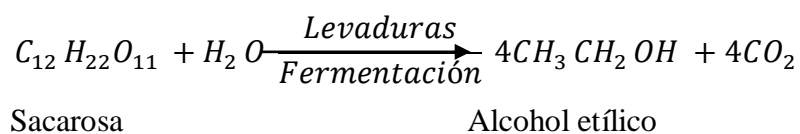
El agua se encuentra integrada por sales; los aniones de estas sales son fosfatos, cloruros, bicarbonatos, carbonatos, silicatos, sulfatos y los cationes son calcio, sodio, hierro, magnesio y amonio. Su composición tiene mucha influencia en la calidad y el tipo de cerveza. Según los cerveceros uno de los principales puntos a vigilar es la concentración de bicarbonatos, ya que al elevarse se incrementa el pH que puede ser desfavorable para las enzimas (Hernández, 2003).

#### 2.6.5 Sacarosa

Su fórmula química es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , es un disacárido, de sabor dulce, soluble en agua y poco soluble en alcohol.

En soluciones no saturadas se altera por la acción de levaduras y otros microorganismos (Durán, 2012).

La sacarosa está presente en las melazas extraídas de la caña de azúcar. De la fermentación de carbohidratos o sacáridos, se obtiene etanol y  $CO_2$ . Las reacciones para su formación son:



(Acuña, 2006)

### 2.7 PROCESO ARTESANAL

El sistema de elaboración consta de 9 etapas básicas:

- Malteado
- Secado
- Tostado
- Molienda

- Maceración
- Hervido
- Enfriamiento
- Fermentación
- Envasado

### 2.7.1 Malteado

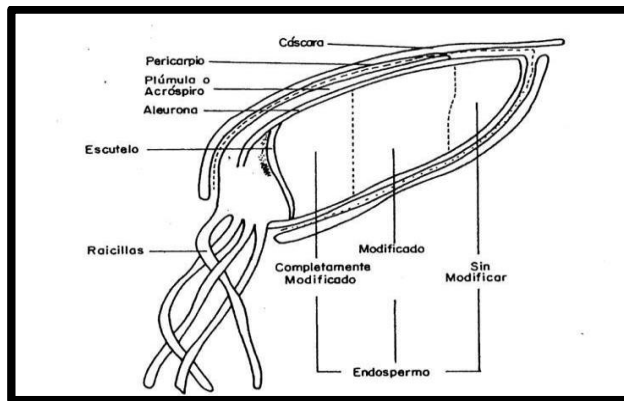
La maltería es la industria de la primera transformación de la cebada en malta, materia prima esencial en la elaboración de la cerveza (Zaragoza, Vincent, & Alvarez, 2006).

La preparación de la malta o malteo es básicamente, la germinación inducida de la cebada para que se formen las enzimas responsables de la hidrólisis de los carbohidratos (Hernández, 2003).

Durante el malteado se desarrollan en el embrión del grano, los órganos destinados a convertirse en raíces y hojas (Zaragoza, Vincent, & Alvarez, 2006).

El proceso de malteado consta de:

- **Remojo:** el grano de cebada se remoja hasta que el contenido de humedad se encuentre entre el 42 y 46%.
- **Germinación:** cuando el grano de cebada absorbe el agua, se modifican las paredes celulares y se activa la formación de enzimas que empiezan a descomponer el almidón y la proteína presentes (Hernández, 2003).



*Gráfico 3: Germinación de la cebada (Cabrera, 2009)*

### 2.7.1.1 Síntesis de Enzimas

- **Proteasas:** Son activadas por la humedad y son las encargadas de descomponer la proteína almacenada en el grano para sintetizar las amilasas que posteriormente hidrolizarán el almidón.
- **Amilasa:** La amilasa que será sintetizada con los aminoácidos generados por las proteasas, descompone el almidón en dextrinas y en maltosa, un azúcar fermentable de doce carbonos (Castillo C. , 2002).

### 2.7.2 Secado

Se procede a eliminar el agua de la malta, hasta llegar al 3% de humedad, con el fin de detener las reacciones químicas, sobre todo las enzimáticas.

Esto se consigue mediante un secado con diferentes patrones de temperatura, dependiendo de las características que se deseen en la malta, pero normalmente es un proceso de calentamiento gradual ascendente. Las temperaturas típicas del secado son: para maltas lager entre 55 y 70 °C y para maltas ale entre 60 y 95 °C, aunque maltas oscuras se hornean a temperaturas entre 105 y 177 °C, y en casos especiales después del secado se da un tratamiento de tostado con temperaturas hasta 233 °C, obteniéndose así maltas negras o chocolate (Noriega, 2004).

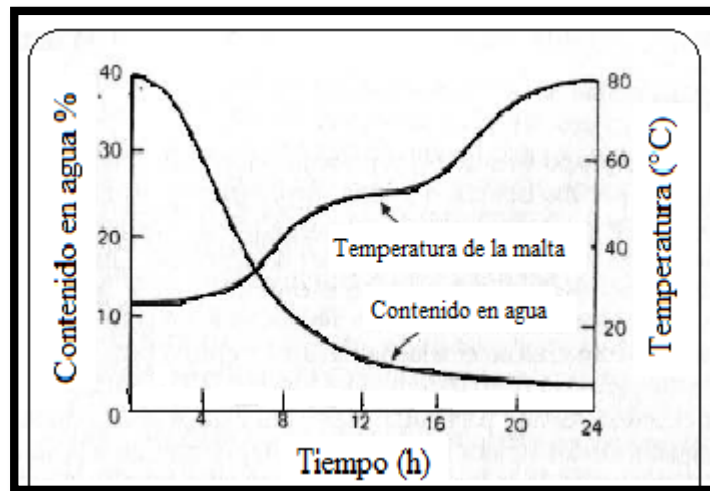
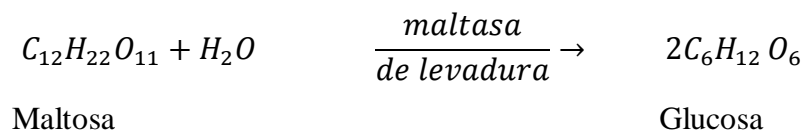
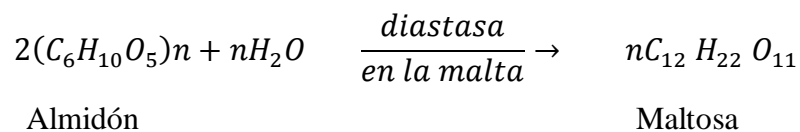


Gráfico 4: Pérdida de agua de la malta y su temperatura durante una deshidratación en un tostadero típico (Hough, 2002)

### 2.7.2.1 La Malta

La malta es el componente base en la elaboración de cerveza, constituye la clave de su producción ya que a partir de ella se obtienen los azúcares necesarios para el proceso de la fermentación.

La malta contribuye con proteínas, almidón y las enzimas proteasas y amilasas, necesarias para descomponer este almidón en azúcares sencillos, que serán aprovechados por las levaduras para producir alcohol y gas carbónico CO<sub>2</sub>.



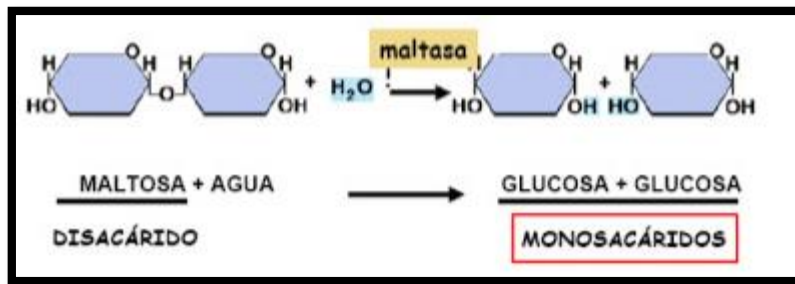


Gráfico 5: Conversión de la maltosa en glucosa (Unizar, 2011)

### 2.7.3 Tostado

Consiste en someter a la malta a una cierta temperatura (de 180 a 200°C) para modificar su color y propiedades aromáticas, incrementando gradualmente la temperatura hasta lograr el color deseado. Esto se produce por la reacción de Maillard que ocurre entre un azúcar reductor y un amino libre (Hopp, 2005).

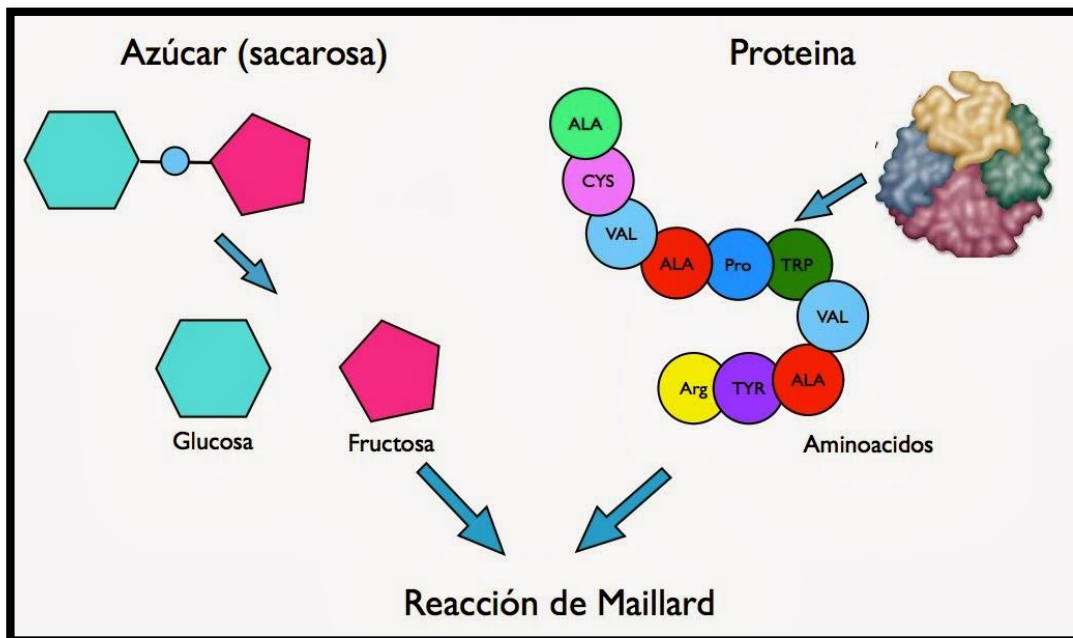
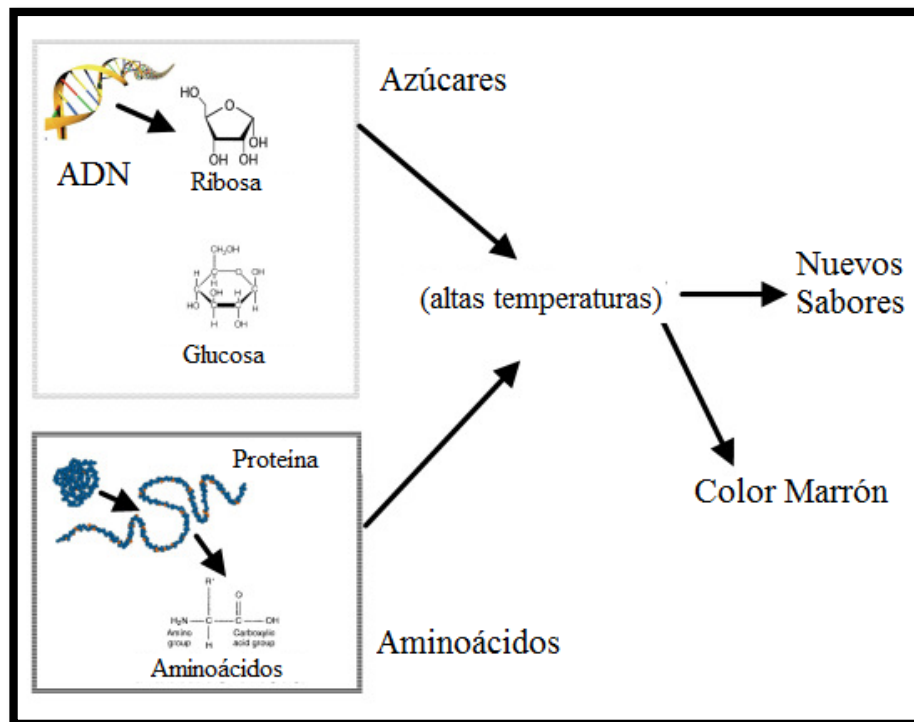


Gráfico 6: Reacción de Maillard (Duarte, 2013)

### 2.7.3.1 Malta Tostada

El poder enzimático de la malta tostada es nulo, por lo que se usan con moderación debido a que no se puede realizar una maceración a partir de ellas.

Las maltas tostadas a diferencia de las maltas sin tostar, imparten color, aromas y sabores dependiendo del grado de tostado al que haya sido sometida la malta base.



*Gráfico 7: Formación de color marrón y nuevos sabores (Klopper, 2011)*

### 2.7.3.2 Mezcla entre maltas tostadas y sin tostar

La malta es la base de la producción de la cerveza. Puede ser utilizada en un 100% de la formulación y las maltas tostadas pueden ser utilizadas desde el 5 hasta el 25% del total de la malta utilizada en la elaboración de cerveza. Se conoce varios tipos de maltas tostadas, que por su grado de temperatura en el proceso de tostado toman diferentes nombres como: malta caramelo, chocolate, black, patent, viscuit, victory, munich, vienna, pale ale, etc. Además aportan diferentes características a la cerveza, como el sabor y color siendo conocidas como: rubia, dorada, tostada o negra (Cervebel, 2013).



#### **2.7.4 Molienda**

Este proceso es fundamental para lograr extraer mayor cantidad de materiales. Existen dos tipos: molienda seca y molienda húmeda (Bamforth, 2005).

#### **2.7.5 Maceración**

Es la mezcla de la molienda con agua caliente (55 – 75°C), consiste en digerir los componentes de la malta y generar mosto que contenga todos los ingredientes necesarios para la fermentación deseada. Es el primer paso en la degradación del almidón (Bamforth, 2005).

#### **2.7.6 Hervido del mosto**

En esta etapa se añade el lúpulo. El hervido sirve para esterilizar y concentrar el mosto, además para eliminar materiales volátiles no deseados (Bamforth, 2005).

Los efectos principales del hervido, además de los anteriores, son: coagulación de proteínas y taninos, precipitación más intensa del fosfato dicálcico, lo que disminuye el pH; destilación de los productos volátiles, producción de color por la caramelización de los azúcares debido a la formación de melanioidina y oxidación de taninos (Hough, 2002).

#### **2.7.7 Enfriamiento**

El mosto se enfría para añadir la levadura e iniciar la fermentación. La realización de esta etapa sin duda acelera la fermentación y, por tanto influencia directamente en el metabolismo de la levadura (Bamforth, 2005).

#### **2.7.8 Fermentación**

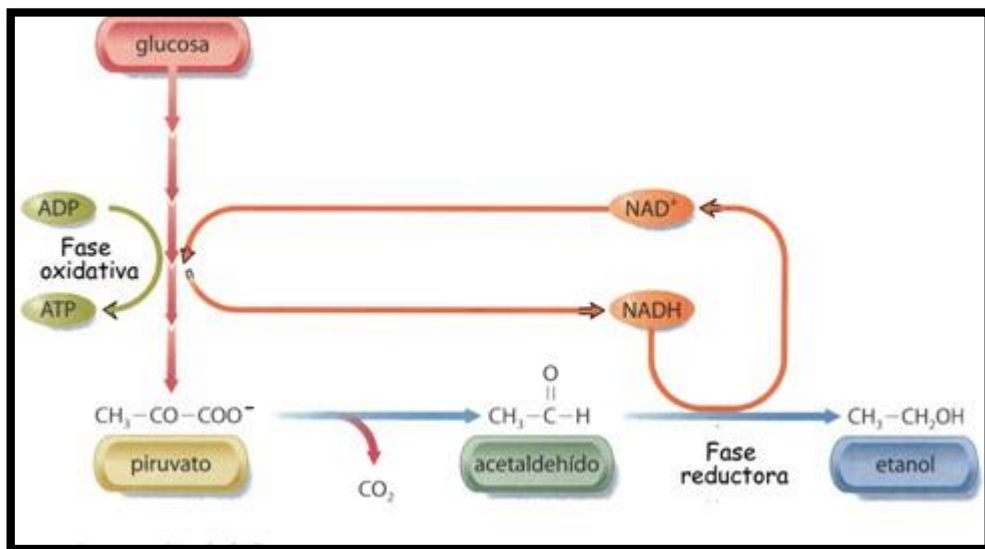
La fermentación es un proceso que libera energía a partir de azúcares u otras moléculas orgánicas, como aminoácidos, ácidos orgánicos, purinas y pirimidinas. No necesita oxígeno, pero a veces tiene lugar en su presencia. No necesita recurrir al ciclo de Krebs ni a una cadena transportadora de electrones. Utiliza una molécula orgánica como aceptor final de electrones. Solo produce pequeñas cantidades de ATP. Los microorganismos poseen la capacidad de fermentar diversos sustratos; los productos

finales dependen del tipo de microorganismo, del tipo de sustrato y del tipo de enzimas que se encuentren presentes y en estado de activación (Tortora, Funke, & Case, 2007).

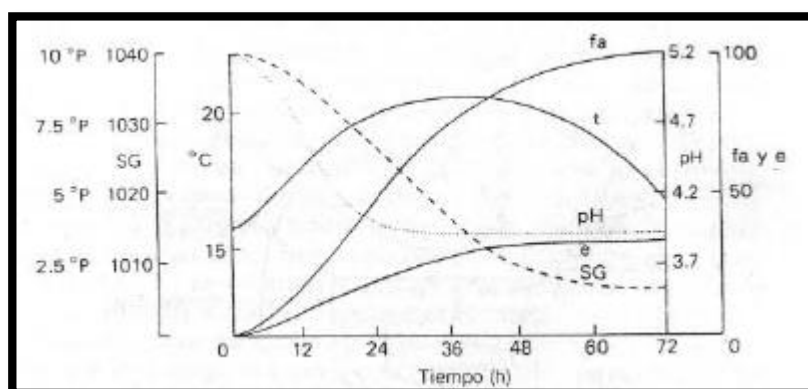
### 2.7.8.1 Fermentación alcohólica

Es una de las etapas principales que transforman el mosto o zumo azucarado, en un líquido con un determinado contenido de alcohol etílico (Zaragoza, Vincent, & Alvarez, 2006).

Inicia con la glucólisis de una molécula de glucosa, para formar dos moléculas de ácido pirúvico y dos moléculas de ATP (Tortora, Funke, & Case, 2007).



**Gráfico 8:** Fermentación alcohólica (Cartaya, 2013)



**Gráfico 9:** Curso de una fermentación ale. SG densidad del mosto;  $t$  temperatura;  $fa$  alcohol;  $e$  ésteres (Hough, 2002)

### **2.7.9 Envasado**

En esta etapa se introduce la cerveza en el envase con una pequeña cantidad de azúcar para que genere el gas y desarrolle plenamente sus sabores antes de ser consumida.

## **2.8 IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA EN LA FERMENTACIÓN**

Según Svante Arrhenius (1858 – 1927) la velocidad de una reacción química se duplica o triplica por cada 10 °C de aumento de la temperatura.

Las levaduras son microorganismos mesófilos, su desarrollo y reproducción se adapta a temperaturas que van desde los 13 a 35°C (Collado, 2001).

Las cervezas Ale generalmente fermentan a mayor temperatura (18 – 23 °C) que las lager (6-13 °C), por lo que obtienen la gravedad específica final más rápidamente, siendo alcanzada aproximadamente en 2 días, mientras que las lager en 10 días. (Bamforth, 2005). Una cerveza para ser envasada debe tener una densidad entre 1,010 g/ml y 1,030 g/ml (De la Peña, 2006).

A temperaturas altas:

- La actividad de las levaduras y bacterias es elevada.
- Aumenta la velocidad de consumo de azúcares y nitrógeno.
- El tiempo de fermentación es corto.
- Pérdida de alcohol por evaporación.
- Iniciación de fermentaciones indeseables.
- Parada de fermentación.

A temperaturas bajas:

- La actividad de las levaduras es lenta.
- Limita el crecimiento de las levaduras.
- El tiempo de fermentación aumenta.
- Parada de la fermentación.
- Mayor producción de alcohol.
- Competencia entre microorganismos (Collado, 2001)

El objetivo de buscar una temperatura ideal que pueda mantenerse durante todo el proceso fermentativo es el de regularizar el mismo, debido a que los dos extremos de temperatura, pueden causar problemas en la fermentación.

Una temperatura adecuada y constante busca las condiciones más aptas para el desarrollo de levaduras utilizadas para la elaboración de cerveza artesanal tipo Ale, en el que se desarrolle el porcentaje de alcohol buscado, los compuestos aromáticos y sabores deseados.

## **2.9 TIEMPO DE FERMENTACIÓN**

El tiempo de fermentación de una cerveza, es un valor relativo que no ha llegado a un consenso, debido a que son muchos los factores que influyen como:

- **Temperatura**

Las levaduras son seres vivos mesófilos que necesitan condiciones de temperatura adecuadas.

- **Tipo de cerveza**

Para el caso de cerveza tipo Ale los rangos pueden variar aproximadamente desde los 18 hasta los 23°C.

- **Levadura utilizada**

La activación de la levadura es un factor muy importante, una activación deficiente puede retardar la fermentación.

- **Cantidad de oxígeno**

El mosto debe ser aireado antes de la inoculación y luego debe eliminarse el suministro de oxígeno para que se produzca etanol y CO<sub>2</sub>, el suministro excesivo de oxígeno limita el trabajo de las levaduras.

- **Densidad del mosto**

Un mosto rico en nutrientes permitirá un desarrollo adecuado de las levaduras (Mash, 2013).

## **2.10 IMPORTANCIA DEL pH EN LA CERVEZA**

En la industria alimentaria es muy importante evitar la contaminación, y garantizar que el producto final sea apto para el consumo.

La medición del pH se emplea como indicador de calidad en las diferentes etapas del proceso y en el producto final, como medidor de las condiciones higiénicas. Para que un producto se pueda aumentar su tiempo de conservación debe tener un pH bajo. Debido a todo esto, el control del pH, es riguroso, si el producto no cumple las especificaciones requeridas, debe ser desechado (Udep, 2000).

El control de nivel de pH en la producción de cerveza es muy importante para poder evitar la activación de agentes patógenos, pero sobre todo para obtener el sabor característico de cada una, un valor de pH menor a 4.2 produce acidez y un valor mayor a 4.8 provoca acidez y activación de microorganismos (Quiminet, 2014).

## **2.11 GRADO ALCOHÓLICO**

El grado alcohólico de una bebida es el volumen de alcohol etílico, expresado en  $\text{cm}^3$ , en grados Gay Lussac o en porcentajes a una temperatura determinada (INEN, 1994). La cerveza artesanal es una bebida muy versátil, en cuanto a su color, sabor y grado alcohólico.

Una cerveza puede tener un contenido alcohólico desde el 3 al 12% aproximadamente, pero también existen cervezas con 1% de alcohol hasta el 41% en los casos más fuertes. Una de las características de los diferentes tipos de cerveza es su grado alcohólico como por ejemplo:

- Lager 4 a 5 %
- Pilsner Lager 3 a 6 %
- Wheat (Weissbier) 4 a 5 %
- Porter 4 a 5 %
- Bitter (ESB) 3 a 7 %
- IPA (India Pale Ale) 5 a 7 %
- Stout 5 a 10 %
- Double (Dubbel) 6.5 a 9 %
- Tripel (Trippel, Triple) 7.5 a 9.5 %
- Barleywine 8 a 12 % (Colman, 2011).

## 2.12 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA CERVEZA ARTESANAL

Las características organolépticas de una cerveza artesanal varían notablemente con respecto a las cervezas industriales, debido a las materias primas utilizadas, al proceso y a su método de gasificación (Aj, 2013).

Los principales puntos tomados en cuenta son: su aspecto, color, aroma, y sabor.

- **El aspecto:** la cerveza artesanal es ligeramente turbia, debido a que no se filtra y a la segunda fermentación realizada en el envase; a diferencia de la cerveza industrial, en donde la turbidez es un signo de un proceso deficiente e incluso de contaminación.
- **El color:** el color es variable y depende del estilo y las materias primas, principalmente de la malta utilizada. Los colores pueden variar desde el amarillo hasta el negro.
- **El aroma:** la cerveza presenta un aroma característico dependiendo de su estilo y materias primas utilizadas.

Se consideran defectos si presenta aromas extraños como fenoles medicinales, sulfuros, entre otros.

- **El sabor:** la cerveza artesanal es un producto que tiene una gran variedad de sabores.

Que pueden ir desde los amargos, frutales, café, chocolate, especias, etc.

Pero también un proceso inadecuado puede producir sabores extraños como: acetaldehído, astringente, asidrado, diacetilo, a verduras cocidas, pasto, medicinal, metálico, oxidado, etc. (Palmer, 1999).

## 2.13 DEGUSTACIÓN

La degustación, es la operación en la que la vista, el olfato y el gusto aprecian las notas organolépticas y la calidad de la cerveza (Pilla & Vinci, 2012).

Para conocer e identificar las características de cada cerveza, se degustará con el siguiente procedimiento:

Para cada tipo de cerveza se utilizarán dos vasos, uno para la descripción de atributos por el sentido de la vista, y otro vaso para la descripción de atributos por el sentido del

olfato y gusto, llenando el vaso sin formar espuma evitando la descarbonatación de la cerveza llenando lentamente el vaso hasta la mitad. Así la cerveza en el vaso es fiel reflejo de su contenido en la botella (Inaroja & Soriano, 2009).

### **2.13.1 Apreciación visual**

Se debe examinar la cerveza servida en un vaso, para poder distinguir los siguientes aspectos:

- La presencia de levaduras, permite clasificar a la cerveza como clara o turbia debido a la segunda fermentación en botella (Pilla & Vinci, 2012).
- El color de la cerveza puede ser: Blanco, amarillo, dorado, rojizo, caramelo, negro (Inaroja & Soriano, 2009).

### **2.13.2 Apreciación olfativa**

Se debe examinar la cerveza servida en un vaso, para poder distinguir los aromas, existen 40 aromas reconocidos en la cerveza, los cuales se pueden agrupar en: (Pilla & Vinci, 2012).

- Aroma a malta, se presenta como aroma a pan, cuando se utiliza 100% malta o con trigo en su composición.
- Aroma a caramelo o chocolate se presenta cuando en su formulación se empleó malta tostada o negra.
- Aroma a lúpulo, predominan aromas cítricos, herbáceos, florales o resinosos.
- Aroma a ésteres, son aromas frutales con predominio de manzana y plátano (Inaroja & Soriano, 2009).

### **2.13.3 Apreciación del sabor**

En la cerveza se pueden distinguir dos sabores característicos, el dulce y el amargo, su nivel depende de la cantidad y calidad de lúpulo utilizado.

- Dulce, cuando la sensación de amargor está ausente.
- Amargo, cuando es predominante (Pilla & Vinci, 2012).

Se dice que una cerveza está balanceada cuando se produce una sinergia agradable entre las sensaciones que se perciben por el aroma y el gusto en su paso de boca, sin predominio de ninguno de sus componentes (Inaroja & Soriano, 2009).

## **2.14 DEFECTOS DE LA CERVEZA**

Pueden ser causados por la acción de microorganismos, por daños físicos o químicos (Hernández, 2003).

### **2.14.1 Acción de los Microorganismos**

El riesgo de contaminación de la cerveza por microorganismos es mínimo, debido al contenido de alcohol, al pH bajo y a los ácidos del lúpulo. Sin embargo se pueden presentar: levaduras silvestres, bacterias lácticas, bacterias acéticas y poco frecuente bacterias del género *pseudomonas*, *bacillus* y *clostridium*. Esto se evita con estrictas medidas higiénicas durante todo el proceso (Noriega, 2004).

Su presencia ocasiona la formación de aromas y sabores desagradables, disminuyen el crecimiento y rendimiento de las levaduras y aumentan la viscosidad (Hough, 2002).

### **2.14.2 Daños Físicos**

El problema físico que puede tener la cerveza es la turbidez, que se presenta por la precipitación de proteínas y dextrinas. Este defecto se convierte en un problema de imagen, ya que el consumidor lo asocia con contaminación microbiana, para evitarlo las cervecías industriales filtran el producto varias veces (Hernández, 2003).

### **2.14.3 Daños Químicos**

La cerveza es susceptible a la oxidación, lo que da origen a sabores desagradables en el producto. Para evitar esto las industrias añaden agentes antioxidantes y envasan la cerveza en botellas de color verde o ámbar (Hernández, 2003).



## 2.15 BIORREACTOR

Son recipientes de reacción, en los que se crean técnicamente las condiciones óptimas para el cultivo y la multiplicación de microorganismos, lo que permite la obtención de su biomasa o de los productos de su metabolismo (Hopp, 2005).

### 2.15.1 Tipos de Birreactores

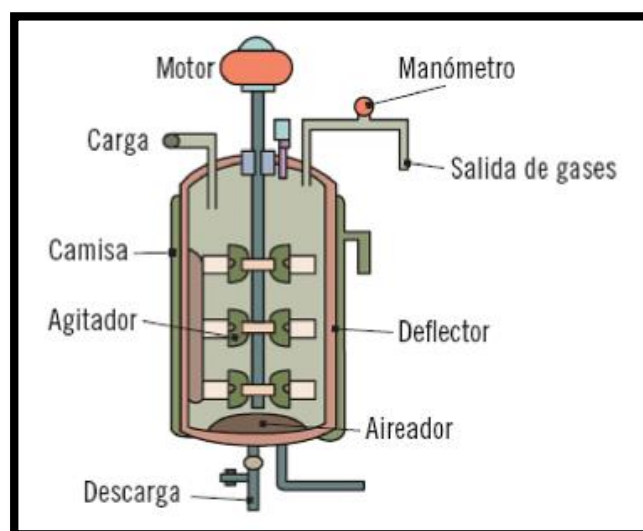
El tipo de biorreactor depende del tipo de funcionamiento que va a tener, continuo o discontinuo; y de la clase de cultivo a utilizar aerobio o anaerobio (Hopp, 2005).

- Continuo: se emplea cuando la reacción es heterogénea, es decir, se produce en dos o más fases.
- Discontinuo: es un recipiente en el que están contenidas las sustancias mientras reaccionan. Es el dispositivo preferido para reacciones homogéneas o en una sola fase (Levenspiel, 2005).

En los dos procesos se puede utilizar: tanques con agitación, tanques con agitación por burbujeo y de disco rotatorio (Hopp, 2005).

#### 2.15.1.1 Biorreactor con agitación

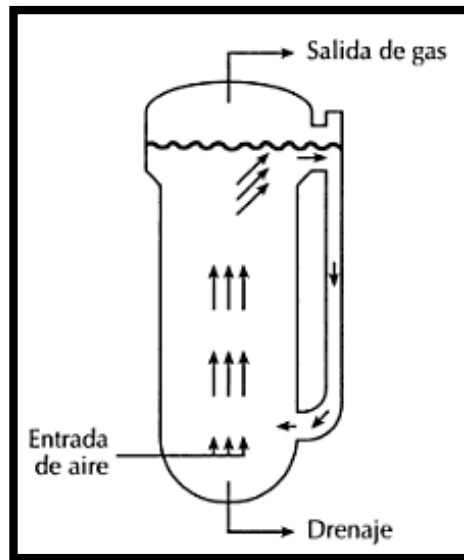
Son tanques construidos en acero inoxidable o vidrio, poseen un motor para la agitación del caldo de fermentación (Hernández, 2003).



*Gráfico 10: Biorreactor con agitación (Oña & Serrano, 2014)*

### 2.15.1.2 Biorreactor con agitación por burbujeo

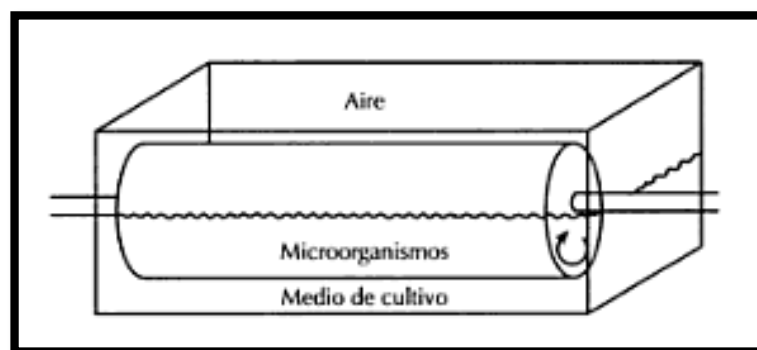
La agitación la lleva a cabo el aire, que es suministrado por la parte inferior del tanque (Hernández, 2003).



*Gráfico 11: Biorreactor con agitación por burbujeo (Hernández, 2003)*

### 2.15.1.3 Biorreactor de disco rotatorio

Consta de un cilindro y de un recipiente rectangular que contiene el medio de cultivo. Este tipo de biorreactor se usa principalmente para el tratamiento de aguas residuales (Hernández, 2003).



*Gráfico 12: Biorreactor de disco rotatorio (Hernández, 2003)*

### 2.15.2 Eficiencia del Biorreactor

La Eficiencia general de los equipos (Overall Equipment Effectiveness) es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. La ventaja de este método, es que mide en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. Hoy en día se ha convertido en un estándar internacional reconocido por las principales industrias alrededor del mundo (Cruelles A. , 2012).

$$\text{Eficiencia General del Equipo} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

**Disponibilidad** = (Tiempo de Operación/ Tiempo de Operación Total) X100

TO = tiempo de operación

TOT = tiempo total de trabajo – tiempo de paradas planificadas

**Eficiencia** = tiempo de ciclo ideal / (tiempo de operación x N° de unidades)

Tiempo de ciclo ideal = 1/capacidad nominal

**Calidad** = N° de unidades conformes/N° unidades totales

Según el valor obtenido este método clasifica el equipo en:

< 65%	Inaceptable, muy baja competitividad
de 65% a 75%	Regular, baja competitividad
de 75% a 85%	Aceptable, competitividad ligeramente baja
de 85% a 95%	Buena, buena competitividad
>95%	Excelencia, excelente competitividad (Cruelles A. , 2012).

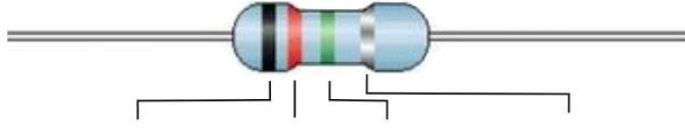
#### 2.15.2.1 Eficiencia del sistema eléctrico del biorreactor

Para la determinación de la eficiencia del sistema eléctrico, se toma en cuenta los valores de las resistencias, su temperatura, y el valor de temperatura alcanzada por el mosto. Esto se basa en la ley de ohm y en el efecto Joule.

$$E = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100$$

T1 = temperatura de las resistencias eléctricas

T2 = temperatura del mosto



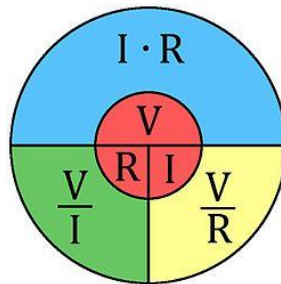
Color	1ra. Banda	2da. Banda	3ra. Banda Multiplicador	Tolerancia %
Negro	0	0	x1	
Cafe	1	1	x10	
Rojo	2	2	x100	2%
Naranja	3	3	x1000	
Amarillo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	
Azul	6	6	x1000000	
Violeta	7	7	x10000000	
Gris	8	8	x100000000	
Blanco	9	9	x1000000000	
				Dorado 5%
				Plata 10%

Circuitos Básicos

Grafico 13: Sistema de codificación de resistencias eléctricas (Gonzalez, 2012)

- **Ley de Ohm.-** Para un gran número de conductores (principalmente metales), el valor de la resistencia permanece constante y no depende de la tensión aplicada al conductor (Aguilar, 2000).

- **Efecto Joule.-** atraviesa una resistencia un desprendimiento



Toda corriente eléctrica que resistencia original en ella, sufre de calor directamente proporcional a la resistencia e intensidad al cuadrado (Sarmiento, 2004).

$$P = I^2 R$$

$$E = \frac{T1 - T2}{T1} \times 100$$

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

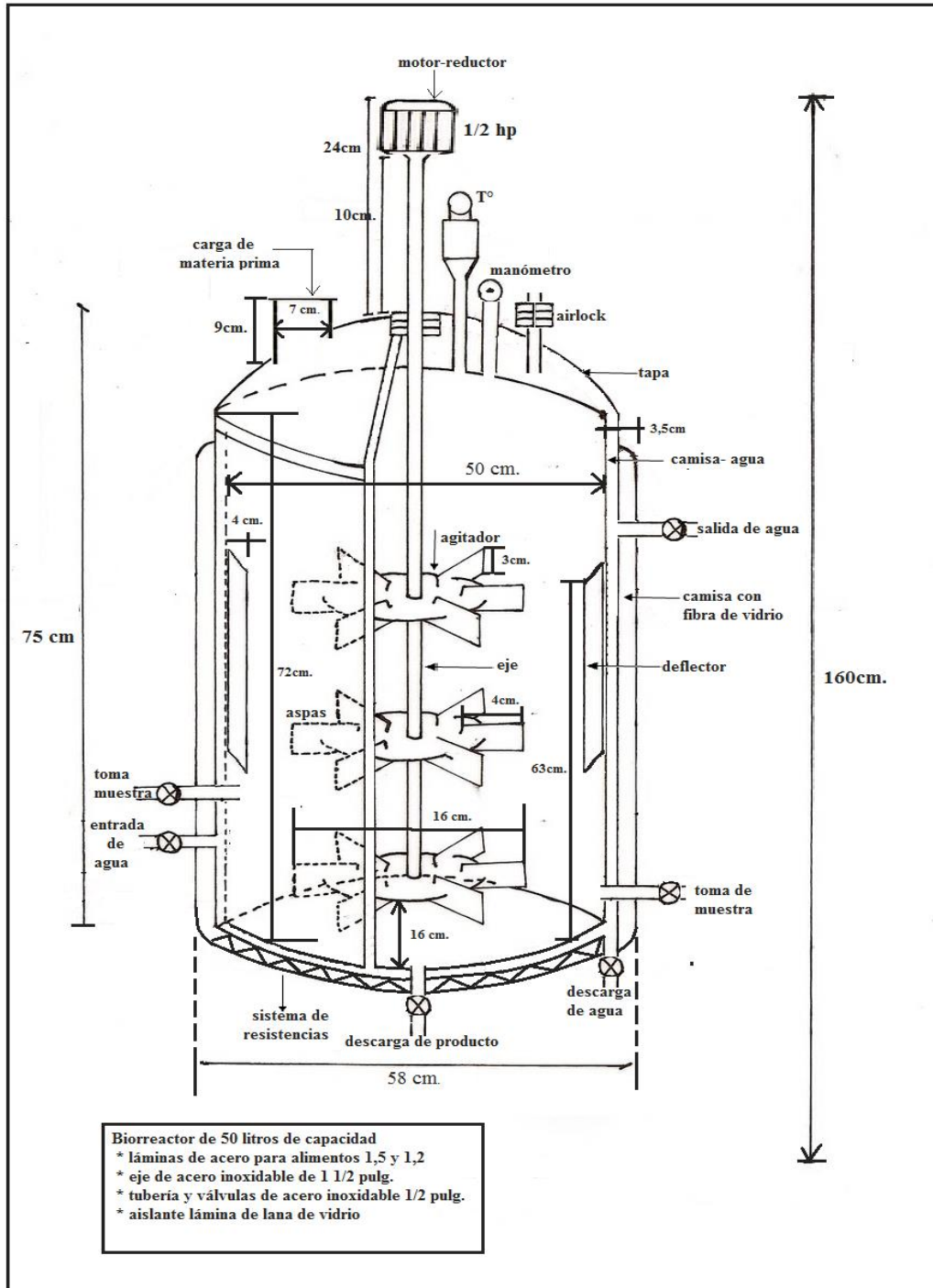
#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 Materias Primas:**

- Cebada
- Lúpulo
- Agua
- Levadura
- Azúcar

##### **3.1.2 Equipos:**

- Biorreactor de 50 litros de capacidad, construido en acero inoxidable, con control de temperatura, control de presión, con un motor reductor para agitación, una trampa de aire, posee un sistema eléctrico para mantener la temperatura constante por largos períodos de tiempo. En su interior están ubicados cuatro deflectores y tres grupos de aspas.



*Gráfico 14: Biorreactor utilizado en la experimentación*

- Balanza
- Cocina a gas
- Tanque de gas
- Contenedores
- Botellas
- Tapas
- Bomba para envasado
- Implementos de cocina

### **3.1.3 Laboratorio:**

- pHmetro
- Alcoholímetro
- Termómetro
- Densímetro
- Probetas
- Vasos de precipitación

## **3.2 MÉTODOS**

### **3.2.1 Caracterización del área de estudio**

- Provincia: Carchi
- Cantón : Tulcán
- Parroquia: Tulcán
- Sector: Sur
- Altitud: 2900 m.s.n.m
- Clima: Ecuatorial Frío de Alta Montaña
- Temperatura promedio: 10-12°C

Fuente: (Siagro-Infoplan, 2014)

### 3.3 FACTORES EN ESTUDIO

Factor A – PORCENTAJE DE MALTA TOSTADA ADICIONADO

A1 → 5%

A2 → 10%

A3 → 15%

Factor B – TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN

B1 → 15°C

B2 → 20°C

B3 → 25°C

#### 3.3.1 Tratamientos.

De la interacción de los factores A y B se obtuvo nueve tratamientos, los mismos que fueron utilizados para evaluar la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación, el pH, grado alcohólico, aspecto, color, olor, sabor y preferencia de la cerveza.

*Cuadro 5: Tratamientos para la elaboración de cerveza artesanal tipo ale oscura utilizando un biorreactor de nivel piloto.*

TRATAMIENTOS	FACTOR A Malta tostada	FACTOR B Temperatura de fermentación	CODIFICACIÓN
T1	A1	B1	A1B1
T2	A1	B2	A1B2
T3	A1	B3	A1B3
T4	A2	B1	A2B1
T5	A2	B2	A2B2
T6	A2	B3	A2B3
T7	A3	B1	A3B1
T8	A3	B2	A3B2
T9	A3	B3	A3B3



### 3.3.2 Diseño experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial  $3^2$  (AxB), correspondiente a la combinación de dos factores con tres niveles cada uno y con tres repeticiones, además, se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, la prueba Diferencia Mínima Significativa para factores, para la evaluación del aspecto, color, olor y sabor la prueba Analítica Discriminativa de Ordenamiento y para la preferencia la prueba de Friedman.

### 3.3.3 Características del experimento

Se realizó un Análisis de Varianza con las siguientes características:

- Tratamientos = 9
- Repeticiones = 3
- Unidades experimentales = 27
- Cada unidad experimental es de 20 litros de mosto.

### 3.3.4 Análisis de Varianza

Se realizó un análisis de varianza para determinar la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación, el pH y el grado alcohólico.

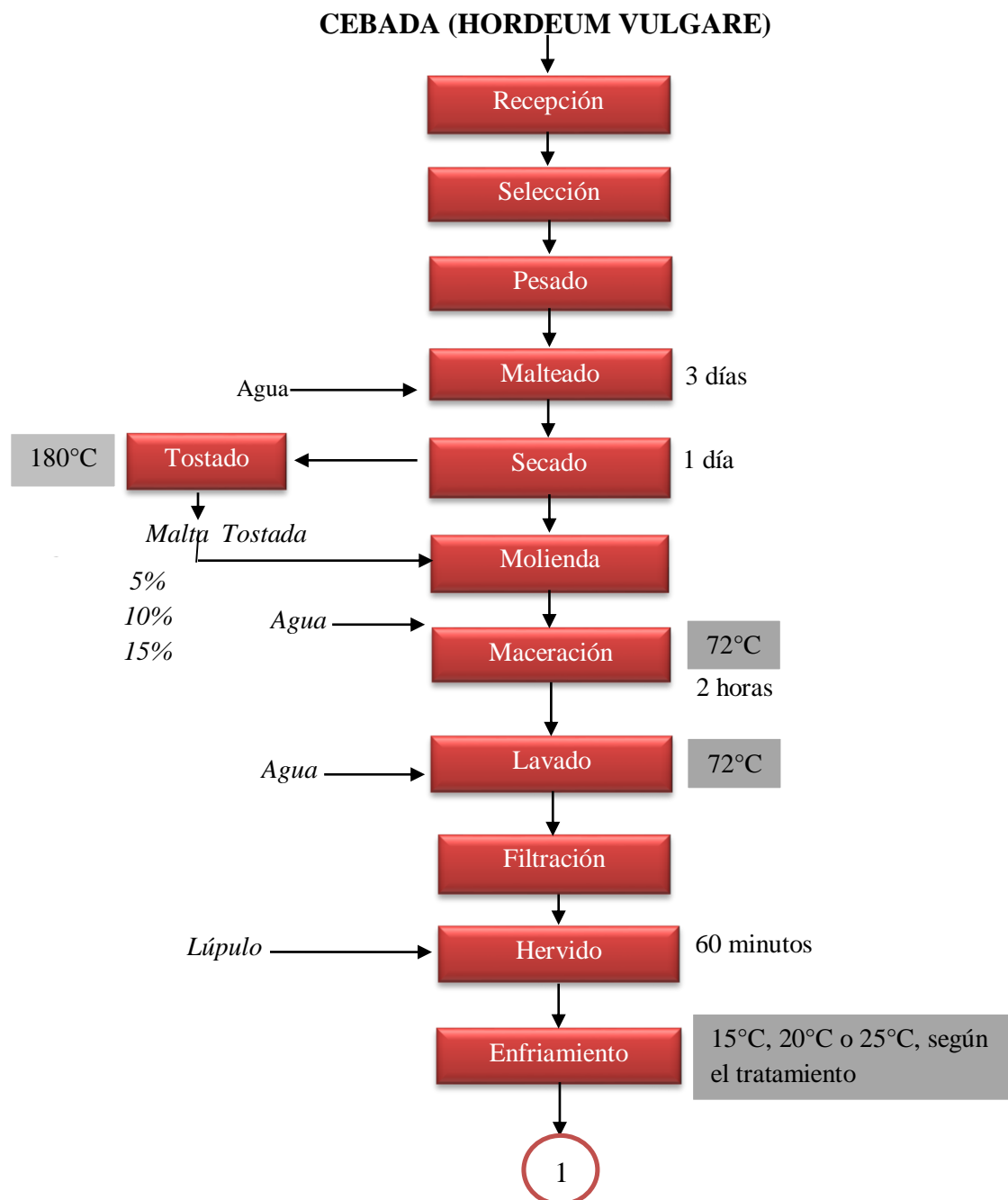
*Cuadro 6: Análisis de Varianza de la elaboración de cerveza artesanal tipo ale oscura utilizando un biorreactor de nivel piloto.*

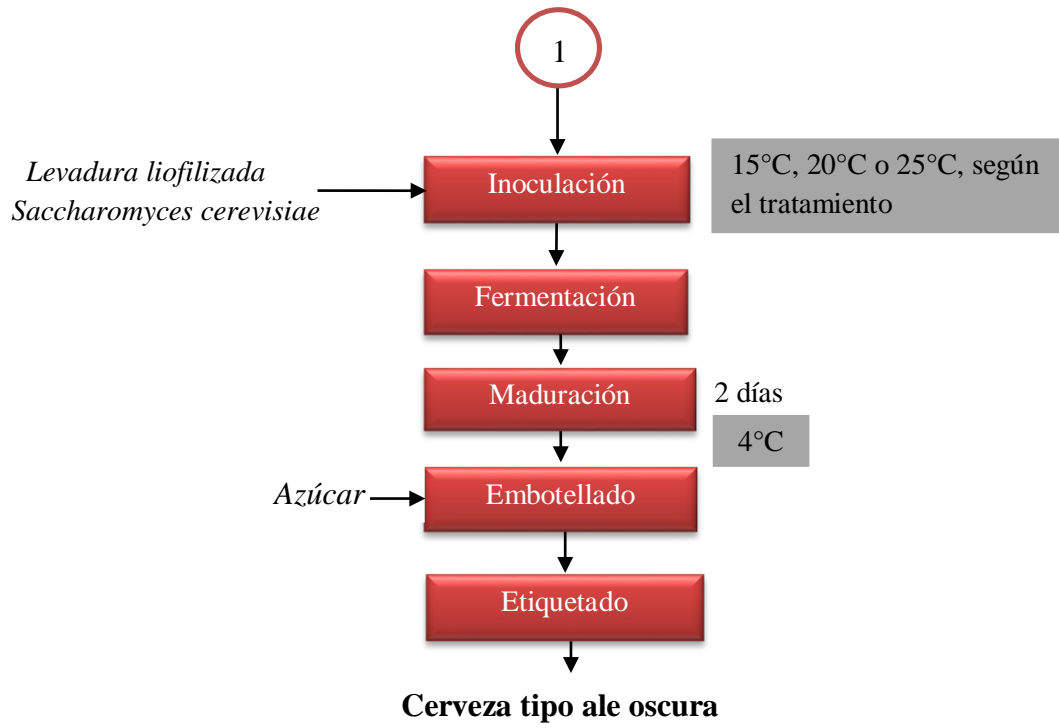
<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Total	26
Tratamientos	8
Factor A cantidad de malta tostada	2
Factor B temperatura de fermentación	2
Interacción A x B	4
E. Experimental	18

### 3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

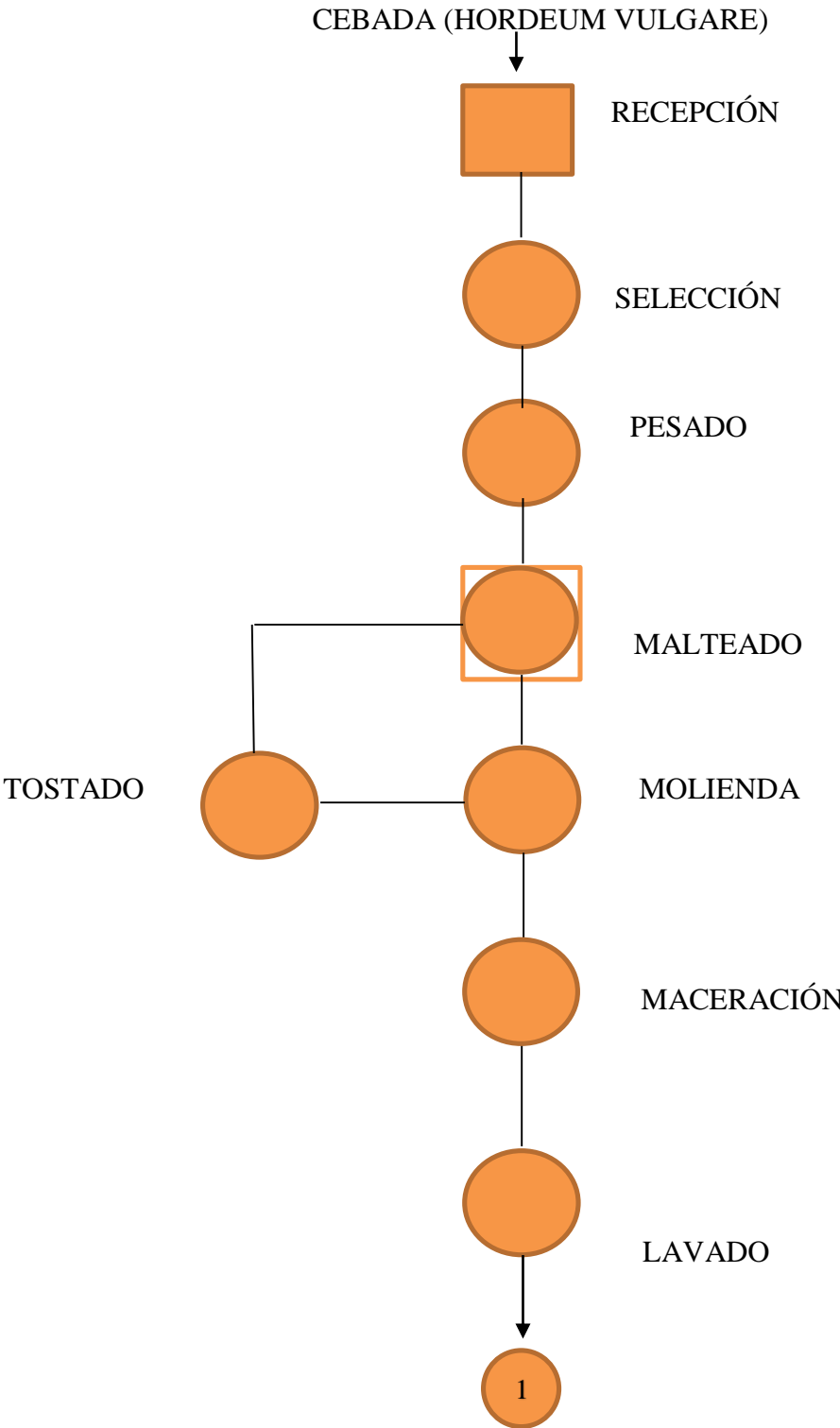
El experimento se realizó de la siguiente manera.

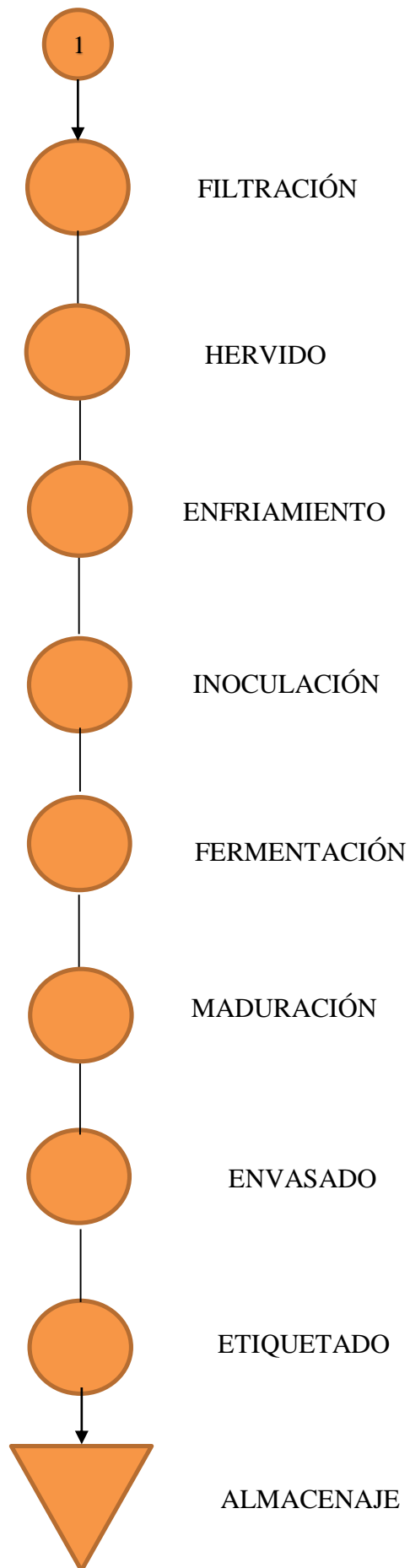
#### 3.4.1 Diagrama de Bloques para la Elaboración de Cerveza tipo Ale oscura utilizando un Biorreactor de nivel piloto.





**3.4.2 Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Cerveza Artesanal Tipo Ale Oscura**





### 3.4.3 Descripción del Proceso

#### 3.4.3.1 Recepción

La cebada se adquirió en una bodega de la localidad, sus características físico – químicas se describen en el Anexo 10. El lúpulo y la levadura en la Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales (Quito), cuyas hojas técnicas se encuentran en los Anexos 12 y 13.



*Fotografía 6: Materias Primas*

#### 3.4.3.2 Selección

Se eliminaron los objetos extraños presentes en la cebada.



*Fotografía 7: Selección*

### 3.4.3.3 Pesado

Para obtener 20 litros de cerveza se pesan 5,05 kg de cebada.



*Fotografía 8: Pesado*

### 3.4.3.4 Malteado

Para la formación de enzimas que hidrolizarán los carbohidratos presentes, se remojan sus granos durante un día, luego se escurre el agua y se extienden los granos, se debe procurar mantenerlos húmedos para que germinen. El proceso de germinación dura dos días aproximadamente, tiempo en el que la radícula sobrepasa el tamaño del grano.



*Fotografía 9: Remojo*

*Fotografía 10: Germinación*



*Fotografía 11: Cebada germinada*

#### **3.4.3.5 Secado**

Para detener las reacciones enzimáticas, se retira el exceso de humedad mediante un secado al ambiente. Este proceso tarda un día.



*Fotografía 12: Malta*

#### **3.4.3.6 Tostado**

Para otorgar aromas y diferentes tonalidades a la cerveza, se somete según el tratamiento, a una cierta cantidad de malta a una temperatura de 180°C, por 10 minutos aproximadamente, hasta lograr el color deseado.



Es necesario dejar la malta tostada en reposo por aproximadamente dos semanas para que sabores y aromas indeseables sean eliminados. Las características físico químicas de las malta tostada se encuentran en el Anexo 10.



*Fotografía 13: Tostado*

#### **3.4.3.7 Molienda**

Utilizando un molino de granos, se muele la malta tostada y sin tostar, evitando producir harina.



*Fotografía 14: Molienda*

### 3.4.3.8 Maceración

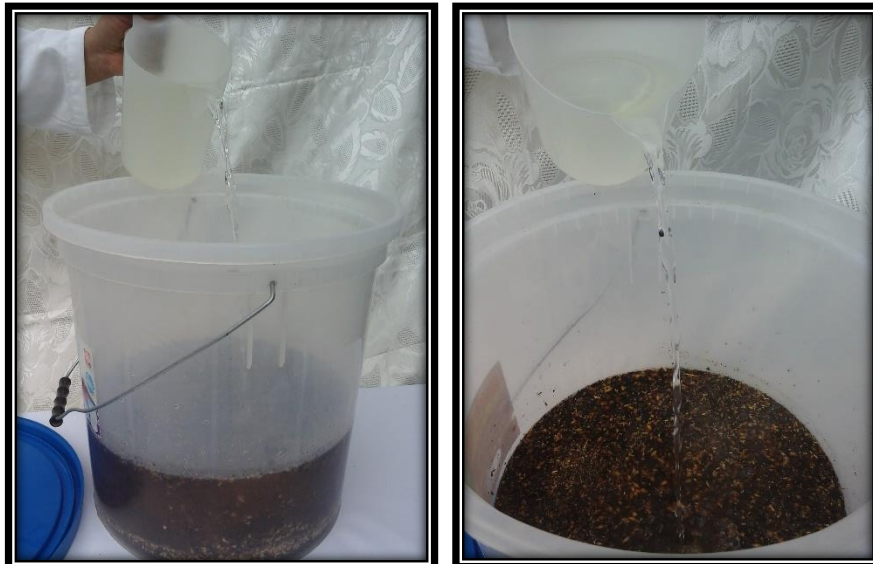
Para que se digieran los componentes de la malta, se la mezcla con 12 litros de agua a 72°C, en un recipiente tapado durante 90 minutos.



*Fotografía 15: Maceración*

### 3.4.3.9 Lavado

Se añade a la mezcla anterior agua a 72°C para lavar el grano, recirculando el mosto. Estas operaciones se repiten hasta llegar a una densidad del mosto de 1,030 g/ml.



*Fotografía 16: Lavado*

### 3.4.3.10 Filtración

Se separa el líquido de la malta, por medio de un colador.



*Fotografía 17: Filtración*

### 3.4.3.11 Hervido del mosto

Para esterilizar y concentrar el mosto se lo hierve por 60 minutos y al inicio de éste se agregan 11g de lúpulo, que darán el amargor a la cerveza. En el minuto 55 se añaden tres gramos de lúpulo que le otorgarán el aroma.



*Fotografía 18: Hervido*

### 3.4.3.12 Enfriamiento

Se vacía el mosto en el biorreactor, se hace recircular agua por la doble camisa del mismo y se enciende el motor del agitador. De esta manera se enfría el mosto hasta llegar a la temperatura requerida para la inoculación de la levadura, 15, 20 o 25°C, según el tratamiento.



*Fotografía 19: Enfriamiento*

### 3.4.3.13 Inoculación

Es necesario activar la levadura, para esto en 100 ml de agua hervida y enfriada a una temperatura de 15, 20 o 25°C, según el tratamiento, se añaden 11 g de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y se deja reposar por 15 minutos. Luego se añaden al mosto en el fermentador, se agita por cinco minutos y se tapa herméticamente.



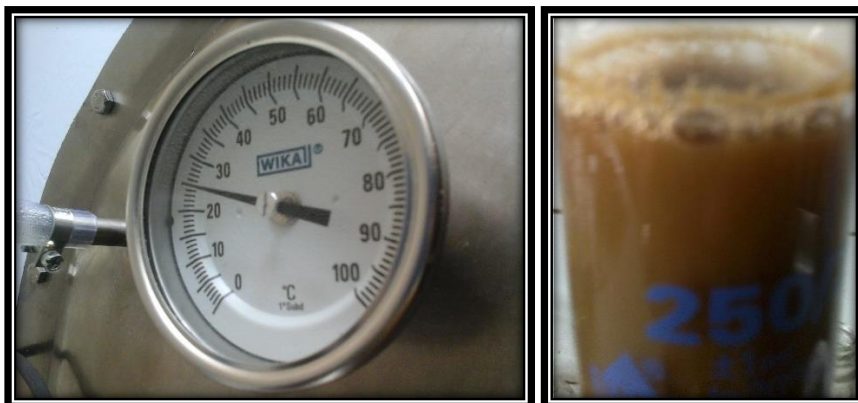
*Fotografía 20: Levadura activada*



*Fotografía 21: Inoculación*

#### 3.4.3.14 Fermentación

En este proceso biológico en ausencia de oxígeno, en el que se transforma el mosto en un líquido con alcohol y CO<sub>2</sub>, se mantiene la temperatura constante de 15, 20 o 25°C, según el tratamiento. Se toma una muestra a las 12 horas, para verificar la densidad, el proceso termina cuando la densidad del producto llega a 1,020 g/ml.



*Fotografía 22: Fermentación*

#### 3.4.3.15 Maduración

Transcurrido el tiempo de fermentación se hace el trasvase de la cerveza a un recipiente para su maduración durante dos días, tiempo durante el cual permanecerá en refrigeración. La densidad de la cerveza debe ser de 1,020 g/ml y el pH debe estar entre 3,5 y 5,0.





*Fotografía 23: Maduración*

#### **3.4.3.16 Envasado y Etiquetado**

Se realiza una limpieza profunda de los envases. Luego se disuelven en 500 ml de agua hervida, el azúcar necesario para la segunda fermentación, esto es seis gramos de azúcar por litro de cerveza. Después se distribuye la solución en partes iguales en cada botella. Y se procede al llenado, tapado y etiquetado de las mismas. Al tratarse de una cerveza sin pasteurizar y sin conservantes, características propias de las cervezas artesanales, debe permanecer en refrigeración hasta su consumo.



*Fotografía 24: Envasado*



*Fotografía 25: Etiquetado*

### 3.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1 Variables Cuantitativas

*Cuadro 7: Variables cuantitativas evaluadas.*

VARIABLES	NORMA
Influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación	
pH	NTE INEN 2325
Grado alcohólico	NTE INEN 2322

##### 3.5.1.1 Descripción del método de evaluación:

- Influencia de la temperatura en el tiempo de Fermentación, se tomó el tiempo en horas con un reloj digital; durante la fermentación, manteniendo una temperatura constante de 15, 20 o 25°C, según el tratamiento, hasta llegar a la densidad de la cerveza de 1,020 g/ml.
- pH: determinación del pH del producto al final, para establecer parámetros de calidad utilizando un pHmetro de precisión  $\pm 0,1 \pm 1$  dígito, con un rango de medida de 0 – 14 pH, autocalibración en 1 punto; en cada tratamiento, según NTE INEN 2325.
- Grado alcohólico: determinación del grado alcohólico con un alcoholímetro, con un rango de medición de 0 a 100% y resolución del 1%. Las mediciones se hicieron al final del proceso en cada tratamiento, según NTE INEN 2322.

### 3.5.2 Variables Cualitativas

*Cuadro 8: Variables Cualitativas Evaluadas.*

VARIABLES	NORMA
Color	Prueba de ordenamiento Tabla SRM NTE INEN 350
Olor	Prueba de ordenamiento NTE INEN 350
Sabor	Prueba de ordenamiento NTE INEN 350
Aspecto	Prueba de ordenamiento NTE INEN 350
Porcentaje de malta óptimo entre malta tostada y sin tostar	Prueba de Friedman NTE INEN 350

#### 3.5.2.1 Descripción del Método de Evaluación

- Determinación de las variables cualitativas con degustación a 15 personas, en tres turnos de cinco personas cada uno. En cada turno hubo tres fases, la primera con cinco muestras, la segunda con cuatro muestras y la tercera con la muestra preferida de cada fase anterior, para determinar el mejor tratamiento. El color, olor, sabor y aspecto, se determinaron mediante la prueba analítica discriminativa de ordenamiento, en la que se asignó un valor a cada punto de la escala de ordenación, se obtiene los rangos y se comparan los valores con la tabla de Kramer al 5%, además el color se comparó con la Tabla Beer Color Chart (SRM), que se encuentra en el Anexo 7.
- El porcentaje de malta óptimo entre malta tostada y sin tostar, se obtuvo mediante la determinación de la preferencia, con la aplicación de la prueba no paramétrica de Friedman, además se realizó un estudio de caso por medio de una encuesta de consumo formulada a 30 personas, los resultados se presentan en el Anexo 3.



$$x^2 = \frac{12}{b \cdot t(t + 1)} \Sigma R^2 - 3b(t + 1)$$

Donde:

R: rangos

t: tratamientos

b: degustadores

### 3.5.3 Variables Microbiológicas

*Cuadro 9: Variables microbiológicas evaluadas*

VARIABLES	MÉTODO
Conteo de mohos y levaduras	AOAC 997.02
Recuento en placa	AOAC 989.10

#### 3.5.3.1 Descripción del Método de Evaluación de las variables microbiológicas

- Microbiológicas, al final del proceso, al mejor tratamiento; Conteo de mohos y levaduras, utilizando el método de ensayo de la Asociación de las Comunidades Analíticas AOAC 997.02 y Recuento en placa, utilizando el método de ensayo de la Asociación de las Comunidades Analíticas AOAC 989.10. Realizadas por el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la Universidad Técnica del Norte.

#### 3.5.4 Rendimiento

- Se determinó el rendimiento en litros al término del proceso, mediante balance de materiales, al mejor tratamiento.

#### 3.5.5 Costos de Producción

Se determinó el costo de producción del mejor tratamiento de cerveza artesanal tipo ale oscura, en una presentación de 160 ml.

**Cuadro 10:** Costos de producción para la obtención de 160 ml de cerveza artesanal tipo ale oscura utilizando un biorreactor de nivel piloto.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Agua	180 ml
Cebada	40 g
Lúpulo	0,11 g
Levadura	0,09 g
Azúcar	0,96 g
Envases de 160 ml	1 botella
Mano de obra	
Electricidad	20,5 horas

### 3.5.6 Eficiencia del Biorreactor

La eficiencia del biorreactor se la determinó mediante la fórmula:

$$\text{Eficiencia General del Equipo} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

**Disponibilidad** = (Tiempo de Operación/ Tiempo de Operación Total) X100

TO = tiempo de operación

TOT = tiempo total de trabajo – tiempo de paradas planificadas

**Eficiencia** = tiempo de ciclo ideal / (tiempo de operación x N° de unidades)

Tiempo de ciclo ideal = 1/capacidad nominal

**Calidad** = N° de unidades conformes/N° unidades totales

#### 3.5.6.1 Eficiencia del sistema eléctrico del biorreactor

Se la determinó mediante la fórmula:

$$E = \frac{T1-T2}{T1} \times 100$$

T1 = temperatura de las resistencias eléctricas

T2 = temperatura del mosto

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS

##### 4.1.1 Análisis de la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación

El tiempo de fermentación fue registrado en horas y representa la duración de la fermentación hasta llegar a la densidad de la cerveza de 1,020 g/ml.

*Cuadro 11: Datos del Tiempo de Fermentación*

TRAT	REPETICIONES			$\Sigma T$	MEDIA
	I	II	III		
A1B1	23,3	23,5	23,3	70,1	23,4
A1B2	23	22,4	22,4	67,8	22,6
A1B3	22,5	22,5	22,2	67,2	22,4
A2B1	23,3	23,4	23,2	69,9	23,3
A2B2	22,5	22,2	22,5	67,2	22,4
A2B3	21,4	21,5	21,5	64,4	21,5
A3B1	23	22,45	22,45	67,9	22,6
A3B2	21,1	21,5	21,4	64	21,3
A3B3	20,5	20,4	20,5	61,4	20,5
$\Sigma rep$	200,6	199,85	199,45	599,9	22,2

*Cuadro 12: Resumen del Análisis de Varianza (ADEVA) de los tratamientos para la variable Tiempo de Fermentación*

F de V	Gl	SC	CM	FC	0.05	0.01
Total	26	22,58	-			
Tratamientos	8	21,87	2,73	69,46**	3,44	6,03
FA	2	8,13	4,06	103,27**	4,46	8,65
FB	2	12,49	6,24	158,69**	4,46	8,65
A x B	4	1,25	0,31	7,94**	3,84	7,01
Error experimental	18	0,71	0,04			

**CV: 0,89%**

<sup>NS</sup>: No significativo ni al 1% ni al 5% de error para la prueba Fisher.

\*: Significativo al 5% de error para la prueba Fisher.

\*\* : Significativo al 1% de error para la prueba Fisher.

De acuerdo al cuadro, el Análisis de Varianza muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos con un error del 1%. La cantidad de malta tostada y la temperatura de fermentación, influyeron sobre esta variable con un error del 1%. La interacción de los dos factores influyó sobre el tiempo de fermentación con un error del 1%. Por lo que se efectuó la prueba de Tukey para tratamientos y Diferencia mínima significativa para factores.

*Cuadro 13: Prueba de TUKEY al 5% para el Tiempo de Fermentación*

Tratamientos	Medias	Rangos
T1	23,4	a
T4	23,3	b
T2	22,6	c
T7	22,6	c
T3	22,4	d
T5	22,4	d
T6	21,5	e
T8	21,3	f
T9	20,5	g

El tiempo de fermentación difiere estadísticamente al 5% entre los tratamientos, debido a la variación de temperatura de fermentación y a la cantidad de malta tostada que contienen. Entre T2 y T7 y entre T3 y T5 no existe diferencia estadística. El mejor tratamiento es T9 porque llega a la densidad requerida en menor tiempo, debido a que a mayor temperatura las levaduras actúan con mayor rapidez.

*Cuadro 14: Prueba de significación Diferencia mínima significativa para el factor A cantidad de malta tostada*

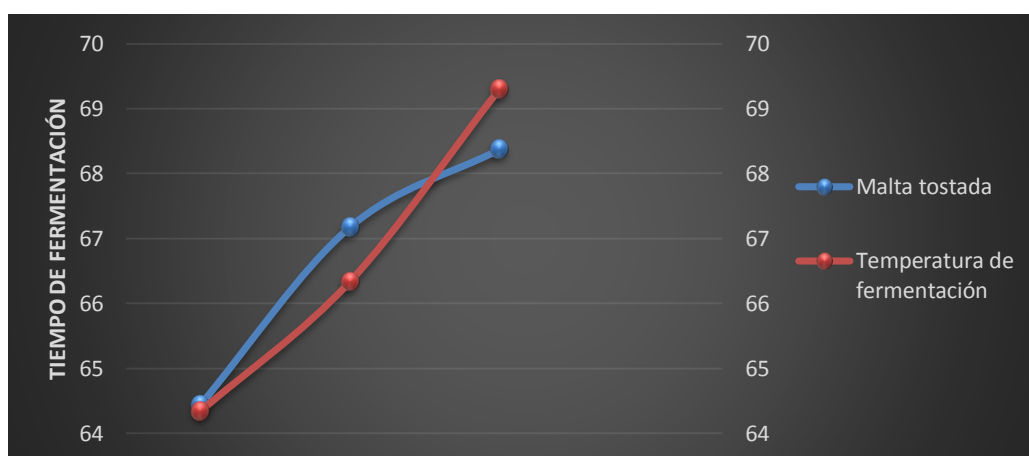
Factores	Medias	Rangos
A1	68,37	a
A2	67,17	b
A3	64,43	c

Los rangos son diferentes para cada factor (cantidad de malta tostada), lo que indica que existe diferencia estadística entre ellos.

**Cuadro 15:** Prueba de significación Diferencia mínima significativa para el factor B temperatura de fermentación

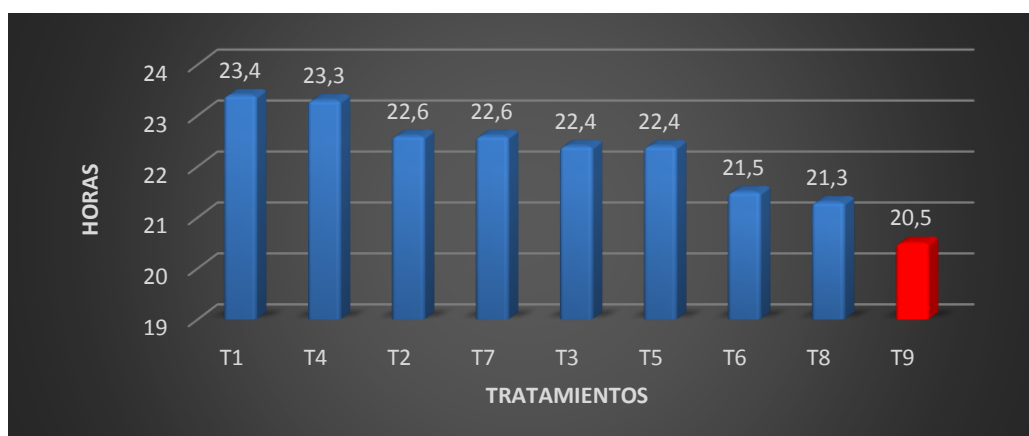
Factores	Medias	Rangos
B1	69,30	a
B2	66,33	b
B3	64,33	c

Los rangos son diferentes para cada factor (temperatura de fermentación), lo que indica que existe diferencia estadística entre ellos.



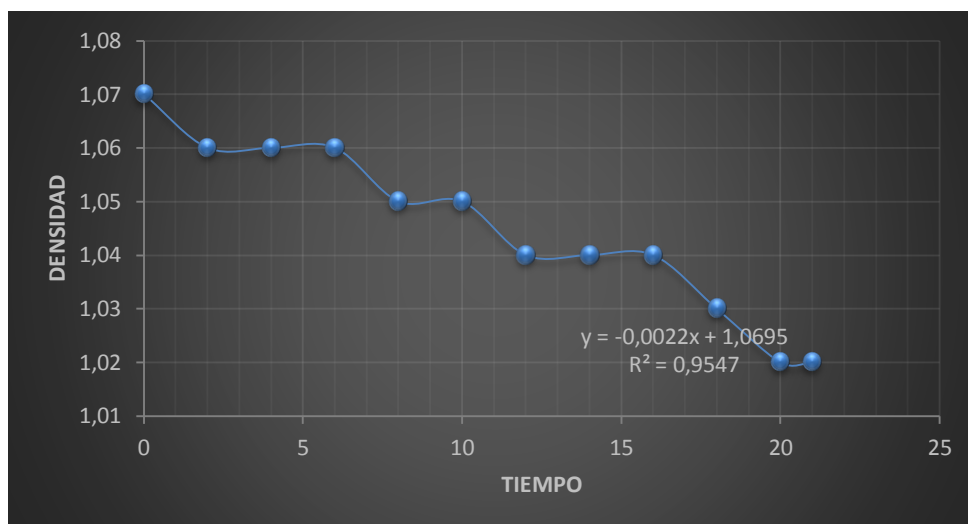
**Gráfico 15:** Representación de la Interacción A x B

Mediante el gráfico se observa que entre el nivel A3 (15% de malta tostada) y el nivel B3 (25°C) se logra el menor tiempo de fermentación.



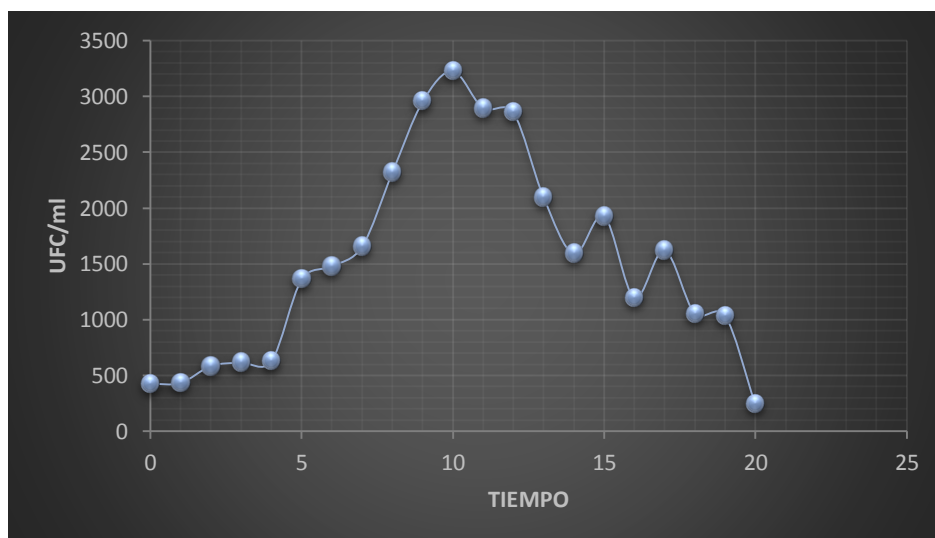
**Gráfico 16:** Representación del Tiempo de Fermentación

Mediante el gráfico se observa que el T9 es el mejor tratamiento, ya que tarda menos tiempo en fermentarse debido a que a mayor temperatura las levaduras actúan con mayor rapidez.



**Gráfico 17:** Representación de la densidad vs el tiempo del mejor tratamiento (T8)

Mediante el gráfico se observa que la densidad es inversamente proporcional al tiempo.



**Gráfico 18:** Representación de la dinámica de crecimiento de la levadura *Sacharomyces cerevisiae* del mejor tratamiento

Mediante el gráfico se observa que el punto máximo de crecimiento de las levaduras es a las diez horas de iniciada la fermentación. Para el desarrollo de esta curva se

utilizó el método turbidimétrico, con la escala de McFarland, detallado en el Anexo 14.

#### 4.1.2 Análisis del pH

Se midió el pH del producto al final, para establecer parámetros de calidad utilizando un pHmetro, en cada tratamiento, según NTE INEN 2325.

*Cuadro 16: Datos del pH*

TRAT	REPETICIONES			$\Sigma T$	MEDIA
	I	II	III		
A1B1	4,7	4,7	4,6	14,0	4,7
A1B2	4,7	4,4	4,6	13,7	4,6
A1B3	4,7	4,5	4,6	13,8	4,6
A2B1	4,6	4,6	4,5	13,7	4,6
A2B2	4,5	4,4	4,5	13,4	4,5
A2B3	4,6	4,6	4,6	13,8	4,6
A3B1	4,5	4,5	4,6	13,6	4,5
A3B2	4,5	4,4	4,7	13,6	4,5
A3B3	4,6	4,4	4,6	13,6	4,5
$\Sigma rep$	41,4	40,5	41,3	123,2	4,6

*Cuadro 17: Resumen del Análisis de Varianza (ADEVA) de los tratamientos para la variable pH*

F de V	gl	SC	CM	FC	0.05	0.01
<b>Total</b>	26	0,24	-			
<b>Tratamientos</b>	8	0,08	0,01	1,03 <sup>NS</sup>	3,44	6,03
<b>FA</b>	2	0,03	0,02	1,72 <sup>NS</sup>	4,46	8,65
<b>FB</b>	2	0,02	0,01	1,24 <sup>NS</sup>	4,46	8,65
<b>A x B</b>	4	0,02	0,01	0,58 <sup>NS</sup>	3,84	7,01
<b>Error experimental</b>	18	0,17	0,01			

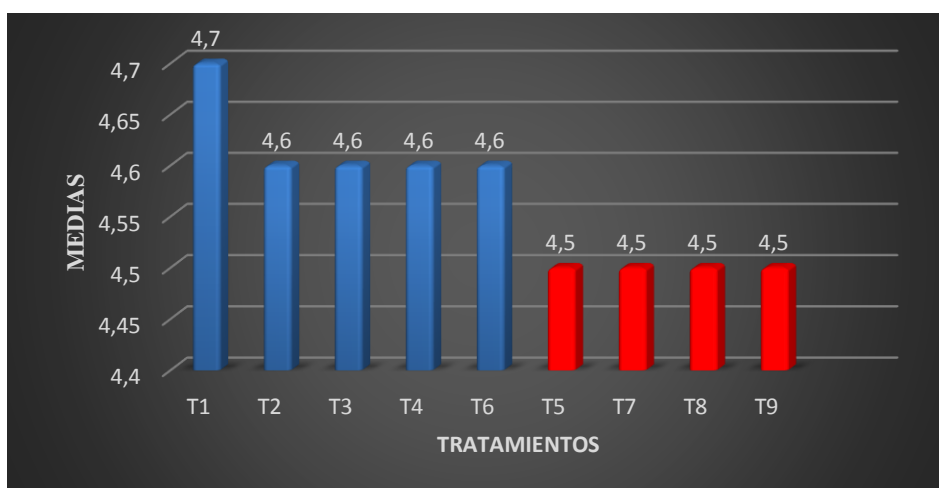
**CV: 2,11%**

<sup>NS</sup>: No significativo ni al 1% ni al 5% de error para la prueba Fisher.

\*: Significativo al 5% de error para la prueba Fisher.

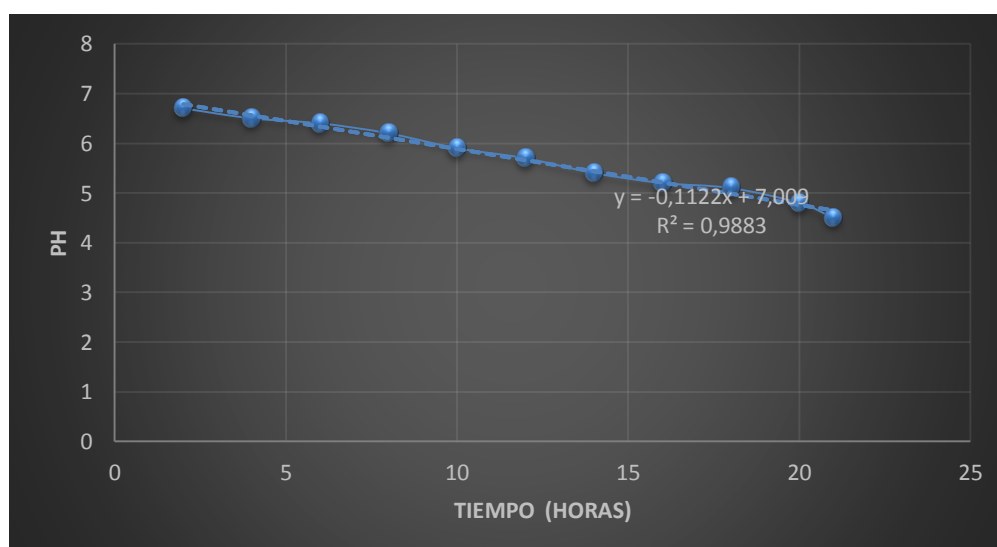
\*\*: Significativo al 1% de error para la prueba Fisher.

Como se observa en el cuadro, el Análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se analizó la influencia de los factores A (cantidad de malta tostada), y B (temperatura de fermentación), así como la interacción AxB, sobre esta variable dando como resultado que ninguna de las anteriores influyó significativamente sobre el pH.



**Gráfico 19:** Representación del pH obtenido en los tratamientos

En el gráfico, se observa que los mejores tratamientos son T5, T7, T8, T9, ya que presentan valores de pH más bajos, lo que contribuye a su conservación.



**Gráfico 20:** Representación del pH vs el tiempo del mejor tratamiento (T8)



Mediante el gráfico se observa que el pH disminuye durante el tiempo de fermentación.

#### 4.1.3 Análisis del Grado Alcohólico

El grado alcohólico se obtuvo mediante un alcoholímetro al final del proceso, según NTE INEN 2322.

*Cuadro 18: Datos del Grado Alcohólico*

TRAT	REPETICIONES			$\Sigma T$	MEDIA
	I	II	III		
A1B1	7,0	6,0	7,0	20,0	6,7
A1B2	6,0	7,0	7,0	20,0	6,7
A1B3	7,0	7,0	7,0	21,0	7,0
A2B1	7,0	5,0	6,0	18,0	6,0
A2B2	6,0	6,0	5,0	17,0	5,7
A2B3	6,0	6,0	7,0	19,0	6,3
A3B1	5,0	6,0	6,0	17,0	5,7
A3B2	6,0	5,0	6,0	17,0	5,7
A3B3	6,0	6,0	6,0	18,0	6,0
$\Sigma rep$	56	54	57	167	6,2

*Cuadro 19: Análisis de Varianza del Grado Alcohólico*

F de V	gl	SC	CM	FC	0.05	0.01
Total	26	12,07	-			
Tratamientos	8	6,07	0,76	2,28 <sup>NS</sup>	3,44	6,03
FA	2	4,96	2,48	7,44*	4,46	8,65
FB	2	0,96	0,48	1,44 <sup>NS</sup>	4,46	8,65
A x B	4	0,15	0,04	0,11 <sup>NS</sup>	3,84	7,01
Error experimental	18	6,00	0,33			

**CV: 9.33%**

<sup>NS</sup>: No significativo ni al 1% ni al 5% de error para la prueba Fisher.

\*: Significativo al 5% de error para la prueba Fisher.

\*\* : Significativo al 1% de error para la prueba Fisher.

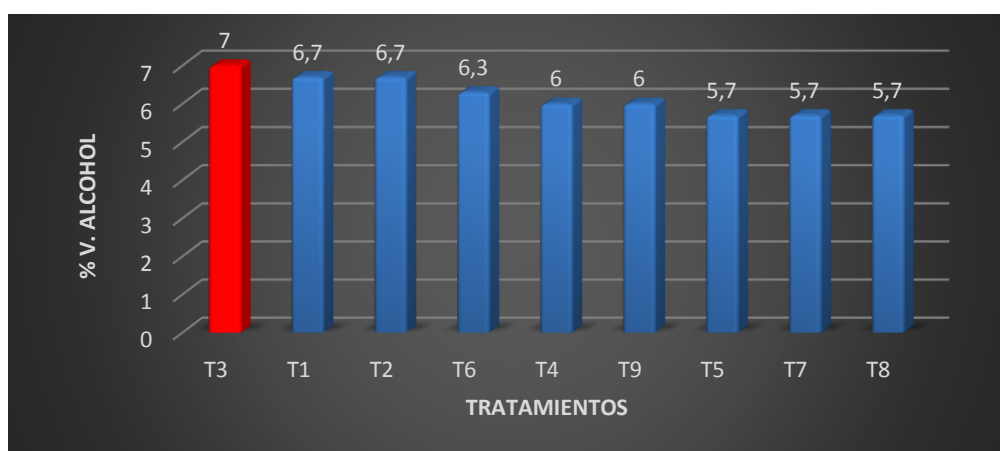
Como se observa en el cuadro, el Análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se analizó la influencia del factor A (cantidad de malta tostada) dando como resultado que influyó con un error del 1%, tanto el factor

B (temperatura de fermentación), así como la interacción AxB, sobre esta variable no influyeron significativamente sobre el grado alcohólico.

**Cuadro20:** Prueba de significación Diferencia mínima significativa para el factor A cantidad de malta tostada

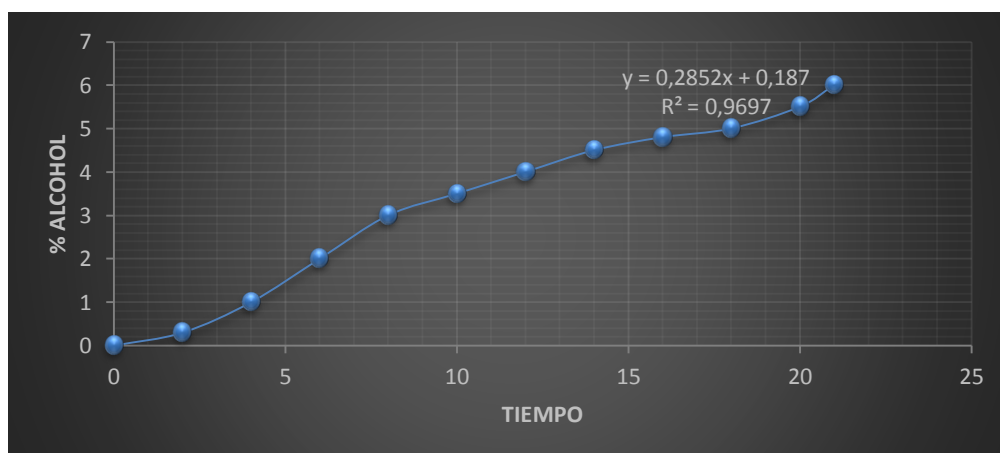
Factores	Medias	Rangos
A1	20,33	a
A2	18,00	b
A3	17,33	c

Los rangos son diferentes para cada factor (cantidad de malta tostada), lo que indica que existe diferencia estadística entre ellos.



**Gráfico 21:** Representación del Grado Alcohólico

Mediante el gráfico se observa que el T3 tiene mayor grado de alcohol, debido a que tiene menor cantidad de malta tostada, es decir posee más azúcares fermentables y la temperatura de fermentación es más alta.



**Gráfico 22:** Representación del Grado alcohólico vs el tiempo del mejor tratamiento

Mediante el gráfico se observa que grado alcohólico es directamente proporcional al tiempo.

## 4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

Para el análisis estadístico de las variables cualitativas, aspecto, color, olor, sabor y porcentaje óptimo de malta tostada y sin tostar, determinado por la preferencia, se realizó una degustación en dos fases para las cuatro primeras variables y en tres fases para la quinta variable.

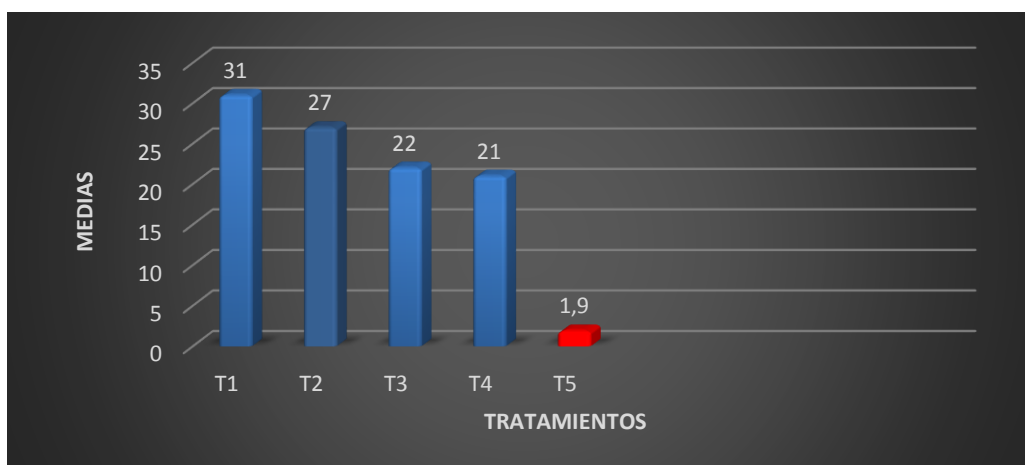
### 4.2.1 Análisis del Aspecto

*Cuadro 21: Datos Aspecto Fase 1*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
1	2	2	2	2	1
2	2	2	2	2	1
3	2	2	2	2	1
4	2	2	1	1	1
5	2	2	1	1	1
6	2	2	1	1	1
7	2	2	1	1	1
8	2	2	1	1	1
9	2	2	2	2	2
10	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	1
12	1	1	1	1	1
13	2	2	2	1	2
14	2	1	1	1	2
15	2	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	31	27	22	21	19

Valor tabular al 5% = 32-58

La apariencia difiere significativamente al 5%, debido a la mayor o menor presencia de levaduras.



*Gráfico 23: Aspecto Fase 1*

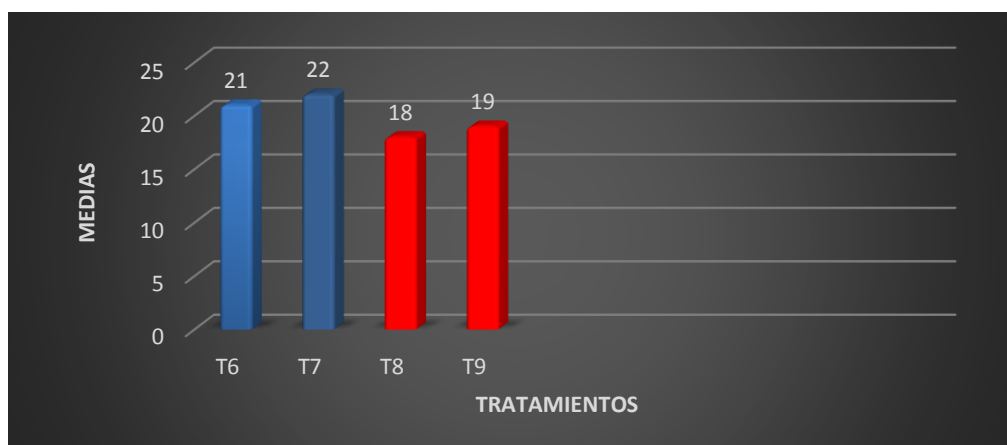
En el gráfico se observa que T5 es el tratamiento de apariencia más clara.

*Cuadro 22: Datos Aspecto Fase 2*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS			
	T6	T7	T8	T9
1	2	2	2	2
2	1	1	1	1
3	1	2	1	2
4	2	1	1	1
5	2	1	1	1
6	2	2	1	1
7	1	2	1	1
8	2	2	1	1
9	1	2	1	2
10	2	2	2	2
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	2	1
<b>TOTAL</b>	21	22	18	19

Valor tabular al 5% = 28-47

La apariencia difiere significativamente al 5%, debido a la mayor o menor presencia de levaduras.



*Gráfico 24: Aspecto Fase 2*

Mediante el gráfico se observa que T8 y T9 son los tratamientos de aspecto más claro.

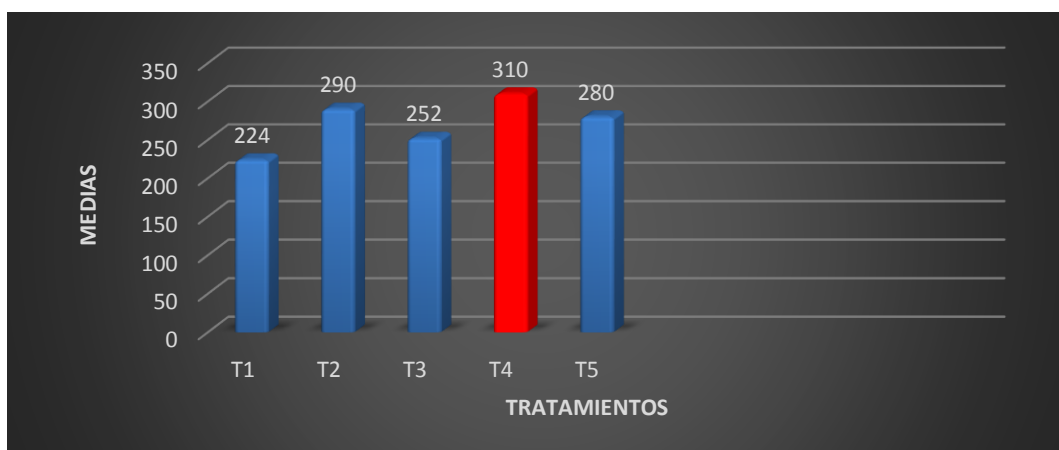
#### 4.2.2 Análisis del Color

*Cuadro 23: Datos Color Fase 1*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
1	1	3	4	4	2
2	3	1	1	4	5
3	3	2	1	4	5
4	2	1	1	5	3
5	3	1	2	4	4
6	3	1	2	3	5
7	4	1	1	2	3
8	2	3	1	4	5
9	2	5	3	4	1
10	2	1	3	4	4
11	1	2	3	4	5
12	1	2	1	4	5
13	1	2	2	4	5
14	1	1	3	4	5
15	1	2	3	5	4
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>59</b>	<b>61</b>

Valor tabular al 5% = 32-58

El color difiere significativamente al 5%, debido a la mayor o menor presencia de malta tostada.



*Gráfico 25: Color Fase 1*

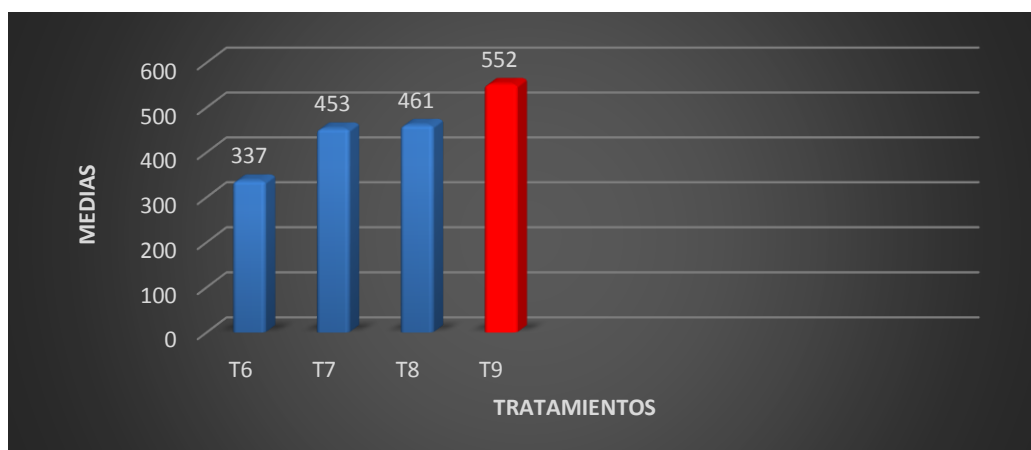
Mediante el gráfico se observa que T4 es el tratamiento más oscuro de la fase 1, porque posee mayor cantidad de malta tostada.

*Cuadro 24: Datos Color Fase 2*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS			
	T6	T7	T8	T9
1	1	3	3	3
2	4	4	4	2
3	1	4	3	4
4	1	4	3	4
5	1	3	2	4
6	2	4	3	4
7	3	1	4	4
8	2	3	4	4
9	1	4	3	4
10	1	3	3	4
11	1	3	4	4
12	1	2	3	4
13	1	2	4	4
14	1	4	3	4
15	1	4	3	4
<b>TOTAL</b>	22	48	49	57

Valor tabular al 5% = 28-47

El color difiere significativamente al 5%, debido a la mayor o menor presencia de malta tostada.



*Gráfico 26: Color Fase 2*

Mediante el gráfico se observa que T9 es el tratamiento más oscuro de la fase 2, debido a que contiene mayor cantidad de malta tostada.

#### 4.2.3 Análisis del Olor

*Cuadro 25: Datos Olor Fase 1*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
1	1	3	4	4	2
2	4	2	1	4	1
3	4	2	4	4	5
4	4	3	5	1	5
5	2	3		2	4
6	5	4	5	2	1
7	2	3	1	5	4
8	4	2	1	5	4
9	3	1	4	2	3
10	5	4	5	5	5
11	1	2	2	2	2
12	1	2	2	2	2
13	1	4	2	2	2
14	1	4	2	2	2
15	1	2	5	1	4
<b>TOTAL</b>	39	41	48	43	46

Valor tabular al 5% = 32-58

El olor no difiere significativamente al 5%.

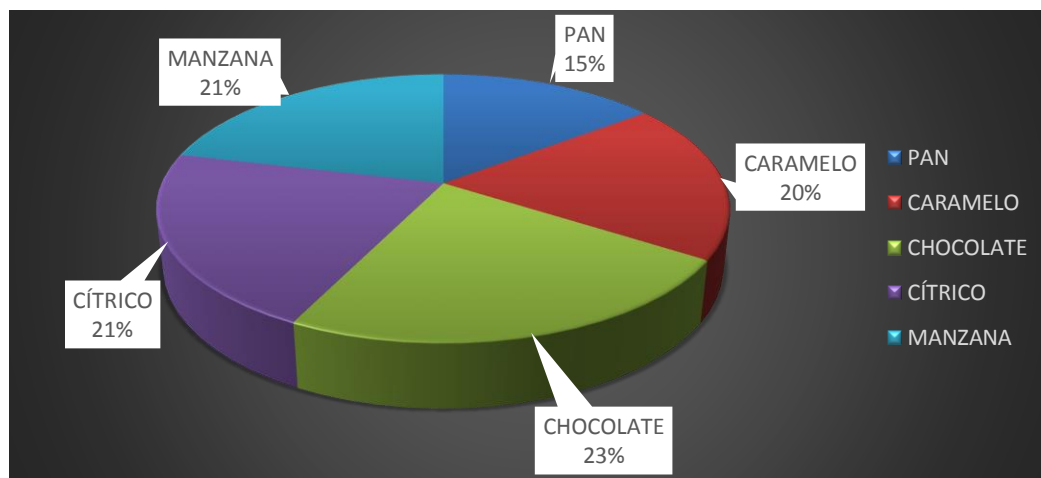


Gráfico 27: Olor Fase 1

Mediante el gráfico se observa que predominó el aroma a chocolate, debido a la utilización de malta tostada en la fórmula.

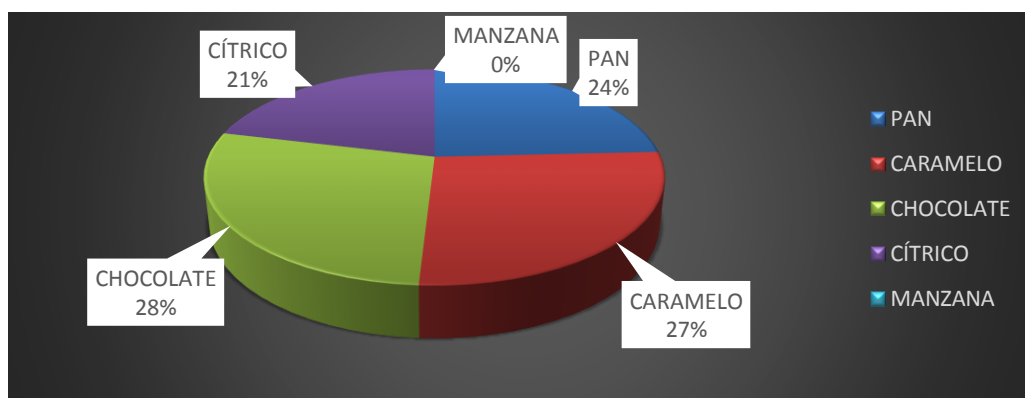
Cuadro 26: Datos Olor Fase 2

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS			
	T6	T7	T8	T9
1	5	3	2	2
2	4	3	5	1
3	5	4	2	4
4	2	3	3	1
5	2	3	3	1
6	5	2	2	4
7	2	3	4	1
8	2	3	1	2
9	4	3	4	1
10	1	2	5	4
11	1	4	3	3
12	2	4	3	3
13	1	2	3	3
14	2	2	3	3
15	2	3	3	2
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>35</b>

Valor tabular al 5% = 28-47

El aroma no difiere significativamente al 5%.





*Gráfico 28: Olor Fase 2*

Mediante el gráfico se observa que predominó el aroma a chocolate, debido a la utilización de malta tostada en la fórmula.

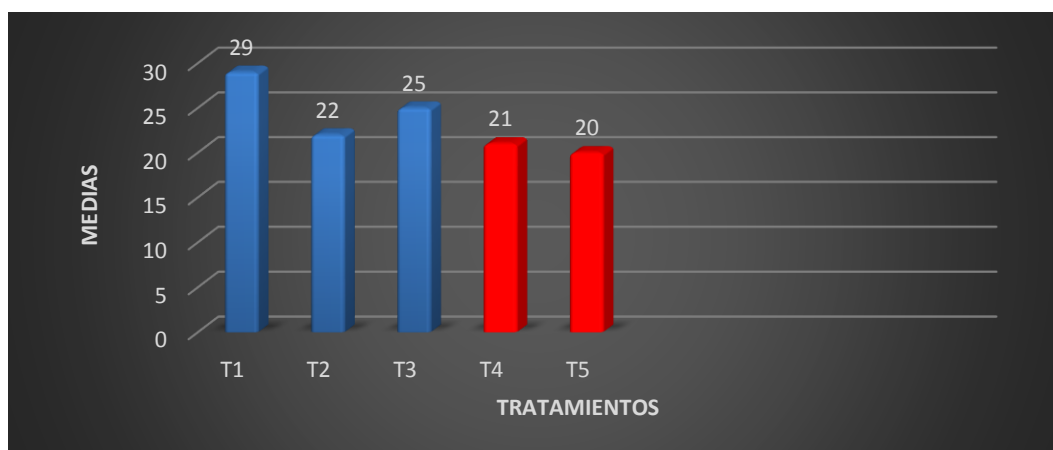
#### 4.2.4 Análisis del Sabor

*Cuadro 27: Datos Sabor Fase 1*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
1	2	2	2	2	2
2	2	1	2	2	2
3	2	1	2	1	1
4	2	1	2	1	1
5	2	2	1	1	1
6	2	1	1	1	2
7	2	1	2	2	2
8	2	1	2	1	1
9	2	1	2	2	2
10	2	2	2	1	1
11	2	2	1	1	1
12	2	1	2	1	1
13	2	2	2	2	1
14	2	2	1	1	1
15	1	2	1	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>20</b>

Valor tabular al 5% = 32-58

El sabor difiere significativamente al 5%, debido a la mayor o menor presencia de malta tostada.



*Gráfico 29: Sabor Fase 1*

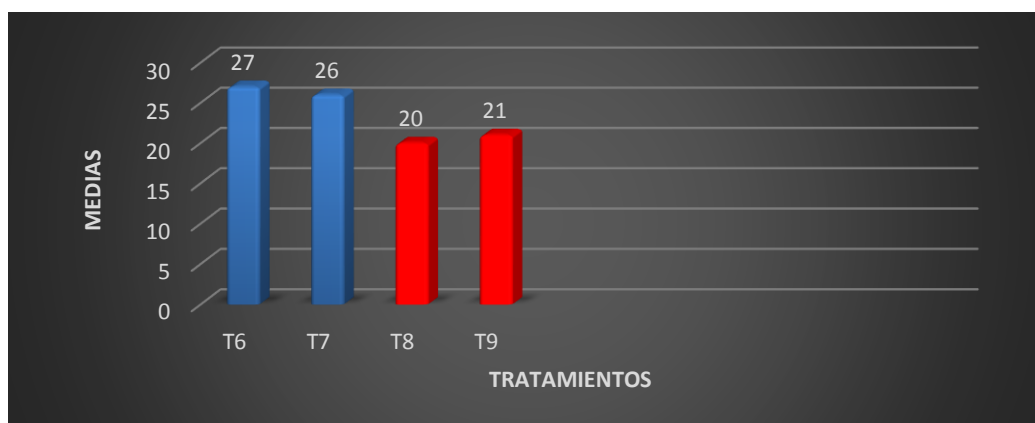
Mediante el gráfico se observa que T1 y T3 son los tratamientos de gusto más amargo y T5 y T4 son los más dulces.

*Cuadro 28: Datos Sabor Fase 2*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS			
	T6	T7	T8	T9
1	2	2	2	2
2	2	2	2	2
3	1	2	2	1
4	1	2	1	1
5	1	2	1	2
6	2	1	1	2
7	2	2	1	1
8	2	2	1	1
9	2	2	2	2
10	2	2	2	2
11	2	1	1	1
12	2	1	1	1
13	2	1	1	1
14	2	2	1	1
15	2	2	1	1
<b>TOTAL</b>	27	26	20	21

Valor tabular al 5% = 28-47

El sabor difiere significativamente al 5%, debido a la mayor o menor presencia de malta tostada.



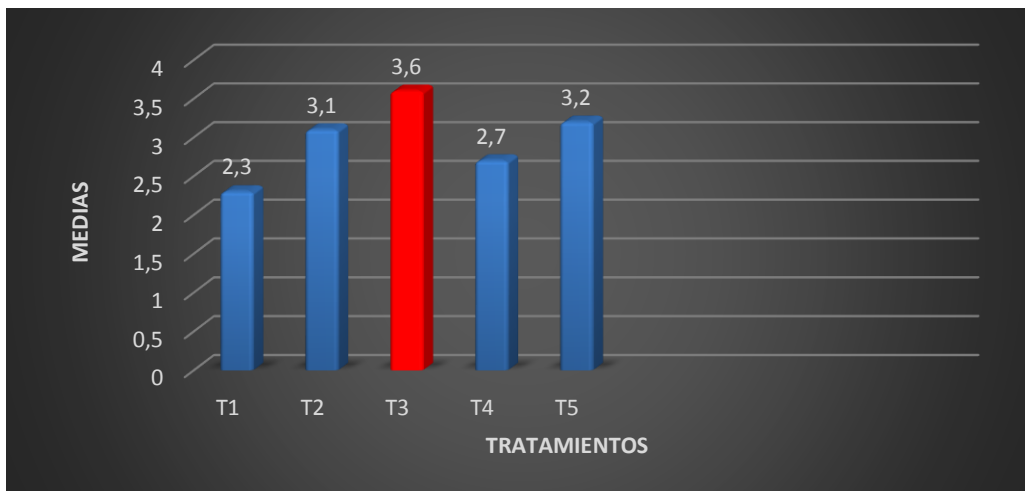
*Gráfico 30: Sabor Fase 2*

Mediante el gráfico se observa que T6 y T7 son los tratamientos de gusto más amargo y T8 y T9 son los más dulces.

#### 4.2.5 Análisis del porcentaje óptimo entre malta tostada y sin tostar, determinado por la preferencia:

*Cuadro 29: Datos Preferencia Fase 1*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
1	4	1	5	2	3
2	5	1	3	4	2
3	2	3	5	1	4
4	1	4	5	2	3
5	2	5	3	1	4
6	1	3	4	5	2
7	4	5	1	2	3
8	3	1	2	5	4
9	3	1	2	4	5
10	1	2	3	4	5
11	1	5	4	3	2
12	1	5	4	3	2
13	1	5	4	2	3
14	3	5	4	1	2
15	3	1	5	2	4
$\sum r$	35	47	54	41	48
Medias	2,3	3,1	3,6	2,7	3,2

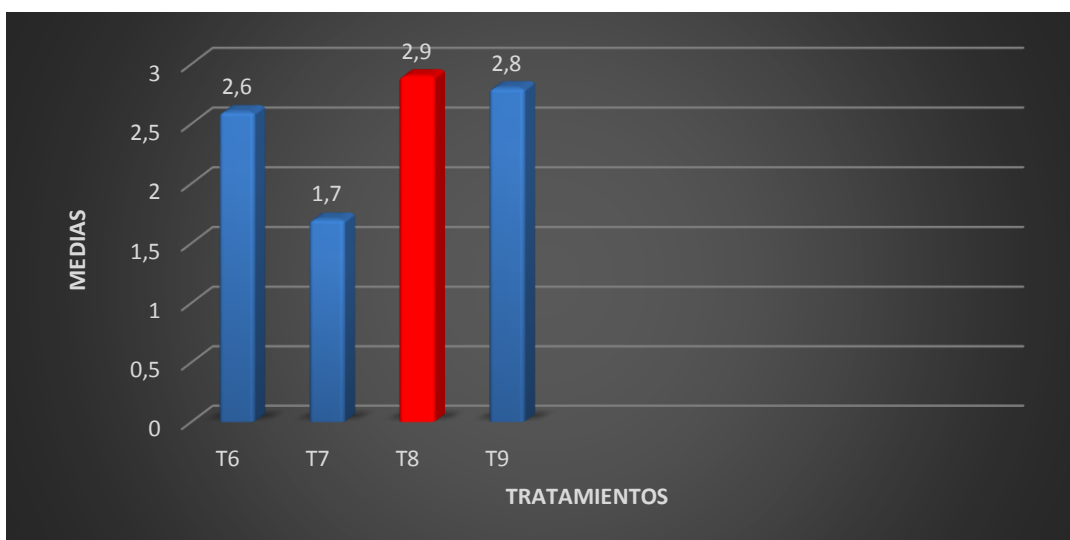


**Gráfico 31:** *Preferencia Fase 1*

Mediante el gráfico se observa que T3 es el tratamiento de mayor preferencia de la fase 1.

**Cuadro 30:** *Datos Preferencia Fase 2*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS			
	T6	T7	T8	T9
1	4	1	2	3
2	1	2	3	4
3	3	2	4	1
4	1	3	4	2
5	1	2	3	4
6	3	1	2	4
7	1	4	2	3
8	2	1	3	4
9	2	1	3	4
10	2	4	1	3
11	4	1	3	2
12	4	1	3	2
13	4	1	3	2
14	4	1	3	2
15	3	1	4	2
$\sum r$	39	26	43	42
Medias	2,6	1,7	2,9	2,8



**Gráfico 32:** *Preferencia Fase 2*

Mediante el gráfico se observa que T8 es el tratamiento de mayor preferencia de la fase 2.

**Cuadro 31:** *Datos Preferencia Fase 3*

DEGUSTADORES	TRATAMIENTOS		
	T3	T8	
1	1	2	
2	2	1	
3	1	2	
4	1	2	
5	1	2	
6	1	2	
7	1	2	
8	1	2	
9	1	2	
10	1	2	
11	1	2	
12	2	1	
13	1	2	
14	1	2	
15	1	2	
$\Sigma R$	17	28	
$\Sigma R^2$	289	784	1073
Media	1,13	1,87	

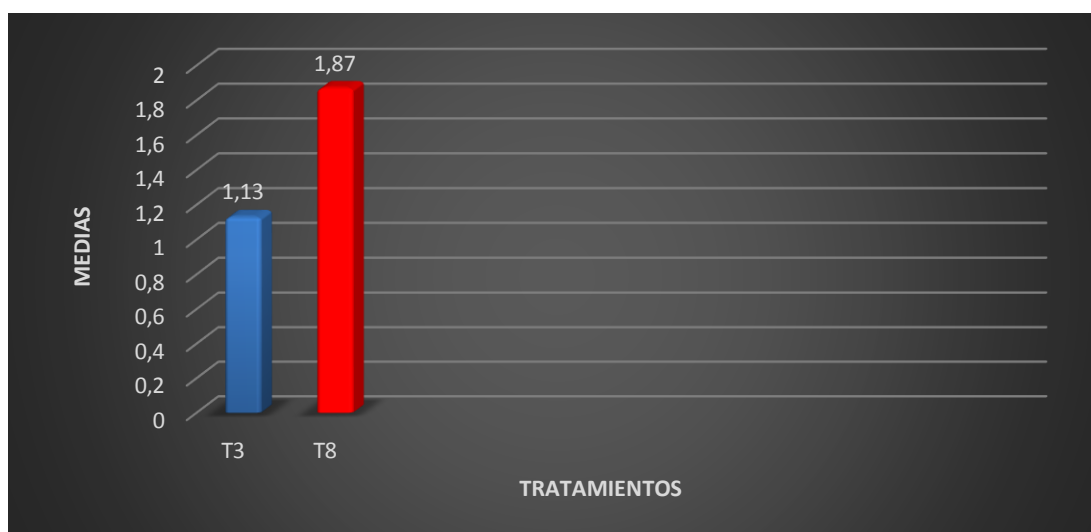
$$x^2 = \frac{12}{15.2(2+1)} 1073 - 3.15(2 + 1)$$

$$x^2 = 7,71$$

Valor tabular al 5% = 3,84

Valor tabular al 1% = 6,63

El resultado de la prueba de Friedman para la preferencia, indica que existe diferencia altamente significativa, lo que muestra que los tratamientos son distintos.



**Gráfico 33:** *Preferencia Fase 3*

Mediante el gráfico se observa que T8 es el tratamiento preferido por los degustadores, es decir es la mezcla óptima entre malta tostada y sin tostar.

### 4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MEJOR TRATAMIENTO

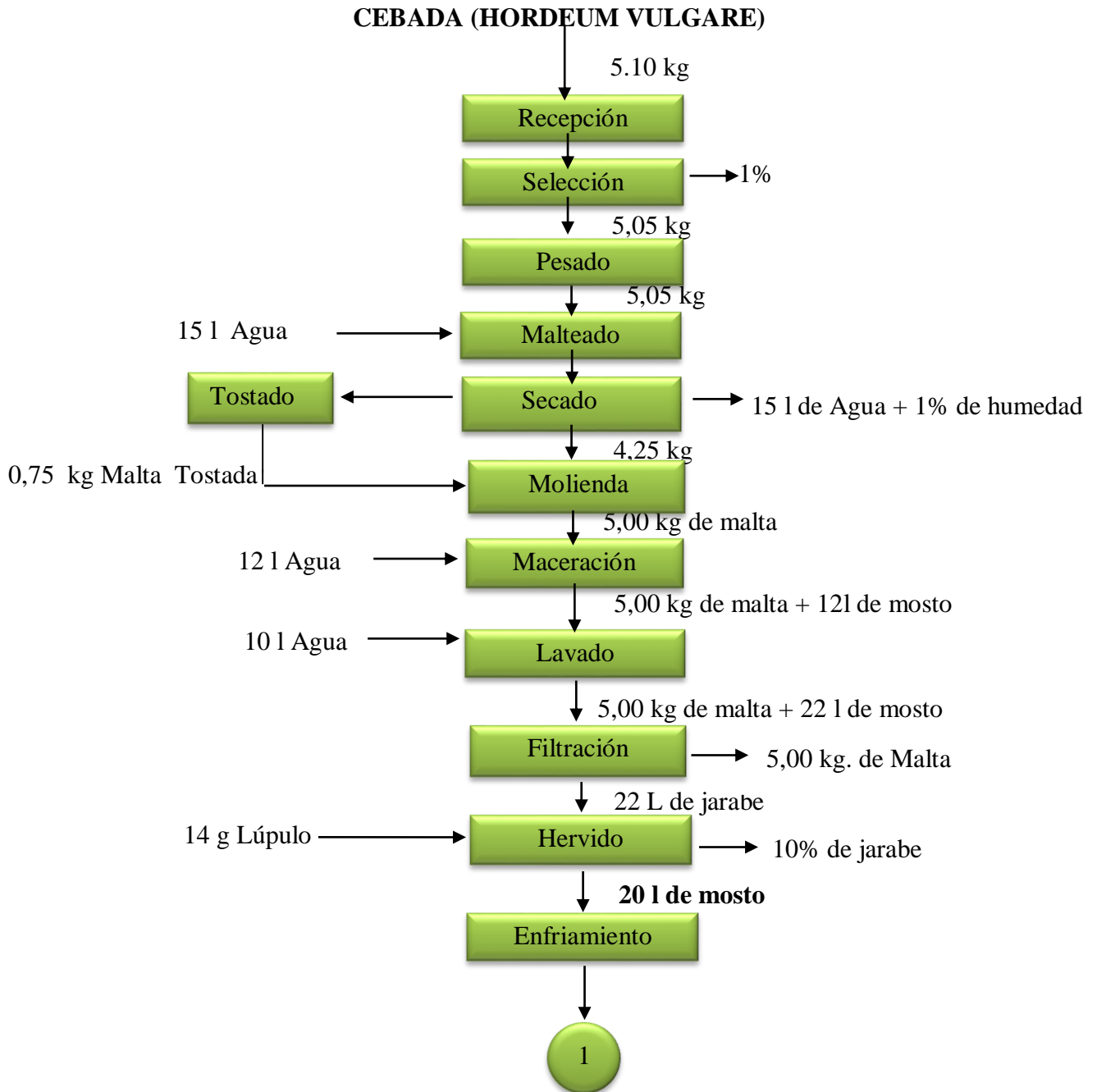
**Cuadro 32:** *Análisis microbiológico*

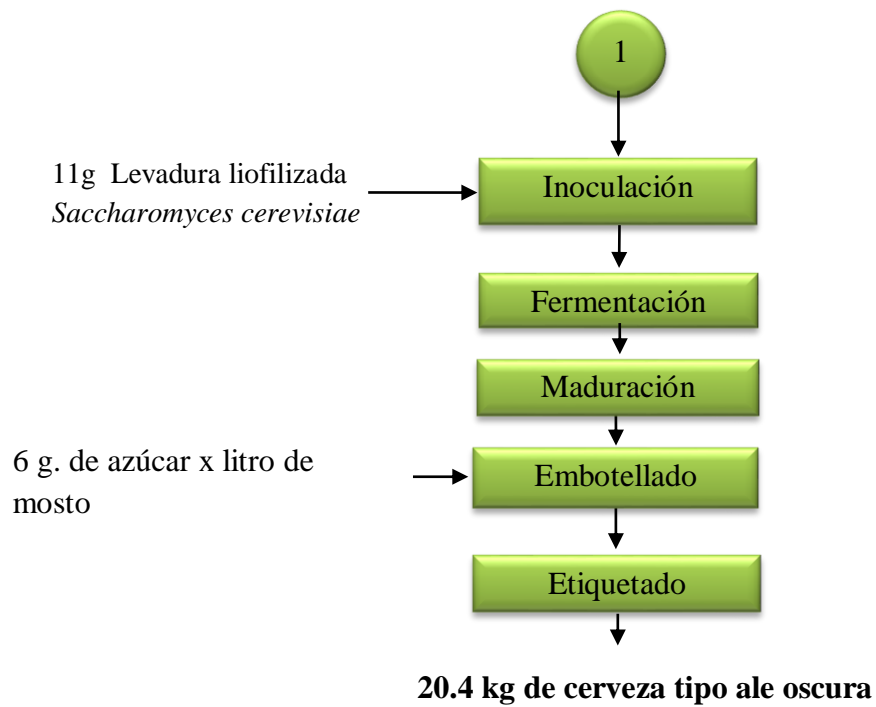
Parámetro analizado	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Recuento mohos	UPM/ml	0	AOAC 997.02
Recuento levaduras	UPL/ml	1.4 x 10 <sup>6</sup>	AOAC 997.02
Recuento aerobios mesófilos	UFC/ml	0	AOAC 989.10
Recuento coliformes totales	UFC/ml	0	AOAC 989.10

Los análisis demuestran que la cerveza está libre de microorganismos aerobios, por lo que es apta para el consumo. El resultado de los análisis microbiológicos se encuentra en el Anexo 9.

#### 4.4 RENDIMIENTO DEL MEJOR TRATAMIENTO

##### Balance de Materiales del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo ale oscura





A partir de 5.1 kg de cebada se obtuvo 20.4 kg de cerveza con 5,7°GL de alcohol, lo que indica que hubo un 75.28% de rendimiento.



## 4.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO

*Cuadro 33: Costos de producción para la obtención de 160 ml de cerveza artesanal tipo ale oscura utilizando un biorreactor de nivel piloto.*

MEJOR TRATAMIENTO	CANTIDAD	COSTO USD
Agua	180 ml	0,004
Cebada	40 g	0,080
Lúpulo	0,11 g	0,011
Levadura	0,09 g	0,045
Azúcar	0,96 g	0,001
Envases de 160 ml	1 botella	0,400
Mano de obra		0,090
Electricidad	20,5 horas	0,050
	<b>TOTAL</b>	<b>0,681</b>

El costo de producción de una botella de cerveza artesanal tipo ale oscura de 160 ml es de 0,681 USD.

## 4.6 EFICIENCIA DEL BIORREACTOR

Eficiencia General del Equipo = Disponibilidad x Eficiencia x Calidad

- **Disponibilidad:**  $(TO/TOT) \times 100$

Tiempo de operación = 23 Horas

Tiempo de operación total = 24 Horas – 0horas

Tiempo de operación total = 24Horas.

Disponibilidad =  $(23/24) \times 100$

Disponibilidad = 95.83%

- **Eficiencia:**

**Tiempo de ciclo ideal** = 1 producto/23 horas

$$\text{Eficiencia} = \frac{23}{23 \times 1} = 1$$

- **Calidad:**  $1/1 = 1$

**Eficiencia General del Equipo** =  $95,83 \times 1 \times 1 = 95,83\%$

#### 4.6.1 Eficiencia del sistema eléctrico del biorreactor

##### Valores de las resistencias eléctricas:

- Primera = verde 5
- Segunda = amarillo 4
- Tercera = rojo 2  $\longrightarrow$  100

$$54 \times 100 = 5400 \Omega$$

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{110 V}{5400 \Omega} ; \Omega = \frac{V}{A}$$

$$I = \frac{110 V}{5400 \frac{V}{A}}$$

$$I = 0,02 \frac{\cancel{VA}}{\cancel{V}}$$

$$I = 0,02 A$$

$$P = VI$$

$$P = 110 \frac{J}{c} 0,02 A ; A = \frac{c}{s}$$

$$P = 110 \frac{J}{\cancel{c}} 0,02 \frac{\cancel{c}}{s}$$

$$P = 2,2 \frac{J}{s}$$

$$Q_{\text{Cond}} = Pt$$

$$Q_{\text{Cond}} = m_{\text{Cond}} \times C_p_{\text{Cond}} \times \Delta T ; \Delta T = T_1 - T_{\text{ref}}$$

$$Q_{\text{Cond}} = m_{\text{Cond}} \times C_p_{\text{Cond}} \times T_1 - T_{\text{Res}}$$

$$T_1 = \frac{Q_{\text{Cond}}}{m_{\text{Cond}} \times C_p_{\text{Cond}}} + T_{\text{Ref}}$$

$$T_1 = \frac{2,2 \text{ J/s} \times 408 \text{ s}}{14,15 \text{ g} \times 0,45 \text{ J/g } ^\circ\text{C}} + 12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 141 + 12 = 153 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$E = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100 ;$$

T2 mosto

$$T_2 = \sum \frac{T_i}{n}$$

$$T_2 = \frac{(15+20+25)^\circ\text{C}}{3}$$

$$T_2 = 20^\circ\text{C}$$

$$E = \frac{153 \text{ } ^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}{153^\circ\text{C}} \times 100$$

$$E = 86,93 \%$$

El resultado obtenido indica que la eficiencia del sistema eléctrico del Biorreactor tiene una excelente competitividad.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

1. Al analizar la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación, se observa que **T9** (15% de malta tostada, 25° C), alcanza la densidad para el producto final de 1,020 g/ml, en menor tiempo que los demás tratamientos.
2. La valoración del pH indica que **T5** (10% de malta tostada, 20°C), **T7** (15% de malta tostada, 15 °C), **T8** (15% de malta tostada, 20° C) y **T9** (15% de malta tostada, 25° C) poseen los valores más bajos, lo que contribuye a su conservación.
3. El tratamiento con mayor grado alcohólico es **T3** (5% malta tostada, 25° C) debido a que tiene menor cantidad de malta tostada, es decir posee más azúcares fermentables y la temperatura de fermentación es más alta.
4. El análisis de las características organolépticas, dio como resultado que **T8** (15% de malta tostada, 20° C) y **T9** (15% de malta tostada, 25° C), son los tratamientos que obtuvieron mayor aceptación de los degustadores.
5. Se determinó que el porcentaje de mezcla óptimo entre malta tostada y sin tostar para elaborar cerveza artesanal tipo Ale oscura es **15%** de malta tostada y **85%** de malta sin tostar; debido a que **T8** fue el tratamiento preferido por los degustadores.
6. Las pruebas microbiológicas realizadas al mejor tratamiento **T8** (15% de malta tostada, 20° C) determinan que cumple con la NTE INEN 2262, por lo que es apto para el consumo.
7. El rendimiento del mejor tratamiento **T8** (15% de malta tostada, 20° C), fue del 75.28% y el costo de producción de una botella de cerveza artesanal tipo ale oscura de 160 ml fue de 0,681 USD.
8. Se evaluó el funcionamiento del biorreactor de 50 litros por medio del sistema de Eficiencia general del equipo, obteniendo como resultado **95,83% de eficiencia general y un 86,93% de eficiencia del sistema eléctrico.**
9. Se determinó que los porcentajes de malta tostada y sin tostar, si influyen en las características organolépticas y que la temperatura interviene en el tiempo

requerido para la fermentación en el proceso de obtención de cerveza artesanal tipo Ale oscura, por tanto se aceptan las hipótesis alternativas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- 1.** En el proceso de inoculación enfriar el mosto máximo en 15 minutos para evitar la contaminación y variación del pH.
- 2.** Luego del proceso del tostado, es necesario almacenar la malta por un lapso aproximado de 2 semanas antes de usarla para la fabricación de cerveza, para evitar sabores y aromas indeseables.
- 3.** Leer las instrucciones de uso del biorreactor antes de su operación.
- 4.** Investigar posibles usos para los residuos de la filtración.
- 5.** Realizar más investigaciones sobre cerveza artesanal, con el fin de obtener más datos que ayuden a elaborar una norma.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, F. (2006). *Química Orgánica*. San José: EUNED.
- Aguilar, F. (2000). *resistencias*. Obtenido de [http://fresno.pntic.mec.es/~fag10000/ley\\_de\\_ohm.htm](http://fresno.pntic.mec.es/~fag10000/ley_de_ohm.htm)
- Aj, E. (9 de agosto de 2013). *informe21.com*. Obtenido de 6 claves para reconocer una buena cerveza: <http://informe21.com/cerveza/6-claves-para-reconocer-una-buena-cerveza>
- Atkinson, B. (2002). *Reactores bioquímicos*. Sevilla: Reverté S.A.
- Bamforth, C. W. (2005). *Alimentos, fermentación y microorganismos*. Zaragoza : ACRIBIA S.A.
- Cabrera, F. (23 de junio de 2009). *UNAD*. Obtenido de bebidas fermentadas: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/306598/contLinea/leccin\\_4\\_la\\_cerveza\\_a\\_definicion\\_consideraciones\\_legales\\_proceso\\_de\\_elaboracion.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/306598/contLinea/leccin_4_la_cerveza_a_definicion_consideraciones_legales_proceso_de_elaboracion.html)
- Cartaya, A. (1 de febrero de 2013). *Slide player*. Obtenido de <http://slideplayer.es/>
- Castillo, C. (2002). *Germinación y malteado de la cebada*. Cali: ReCiTeIA.
- Castillo, J. (2012). *Guía de cervezas artesanas españolas*. Madrid: Visión Libros.
- Cervebel*. (2013). Obtenido de ingredientes: <http://www.cervebel.es/malta.htm>
- Cerveza y salud*. (1 de marzo de 2012). Obtenido de composición y propiedades nutritivas de la cerveza: [http://www.nutricion.org/publicaciones/revista\\_marzo\\_02/zcerveza/valornutritivo.htm](http://www.nutricion.org/publicaciones/revista_marzo_02/zcerveza/valornutritivo.htm)
- Collado, Q. (27 de noviembre de 2001). *verema*. Obtenido de levaduras y la fermentación alcohólica: <http://www.verema.com/articulos/500449-levaduras-fermentacion-alcoholica-ii>
- Colman, E. (8 de agosto de 2011). *imujer el gran catador*. Obtenido de grados de alcohol de la cerveza: <http://elgrancatador.imujer.com/2011/08/08/grados-de-alcohol-de-la-cerveza>
- Cruelles, A. (2012). *Productividad e Incentivos: cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. Barcelona: Marcombo S.A.
- Cruelles, J. A. (2010). *La Teoría del Despilfarro*. Toledo: Artif.S.I.
- De la Peña, E. (2006). *Vinos y Licores*. Lima: MIRBET.

- Dominguez, S. (2012). *El laboratorio de microbiología*. Obtenido de Escala McFarland: <http://perso.wanadoo.es/microdominguez/index.htm>
- Duarte, F. (12 de diciembre de 2013). *El método del tocino*. Obtenido de <http://metododeltocino.blogspot.com/>
- Dudes, H. (10 de Mayo de 2014). *Salve la cerveza*. Obtenido de [www.dudesbeertasters.blogspot.com](http://www.dudesbeertasters.blogspot.com)
- Durán, F. (2012). *La Biblia de las recetas industriales*. Culiacán: Grupo Latino.
- Gamazo, C., Sánchez, S., & Camacho, A. (2013). *Microbiología*. Barcelona: Elsevier.
- García, F., Gil, M., & García, P. (2004). *Bebidas*. Madrid: Thomson Ediciones Paraninfo S.A.
- García, V. (2005). *Introducción a la microbiología*. Costa Rica: EUNED.
- Gonal. (10 de Mayo de 2014). *La vuelta al mundo en 80 cervezas*. Obtenido de [www.lavueltaalmundoen80cervezas.blogspot.com](http://www.lavueltaalmundoen80cervezas.blogspot.com)
- Gonzalez, c. (28 de agosto de 2012). *tecnología electrónica*. Obtenido de codigo de colores: <http://electrochnology.blogspot.com/2012/08/codigo-de-colores.html>
- Guerrero, A. (1998). *Cultivos herbáceos extensivos*. Bilbao: Mundi Prensa.
- Hernández, A. (2003). *Microbiología industrial*. San José: Universidad Estatal a Distancia.
- Hopp, V. (2005). *Fundamentos de tecnología química*. Barcelona: Reverté.
- Hough, J. (2002). *Bioteología de la cerveza y de la malta*. Zaragoza: Acribia S.A.
- IICA. (1999). *Industria de la cerveza*. España: AECL.
- Inaroja, C., & Soriano, J. (2009). *El mundo de las cervezas*. Sevilla: Heineken España S.A.
- Klopper, M. (1 de junio de 2011). *science fare*. Obtenido de frying, boiling the Maillard reaction: <http://ediblesciencefaire.wordpress.com/2011/06/01/maillard-reaction/>
- Levenspiel, O. (2005). *Ingeniería de las reacciones químicas*. Barcelona: Reverté.
- Mash*. (9 de enero de 2013). Obtenido de fermentación: <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=379>
- Montero, W. (2006). *Encuesta de condiciones de Vida*. Quito.

- Mundo cerveza*. (19 de mayo de 2013). Obtenido de crece el consumo de cerveza artesanales en latinoamérica:  
<http://www.mundocerveza.com/20130519/crece-el-consumo-de-cervezas-artesanales-en-latinoamerica/>
- Noriega, G. (2004). *Biotecnología alimentaria*. México: LIMUSA.
- Oña, C., & Serrano, D. (2014). *Mantenimiento básico de maquinarias e instalaciones en la industria alimentaria*. ic.
- Páez, V. (2010). Bebidas Fermentadas. *ReCiTeIA*, 17.
- Palmer, J. (1999). *how to brew*. Obtenido de  
<http://www.howtobrew.com/sitemap.html>
- Passarge. (2010). *Genética, texto y atlas*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Pilla, S., & Vinci, G. (2012). *Cervezas de todo el Mundo*. Barcelona: De Vecchi.
- Posse, J. (1993). *Estudio de competitividad agropecuaria y agroindustrial*. Venezuela: ICCA.
- Quiminet. (25 de junio de 2014). *Quiminet.com*. Obtenido de medición del ph en la industria alimentaria: <http://www.quiminet.com/articulos/medicion-del-ph-en-la-industria-alimentaria-3814617.htm>
- Reyes, A. (2005). *Fabricación artesanal de la cerveza*. Colombia: Sic.
- Rodríguez, V. (2008). *Bases de la Alimentación Humana*. Netbiblo.
- Rosales, A. (28 de septiembre de 2013). *El Tiempo*. Obtenido de La movida de la cerveza artesanal en colombia:  
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13089022>
- Sarmiento, J. (2004). *efecto joule*. Obtenido de  
<http://roble.pntic.mec.es/~jsaa0039/cucabot/joule-intro.html>
- Siagro-Infoplan. (2014). *Atlas cantón Tulcán*. TULCÁN: GADMT.
- Tamariz, G. (2013). *Vistazo, Boom Cerveceros*. Obtenido de  
<http://www.vistazo.com/imprensa/pais/?id=6562>
- Tortora, Funke, & Case. (2007). *Introducción a la microbiología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Udep. (2000). *Importancia del pH en las industrias*. Obtenido de  
[http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirUDEP/tesis/pdf/1\\_197\\_184\\_140\\_1851.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirUDEP/tesis/pdf/1_197_184_140_1851.pdf)



Unizar. (17 de mayo de 2011). *NUTRICIÓN Y DIETÉTICA*. Obtenido de Fisiología:  
<http://nutricionhuesca.blogspot.com/2011/05/tema-32-pendiente-de-revision-y-dibujos.html>

Wolke, R. L. (2005). *Lo que Einstein le contó a su cocinero 2*. Barcelona:  
Robinbook.

Zaragoza, M., Vincent, S., & Alvarez, J. (2006). *Química industrial orgánica*.  
Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

1.

<b>PROTOCOLO DE USO Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO</b>	
<b>NOMBRE DEL EQUIPO: BIORREACTOR</b>	
<b>CAPACIDAD: 50 litros</b>	<b>PÁGINA 1/2</b>
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Higienizar prolijamente el biorreactor antes y después de su uso.</li> <li>○ Antes de encender, suministrar agua a la doble camisa del biorreactor.</li> <li>○ Llenar el airlock con agua.</li> <li>○ Cerrar todas las válvulas a excepción de la válvula superior que conecta la doble camisa.</li> <li>○ Conectar el cable de alimentación a un tomacorriente de 110V.</li> <li>○ Seleccionar el nivel de temperatura deseado. Se encenderá el botón verde del tablero de control y cuando llegue a la temperatura requerida se encenderá el botón rojo y se mantendrá la temperatura.</li> <li>○ Verificar la temperatura en el termómetro.</li> <li>○ Cargar el sustrato a fermentar, cuidando de no derramarlo sobre el tablero de control.</li> </ul>	<p>Cuando debido a condiciones ambientales externas haya variación de temperatura interna, el sistema eléctrico se encenderá automáticamente y regulará la temperatura.</p>

## PROTOCOLO DE USO Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

**NOMBRE DEL EQUIPO: BIORREACTOR**

**CAPACIDAD:** 50 litros

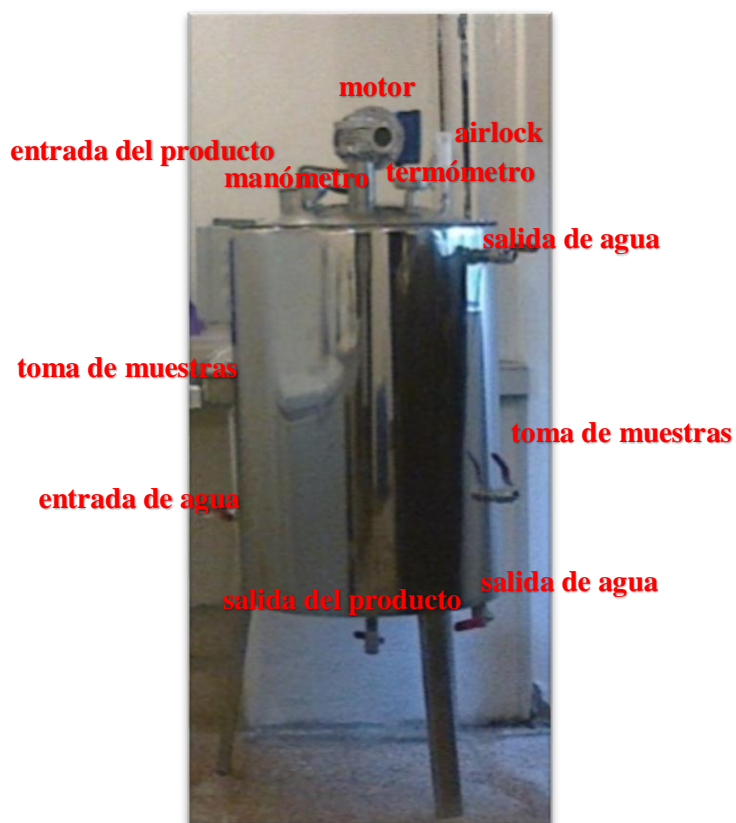
**PÁGINA** 2/2

### PROCEDIMIENTO

### OBSERVACIONES

- Cerrar y ajustar la tapa.
- Controlar la presión en el manómetro.
- Para encender o apagar el agitador, presione ON/OFF en el panel de control.

Llave # 12





## 2. Encuesta de Consumo de Cerveza

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FICAYA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ENCUESTA DE CONSUMO DE CERVEZA**

**Fecha:**

Por favor responda las siguientes preguntas, que servirán para medir el grado de aceptación de la cerveza artesanal.

**1. Edad**

**2. Sexo**

Masculino

Femenino

**3. ¿Consumes cerveza?:**

Si

No

**4. ¿Con qué frecuencia consumes cerveza?**

Diariamente

Semanalmente

Cada 2 semanas

Mensualmente

Ocasionalmente

**5. ¿Qué tipo de cerveza ha probado?**

Nacional

Extranjera

Artesanal

**6. ¿Qué marca de cerveza prefiere?**

Pilsener

Club

Heineken

Corona

Budweiser

**7. ¿Por qué prefiere esa marca?**

Sabor

Presentación

Precio

Disponibilidad

**8. ¿Qué característica busca en una cerveza?**

Sabor

Color

Aroma

Textura

Espumosisidad

Grados de alcohol

**9. ¿Ha consumido cerveza artesanal?**

Si

No

No sabe

**10. ¿Probaría un tipo de cerveza diferente al tradicional?**

Si

No

Tal vez

**11. ¿Cuánto pagaría por una cerveza sin aditivos, sin conservantes artificiales, ni colorantes?**

0,70 USD

1,00 USD

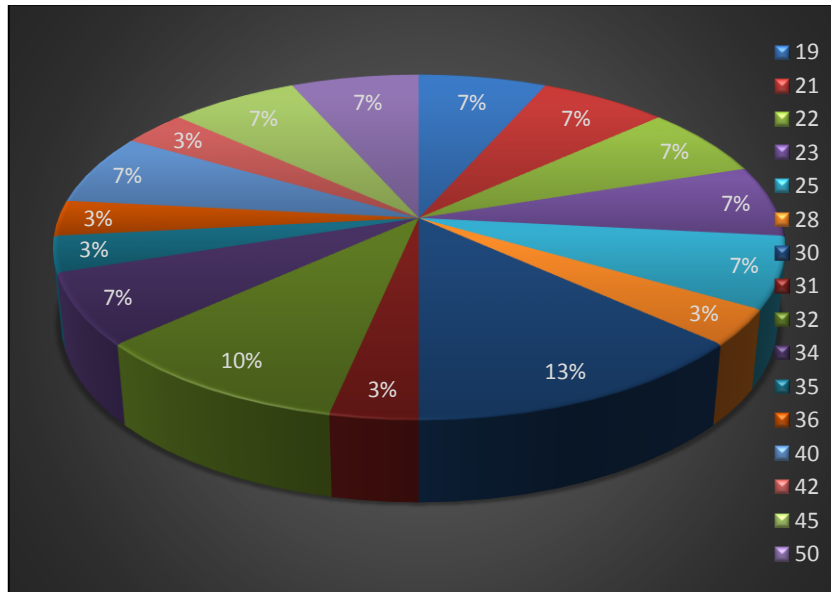
1,25 USD

***GRACIAS POR SU COLABORACIÓN***

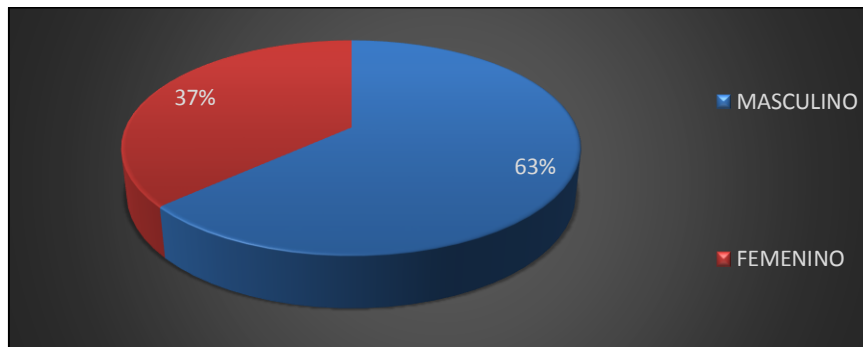
### 3. Datos de la Encuesta

Se encuestó a 30 personas de la localidad para medir el grado de aceptación de la cerveza artesanal, los datos obtenidos fueron:

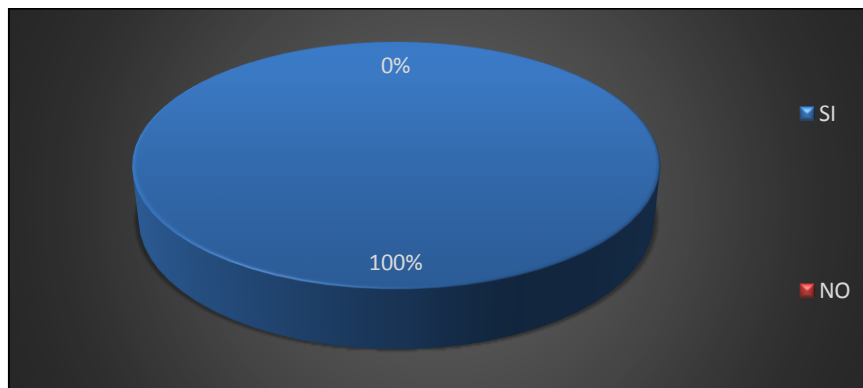
#### 1. Edad



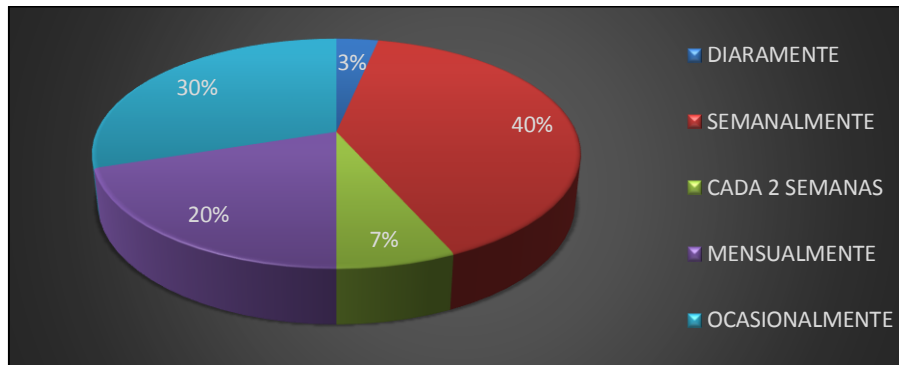
#### 2. Sexo



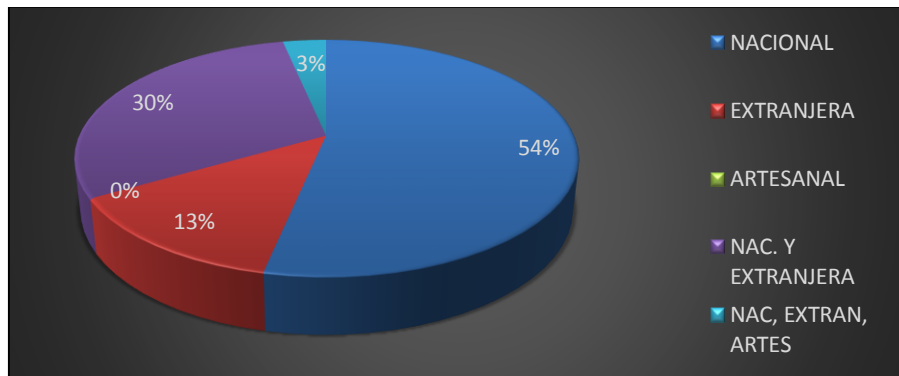
#### 3. ¿Consume Cerveza?



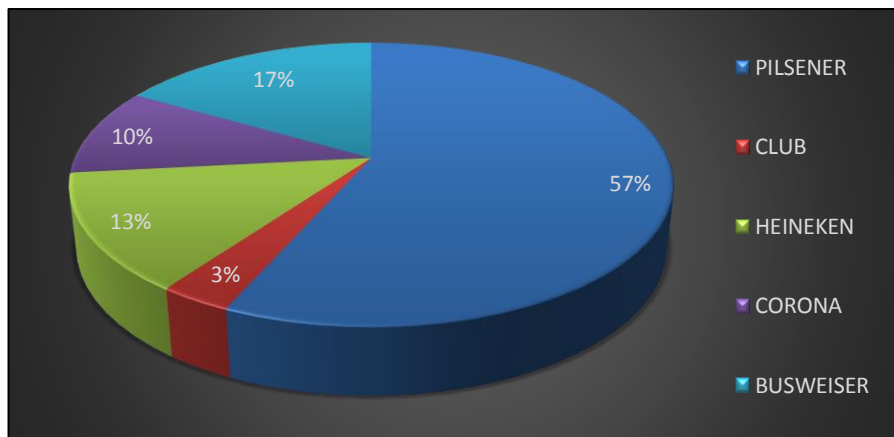
**4. ¿Con qué frecuencia consume cerveza?**



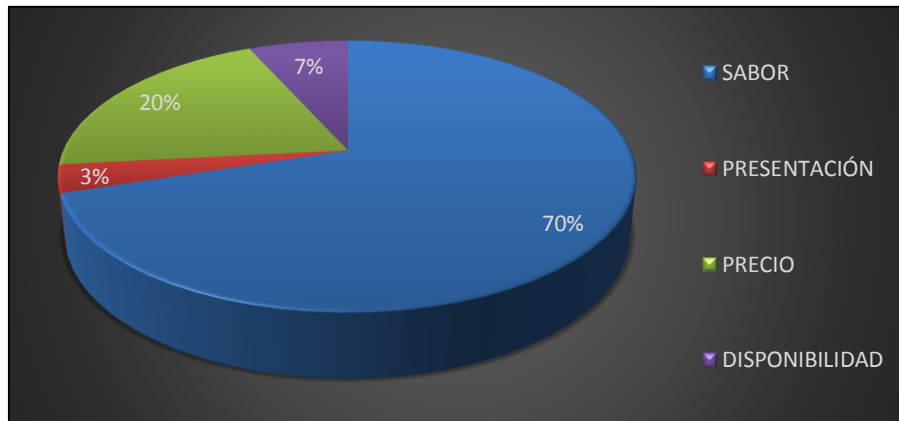
**5. ¿Qué tipo de cerveza ha probado?**



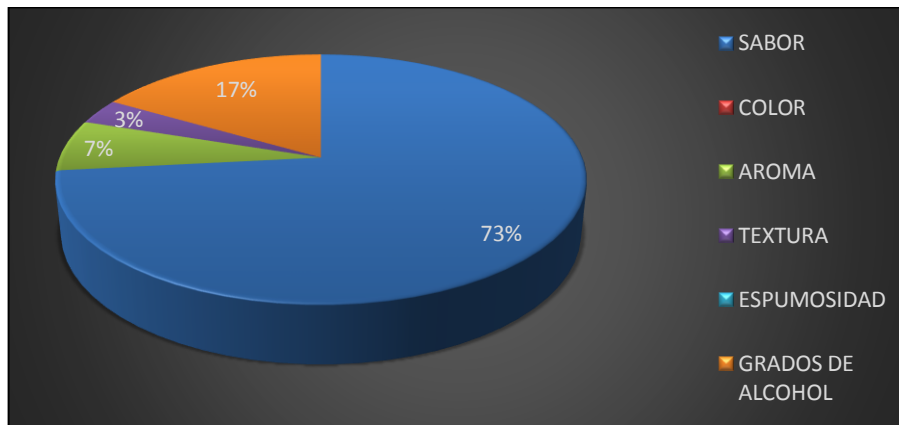
**6. ¿Qué marca de cerveza prefiere?**



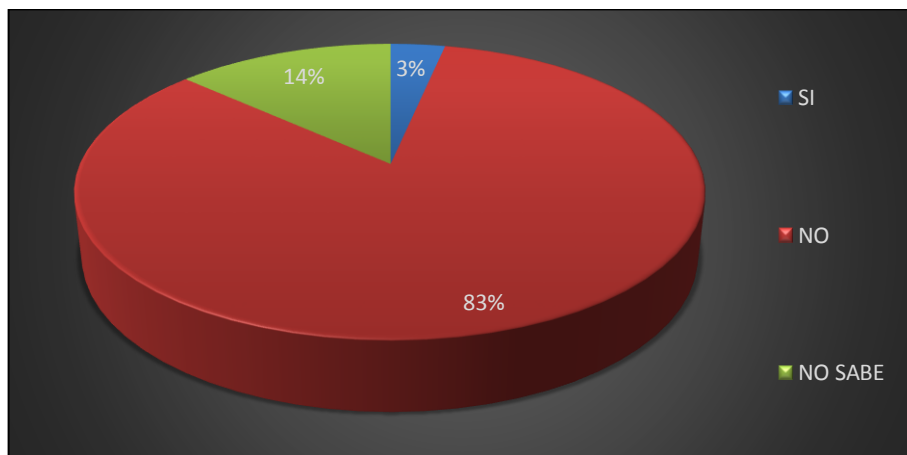
**7. ¿Por qué prefiere esa marca?**



**8. ¿Qué característica busca en una cerveza?**

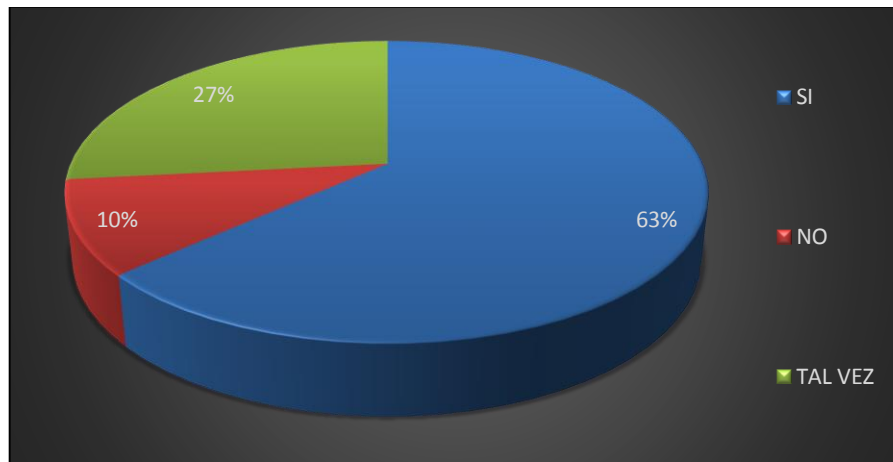


**9. ¿Ha consumido cerveza artesanal?**

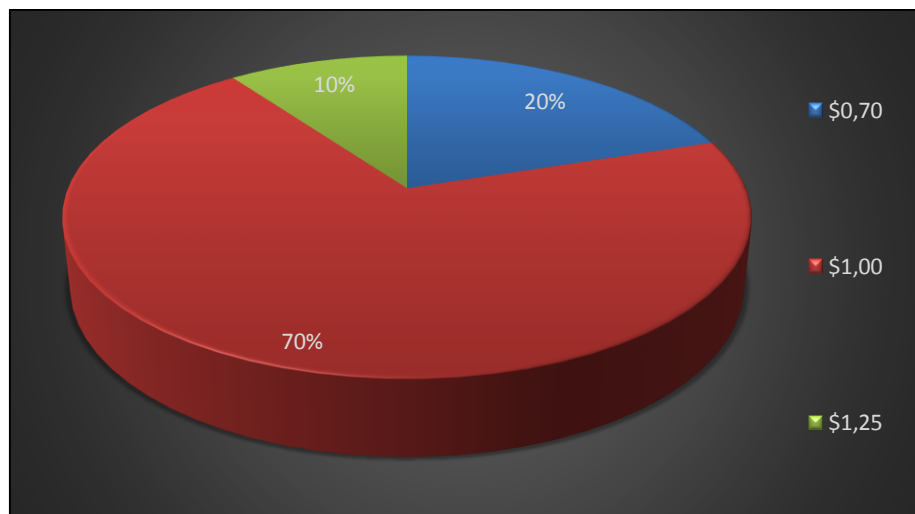




**10. ¿Probaría un tipo de cerveza diferente al tradicional?**



**11. ¿Cuánto pagaría por una cerveza sin aditivos, sin conservantes artificiales, ni colorantes?**



#### 4. Fichas de la degustación



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FICAYA

### ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

### FICHA DE DEGUSTACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

#### TIPO ALE OSCURA

Por favor responda las siguientes preguntas, que servirán para determinar la aceptabilidad de consumo de la cerveza artesanal tipo ale oscura.

FECHA 31/05/2014

EDAD \_\_\_\_\_

SEXO M F

NÚMERO ASIGNADO

#### INDICACIONES:

Hay cinco muestras a ser evaluadas por usted. Pruebe cada una de ellas en la secuencia presentada. Tome un primer bocado de cerveza, luego tome un segundo bocado y espere un momento.

Tome un bocado de agua con galletas después de cada degustación.

Marque con una X el término que más describe lo que usted siente por la muestra.

#### 1.- La apariencia de la cerveza es:

	423	897	542	378	215
Clara					
Turbia					

#### 2.- Color de la cerveza. Con ayuda de la tabla SRM

	423	897	542	378	215
SRM					

#### 3.- ¿Qué aroma predomina en la cerveza?

	423	897	542	378	215
Pan					
Caramelo					
Chocolate					
Cítrico					
Manzana					

**4.- ¿Qué gusto sobresale en la cerveza?**

	423	897	542	378	215
Dulce					
Amargo					

**6.- Asigne un orden de preferencia a las cervezas presentadas usando las siguientes categorías:**

1 = La más preferida

5 = La menos preferida

*No se permiten empates*

Cerveza	Orden de preferencia
423	
897	
542	
378	
215	

***GRACIAS POR SU COLABORACIÓN***



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FICAYA

ESCUELA DE INGENIERÍA

AGROINDUSTRIAL

## FICHA DE DEGUSTACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

### TIPO ALE OSCURA

Por favor responda las siguientes preguntas, que servirán para determinar la aceptabilidad de consumo de la cerveza artesanal tipo ale oscura.

FECHA 31/05/2014

EDAD \_\_\_\_\_

SEXO M F

NÚMERO ASIGNADO

### INDICACIONES:

Hay cuatro muestras a ser evaluadas por usted. Pruebe cada una de ellas en la secuencia presentada. Tome un primer bocado de cerveza, luego tome un segundo bocado y espere un momento.

Tome un bocado de agua con galletas después de cada degustación.

Marque con una X el término que más describe lo que usted siente por la muestra.

### 1.- La apariencia de la cerveza es:

	438	696	324	765
Clara				
Turbia				

### 2.- Color de la cerveza. Con ayuda de la tabla SRM

	438	696	324	765
SRM				

**3.- ¿Qué aroma predomina en la cerveza?**

	438	696	324	765
Pan				
Caramelo				
Chocolate				
Cítrico				
Manzana				

**4.- ¿Qué gusto sobresale en la cerveza?**

	438	696	324	765
Dulce				
Amargo				

**6.- Asigne un orden de preferencia a las cervezas presentadas usando las siguientes categorías:**

1 = La más preferida

4 = La menos preferida

*No se permiten empates*

Cerveza	Orden de preferencia
438	
696	
324	
765	

***GRACIAS POR SU COLABORACIÓN***



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FICAYA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

## FICHA DE DEGUSTACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

### TIPO ALE OSCURA

Por favor responda las siguientes preguntas, que servirán para determinar la aceptabilidad de consumo de la cerveza artesanal tipo ale oscura.

FECHA 31/05/2014

EDAD \_\_\_\_\_

SEXO M F

NÚMERO ASIGNADO

1.- Escriba la cerveza de su preferencia.

2.- ¿Compraría éste producto?

Si

No

Tal vez

¿Por qué? \_\_\_\_\_

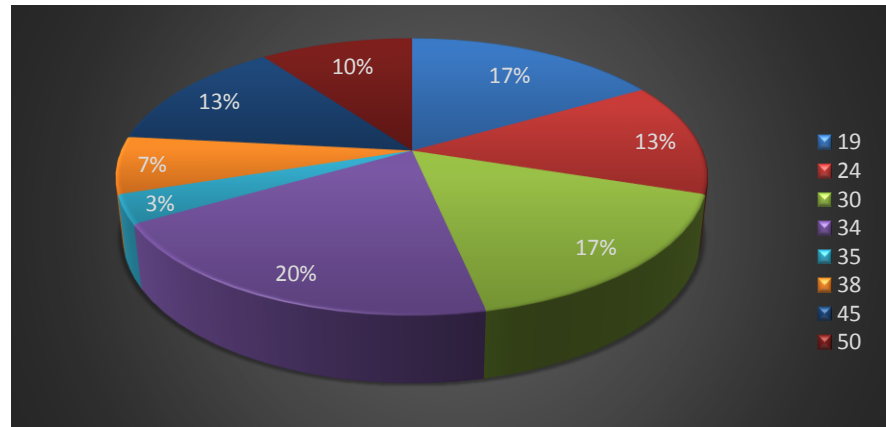
\_\_\_\_\_

*GRACIAS POR SU COLABORACIÓN*

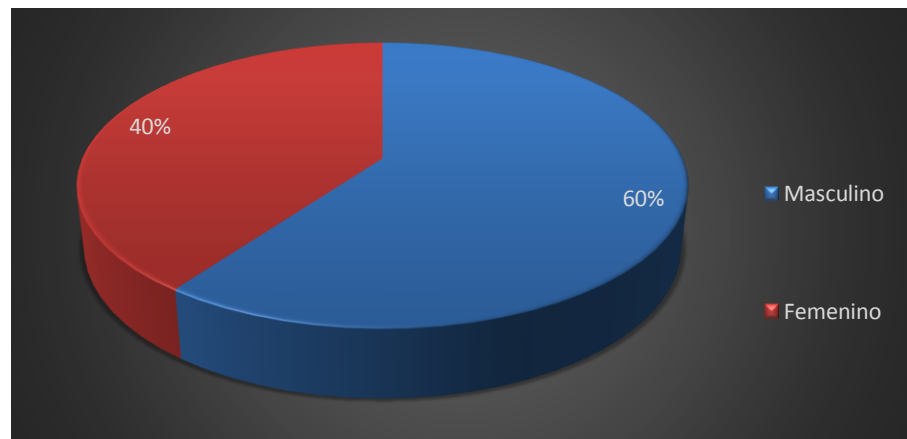
## 5. Datos de la degustación:

La cerveza fue degustada por 15 personas adultas, con las siguientes características y opción de compra de la cerveza:

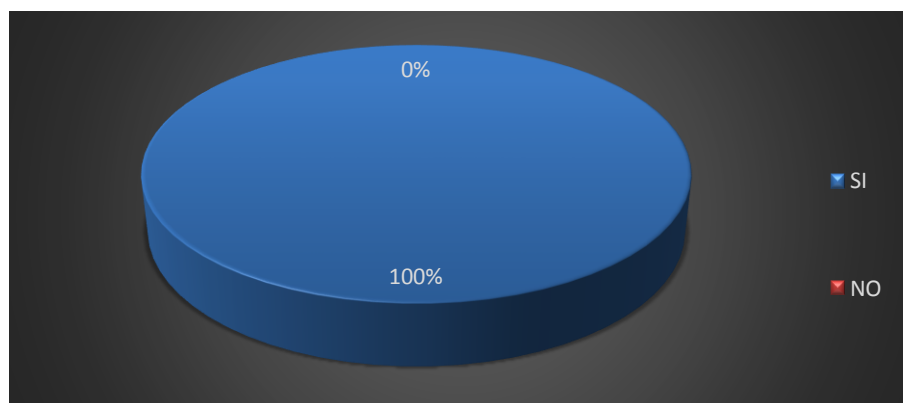
### 1. Edad



### 2. Sexo



### 3. ¿Compraría este producto?



## 6. Fotografías de la degustación







## 7. Tabla SRM

SRM Beer Color Chart



## 8. Fórmula base para 20 Litros de cerveza.

Materia prima	Gramos
Malta	5000
Levadura	11
Lúpulo	14
Agua	22000
Azúcar	120

(De la Peña, 2006)

## 9. Resultado Análisis Microbiológico



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0107 - 2014

Ibarra, 18 de junio de 2014

Análisis solicitado por:

Srtas. Angela y Evelyn Fuentes

Número de muestras :

Una, cerveza artesanal tipo Ale

Fecha de recepción de las  
muestras:

11 de junio de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Metodo de ensayo
Recuento mohos	UPM/ml	0	AOAC 997.02
Recuento levaduras	UPL/ml	$1.4 \times 10^6$	
Recuento Aerobios mesófilos	UFC/ml	0	AOAC 989.10
Recuento Coliformes totales	UFC/ml	0	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio




#### Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova. Barrio El Olivo.  
Teléfono: (06)2997800  
Fax: Ext. 7711  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

**10. Resultado del Análisis Físico - Químico de la cebada, la malta sin tostar, la cerveza y la malta tostada.**

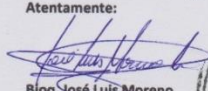
 **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13


Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 133 - 2014 Ibarra, 14 de julio de 2014  
Análisis solicitado por: Srtas: Evelyn y Angela Fuentes  
Número de muestras : Tres, Cebada, Malta y Cerveza Artesanal  
Fecha de recepción de las muestras: 01 de julio de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados			Metodo de ensayo
		Cebada	Malta	Cerveza	
Contenido Acuoso	g/ 100 g	14,5	7,28	90,45	AOAC 925.10
Proteína	g/ 100 g	6,72	12,3	0,75	AOAC 920.87
Extracto etéreo	g/ 100 g	0,9	2,1	0,10	AOAC 920.85
Cenizas	g/ 100 g	2,79	2,05	0,34	AOAC 923.03
Fibra Total	g/ 100 g	3,2	6,25	0,36	AOAC 978.10

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:  
  
Biq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



 **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 184 - 2014 Ibarra, 03 de octubre de 2014  
Análisis solicitado por: Srtas: Evelyn y Angela Fuentes  
Número de muestras : Malta tostada  
Fecha de recepción de las muestras: 29 de septiembre de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Metodo de ensayo
Contenido Acuoso	g/ 100 g	6,20	AOAC 925.10
Proteína	g/ 100 g	13,30	AOAC 920.87
Extracto etéreo	g/ 100 g	2,70	AOAC 920.85
Cenizas	g/ 100 g	2,50	AOAC 923.03
Fibra Total	g/ 100 g	7,40	AOAC 978.10

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:  
  
Biq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



## 11. Resultado del análisis de acidez de la cerveza



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 187 - 2014

Ibarra, 28 de octubre de 2014

Análisis solicitado por:

Srtas: Evelyn y Angela Fuentes

Número de muestras :

Cerveza

Fecha de recepción de las  
muestras:

27 de octubre de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Metodo de ensayo
Acidez total (como ác. láctico)	mg/ 100 g	0,49	INEN 2323

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio




#### Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova. Barrio El Olivo.  
Teléfono: (06)2997800  
Fax: Ext. 7711.  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador





## 12. Hoja técnica de Levadura *Saccharomyces cerevisiae*



Ingredients : Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), emulsifier E491

### FERMENTIS

General purpose ale yeast with neutral flavor profiles. Its low attenuation gives beers with a very good length on the palate. Particularly recommended for specialty ales and trappist type beers. Yeast with a good sedimentation: forms no clumps but a powdery haze when resuspended in the beer.

TOTAL ESTERS	TOTAL SUPERIOR ALCOHOLS	RESIDUAL SUGARS	FLOCCULATION
			
ppm at 18°P at 20°C in EBC tubes	ppm at 18°P at 20°C in EBC tubes	* corresponds to an apparent attenuation of 70 %	

FERMENTATION TEMPERATURE: 12-25°C (53.6-77°F) ideally 15-20°C (59-68°F)


DOSAGE INSTRUCTIONS: 50 to 80 g/hl in primary fermentation  
2.5 to 5g/hl in bottle conditioning

REHYDRATION INSTRUCTIONS  
Sprinkle the yeast in minimum 10 times its weight of sterile water or wort at 27°C ± 3°C (80°F ± 6°F). Leave to rest 15 to 30 minutes. Gently stir for 30 minutes, and pitch the resultant cream into the fermentation vessel.  
Alternatively, pitch the yeast directly in the fermentation vessel providing the temperature of the wort is above 20°C (68°F). Progressively sprinkle the dry yeast into the wort ensuring the yeast covers all the surface of wort available in order to avoid clumps. Leave for 30 minutes, then mix the wort using aeration or by wort addition.

<p>TYPICAL ANALYSIS:</p> <p>% dry weight: 940 - 96.5</p> <p>Viable cells at packaging: &gt; 6 x 10<sup>9</sup> /g</p> <p>Total bacteria*: &lt; 5 / ml</p> <p>Acetic acid bacteria*: &lt; 1 / ml</p> <p>Lactobacillus*: &lt; 1 / ml</p> <p>Pediococcus*: &lt; 1 / ml</p> <p>Wild yeast non <i>Saccharomyces</i>*: &lt; 1 / ml</p> <p>Pathogenic micro-organisms: in accordance with regulation</p> <p>*when dry yeast is pitched at 100 g/hl i.e. &gt; 6 x 10<sup>9</sup> viable cells / ml</p>	<p>STORAGE</p> <p>During transport : The product can be transported and stored at room temperature for periods of time not exceeding 3 months without affecting its performance.</p> <p>At final destination: Store in cool (&lt; 10°C/50°F), dry conditions.</p> <p>SHELF LIFE</p> <p>24 months from production date. Refer to best before end date printed on the sachet.</p> <p>Opened sachets must be sealed and stored at 4°C (39°F) and used within 7 days of opening. Do not use soft or damaged sachets.</p>
--	--


Ferments dry brewing yeasts are well known for their ability to produce a large variety of beer styles. In order to compare our strains, we ran fermentation trials in laboratory conditions with a standard wort for all the strains and standard temperature conditions ( Safager: 12°C for 48h then 14°C / Sabale & Sabrew : 20°C). We focused on the following parameters: Alcohol production, residual sugars, flocculation and fermentation kinetic.

Fermentis Division of S. Lesaffre  
BP 3029 - 137 Rue Gabriel Péri  
59703 Marcq en Baroeul Cedex France  
Tel : 331013 20.81.62.75  
e : fermentis@lesaffre.fr



A LESAFFRE DIVISION

## 13. Hoja Técnica del Lúpulo




Castle Malting


*Belgian Malts that Make Your Beer So Special*

### NUGGET

**BREWING QUALITY**

A high alpha acids hop with a good aroma profile. Good in Ales, Stout, Barley Wine.





**ORIGIN / HISTORY**

USA origin. Selected from a cross between Brewers Gold and a high alpha male with good storage properties. Released in 1982 it is now a major high alpha variety in the USA.

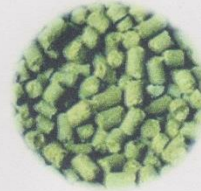
**AGRONOMICS**

Little visual reaction to infection with ring-spot virus. Moderate to good resistance to downy mildew.

**ACID COMPONENTS**

Alpha Acids	10 - 14% w/w
Beta Acids	4 - 6% w/w
Cohumulone	24 - 30% of alpha acids


T90 Hop Pellets




**OIL COMPONENTS**

Total Oil	1.7 - 2.3 mls/100 grams
Caryophyllene	7 - 10% of whole oil
Farnesene	<1% of whole oil
Humulene	12 - 22% of whole oil
Myrcene	51 - 59% of total oil

Leaf Hops



**Possible Substitutions:** Galena, Target, Magnum



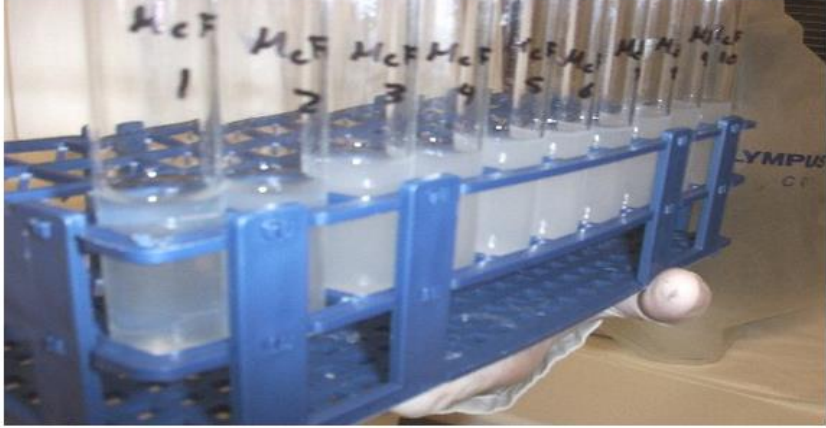
## Castle Malting - True Brewers know why!

Headquarters: Chemin du Couloiry 1, 4800 Lambermont, Belgium  
Malting Plant: Rue de Mons 84, 7670 Beloeil, Belgium  
Tel.: +32 (0) 87 662065; Fax: +32 (0) 87 352234; [info@castlemalting.com](mailto:info@castlemalting.com); [www.castlemalting.com](http://www.castlemalting.com)  
Registered Tournai 75754; VAT: EE.455013439; IBAN: EE11 3700 9054 5648; BIC: BIERUEEE

## 14. Método turbidimétrico

Este método se basa en que la turbidez de una suspensión está relacionada con su concentración celular, que puede ser determinada mediante un espectrofotómetro o por la comparación con la escala de McFarland, que consiste en una serie de tubos con turbidez creciente, en una escala que va del 0,5 al 10 (Gamazo, Sánchez, & Camacho, 2013).

**Escala de Mc Farland**



La utilidad de la escala es poder realizar suspensiones bacterianas ajustadas a un patrón, generalmente se suele usar el 0.5 Mc Farland, para esto se toma una muestra de nuestra bacteria y la inoculamos en un tubo con solución salina, en el momento en que se produzca un poco de turbidez ya estamos en el 0.5 (de forma visual).

La finalidad, es establecer una relación entre una precipitación química y una suspensión bacteriana. Creamos 10 estándares (en la tabla aparece la composición de estos) y por espectrofotometría, creamos una recta patrón, de forma que vamos a poder detectar la concentración de nuestras diluciones bacterianas (de manera aproximada, ya que depende de factores como el tamaño de la bacteria, la formación de agregados....). La escala se basa en la capacidad de precipitación del cloruro de bario en presencia de ácido sulfúrico.

TUBO	Cl <sub>2</sub> Ba 1%	SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 1%	u.f.c/ml
1	0.1	9.9	3,0x10 <sup>8</sup>
2	0.2	9.8	6.0x10 <sup>8</sup>
3	0.3	9.7	9.0x10 <sup>8</sup>
4	0.4	9.6	1.2x10 <sup>9</sup>
5	0.5	9.5	1.5x10 <sup>9</sup>
6	0.6	9.4	1.8x10 <sup>9</sup>
7	0.7	9.3	2.1x10 <sup>9</sup>
8	0.8	9.2	2.4x10 <sup>9</sup>
9	0.9	9.1	2.7x10 <sup>9</sup>
10	1.0	9.0	3.0x10 <sup>9</sup>

(Dominguez, 2012)

## 15. Normas INEN