

**Universidad Técnica del Norte**

**Ingeniería Agroindustrial**

**“Obtención De Cerveza Artesanal  
Tipo Ale Oscura Utilizando Un  
Equipo Biorreactor De Nivel Piloto”**

Angela Fuentes Ruano

Evelyn Fuentes Ruano

2014



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

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.

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

### PROBLEMA

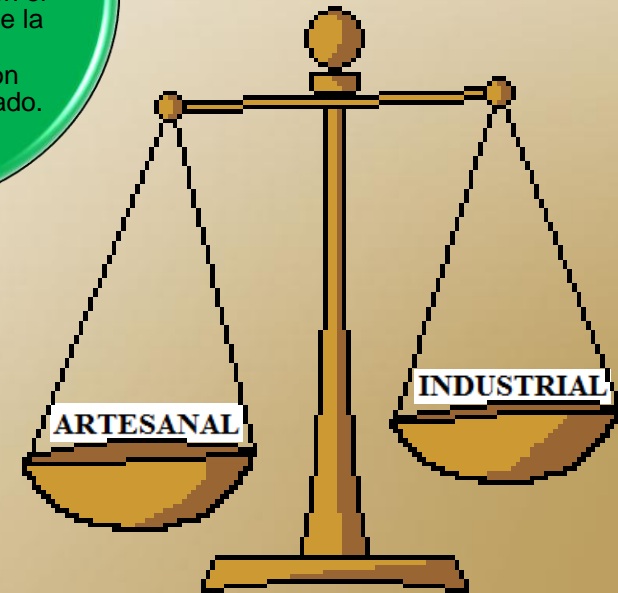
Sin embargo, las nuevas políticas del gobierno prohíben importar productos que se considera pueden ser fabricados en el país, como es el caso de la cerveza artesanal, quedando por tal razón desatendido este mercado.

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



CALIDAD



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.

## JUSTIFICACIÓN

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.

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.



# OBJETIVOS

## GENERAL

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

## ESPECÍFICOS

- Establecer la influencia de la temperatura en el tiempo de fermentación requerido para la elaboración de cerveza artesanal tipo Ale oscura.
- Valorar el pH, grado alcohólico, aspecto, color, olor y sabor de la cerveza.
- 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.
- Realizar pruebas microbiológicas como: conteo de mohos y levaduras y recuento en placa, al mejor tratamiento.
- Definir el rendimiento y costos de producción del mejor tratamiento.
- 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.



# HIPÓTESIS

- **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.
- **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.
- **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.
- **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

### La Cerveza



#### **ALE**

Son cervezas obtenidas con levaduras que fermentan a altas temperaturas entre 12 y 24°C



La cerveza es una bebida alcohólica no destilada, elaborada por medio de la fermentación de una solución de cereales

#### **LAGER**

Son cerveza obtenidas con levaduras que fermentan a bajas temperaturas entre 6 y 13 °C



# CERVEZA ARTESANAL



## LA CERVEZA ARTESANA

www.coldcoolbeer.com

Un producto **100% NATURAL**  
Elaborado con ingredientes  
naturales de gran calidad



Sin **CONSERVANTES**  
Sin **ADITIVOS.**  
Sin **ESTABILIZANTES** de  
Espuma.

Sin **AZUCARES** añadidos  
Los azúcares son obtenidos exclusivamente  
de la malta.

Sin **CO<sub>2</sub> AÑADIDO.** La carbonata-  
ción se ha producido íntegramente durante  
la **fermentación de modo natural**

Sin **PASTEURIZAR.**  
Mantiene todas sus propiedades  
organolépticas. Sin **FILTRAR**

Sin **RESACA.** Una cerveza artesana **NO**  
produce resaca En una cerveza artesana  
el alcohol es fruto de una **fermenta-**  
**ción lenta y progresiva** lo que evita  
la creación de alcoholes superiores que son  
los que en su mayoría producen dolor de  
cabeza.

La Cerveza artesanal es una **CERVEZA VIVA**, mimada una a  
una por las manos del maestro cervecero.

© coldcoolbeer.

# Composición de la Cerveza

## Cerveza industrial

Agua	91%
Alcohol	5%
Residuos de hidratos de carbono	4%
Energía	450 Kcal
Sustancias protéicas	6 g
Anhidrido 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



## Cerveza artesanal

100 ml	kcal	Agua g	Proteína g	Lip g	h.dec. g	Tiramina mg	Histamina mg
Cerveza obscura (3)	11	91.1	0.4	0	2.8	1.20	ND

100 ml	Na mg	K mg	Mg mg	Ca mg
Cerveza obscura (3)	3.00	50.00	ND	3.00

100 ml	B1 mg	B2 mg	Pantoténico mg	B6mg	Fólico mcg
Cerveza obscura (1)	tr	0.02	ND	0.01	4



# Materias Primas de la Cerveza

## La cebada

- 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.



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

# Materias Primas de la Cerveza

## El lúpulo

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.



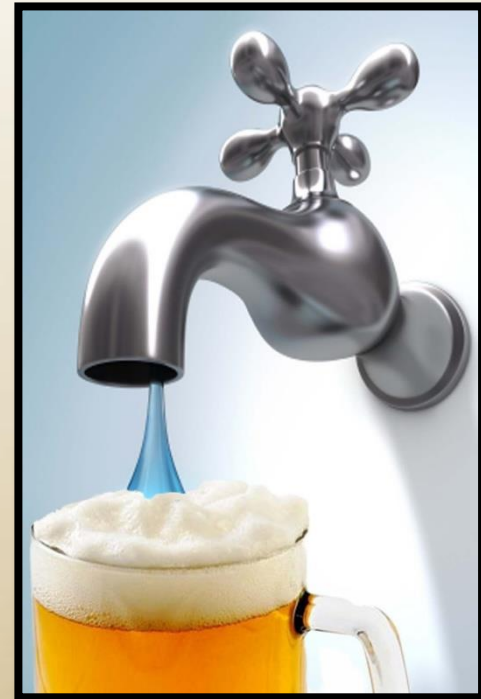


# Materias Primas de la Cerveza

## El Agua

Es el mayor componente de la cerveza, entre un 85 y un 90%. Debe ser bacteriológicamente pura, potable, libre de sabores y olores, sin exceso de sales y exenta de materia orgánica.

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



# Materias Primas de la Cerveza

## Azúcar

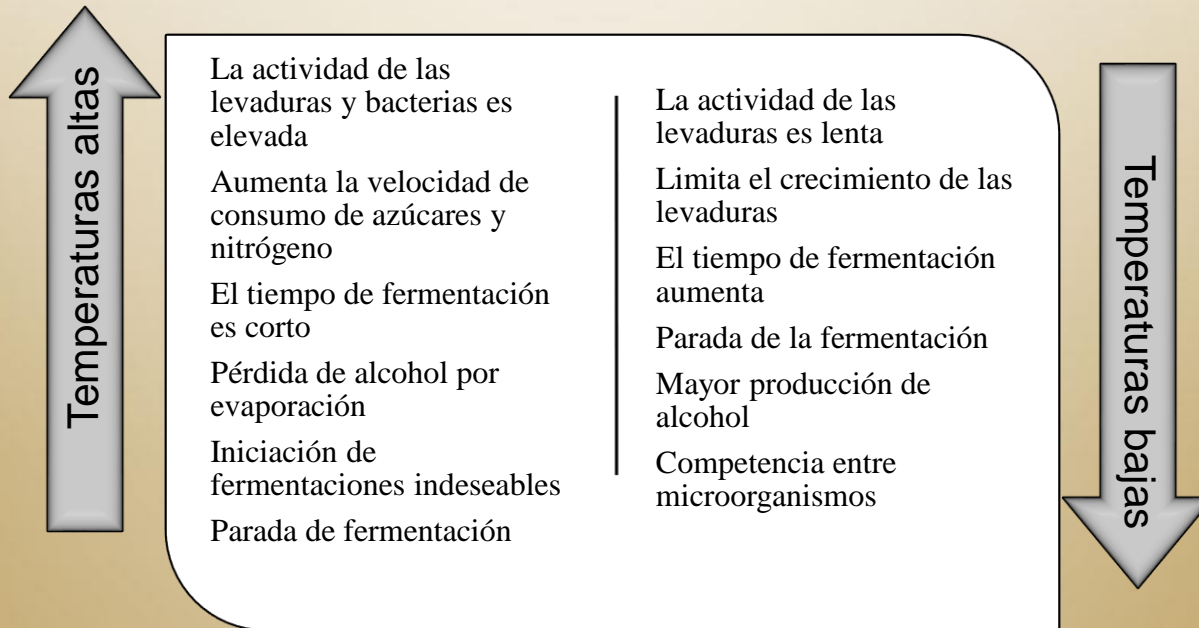
En el proceso de elaboración de cerveza el azúcar es utilizada para obtener una carbonatación natural.

Consiste en añadir azúcar a la cerveza de modo que la levadura restante fermente ese azúcar, produciendo un poco más de alcohol y el gas carbónico que luego produce la espuma en la cerveza.



# 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.
- 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.



# Tiempo de Fermentación



**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 CO2, el suministro excesivo de oxígeno limita el trabajo de las levaduras.

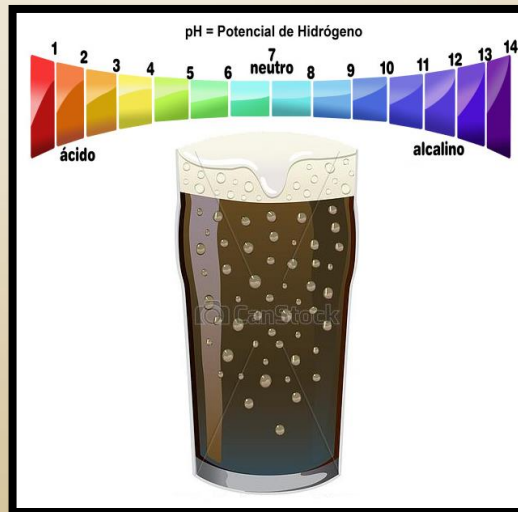


**Densidad del mosto.-** un mosto rico en nutrientes permitirá un desarrollo adecuado de las levaduras.



# Importancia del pH en la Cerveza

- La medición del pH en la industria alimentaria se emplea como indicador de calidad en las diferentes etapas del proceso y en el producto final, como indicador de las condiciones higiénicas. Para que un producto se pueda aumentar su tiempo de conservación debe tener un pH bajo.
- El control de nivel de pH en la producción de la cerveza es muy importante para poder evitar la activación de agentes patógenos, pero sobre todo para obtener el sabor característico de cada cerveza, un valor de pH menor a 4.2 produce acidez y un valor a 4.7 provoca acidez y activación de microorganismos.





# 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.
- 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 %



# Características organolépticas de la cerveza artesanal

## 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 artesanal, 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 utilizadas, 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.

Principalmente 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, debido a las materias primas utilizadas.

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



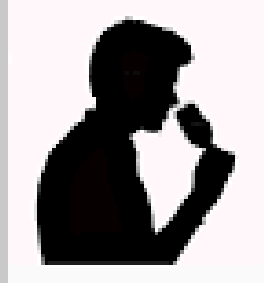
# DEGUSTACIÓN



## Apreciación visual

La presencia de levaduras, permite clasificar a la cerveza como clara o turbia debido a la segunda fermentación en botella

El color de la cerveza puede ser: Blanco, amarillo, dorado, rojizo, caramelo, negro



## Apreciación olfativa

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



## 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



# Mezcla entre maltas tostadas y sin tostar

- La malta base 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 malta utilizada en la elaboración de cerveza.
- por su grado de temperatura en el proceso de tostado toman diferentes nombres como: maltas caramelo, malta chocolate, malta 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.



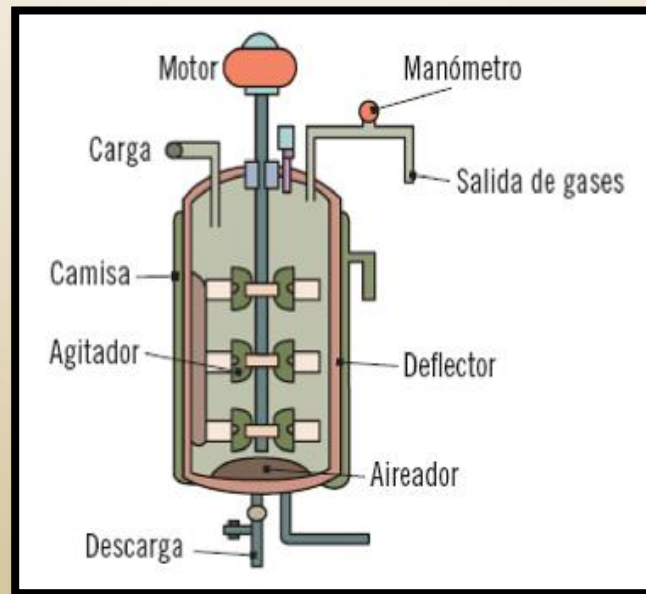
# Defectos de la Cerveza

- **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 pocas frecuentes bacterias del género *pseudomonas*, *bacillus* y *clostridium*. Esto se evita con estrictas medidas higiénicas durante todo el proceso.
- **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 se filtra el producto varias veces.
- **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.



# 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.



# CAPITULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS



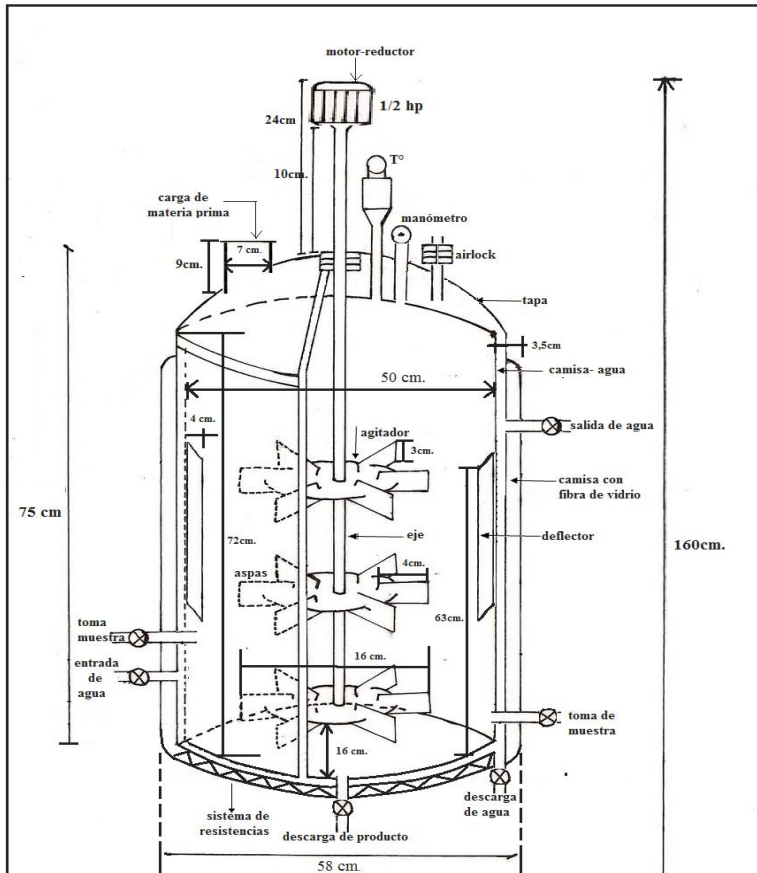
# Materias Primas

- Cebada
- Lúpulo
- Agua
- Levadura
- Azúcar





# Equipos



Biorreactor de 50 litros de capacidad  
 \* láminas de acero para alimentos 1,5 y 1,2  
 \* eje de acero inoxidable de 1 1/2 pulg.  
 \* tubería y válvulas de acero inoxidable 1/2 pulg.  
 \* aislante lámina de lana de vidrio



# Equipos

## Equipos

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



## Laboratorio

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

# MÉTODOS

- **Caracterización Del Área De Estudio**

- Provincia: Carchi
  - Cantón : Tulcán
  - Parroquia: Tulcán
  - Sector: Sur
  - Altitud: 2900 m.s.n.m
  - Clima: Ecuatorial Frío
  - Temperatura promedio: 10-12°C
- Fuente: (Siagro-Infoplan, 2014)



# Factores en estudio

Factor A – PORCENTAJE DE MALTA TOSTADA DEL TOTAL DE MALTA UTILIZADA.

A1 → 5%

A2 → 10%

A3 → 15%

Factor B – TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN

B1 → 15°C

B2 → 20°C

B3 → 25°C



# Tratamientos

*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



# 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 y para la evaluación sensorial la prueba de Friedman.



# 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.



# Análisis de Varianza

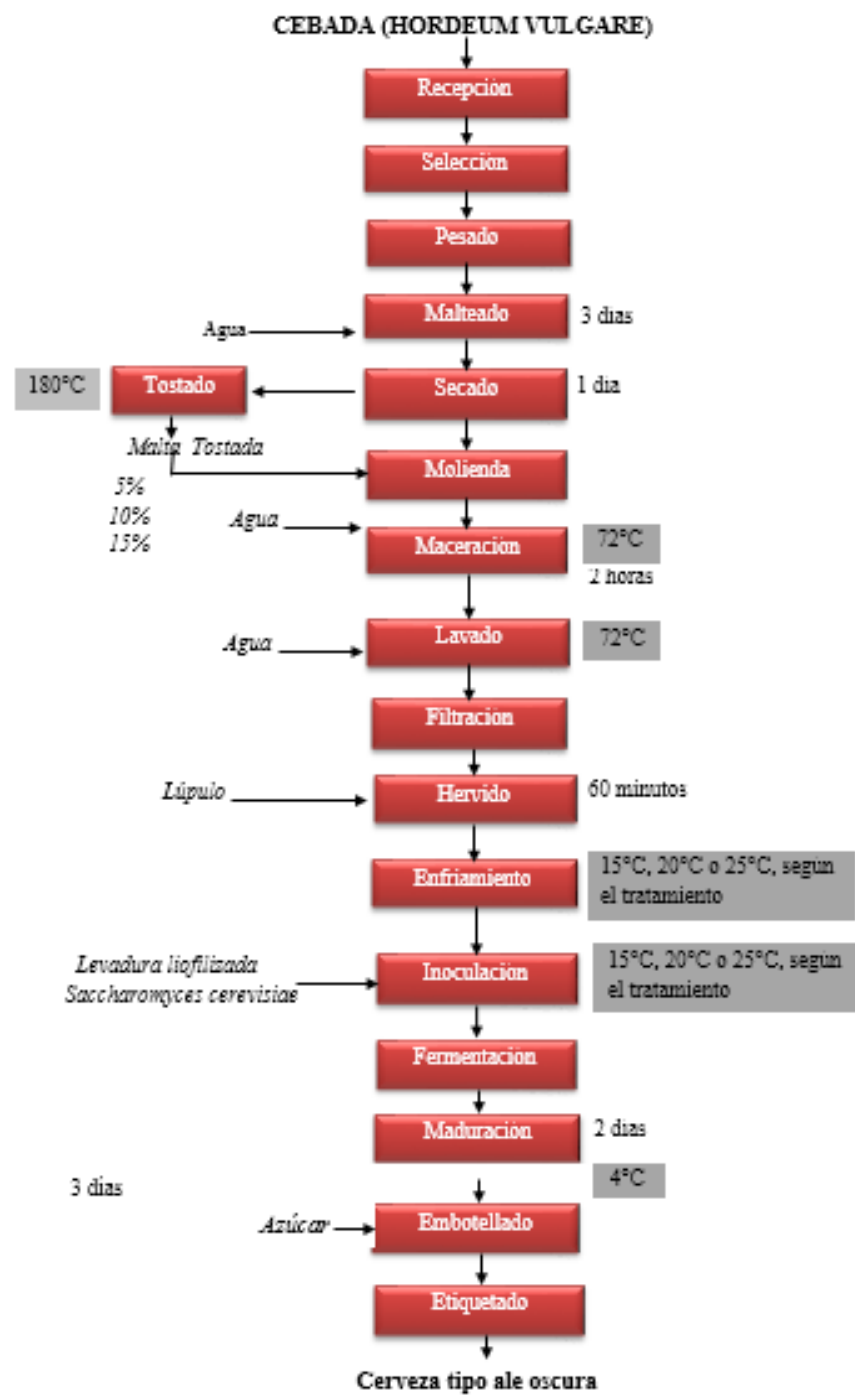
*Análisis de Varianza de la elaboración de cerveza artesanal tipo ale oscura utilizando un biorreactor de nivel piloto.*

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
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



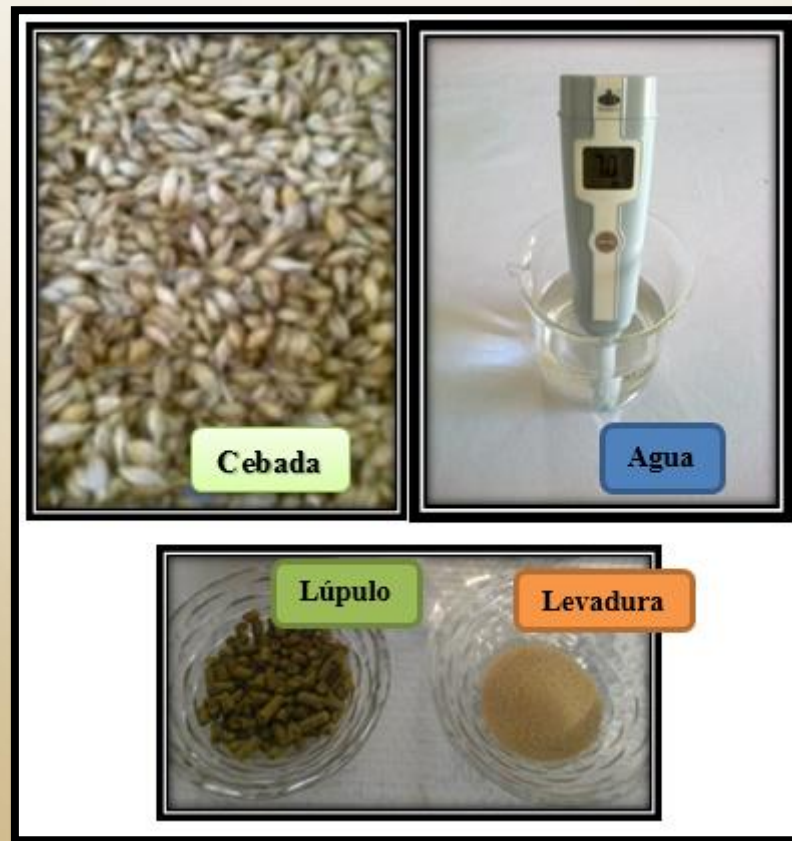


# EL EXPERIMENTO



# Descripción del Proceso

## Recepción



# Selección



# Pesado

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



# Malteado



*Remojo*

*Germinación*



*Cebada germinada*



# Secado



# Tostado

- 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.



# Molienda

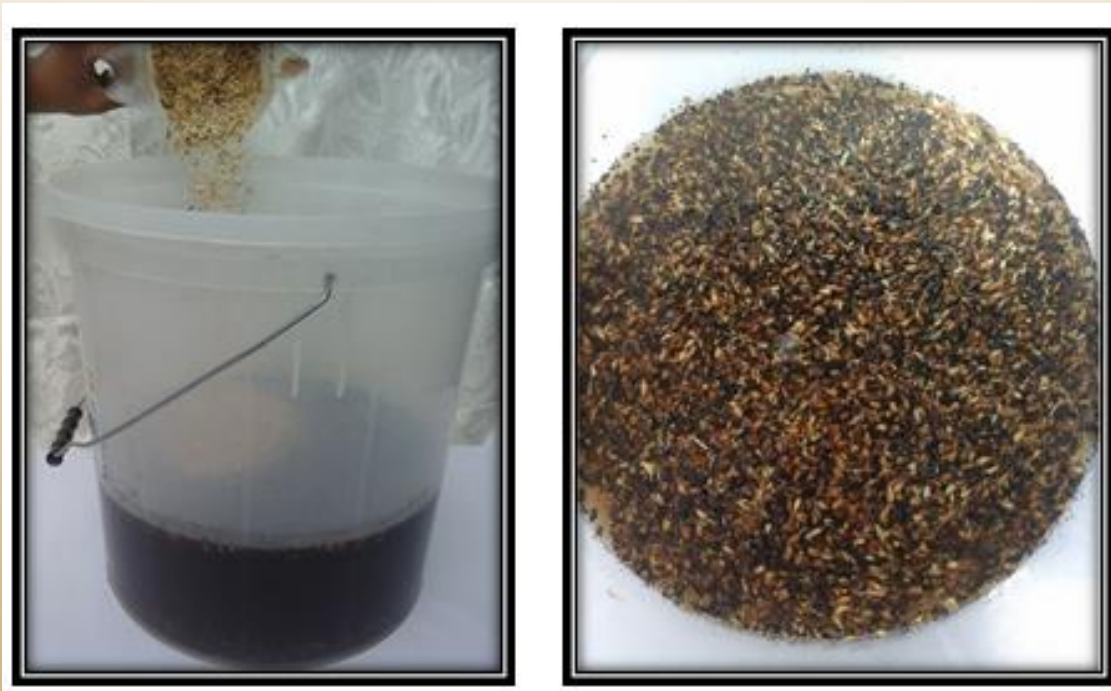
Utilizando un molino de granos, se muele la malta tostada y sin tostar, evitando producir harina.





# Maceración

- Se mezclan 12 litros de agua a 72°C con la malta, en un recipiente tapado durante 90 minutos.



# 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.



# Filtración



# Hervido del mosto

- Se hierve el mosto 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.



# 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.

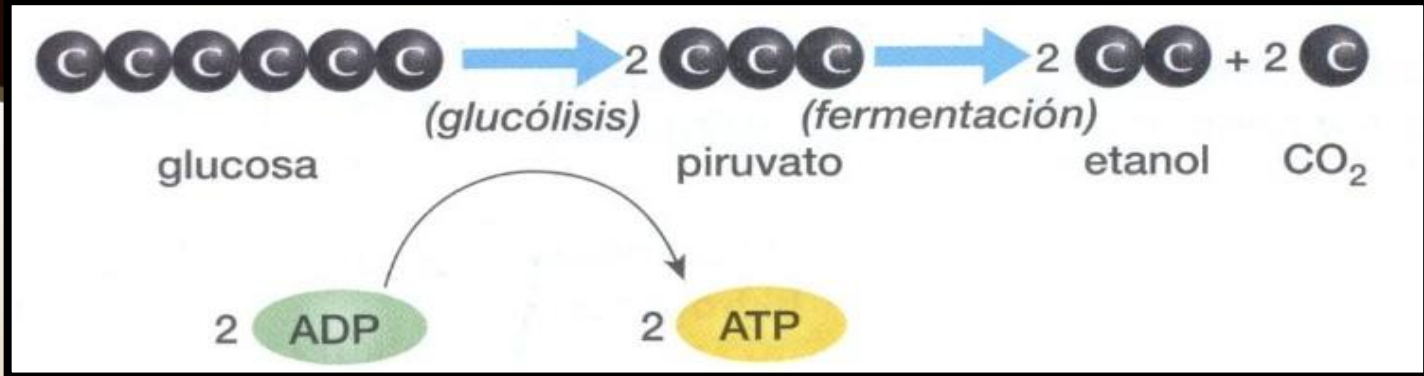


# Inoculación

- 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.



# Fermentación



En este proceso biológico, en ausencia de oxígeno, 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.



# 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.





# 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.



# Determinación de Variables

## Variables Cuantitativas

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



## Variables Microbiológicas

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

## Variables Cualitativas

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

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIONES



# Análisis de la Influencia de la Temperatura en el Tiempo de Fermentación

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

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



# Análisis de la Influencia de la Temperatura en el Tiempo de Fermentación

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



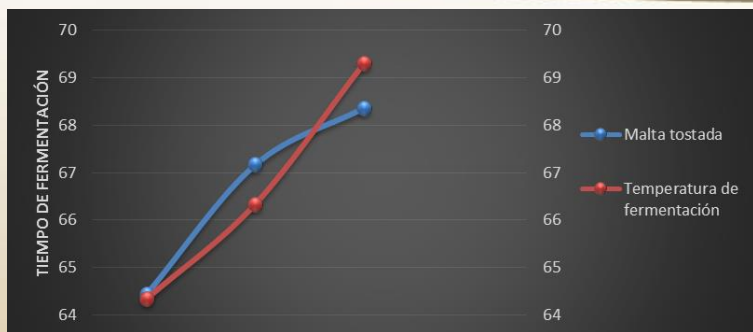
Prueba de significación Diferencia mínima significativa para el factor A cantidad de malta tostada

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

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

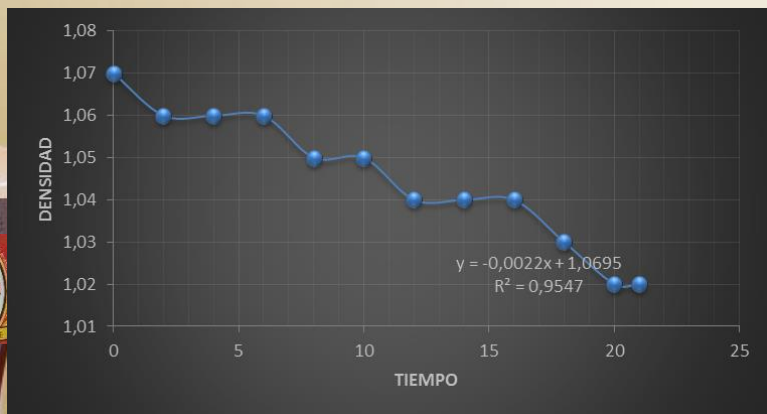
# Análisis de la Influencia de la Temperatura en el Tiempo de Fermentación



Representación de la Interacción A x B



Representación del Tiempo de Fermentación



Representación de la densidad vs el tiempo del mejor tratamiento (T8)



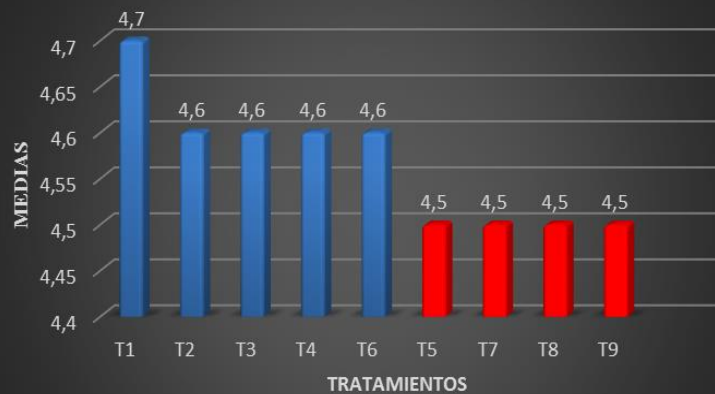
Representación de la dinámica de crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* del mejor tratamiento



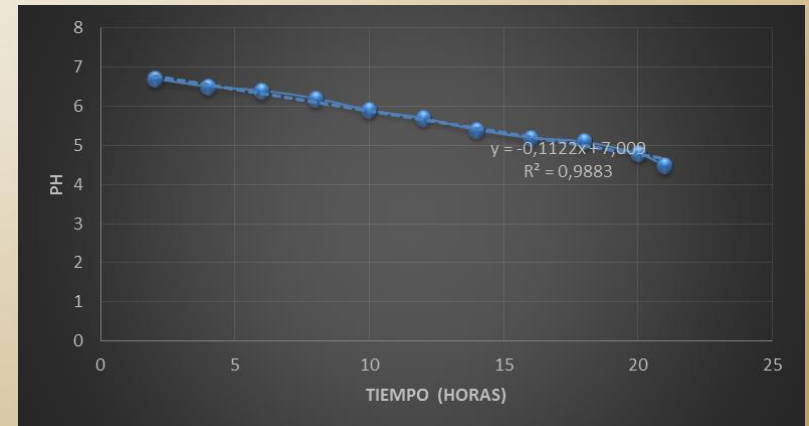
# Análisis del pH

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			



Representación del pH obtenido en los tratamientos



Representación del pH vs el tiempo del mejor tratamiento (T8)



# Análisis del Grado Alcohólico

*Análisis de Varianza del Grado Alcohólico*

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

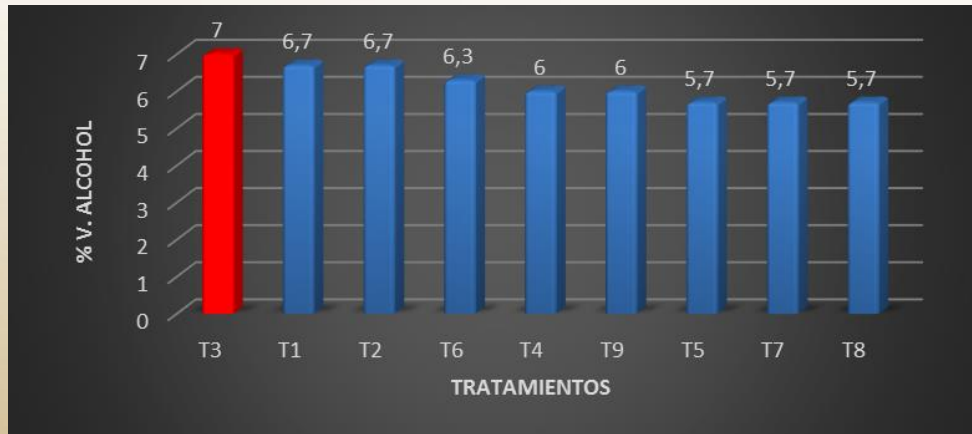
*Prueba de significación Diferencia mínima significativa para el factor A cantidad de malta tostada*

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

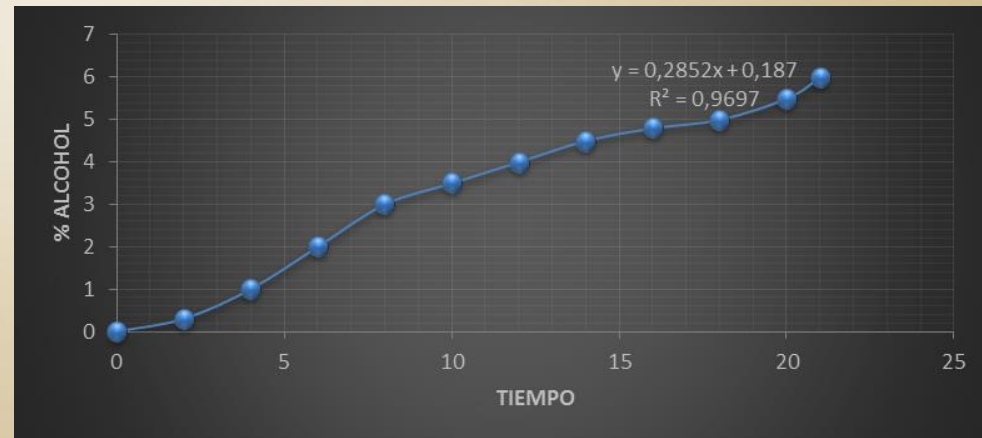




# Análisis del Grado Alcohólico

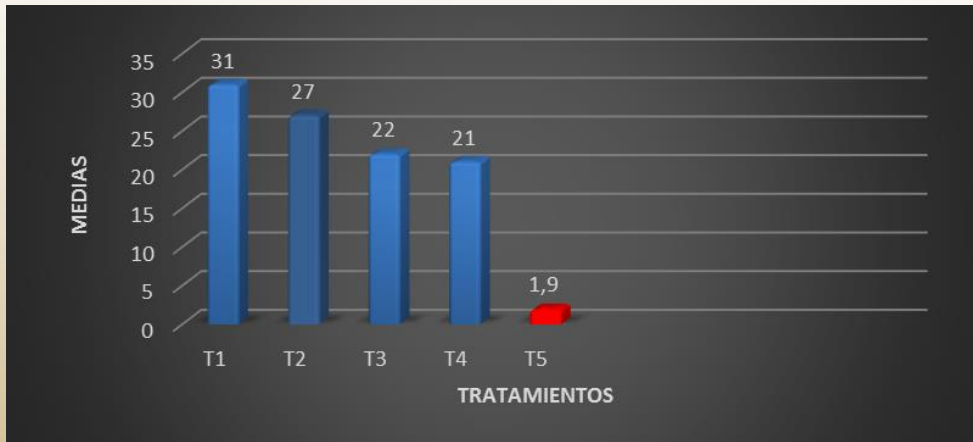


*Representación del Grado Alcohólico*

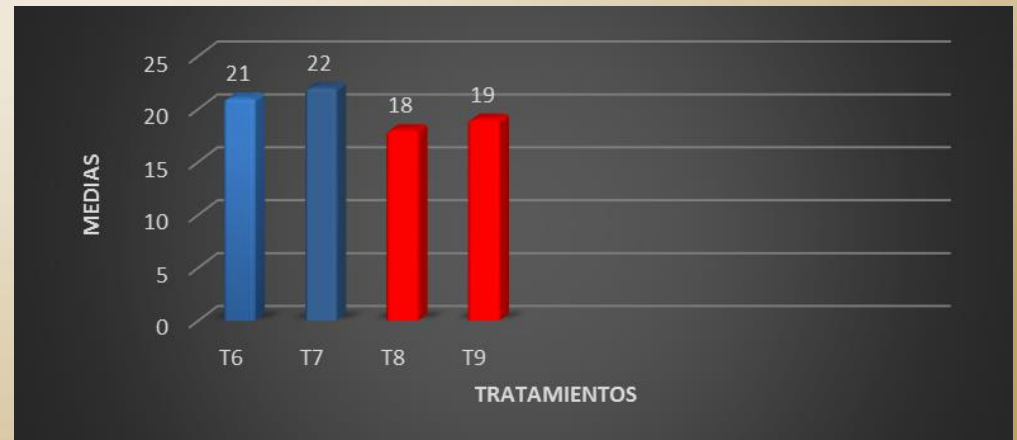


*Representación del Grado alcohólico vs el tiempo del mejor tratamiento*

# Análisis del Aspecto



*Aspecto Fase 1*



*Aspecto Fase 2*

# Análisis del Color

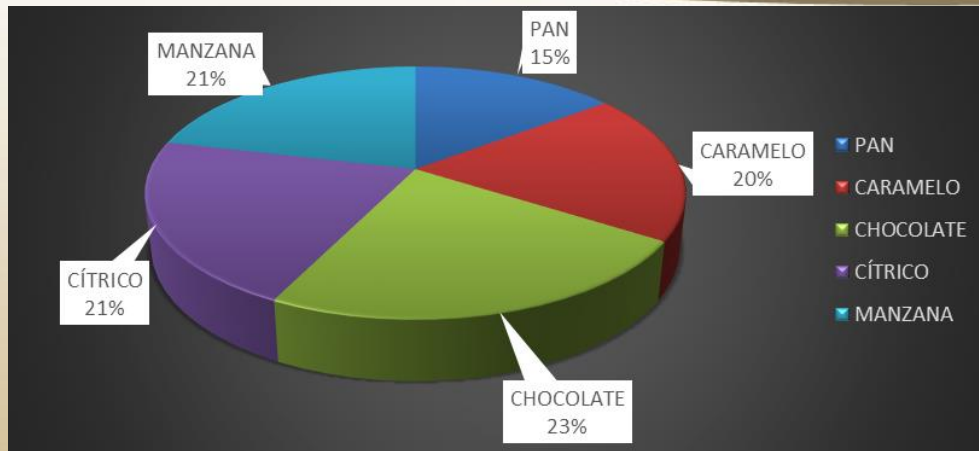


*Color Fase 1*

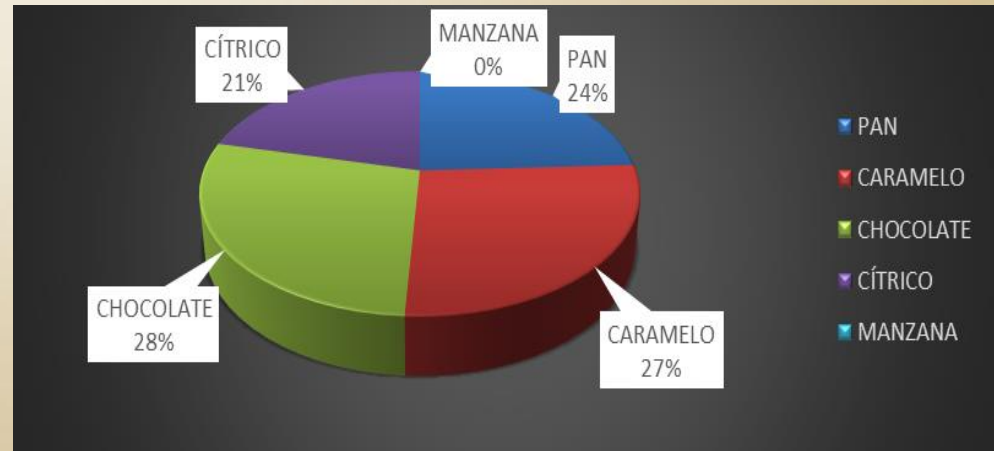


*Color Fase 2*

# Análisis del Olor

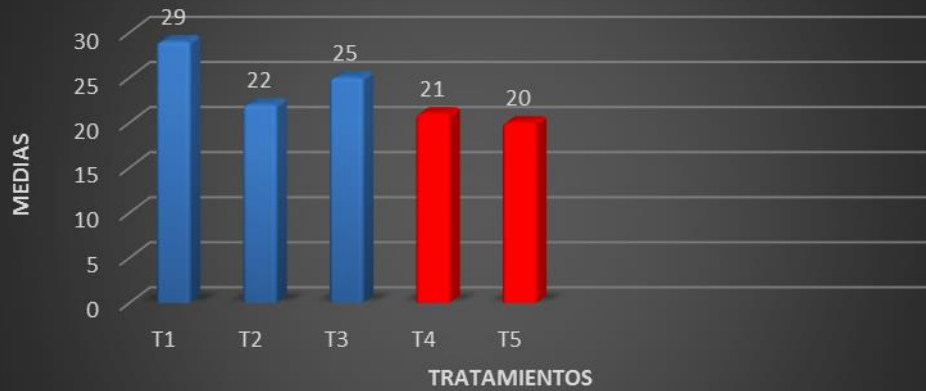


*Olor Fase 1*



*Olor Fase 2*

# Análisis del Sabor

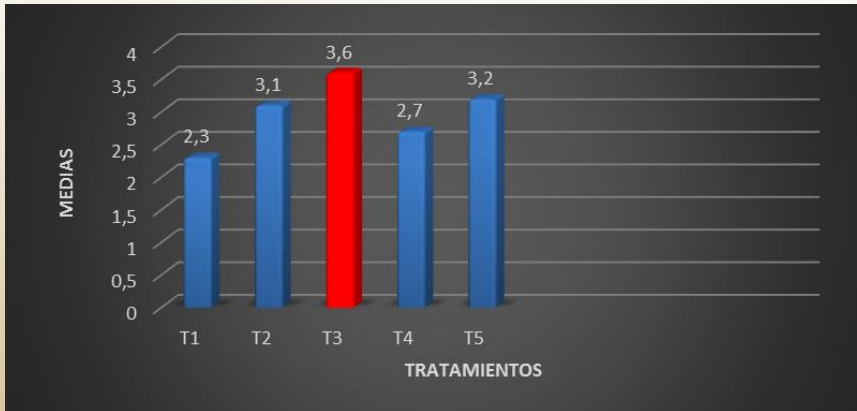


*Sabor Fase 1*

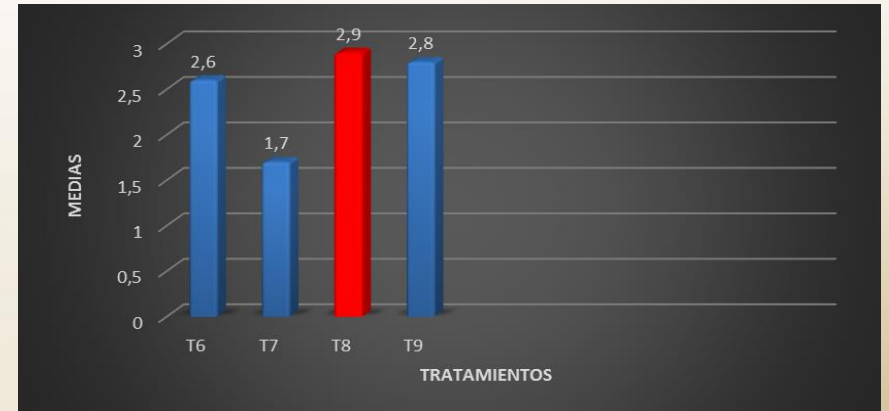


*Sabor Fase 2*

# Análisis de la Preferencia



*Preferencia Fase 1*



*Preferencia Fase 2*



*Preferencia Fase 3*

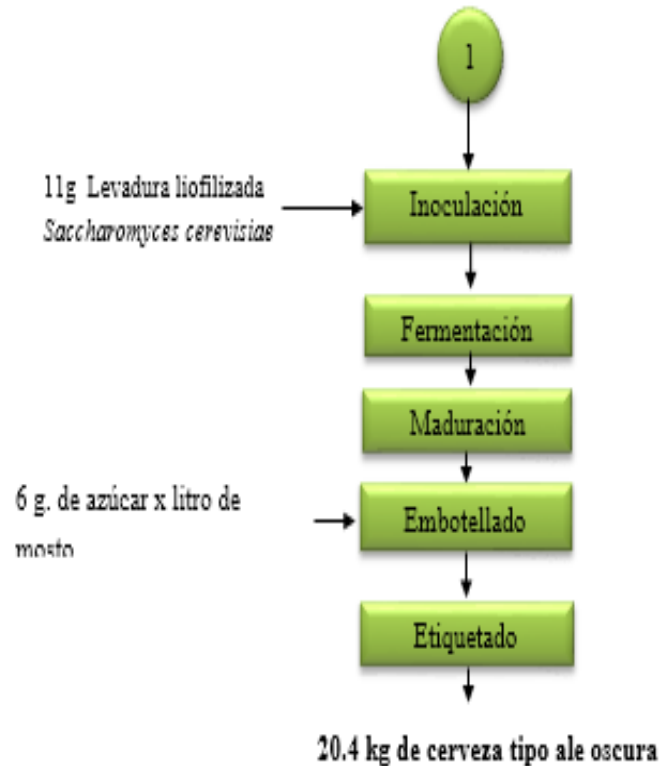
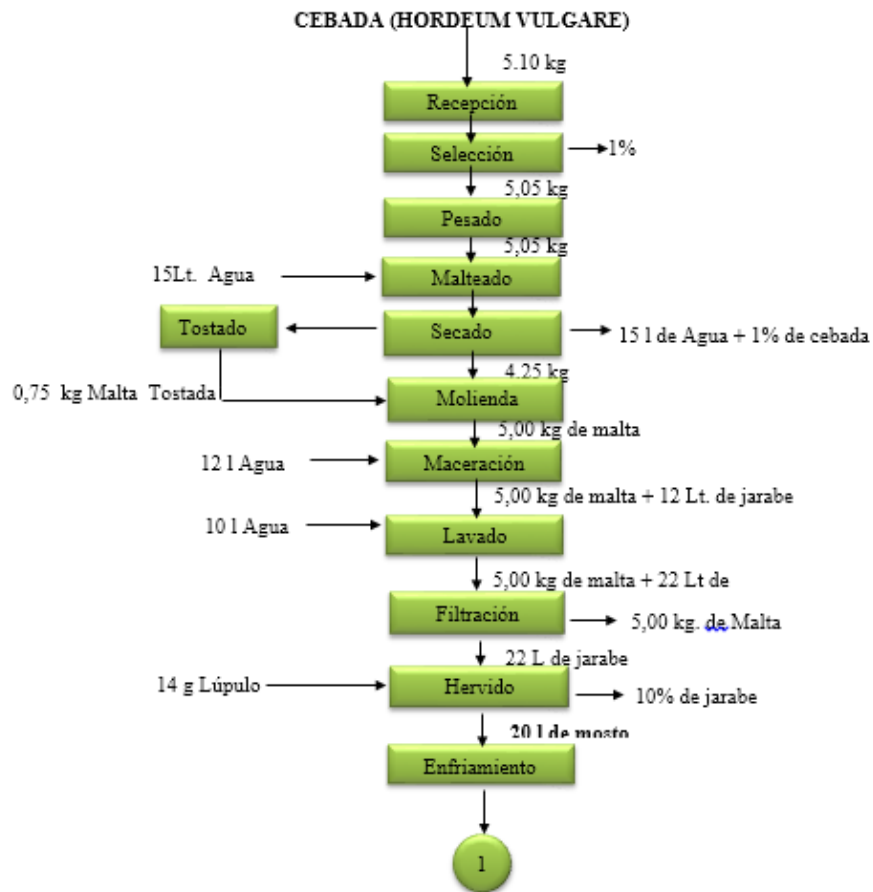


# Análisis Microbiológico del Mejor Tratamiento

Parámetro analizado	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Recuento mohos	UPM/ml	0	AOAC 997.02
Recuento levaduras	UPL/ml	$1.4 \times 10^6$	AOAC 997.02
Recuento aerobios mesófilos	UFC/ml	0	AOAC 989.10
Recuento coliformes totales	UFC/ml	0	AOAC 989.10



# Rendimiento del Mejor Tratamiento



A partir de 5.1 kg de cebada se obtuvo 20.4 kg de cerveza con 5,7°GL de alcohol.



# Costos de Producción del Mejor Tratamiento

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>



# 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

**EFICIENCIA** =  $\frac{23}{23 \times 1} = 1$

**CALIDAD:**  $1/1 = 1$

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



# Eficiencia del Sistema Eléctrico

Valores de las resistencias eléctricas:

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

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

$$P = VI$$

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

$$P = 110 \frac{J}{C} \cdot 0,02 \frac{C}{s}$$

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

$$V = IR$$

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

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

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

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

$$I = 0,02 A$$

$$Q_{Cond} = Pt$$

$$Q_{Cond} = m_{Cond} \times C_{p Cond} \times \Delta T ; \Delta T = T1 - T_{ref}.$$

$$Q_{Cond} = m_{Cond} \times C_{p Cond} \times T1 - T_{Res}$$

$$T1 = \frac{Q_{Cond}}{m_{Cond} \times C_{p Cond}} + T_{Ref}$$

$$T1 = \frac{2,2 \frac{J}{s} \times 408 s}{14,15 g \times 0,45 \frac{J}{g C^{\circ}}} + 12^{\circ}C$$

$$T1 = 141 + 12 = 153^{\circ}C$$

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

$$T2 = \sum \frac{Ti}{n}$$

$$T2 = \frac{(15+20+25)^{\circ}C}{3}$$

$$T2 = 20^{\circ}C$$

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

$$E = 86,93 \%$$

# CAPÍTULO VII

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



# 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.



# CONCLUSIONES

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.



# 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.

