



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ELABORACIÓN DE UNA CERVEZA ARTESANAL CON SUSTITUCIÓN  
PARCIAL DE MALTA Y AGUA POR RESIDUO DE FLAKES DE BANANO  
Y LACTOSUERO

CABRERA PARRAGA HENRY STALIN  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MALDONADO BLACIO ANTHONY RAMIRO  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Elaboración de una Cerveza Artesanal con sustitución parcial de  
Malta y Agua por Residuo de Flakes de Banano y Lactosuero

CABRERA PARRAGA HENRY STALIN  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MALDONADO BLACIO ANTHONY RAMIRO  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

Elaboración de una Cerveza Artesanal con sustitución parcial de Malta y Agua por Residuo de Flakes de Banano y Lactosuero

CABRERA PARRAGA HENRY STALIN  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MALDONADO BLACIO ANTHONY RAMIRO  
INGENIERO EN ALIMENTOS

SIGUENZA TOLEDO JOAQUIN DARWIN

MACHALA, 26 DE ABRIL DE 2021

MACHALA  
2021

# TITULACION CABRERA-MALDONADO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Infile Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://bdigital.zamorano.edu">bdigital.zamorano.edu</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://scielo.sld.cu">scielo.sld.cu</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://scielo.isciii.es">scielo.isciii.es</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://creativecommons.org">creativecommons.org</a> Fuente de Internet	<1%

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, CABRERA PARRAGA HENRY STALIN y MALDONADO BLACIO ANTHONY RAMIRO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Elaboración de una Cerveza Artesanal con sustitución parcial de Malta y Agua por Residuo de Flakes de Banano y Lactosuero, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

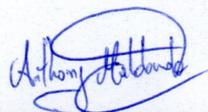
Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 26 de abril de 2021

  
CABRERA PARRAGA HENRY STALIN  
0706945029

  
MALDONADO BLACIO ANTHONY RAMIRO  
0705862399

## **Agradecimiento**

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la salud y fuerzas para no rendirme durante todo el transcurso de mis estudios universitarios, a mis padres, a mi abuela, a mis hermanos por estar siempre a mi lado y en todos los momentos más importantes, a mis docentes por ser piedra base y fuente de conocimientos, además de inspiración para lo que quiero alcanzar en un futuro, a mis compañeros de curso y a todos con los que me cruzado en este arduo camino.

Anthony R. Maldonado Blacio

A Dios primero, ya que me ha dado la sabiduría necesaria para enfrentar cada uno de los retos que se reflejaron en el transcurso de estos años de estudio. A mis padres que con su sacrificio siempre me apoyaron, motivaron y nunca me dejaron solo. A mi esposa e hijos que han sido mi motivo para seguir adelante todos los días.

Henry S. Cabrera Párraga

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres que todo su esfuerzo y esmero en mi se vea reflejado en la culminación de mis estudios y en el logro de todo lo que me proponga en mi vida personal y profesional.

Anthony R. Maldonado Blacio

Este trabajo va dedicado a mis padres, mi esposa y mis hijos, ya que el logro no es solo mío, sino también de ellos porque en mí depositaron toda su confianza y aunque a veces los tiempos eran difíciles siempre estuvieron presentes.

Henry S. Cabrera Párraga

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como finalidad diseñar una formulación de cerveza artesanal con sustitución parcial de maltas por caramelo de banano (residuo de la industria alimenticia) y agua por lactosuero, que sea aceptada sensorialmente por un grupo de panelistas (catadores entrenados) y a su vez se evaluaron las propiedades fisicoquímicas que aportan estas materias primas integradas a la formulación de la cerveza. Se realizaron diferentes análisis al caramelo de banano, obteniendo un total del 67,28% de azúcares totales, de los cuales 29,6% son azúcares reductores mismos que servirán de sustrato en la etapa de la fermentación. Mientras que el lactosuero obtuvo un contenido del 5,78% de lactosa, azúcar que ayudará a aumentar el cuerpo de la cerveza.

Para la elaboración del diseño se establecieron niveles de sustitución mínimos y máximos siendo para el caramelo de banano de 40% a 80%, mientras que para el lactosuero fueron de 10% a 35%, a su vez se establecieron 3 variables de respuesta que son graduación alcohólica, capacidad de retención de espuma y evaluación sensorial, obteniendo así 6 formulaciones cada una con su respectiva réplica. Para la elaboración de la cerveza se siguió la metodología habitual, diferenciando cada tratamiento de otro por el nivel de sustitución de maltas por banano deshidratado y agua por lactosuero. Se elaboró una cerveza semejante al estilo Stout que pertenece al tipo de cervezas ale, cuya característica principal es la temperatura de fermentación que oscila entre los 17 y 25°C además de ser de apariencia oscura, con espuma característica, aroma notorio al lúpulo y sabor característico dotado por las maltas oscuras.

Los resultados de aceptación sensorial fueron obtenidos mediante evaluación sensorial de un grupo de catadores entrenados con certificación de la BJCP (Beer Judge Certification Program), evaluando atributos de la cerveza como lo son: aroma, apariencia,

flavor, Sensaciones en boca e impresión general, resultando como mejor formulación con un promedio de 38,5 sobre 50 de aceptación sensorial al tratamiento 4, el cual tiene un nivel de sustitución del 80 % de caramelo de banano por malta, y un 10% de sustitución de lactosuero por agua. El contenido de grados alcohólicos se realizó por diferencia de densidades entre la cerveza final y el mosto antes de fermentar, obteniendo un mayor valor en el tratamiento 4 obteniendo una cerveza con 5,5 grados alcohólicos. Mientras que en la estabilidad de espuma se tomaron los tiempos en los cuales se mantenía la espuma en el vaso luego de ser servida, dando un total de 100 segundos para la muestra 4. Se reportaron diferencias significativas en el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, para grados alcohólicos, con referencia al nivel de sustitución de caramelo de banano, mas no con referencia al lactosuero, mientras que para la capacidad de retención de espuma se encontraron diferencias significativas con referencia al nivel de sustitución del lactosuero y con el caramelo de banano, y para la aceptación sensorial también se reportaron diferencias significativas con respecto al nivel de sustitución del banano deshidratado y el lactosuero.

***Palabras Clave:*** *Cerveza Artesanal, Lactosuero, Banano deshidratado, análisis*

*Sensorial, Innovación.*

## ABSTRACT

The purpose of this degree work was to design a craft beer formulation with partial substitution of malts by banana caramel (food industry waste) and water by whey, which is sensorially accepted by a group of panelists (trained tasters) and at the same time the physicochemical properties provided by these raw materials integrated into the beer formulation were evaluated. Different analyses were carried out on the banana caramel, obtaining a total of 67.28% of total sugars, of which 29.6% are reducing sugars, which will serve as a substrate in the fermentation stage. The whey had a lactose content of 5.78%, a sugar that will help increase the body of the beer.

For the elaboration of the design, minimum and maximum substitution levels were established, being for the banana caramel from 40% to 80%, while for the whey they were from 10% to 35%, and 3 response variables were established, which are alcohol content, foam retention capacity and sensory evaluation, thus obtaining 6 formulations each with its respective replicate. For the preparation of the beer, the usual methodology was followed, differentiating each treatment from the other by the level of substitution of malts by dehydrated banana and water by whey. A beer similar to the Stout style was brewed, which belongs to the ale type of beer, whose main characteristic is the fermentation temperature, which ranges between 17 and 25°C, in addition to its dark appearance, with characteristic foam, noticeable aroma of hops and characteristic flavor provided by the dark malts.

The results of sensory acceptance were obtained through sensory evaluation by a group of trained tasters certified by the BJCP (Beer Judge Certification Program), evaluating beer attributes such as: aroma, appearance, flavor, mouthfeel and overall impression, resulting in the best formulation with an average of 38.5 out of 50 for sensory acceptance of treatment 4, which has a level of 80% substitution of banana caramel for malt, and 10% substitution of whey for water. The alcohol content was determined by the difference in

density between the final beer and the wort before fermentation, obtaining a higher value in treatment 4, resulting in a beer with 5.5 degrees alcohol. In terms of foam stability, the time during which the foam remained in the glass after being served was taken, giving a total of 100 seconds for sample 4. Significant differences were reported in the analysis of variance with a confidence level of 95%, for alcoholic strength, with reference to the substitution level of banana caramel, but not with reference to whey, while for foam retention capacity significant differences were found with reference to the substitution level of whey and banana caramel, and for sensory acceptance significant differences were also reported with respect to the substitution level of dehydrated banana and whey.

***Key Words:*** *Craft Beer, Whey, Dehydrated Banana, Sensory analysis, Innovation.*

## ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	10
INTRODUCCIÓN	10
JUSTIFICACIÓN	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
HIPÓTESIS A DESARROLLAR	12
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
CAPÍTULO II	14
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1. La Cerveza	14
2.1.1. Historia	14
2.1.2. Definición	15
2.1.3. Requisitos Físicos y Químicos de la Cerveza	16
2.1.4. Requisitos Microbiológicos de la Cerveza	17
2.1.5. La Cerveza Artesanal y la Cerveza Industrial	17
2.1.6. Tipos y Estilos de Cervezas	18
2.1.6.1. Tipos Según su Fermentación	19
2.2. Materias Primas	23
2.2.1. Malta	24
2.2.2. El Lúpulo	26
2.2.3. Levadura	27
2.2.4. Agua	29

	7
2.2.5. Trenza de Banano (Residuo de la elaboración de Flakes de banano).	29
2.2.6. Lactosuero	30
2.3. Fermentación Alcohólica	32
2.3.1. Azúcares Totales	32
2.3.2. Azúcares Reductores	33
2.3.3. Azúcares reductores de las materias primas	33
2.2.12. Azucares no Reductores	34
CAPÍTULO III	35
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas de las materias primas.	35
3.1.1. Determinación de densidad en el lactosuero	35
3.1.2. Determinación de acidez en el lactosuero	36
3.1.3. Determinación del pH del lactosuero	37
3.1.4. Determinación de Azúcares Reductores (Glucosa y Lactosa)	38
3.1.5. Determinación de Azúcares Totales	40
3.2. Diseño de Experimentos	41
3.2.1. Determinación del Diseño Experimental a Elaborar.	41
3.2.2. Parámetros y condiciones Experimentales	42
3.2.3. Corridas Experimentales.	43
3.3. Proceso de Elaboración de Cerveza Artesanal Milk Stout Banano	44
3.3.1. Descripción de las Actividades del Diagrama de Flujo	45
3.4. Evaluación Sensorial	48
3.4.1. Evaluación Sensorial de Cerveza.	48
3.4.2 Análisis a realizar por panelistas entrenados	48
3.5. Tratamiento Estadístico de los Resultados.	49
3.6. Análisis Fisicoquímicos de la Cerveza	49
3.6.1. Determinación de grados alcohólicos de la cerveza.	49
3.6.2. Determinación de acidez en cerveza	50
3.6.3. Determinación de Mesófilos y levaduras	51

CAPÍTULO IV	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. Análisis Físico Químicos de las Materias Primas	53
4.1.1. Análisis Físico Químicos del Suero de Leche	53
4.1.2. Análisis Físico Químicos del Banano Deshidratado	54
4.1.3. Cinética de la fermentación	56
4.2. Análisis Sensorial Realizado por Catadores de Cerveza	56
4.3. Formulación del producto	57
4.3.1. Análisis de ANOVA para el Grado Alcohólico.	58
4.3.2. Análisis de ANOVA para el Tiempo de Retención de Espuma.	59
4.3.3. Análisis de ANOVA para Aceptación Sensorial Multifactor	61
4.4. Análisis Químicos y Microbiológicos de la mejor Formulación	62
4.4.1. Análisis Químicos	62
4.4.2. Análisis Microbiológicos	62
CAPÍTULO V	63
5.1. CONCLUSIONES	63
5.2. RECOMENDACIONES	64
ANEXOS	65
Bibliografía	70
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
Tabla 1. Requisitos Físicos y Químicos	15
Tabla 2. Requisitos Microbiológicos	16
Tabla 3. Estilos de Cerveza Pertenecientes a la familia Lager.	19
Tabla 4. Estilos pertenecientes a la Familia Lambic	20
Tabla 5. Estilos pertenecientes a la Familia Ale	21
Tabla 6. Resumen de Características	22

Tabla 7. Composición química cebada en materia seca	25
Tabla 8. Composición media de los Lúpulos comerciales	26
Tabla 9. Componentes del suero de leche dulce y ácido	30
Tabla 10. Diseño experimental 2 <sup>k</sup> Sugerido por el software	42
Tabla 11. Análisis Físico Químicos del suero de leche	53
Tabla 12. Composición físico química del banano deshidratado	54
Tabla 13. Composición físico química del banano deshidratado en dilución 1:6	55
Tabla 14. Análisis de ANOVA para el Grado Alcohólico.	58
Tabla 15. Análisis de ANOVA para el Tiempo de Retención de Espuma.	59
Tabla 16. Análisis de Aceptación Sensorial	60
Tabla 17. Análisis Químicos a la Mejor Formulación de Cerveza	61

## **INDICE DE GRAFICOS**

Gráfico 1. Curva de Calibración UV-Vis para Glucosa.	41
Gráfico 2. Curva de Calibración UV-Vis para Lactosa.	41
Gráfico 3. Curva de Calibración UV-Vis para Glucosa.	43
Gráfico 4. Cinética de fermentación Alcohólica	57
Gráfico 5. Gráfica de intervalos de valor	58
Gráfico 6. Efectos principales para el Grado Alcohólico	59
Gráfico 7. Efectos principales para el Tiempo de Retención de Espuma	61
Gráfico 8. Efectos principales para la Aceptación General.	62

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Diagrama de flujo de Cerveza Artesanal Milk Stout Banano.	46
Ilustración 2. Ilustración 6. Resultados obtenidos en el laboratorio	58

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida que se obtiene de la fermentación alcohólica por acción de las levaduras introducidas en un mosto compuesto principalmente por agua, lúpulo y cereal malteado Aroni Mocada, et al. (2015). Hoy en día la cerveza artesanal es un producto muy novedoso, se caracteriza generalmente por su énfasis en el sabor y la técnica utilizada en la etapa de fermentación, esto hace que este producto sea una excelente alternativa, tanto para los bebedores habituales, como para quienes quieren probar nuevos sabores y estilos.

Actualmente en el Ecuador la producción de queso Según datos de INEC hasta el año 2015 se producen 5 '228.730 litros de leche, de los cuales aproximadamente el 31% se emplea para la elaboración de quesos a nivel país. Por tanto, se puede apreciar una producción basta de lactosuero resultante del proceso de elaboración de quesos. Según (INEC, 2016) en el último Censo, es de 1,36 millones de kilos.

Por otra parte, en la Parroquia la Peaña Provincia de El Oro se encuentra ubicada la Empresa Diana Food, la cual genera De acuerdo a la información proporcionada por DIANA FOOD SA. Un dato aproximado de la producción de caramelo de banano, teniendo en cuenta que diariamente se elaboran 10000 Kg. de Flakes de banano, teniendo así un aproximado de 1500 Kg de caramelo de banano aproximadamente, esto con miras a reducir este porcentaje de desecho. Esté residuo proveniente de la elaboración de Flakes de banano, este residuo cuenta con una gran cantidad de azúcares. Estos dos residuos tienen un aprovechamiento limitado dada la escasa información en la literatura especializada respecto a su uso potencial para el diseño de nuevos productos.

Según estudios realizados por Paredes et al., (2014) en la composición del lactosuero el promedio de proteína fue de 0.73% (7.3 g/L), el contenido promedio de lactosa es de

4.84% (48.4 g/L). Este último aumenta la disponibilidad de sustrato para la fermentación. Sin embargo, al conocer la naturaleza química del lactosuero se podría esperar que la limitante en el uso de suero de leche está en el proceso fermentativo, No obstante, según Denis Venturia existen propuestas que implican el uso de distintos tipos de bacterias y levaduras para promover la fermentación.

## JUSTIFICACIÓN

Una de las etapas más importantes en el proceso de elaboración de cerveza, es la fermentación, ya que es en ella donde las levaduras en condiciones anaerobias utilizan los azúcares fermentables provenientes del mosto para producir etanol; es importante destacar que estos azúcares fermentables son aportados por las maltas.

En la provincia de El Oro se producen los flakes de banano, los cuales generan como residuo un caramelo de banano denominado “Trenza”, misma que al ser rica en azúcares brinda la posibilidad de sustituir parte de la malta por ella, es importante tomar en cuenta que este residuo denominado “Trenza” no es aprovechado para ningún proceso y es vendido para la alimentación de ganado, razón por la cual es mucho mas economica que las maltas, de esta manera también se estaría disminuyendo los costos de producción en la cerveza.

Al mismo tiempo esta provincia también es productora de quesos cuyo proceso deja como residuo un producto denominado lactosuero, que por lo general suele ser desechado, este al contener lactosa dará la oportunidad de aportar cuerpo a la cerveza razón por la cual se tomó la decisión de integrarlo a la formulación sustituyendo parte del agua por lactosuero.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia de El Oro, se destaca en la producción de banano y la producción de quesos, estos generan residuos los cuales no son aprovechados y que además puede ocasionar un daño ambiental, estos no son aprovechados debido al desconocimiento de técnicas que permitan darles una segunda vida útil a estos.

El problema planteado para la investigación es bajo aprovechamiento existente a los residuos de las industrias alimentarias, así como también, al desconocimiento de una formulación que permita elaborar cerveza artesanal a partir de lactosuero y caramelo de banano, que son residuos que se obtienen de su respectiva línea de proceso y los cuales pueden tener un valor agregado obteniendo un producto final el cual cumpla con todas las características sensoriales y fisicoquímicas de una cerveza artesanal.

## HIPÓTESIS A DESARROLLAR

**H<sub>0</sub>** Es posible elaborar una cerveza artesanal a partir de residuo de banano deshidratado y lactosuero, sin afectar la aceptación sensorial y manteniendo las características físico-químicas establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2262), (2013).

**H<sub>1</sub>** Al menos una de las formulaciones de cerveza artesanal elaborada a partir de residuo de banano deshidratado y lactosuero logran la aceptación sensorial y mantener las características físico-químicas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Formular una cerveza artesanal a partir de la sustitución parcial de residuo de banano deshidratado (trenza) y suero de leche como alternativa de aprovechamiento de residuos alimentarios.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas de las materias primas.
- Formular la cerveza artesanal a partir de lactosuero y residuo de flakes de banano, considerando la aceptación sensorial y las características fisicoquímicas del producto.
- Realizar pruebas de control de calidad al producto final en lo relacionado a parámetros químicos y microbiológicos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. La Cerveza

##### 2.1.1. Historia

La mención más antigua de la cerveza se halla en una escritura cuneiforme del año, la cual describe la distribución de una ración diaria de cerveza y pan a los trabajadores. Estos cortaban en pedazos pan hecho con harina de trigo y metían esos pedazos en vasijas a las cuales le agregan agua, dejando esas vasijas al sol durante varios días. El calor del sol hacía fermentar la harina de trigo y gracias a este proceso obtenían una bebida alcohólica que luego filtraban y bebían (Bigeon et al., 2017).

Por otro lado, en el antiguo Egipto la cerveza también experimentó un estado de prosperidad, y era considerada como el Pan Líquido. Luego de algún tiempo, la cerveza ya era una bebida popular en Europa y consumida por los germanos, los escitas y los celtas. Sin embargo, fueron los alemanes los que dieron mayor impulso a la fabricación de esta bebida, pues contaban con gran cantidad de fábricas donde mezclaban cereales para obtener productos diferentes (Mocada et al., 2015).

El lúpulo le da a la cerveza el sabor y amargor característico, sin este la bebida resultante sólo podría considerarse como un vino de malta, es desde este punto que ya empieza a tomar fuerza el establecimiento de una normativa que rijan estrictamente a los insumos utilizados para la elaboración de la cerveza (Bettenhausen et al., 2020).

Ya establecida la producción de cerveza artesanal en las regiones de Europa, es Baviera donde el duque Guillermo IV establece la denominada ley de la pureza o Ley

Reinheitsgebot donde se establece el uso exclusivo de agua, malta, lúpulo y levadura como únicos ingredientes permitidos para la elaboración de cervezas, sin embargo en ciertos países como Inglaterra y Escocia se prohibió por presión de los gremios cerveceros el uso de lúpulo, pero con el pasar de los años y al descubrir los beneficios de la inclusión del lúpulo en la elaboración de cervezas los cuales son brindar el aroma y sabor característicos además de funcionar como un conservante natural ya que este contiene alfa ácidos que brinda un efecto antibiótico. (Flores, 2015).

Con el pasar de los años han ido surgiendo nuevos estilos de cerveza que alrededor del mundo se han ido alejando de la tradicional Ley Reinheitsgebot, sustituyendo o añadiendo ingredientes nuevos a las cervezas producidas, por esto en Alemania ya está permitido la comercialización de cervezas con otro tipo de adjuntos como trigo, maíz, sorgo, avena, etc. Dando una ayuda a los nuevos cerveceros en el campo de la innovación además de incrementar el catálogo disponible, naciendo así cervezas tipo: Ale escocesa, Duvel, Porter, Kösch, Cerveza de Trigo, Flanders Negra, Lager, Rauchbier (Cerveza Ahumada), Munich, Lambic y Cervezas de frutas. (I. Díaz, 2015)

### **2.1.2. Definición**

Como lo describe Muñoz y Arias, et al (2020) “La cerveza es una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo que se fabrica con granos de cebada en general, u otros cereales cuyo almidón, una vez modificado, es fermentado en agua y aromatizado con lúpulo”. Contiene CO<sub>2</sub> disuelto en saturación que se manifiesta en forma de burbujas a la presión ambiente. Su aspecto puede ser cristalino o turbio.

Según la definición de la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de normalización (NTE INEN 2262), (2013)

Cerveza es toda Bebida de bajo contenido alcohólico, resultante de un proceso de fermentación natural controlado, por medio de levadura cervecera proveniente de un cultivo puro, en un mosto elaborado con agua de características fisicoquímicas y bacteriológicas apropiadas, cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, con adición de lúpulo y/o sus derivados. (p.2)

### 2.1.3. Requisitos Físicos y Químicos de la Cerveza

Según Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 2262, (2013) la cerveza debe cumplir con los requisitos establecidos.

**Tabla 1. Requisitos Físicos y Químicos**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de Ensayo
Contenido Alcohólico a 20°C	%(v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Acidez Total, Expresado como ácido láctico	%(m/m)	-	0,3	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volúmenes de CO <sub>2</sub>	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	-	3,5	4,8	NTE INEN 2325
Contenido de Hierro	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,2	NTE INEN 2326
Contenido de Cobre	mg/dm <sup>3</sup>	-	1,0	NTE INEN 2327
Contenido de Zinc	mg/dm <sup>3</sup>	-	1,0	NTE INEN 2328
Contenido de Arsénico	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,1	NTE INEN 2329
Contenido de Plomo	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,1	NTE INEN 2330

Fuente: NTE INEN 2262, (2013).

### 2.1.4. Requisitos Microbiológicos de la Cerveza

**Tabla 2. Requisitos Microbiológicos**

<i>Requisitos</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cerveza Pasteurizada</i>		<i>Método de Ensayo</i>
		<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	
<i>Microorganismos anaerobios</i>	<i>ufc/cm<sup>3</sup></i>	-	10	<i>NTE INEN 1 529-17</i>
<i>Mohos y Levaduras</i>	<i>up/cm<sup>3</sup></i>	-	10	<i>NTE INEN 1 529-10</i>

*Fuente: (NTE INEN 2262), (2013)*

### 2.1.5. La Cerveza Artesanal y la Cerveza Industrial

Desde hace mucho tiempo ha existido una discusión la cual compara a las cervezas artesanales y a las industriales a pesar que el producto resultado es químicamente idéntico, y las materias primas utilizadas en la elaboración son las mismas la connotación de cerveza artesanal proviene justo de la denominación artesanal asociado a la palabra griega techné, que hace referencia a las actividades, técnicas y habilidades dadas por los maestros artesanos (Kederian, 2018).

Como lo describe Winkelman et al., (2019). La expansión mundial de la producción de la cerveza artesanal se remonta a los años 70 en Estados Unidos, iniciando con un movimiento de cerveceros caseros los cuales se ponían al establecimiento de cervecerías industriales. Este movimiento creó sus propias recetas y también se encargaron de reinterpretar las recetas históricas provenientes de Europa, específicamente Alemania, Gran Bretaña y Bélgica.

De aquí entonces se puede deducir que la diferencia principal es el proceso de elaboración, mientras que las grandes industrias cerveceras emplean procesos estandarizados y únicamente se lían a un tipo de cerveza base, las cervezas artesanales explotan la

creatividad del maestro cervecero, así como la habilidad para poder producir nuevas cervezas partiendo de una fórmula base añadiendo nuevos ingredientes o modificando la base de la formulación (Barnett et al., 2016).

### **2.1.6. Tipos y Estilos de Cervezas**

#### **Estilos de cerveza.**

Los estilos de cerveza son propios de cada localidad productora, pero todos se basan en el método base de producción, partiendo por el malteado de los granos de cebada, esto es muy importante porque en base al color de los granos de malta que se usan los cuales son medidos por el Standard Reference Method por sus siglas (SRM) el cual es una ampliación de la escala Lovibond (Rodríguez, 2003).

De esta manera un claro indicador de diferencia para los diferentes estilos de cervezas artesanales es el tiempo de tostado de la malta justamente como lo indica Guzmán et, al (2019).

La diferencia en la intensidad de color entre las cervezas está asociada a las temperaturas de tostado, ya que cuando la malta es sometida durante mucho tiempo a la temperatura de tostado se generan compuestos que dan esta tonalidad a la malta y por ende se verán reflejados en la cerveza.

Sin embargo, como lo indica “los estilos de cervezas también pueden estar definidos por los registros históricos, por los mismos fabricantes en base a la experimentación y revisión de antecedentes, en Estados Unidos por parte de la (American Home Brewes Association), en Inglaterra por el grupo CAMRA (Campain for Real Ale) y los programas de certificación de jueces cerveceros”.

### **2.1.6.1. Tipos Según su Fermentación**

Al momento de elaborar una cerveza artesanal uno de los procesos que más control requiere es la fermentación, esto permite la conversión de los azúcares fermentables que posee el mosto a alcohol, además de permitir la carbonatación natural de la cerveza embotellada. como lo detalla Garcia, et al (2013). “Aquí también se fijan los diferentes estilos de fermentación, que son resultado del tipo de levadura y la temperatura de fermentación”.

#### **Cerveza Tipo Lager o de Baja Fermentación**

Las cervezas de tipo Lager son consideradas como las más nuevas y datan de mediados del siglo XIX. Estas cuentan con la ayuda de la refrigeración artificial la cual se fue desarrollando desde aquel tiempo, además basándose en los estudios de Pasteur que hablaban del aislamiento de un tipo de levadura la cual podía fermentar en la parte inferior de los tanques y que podía seguir fermentando el azúcar en etanol, es decir, éstas poseen una mayor resistencia al alcohol De ahí el origen del término Lager, que significa guardar o almacenar en alemán. (Suárez, 2013)

Con información recopilada de datos históricos se encontraron casos que en la antigüedad las cervezas que se elaboraban en lo más profundo de cuevas frías o hasta heladas ayudan a preservar mejor las características organolépticas de esta y también evitaban que estas se estropeen durante el verano.

**Tabla 3. Estilos de Cerveza Pertenecientes a la familia Lager.**

<b>Estilo</b>	<b>Características</b>	<b>Procedencia</b>
<b>Pilsen</b>	Cerveza con sabor a malta y lúpulo de color dorado pálido con una graduación alcohólica entre 4,5% y 5,5%	<b>Austrohúngara</b>
<b>Münchener</b>	Cerveza de color rojo amarronado pudiendo llegar negro intenso, con un contenido alcohólico de 5% al 5,5%	<b>Alemana</b>
<b>Märzen</b>	Cervezas con tono dulce y con sabor a malta, color bronce y se caracteriza por tener mucho cuerpo su porcentaje de alcohol va de 5% al 6%	<b>Alemana</b>
<b>Viena</b>	Cerveza maltosa dulce y con moderada adición de lúpulo de color ámbar y contenido alcohólico entre 4% y 5%	<b>Austriaca</b>

**Autor: Suárez, (2013)**

### **Cervezas Lambic o de Fermentación Espontánea**

Estilo de cerveza es muy particular pues es el más fiel y el primer método descubierto para la elaboración de cervezas, destaca por la no inclusión de un tipo específico de levadura sino más bien por el uso de levaduras silvestres procedentes del propio medio donde se está fermentado, una técnica común es dejar fermentar al ambiente cubriendo con un cedazo o una tela que impida que se contamine con agentes ajenos.

Según Suárez, (2013) “Se caracterizan por su proceso de elaboración que puede durar largos periodos de tiempo, mínimo seis meses, se desarrolla en la localidad de Lembeck en Bruselas-Bélgica”.

**Tabla 4. Estilos pertenecientes a la Familia Lambic**

<b>Estilo</b>	<b>Características</b>	<b>Procedencia</b>
<b>Gueze</b>	Cervezas muy gasificadas, mejora con el pasar del tiempo, notas de trigo y toques ácidos notables, el grado alcohólico varía según la cervecería	<b>Belga</b>
<b>Faro</b>	No son muy elaboradas, su característica a destacar es que poseen azúcar y son muy burbujeantes	<b>Belga</b>
<b>Kriek</b>	Son las más tradicionales, están elaboradas con frutas y se las denomina como Champagne rosado debido a que lleva cerezas en su formulación	<b>Belga</b>

**Autor: Suárez, 2013**

### **Cervezas tipo Ale o de Alta Fermentación**

Es un tipo de cerveza cuya fermentación es superficial, esto debido a que la levadura usada para la fermentación se mantiene en la superficie durante todo el proceso, este tipo de cervezas se fermentan en temperaturas relativamente altas llegando hasta los 25 °C, como lo detalla Echeverría & Gutiérrez, (2010).

El nombre de este tipo de cerveza se refiere estrictamente a la fermentación que se realiza más no al cuerpo, color o estilo que se vaya a desarrollar, estos atributos serán otorgados directamente por los adjuntos con los cuales se las trabaje, es decir la cantidad y tipo de maltas, el agua que se use para la maceración, la cantidad tiempo y tipo de lúpulos que se adicionen y el tiempo de maduración.

**Tabla 5. Estilos pertenecientes a la Familia Lambic**

<b>Estilo</b>	<b>Características</b>	<b>Procedencia</b>
<b>Brown Ale</b>	Cervezas afrutadas secas con un color ámbar o castaño fuerte.	<b>Británica</b>
<b>Pale Ale</b>	cervezas afrutadas de bajo amargor y poco densas su grado alcohólico va entre 4% y 5%.	<b>Británica</b>
<b>Mild</b>	cervezas de cuerpo ligero con poco amargor, su contenido de alcohol es bajo entre 3% y 4%.	<b>Británica</b>
<b>Bitter</b>	Cervezas de cuerpo ligero con alto amargor, su grado alcohólico va entre 3,5% y 4%.	<b>Británica</b>
<b>Scotch</b>	cervezas con alto cuerpo, amargor medio y color marrón.	<b>Británica</b>
<b>Stout</b>	Cervezas de cuerpo medio alto con amargor medio con colores desde el ámbar oscuro hasta el negro intenso.	<b>Británica</b>
<b>Ale Belga</b>	cervezas afrutadas con gran sabor a malta, contenido moderado de alcohol entre 5% y 6%.	<b>Belga</b>
<b>Ale Roja</b>	cervezas ácidas de cuerpo ligero con un grado alcohólico bajo entre 3% y 4%.	<b>Belga</b>
<b>Altbier</b>	cervezas de cuerpo ligero de color ambar oscuro a bronce con un contenido alcohólico del 4,5% y 5%.	<b>Alemana</b>
<b>Kölsh</b>	cervezas muy afrutadas de color dorado palido con un 5% de alcohol.	<b>Alemana</b>
<b>American Amber Ale</b>	cervezas modernas con nivel medio de amargor, sabor a malta caramelo y un grado alcohólico entre 4,5% y 5%.	<b>Americana</b>
<b>American Pale Ale</b>	cervezas con sabor marcado a lúpulo con notas cítricas con cuerpo medio o bajo y un grado alcohólico de 5%.	<b>Americana</b>

**Autor: Suárez, 2013**

## Diferencias entre Tipos de Cervezas

**Tabla 6. Resumen de Características**

<b>Diferencias sensoriales</b>		
<p style="text-align: center;"><b>Ale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sabor robusto, afrutadas y aromáticas.</li> <li>● Sabor y aroma compuestos.</li> <li>● Se sirven entre 7 y 12 °C</li> <li>● Cervezas amargas</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Lager</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sabor Ligero</li> <li>● Carbonatadas o crujientes</li> <li>● Sabor y aroma sutil limpio</li> <li>● Se sirven entre 3 y 7 °C</li> <li>● Cervezas suaves</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Lambic</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sabor robusto medio afrutadas bastante carbonatadas</li> <li>● Sabor y aroma complejos compuestos</li> <li>● Se sirven entre 5 y 11 °C</li> <li>● Cervezas dulces astringentes</li> </ul>

**Autor: Suárez, 2013**

### Cerveza Stout

Dentro de los tipos de cerveza destacan las Ale, ya que su fermentación no requiere la consideración de bajas temperaturas sino más bien temperatura ambiente y dentro del amplio catálogo debido a las características que presentan destacan las Stout que junto con las Porter destacan por sus colores oscuros, espuma característica, así como por su aroma notorio a lúpulo. Según Strong & England, (2015) “Las cervezas de estilo Stout por sus atributos sensoriales como lo son su color negro intenso, además del sabor característico dotado por las maltas oscuras que se emplean en su formulación son muy aceptada por los consumidores de cerveza que buscan algo nuevo a las cervezas tradicionales de color dorado”.

### 2.2. Materias Primas

Las materias primas y su forma de procesamiento determinan la aceptabilidad del producto final, esta contiene una amplia variedad de especies químicas con diferentes

propiedades que darán un determinado amargor, color y formación de espuma. Los componentes aromáticos y el amargor están dados por el lúpulo, mientras que el color se debe por la reacción de Maillard que se dan en etapas como el malteado y la espuma por el contenido de CO<sub>2</sub> en la cerveza (Díaz, 2013).

Según Mencía Sánchez & Pérez Gallegos, (2016) “El mercado de la cerveza es competitivo, por ende, es necesario innovar para crear nuevas tendencias y nuevos sabores, el descubrir nuevos procesos nos lleva al uso de materias primas diferentes”, por lo cual en nuestro diseño de cerveza además de utilizar las materias primas habituales (Malta, lúpulo, levadura y agua) utilizamos otras materias primas como lo es el lactosuero y caramelo de banano.

### **2.2.1. Malta**

La cebada es un grano de cereal de gran importancia industrial debido a su alta concentración de carbohidratos, proteínas y su alto contenido en fibra, especialmente los especialmente  $\beta$ -glucano además de ser una buena fuente de compuestos bioactivos y antioxidantes que pueden ser de gran beneficio para el ser humano (Roberto et al., 2019).

Aproximadamente el 80% de los antioxidantes fenólicos en la cerveza provienen de la malta de cebada, por lo que las cervezas producidas a partir de la malta con un alto contenido fenólico han demostrado tener una mejor calidad sensorial y estabilidad. Esto según Guo, Yu, & Zhang, 2018 citado en (Roberto et al., 2019).

El 70 % de la producción mundial de cebada se destina a la industria maltera, y el 30 % restante a la alimentación de ganado. Para la producción de cerveza se deben utilizar cebadas con altos porcentajes en almidón (60 a 80%) (Parés Viader et al., 2021). Debido a que es el compuesto que da origen a los extractos fermentativos, El tipo de cebada es uno de

los factores más importantes en el desarrollo de sabor, y es durante la etapa del malteado que los granos de cereal experimentan una serie de cambios químicos y estructurales los cuales conducen tanto a la liberación de carbohidratos fermentables como a la producción de precursores relacionados con las propiedades organolépticas (color, olor y sabor) deseadas para la producción de cerveza (Guzmán-Ortiz, 2019).

Dependiendo del grado de tostado y secado que tengan los granos de malta, se definirán los distintos tonos y sabores que tendrán los diversos tipos de cervezas, ya que cuando una malta es sometida durante mucho tiempo a la temperatura de tostado se genera una coloración oscura en la cerveza, Además en la cocción los azúcares se combinan con aminoácidos que en su mayoría provienen de la malta sucede una reacción que forma melanoidinas y oscurecen el mosto (Pereira de Moura & Rocha dos Santos Mathias, 2018).

El contenido de humedad de la cebada apta para la elaboración de la cerveza debe de ser menor al 15%, sin embargo, en una cosecha húmeda esta puede alcanzar hasta el 20% por lo cual esta debe ser secada, el contenido restante se le denomina materia seca. La materia seca en promedio tiene la siguiente composición (Kunze, 2006).

**Tabla 7. Composición química cebada en materia seca**

<b>Sustancia</b>	<b>Cantidad %</b>
Hidratos de Carbono	70 - 85
Proteínas	10,5 - 11,5
Substancias minerales	2 - 4
Grasas	1,5 - 2
Otras Substancias	1 - 2

**Autor: Kunze, 2006**

### 2.2.2. El Lúpulo

El Lúpulo ha sido usado desde la antigüedad debido a los compuestos que forman parte de las glándulas de la flor femenina de lúpulo (Lupulina) por sus propiedades terapéuticas, en la actualidad esta planta es utilizada casi exclusivamente en la industria de la cerveza, de todos los compuestos presentes en la lupulina, existen tres grupos que por su importancia en la industria agroalimentaria destacan sobre el resto: resinas, aceites esenciales y polifenoles (Miranda, 2015).

Las resinas se dividen en dos categorías, las resinas blandas y las resinas duras, esta primera es la sustancia responsable de las propiedades organolépticas de la cerveza, están formadas por dos grupos de ácidos amargos, humulones ( $\alpha$ -ácidos) y lupulones ( $\beta$ -ácidos). Los  $\alpha$ -ácidos son los más importantes en cuanto a su aporte de amargor, estabilidad microbiológica y de la espuma. Durante el proceso de fabricación de la cerveza, estos compuestos sufren diferentes reacciones químicas principalmente de isomerización e hidrólisis formando los iso- $\alpha$ -ácidos que son los responsables de las características finales de la cerveza (Miranda, 2015).

El lúpulo se utiliza en el proceso de elaboración de la cerveza por su aporte de aroma y amargor, en particular, la fuente de la amargura de la cerveza proviene principalmente de los  $\alpha$ -ácidos (humulona, cohumolona y adhumulona), durante el proceso de elaboración de la cerveza, los  $\alpha$ -ácidos como la humulona se degradan a cis-y trans-isohumulona, este proceso de isomerización implica la contracción del anillo de seis miembros del compuesto  $\alpha$ -ácido a un anillo iso- $\alpha$ -ácido de cinco miembros con dos centros quirales a través del reordenamiento de aciloides, dando como resultado los diastereoisómeros cis y trans (Morales-toyo, 2018).

**Tabla 8. Composición media de los Lúpulos comerciales**

Sustancia	Cantidad %
Agua	10
Resinas Totales	15
Aceites esenciales	0,5
Polifenoles	4
Monosacáridos	2
Pectina	2
Aminoácidos	0,1
Proteínas	15
Lípidos Y Ceras	3
Ceniza	8
Celulosa, Lignina	40,4

*Autor: (Hough,1971)*

### 2.2.3. Levadura

Son microorganismos determinantes en el proceso de elaboración de cerveza, estos son los encargados de transformar los azúcares fermentables que se encuentran en el mosto a etanol y CO<sub>2</sub> esto por acción del proceso de glucólisis. Según detalla (Suárez-machín et al., 2016) en su investigación sobre las levaduras, el concepto proporcionado es:

Las levaduras son organismos eucariotas con gran diversidad respecto a su tamaño, forma y color. Son consideradas hongos unicelulares y generalmente sus células son ovaladas, pueden encontrarse en forma esférica, cilíndrica o elíptica”. Los constituyentes macromoleculares de las levaduras incluyen proteínas, glicoproteínas, polisacáridos, polifosfatos, lípidos y ácidos nucleicos su pared celular comprende entre 15 y 25 % de la masa seca de la célula y sus principales componentes son

polisacáridos (80-90 %), esencialmente glucanos y mananos, con una menor contribución de quitina, además de proteínas y lípidos.

Las levaduras cerveceras se clasifican en aquellas de fermentación alta y baja, las primeras se emplean para producir cervezas ale, intervienen cepas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, estas levaduras trabajan en un rango de temperatura de 18 a 24°C, mientras que las cervezas de fermentación baja se producen utilizando cepas de la especie *Saccharomyces pastorianus* estas trabajan a temperaturas de 5 y 15 °C (Amalia et al., 2021).

Las cepas de levadura más empleadas en la fabricación del vino, cerveza y pan, son las correspondientes a la especie *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura sigue un metabolismo fermentativo cuando está en condiciones anaerobias, pero cuando hay oxígeno hace una respiración aerobia y no produce alcohol (Walker & Stewart, 2016). Este fenómeno es determinante en la industria de bebidas alcohólicas, pues para que la producción de etanol sea correcta, las levaduras deben desarrollarse en ausencia de oxígeno (Belitz et al., 1997).

Para desarrollarse y funcionar bien, la levadura necesita nutrientes como carbohidratos fermentables, aminoácidos, vitaminas, minerales y oxígeno, siendo el mosto un medio que se puede considerar rico ya que este contiene azúcares fermentables, una amplia variedad de aminoácidos y otros componentes nitrogenados, sales minerales entre las que se encuentra el calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, cinc, cobre y manganeso, cloruros, sulfatos, carbonatos y fosfatos, también se encuentran presentes vitaminas tales como biotina, ácido pantotéico, inositol, tiamina, piridoxina y ácido nicotínico (García, 2013).

Tener un mosto rico en compuestos nitrogenados es muy importante para el desarrollo de las levaduras, estas necesitan nutrientes como carbohidratos fermentables, aminoácidos, vitaminas, minerales y oxígeno, siendo el mosto un medio que se puede considerar rico ya que este contiene azúcares fermentables, una amplia variedad de aminoácidos y otros

componentes nitrogenados, en la etapa del macerado se liberan entre 700 y 800 mg de nitrógeno por litro de mosto (Loviso & Libkind, 2018).

#### **2.2.4. Agua**

El agua es la materia que se usa en mayor proporción dentro de la elaboración de la cerveza, Se utiliza agua donde intervienen las transferencias de calor, en la etapa de maceración, como disolvente, como materia prima, para limpieza, etc (Barreto Torrella & Arias Vidal, 2018).

Tal como lo indica (Winkelman et al., 2019) “La calidad del agua es determinante en la calidad de la cerveza, pues representa más del 90% del producto final”. El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) recomienda 10 -15 hL de agua por hL de cerveza Resolución N° 58 (1995), sin embargo, optimizando su uso, actualmente se pueden alcanzar consumos inferiores a 3,75 hL/hL esto según VLB Berlín 2007, citado en (Barreto Torrella & Arias Vidal, 2018).

El estilo de cerveza a elaborar muchas veces es importante un tipo de características especiales del agua, por ejemplo, para una cerveza porter o stout es importante agua que contenga sales de calcio, para ciertos tipos de Pale Ale es necesaria agua rica en sulfatos, si se usa agua con niveles elevados de Cloro el producto final dará notas de sabor que indica la presencia de cloratos (M. S. Díaz, 2013).

#### **2.2.5. Trenza de Banano (Residuo de la elaboración de Flakes de banano).**

Procedente de la Industria Diana Food, es un residuo que se produce del proceso de deshidratación del puré de banano para la elaboración de los Flakes de banano, este caramelo se obtiene de rodillo que hace la acción de aplanar y secar el producto este es descartado de la línea de producción debido a que por el contacto directo con los rodillos este sufre una

pirólisis motivo por el cual no puede usarse ya que los controles de calidad de los productos son muy estrictos.

Según los análisis realizados en laboratorio, este tiene un alto contenido de azúcares fermentables en la zona que no ha sufrido una pirolisis directa mantiene un color amarillo propio de la fruta, una textura muy dura que con el pasar del tiempo si no se mantiene en las condiciones óptimas de almacenamiento se vuelve muy sólido.

El uso de este caramelo de banano permite un aumento en la cantidad de los azúcares fermentables, siendo en representación 1:5 en comparación a la cebada malteada esto representa que cada kilogramo de caramelo banano representa cinco kilogramos de malta usada en la elaboración de cerveza.

Además, la parte interna que se somete directo a la alta temperatura otorga un color muy oscuro que denota la presencia de melanoidinas las cuales ayudan a dar un color oscuro a la cerveza permitiendo usarlo para la elaboración de cervezas de estilo Porter o Stout.

#### **2.2.6. Lactosuero**

El lactosuero es un residuo alimentario obtenido a partir del procesamiento de la leche para la obtención del queso, éste se caracteriza por tener un color amarillo verdoso, este residuo en la actualidad está empezando a tener una significativa aplicación pues del lactosuero puede obtenerse hasta un 30% de suero en polvo, un 15 % de este en lactosa y el restante se utiliza para la elaboración de concentrados proteicos. Bosco, et al (2018).

Como detalla (Torres y Romero, 2020) al momento de describir las características y las propiedades del suero en cuanto a su nivel de pH este tiene dos clasificaciones.

El suero de queso se clasifica de acuerdo a su nivel de acidez en suero dulce o ácido. El suero ácido tiene un pH 5, que se obtiene después de la fermentación o adición de ácidos orgánicos o minerales. El suero dulce con un pH entre 6 y 7, se genera por la adición de enzimas proteolíticas como quimosina.

En dependencia de las vías usadas para la obtención de queso el suero de leche obtenido tendrá una variación de sus componentes, y ya que los medios para su obtención son por vía enzimática y por el uso de ácidos orgánicos el lactosuero se denomina como suero dulce el resultante del empleo de enzimas para elaborar el suero y suero ácido al suero obtenido por la adición de ácidos orgánicos.

Como se aprecia en el cuadro a continuación Según Shankar et al. (2015) se clasifica al lactosuero en dependencia a su método de obtención y se realiza la comparativa en diversos parámetros, siendo de interés para esta investigación el porcentaje de Lactosa obtenido.

**Tabla 9. Componentes del suero de leche dulce y ácido**

<b>Componentes</b>	<b>Suero Dulce (g/L)</b>	<b>Suero ácido (g/L)</b>
Sólidos totales	63.0-70.0	63.0-70.0
Lactosa	46.0-52.0	44.0-46.0
Proteína	6.0-10.0	6.0-8.0
Grasa	5.0	0.4
Lactato	2.0	6.4
Ceniza	5.0	8.0
Calcio	0.4-0.6	1.2-1.6
Fosfato	1.0-3.0	2.0-4.5
Cloruro	1.1	1.1

Fuente: Shankar et al. (2015)

### 2.3. Fermentación Alcohólica

La fermentación alcohólica es una de las etapas más importante dentro del proceso de elaboración de la cerveza, la temperatura de fermentación y el tipo de levadura es muy importante al producir un estilo de cerveza determinado (Garduño-García et al., 2014).

La fermentación alcohólica es un conjunto de transformaciones bioquímicas en el cual las levaduras utilizan los azúcares presentes en un mosto como sustrato y en condiciones anaerobias producen etanol más CO<sub>2</sub> (Rodríguez & Ortega, 2016). La conversión se representa mediante la siguiente ecuación estequiométrica.



El proceso de transformación para degradar la glucosa en 2 moléculas de etanol y 2 moléculas de dióxido de carbono es un proceso complejo, dado que al mismo tiempo también estas se están reproduciendo para lo cual necesita de los nutrientes que hay en el mosto (de la Maza et al., 2019).

Por cada gramo de glucosa obtenemos 0,511g de etanol y 0,489 g de CO<sub>2</sub> en el caso de que tuviéramos un rendimiento al 100%, sin embargo, esto no sucede en la práctica, el rendimiento experimental varía entre el 87 y 95% (Javier Vázquez & Dacosta, 2007).

#### 2.3.1. Azúcares Totales

Al referirnos a azúcares totales, hacemos referencia a todos los azúcares presentes que puedan estar en un alimento, estos por su sabor dulce, son utilizados como edulcorantes para dar palatabilidad a los alimentos y bebidas, de todos los nutrientes, son los que producen una combustión más limpia y rápida en las células y dejan menos residuos en el organismo, los azúcares totales se conforman de azúcares reductores y azúcares no reductores (Ruiz & Varela-Moreiras, 2017).

### **2.3.2. Azúcares Reductores**

Los azúcares reductores deben su nombre a la capacidad de la molécula de ceder electrones a otra, en este caso puede considerarse a un grupo aldehído o cetona libre, estos también son muy importantes en reacciones como la Maillard, ya que al estar junto con un aminoácido y temperatura genera la coloración marrón conocida de esta reacción (Núñez et al., 2012). A este grupo de azúcares también se los conoce dentro del proceso de fermentación como azúcares fermentables, ya que al producirse la reacción de fermentación estos interactúan con las levaduras produciendo los compuestos resultantes Alcohol y CO<sub>2</sub>(Bello G. et al., 2006).

En muchos países dentro de los procesos de obtención de bioetanol y biocombustible a partir de desechos agroindustriales, debido a que muchos de estos residuos son ricos en lignina, la cual mediante tratamientos enzimáticos en su mayoría se logran obtener los azúcares fermentables o reductores (Espinoza et al., 2017).

### **2.3.3. Azúcares reductores de las materias primas**

En las materias primas utilizadas para la elaboración de cerveza artesanal encontramos azúcares reductores provenientes de la misma malta, así como también en el suero de leche y en el residuo de banano deshidratado, y estos azúcares son: por parte de la malta base Maltosa, por el lactosuero, Lactosa, y por el banano deshidratado Glucosa y Fructosa.

#### **2.3.3.1. Tipos de Azucares reductores**

##### **Glucosa**

Es el monosacárido que más se encuentra en la naturaleza, en frutas como banano, manzanas, fresas, y en hortalizas como la cebolla, la cantidad de este azúcar se relaciona directamente con el grado de madurez de la fruta u hortaliza.

**Fructosa**

Se encuentra principalmente en frutas y mieles, este es un azúcar reductor que químicamente se da por la hidrolización de la sacarosa y, dado a que es levorrotatorio, se le designa el nombre de levulosa. Forma parte de polisacáridos como la inulina.

**Lactosa.**

Es un disacárido y un azúcar reductor que se encuentra únicamente en la leche, de la hidrólisis de este azúcar se obtiene glucosa y galactosa. Suele provocar reacciones alérgicas a personas que no cuentan con la enzima Lactasa ya que no puede desdoblarse dentro de su organismo, lo que genera este problema de salud.

**Maltosa**

Disacárido compuesto por dos moléculas de glucosa, se obtiene principalmente de la malta cervecera que son los granos de cebada a los cuales se frenó el proceso de germinación, en estudios como el realizado por (Lu, et al. 2017), se encontró que puede estar presente en miel de abeja siendo sintetizado de polisacáridos de cadena larga en las cuales se encuentren simultáneamente unidas dos moléculas de glucosa.

**2.2.12. Azúcares no Reductores**

A diferencia de los azúcares no reductores estos no poseen un grupo carbonilo libre y por ende no puede reaccionar con otras moléculas, dentro de la elaboración de cerveza estos se encargan de brindar la viscosidad o cuerpo a la cerveza, médicamente hablando estos pueden llegar a provocar una intolerancia ocasionando problemas gastrointestinales (Plaza-Díaz et al. 2013).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los análisis se llevaron a cabo en los laboratorios de investigación la Universidad Técnica de Machala en la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud

#### 3.1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas de las materias primas.

Para la determinación de las propiedades físico químicas de las materias primas (suero de leche y caramelo de banano) dada las características propias de cada una de ellas se aplicarán metodologías diferentes, en el caso del caramelo de banano para la cuantificación de los azúcares fermentables que es el componente principal se aplica el método de Miller usando la refractometría por UV visible.

##### 3.1.1. Determinación de densidad en el lactosuero

Para determinar la densidad del lactosuero nos basamos en la investigación realizada por (Pérez-Legaspi et al., 2015) el cual hace referencia a la normativa Oficial Mexicana (NOM-F-424-S-1982), en la que se determina la densidad del lactosuero utilizando un lactodensímetro de Quévenne.

##### **Materiales**

- Probeta de vidrio, plástico o metal, de 500 cm<sup>3</sup>.
- Lactodensímetro de Quévenne.
- Material común de laboratorio.

##### **Preparación de la muestra:**

Luego de obtener el lactosuero proveniente de las queserías de la parte alta de la provincia, Llevar la muestra a una temperatura entre 13 y 15°C, y homogeneizamos la muestra evitando la formación de espuma.

## **Procedimiento**

Colocar 250 ml de la muestra en una probeta e introducir el lactodensímetro cuidando de no tocar las paredes de la probeta luego efectuar la medición con el lactodensímetro en la muestra, teniendo presente que éste flote libremente y que no debe presentarse formación de espuma en el terminal de la espiga del lactómetro, es muy importante controlar la temperatura de la leche y debe estar comprendida en el rango de 15 a 20°C. Para finalizar realizar la medición en la espiga del lactómetro en el punto más bajo que alcanza el menisco, de ser necesario corregir la lectura del lactodensímetro de acuerdo con la temperatura del lactosuero al tiempo de la medición. Sumar 0.0002 por cada grado mayor de (15°C) y restar 0.0002 por cada grado menor (15°C).

### **3.1.2. Determinación de acidez en el lactosuero**

La medición de acidez titulable está basada en la NTE INEN 0013, la cual establece el método para determinar la acidez en la leche, pero la usamos para determinar la acidez en el lactosuero.

## **Reactivos**

- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N
- Solución indicadora de fenolftaleína
- Agua destilada, exenta de CO<sub>2</sub> y a temperatura ambiente

## **Preparación de la muestra**

Homogeneizar la muestra por agitación e inversión repetida del recipiente que lo contiene, evitando la formación de espuma.

## **Procedimiento**

Lavar cuidadosamente y secar el matraz Erlenmeyer y colocar en el erlenmeyer la muestra. Luego diluir el contenido del matraz con un volumen dos veces mayor de agua destilada, y agregar 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína. Agregar, lentamente y con

agitación, la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, justamente hasta conseguir un color rosado que persista durante 30 s. Para finalizar leer en la bureta el volumen de solución empleada, con una aproximación a 0,05 ml, la acidez titulable de la leche se calcula mediante la respectiva ecuación.

#### **Siendo**

- **A**= Acidez titulable de la leche, en porcentaje en masa de ácido láctico.
- **V<sub>m</sub>** = volumen de la muestra.
- **V** = volumen del hidróxido de sodio.
- **N**= normalidad del hidróxido de sodio.
- **K**= constante del hidróxido de sodio.
- **meq** = miliequivalentes del ácido láctico

### **3.1.3. Determinación del pH del lactosuero**

Para la determinación del pH del lactosuero se basó en la norma NTE INEN 0973, en la cual se establece como el método potenciométrico para determinar el pH en agua potable, pero se aplicó para la determinación del pH del lactosuero.

#### **Reactivos**

- Suero dulce de leche
- Agua destilada
- Soluciones tampón pH4, pH7, pH9

#### **Preparación de la muestra**

Verificar que la muestra esté a temperatura ambiente.

#### **Procedimiento**

Efectuar la determinación por duplicado sobre la muestra, posteriormente lavar los electrodos con agua destilada y calibrar el aparato a la temperatura de la muestra. Finalmente colocar la muestra en el vaso de precipitación, introducir los electrodos y efectuar la determinación del pH.

### 3.1.4. Determinación de Azúcares Reductores (Glucosa y Lactosa)

El método DNS, es una técnica colorimétrica que se basa en una reacción redox que ocurre entre el ácido dinitrosalicílico y los azúcares reductores presentes en la muestra, Según el método de Miller citado en (Núñez et al., 2012), los azúcares reductores pueden reducir el ácido 3,5-ácido dinitrosalicílico bajo determinadas condiciones, cuando el ácido 3,5-dinitrosalicílico es reducido en presencia de calor, por los azúcares reductores que entran en contacto con él, se desarrolla un cambio de color parecido al café, el cambio de coloración puede entonces determinarse por espectrofotometría a una longitud de onda de 540nm.

#### Reactivos

- Acido 3,5- dinitrosalicílico
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Tartrato de sodio y potasio ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )
- Agua destilada
- Solución Patrón Glucosa (2000 ppm)

#### Muestras

- Banano deshidratado
- Lactosuero

#### Equipos

- Estufa
- Espectrofotómetro UV-Vis HACH DR 6000
- Agitador Magnético

#### Preparación del reactivo ácido 3,5 dinitrosalicílico

Pesar 2,5 g de ácido 3,5 dinitrosalicílico, 75 g de tartrato de Na-K y 4 g de NaOH. Se disuelve el NaOH en 100 ml de agua y se añade en agitación el tartrato de Na-K lentamente. Se completa con agua hasta 200 ml y se comienza a añadir lentamente el ácido 3,5 dinitrosalicílico. Se deja en agitación toda la noche, se enrasa a 250 ml y se filtra.

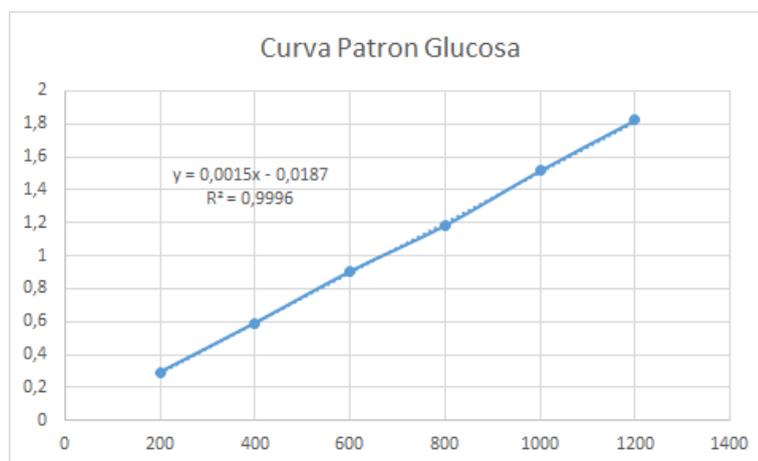
#### Preparación de la Curva patrón

A partir de la solución patrón para glucosa y lactosa respectivamente con agua destilada se prepararon 10 tubos con diferentes concentraciones siendo éstas (100, 200, 300,

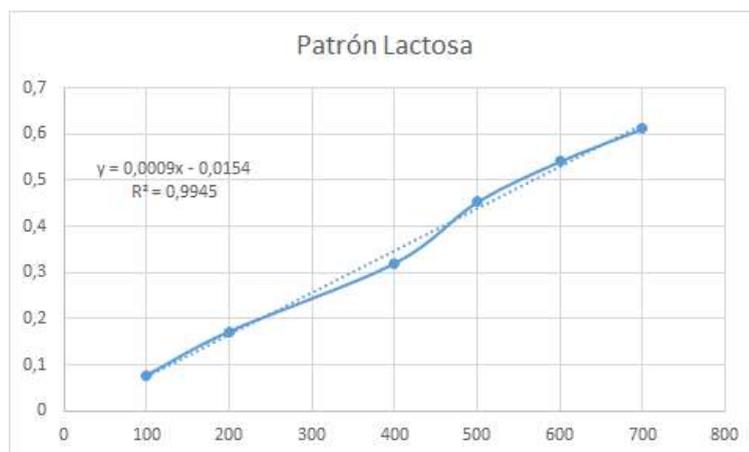
400, 500, 600, 700 mg/L). El trabajo se hizo por triplicado. A cada uno de los tubos, se le adiciona 1 mL del reactivo DNS y se agitó con el Vórtex. Se pusieron en un baño María durante 5 minutos, se dejaron enfriar y se agregaron 4 mL de agua destilada. Utilizando como blanco una solución de agua con el reactivo DNS, se determinó la absorbancia a 540 nm.

### Curva Patrón de Azúcares Reductores

**Gráfica 1. Curva de Calibración UV-Vis para Glucosa.**



**Gráfica 2. Curva de Calibración UV-Vis para Lactosa.**



Las curvas de calibración elaborada con el software informático Excel, donde se colocan los valores de concentración y la absorbancia para formar la recta la cual se valida al tener un coeficiente de regresión cercano a 1.

### **Análisis UV-Vis de las muestras**

Se realizó por triplicado, se tomó 1 ml de la muestra de carbohidratos, enseguida se adiciona 1 ml del reactivo DNS y se calienta por 15 minutos en baño maría. Se deja enfriar y se adiciona 8 ml de agua destilada se procede a leer la absorbancia a 540nm.

#### **3.1.5. Determinación de Azúcares Totales**

Todos los carbohidratos pueden ser determinados, pues bajo el efecto de hidrólisis ácida se obtienen mono o disacáridos que pueden cuantificarse por métodos espectrofotométricos, produciendo una reacción exotérmica, el método más simple a utilizar es el de (DuBois et al. 1951), los más usados el UV, con la implementación de ácidos como el Fosfórico, Clorhídrico y Sulfúrico provocando la deshidratación del carbohidrato liberando 3 moléculas de agua, con esta reacción se obtienen derivados furfural, y el 5-hidroximetilfurfural (HMF), a este método se le realiza una ligera una ligera modificación en el método siguiendo la metodología planteada por (López et al 2017).

#### **Reactivos**

- Acido Sulfurico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Patrón Glucosa (2000 ppm).
- Agua Destilada.

#### **Equipos**

- Campana de Gases.
- Espectrofotómetro UV-Vis HACH DR 6000.
- Agitador Magnético.

#### **Muestra**

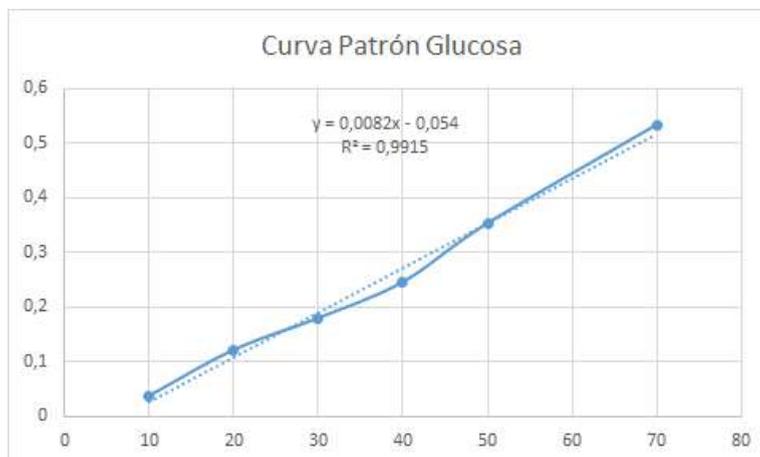
- Banano deshidratado

#### **Preparación de curva Patrón**

Se usaron concentración de 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 mg/L, usando como solvente agua destilada hasta completar 1 ml de carbohidratos, se realizó la curva de calibración para

su respectiva validación realizando el trabajo por triplicado para disminuir el porcentaje de error en la calibración.

### Gráfica 3. Curva de Calibración UV-Vis para Glucosa.



La curva de calibración elaborada con el software informático Excel, donde se colocan los valores de concentración y la absorbancia para formar la recta la cual se valida al tener un coeficiente de regresión cercano a 1.

### Análisis UV-Vis de las muestras

Siguiendo la metodología aplicada por Albalasmeh, et al (2013) en el cual se toma 1 mL. de muestra y se añaden 3 mL. de Ácido Sulfúrico concentrado luego se agita por 30 s. Esta solución se enfría en baño de hielo por 2 min. Se realiza la medición en el espectrofotómetro utilizando una longitud de onda de 315 nm.

## 3.2. Diseño de Experimentos

### 3.2.1. Determinación del Diseño Experimental a Elaborar.

Dentro de los diversos tipos de diseños experimentales el escogido es el Diseño Experimental Factorial  $2^k$  ya que este diseño permite indicar los niveles de sustitución de los elementos de interés de la cerveza artesanal, en este caso el caramelo de banano y el lactosuero y evaluar las interacciones de estos, al momento de elegir los niveles máximos y mínimos de sustitución. (Álvarez et al., 2018a)

De esta manera, establecidos nuestros factores del experimento se determinan las variables respuesta que serán las que se verán modificadas en dependencia de los distintos niveles de sustitución y combinación de estos al momento de formular la cerveza basándonos en una receta base del estilo Stout.

Los niveles de sustitución de cada uno de los factores se escogieron teniendo en cuenta para la sustitución del banano deshidratado por cebada malteada respetando así la ley de la pureza alemana. Para el lactosuero por su parte en dependencia a la cantidad de lactosa propia del suero se establece la variación de agua.

Este estudio va encaminado en conocer las variaciones de, retención de espuma, grado alcohólico y la aceptación sensorial por parte de panelistas entrenados, de esta manera se puede obtener un mejor criterio en cuanto a la aceptabilidad de la cerveza y de esta manera establecer cuál es la mejor combinación de niveles para la elaboración de la cerveza.

### **3.2.2. Parámetros y condiciones Experimentales**

Las formulaciones de cerveza artesanal se realizan en un modelo completamente aleatorizado, las cervezas se elaboran en las mismas condiciones de temperatura y tiempo de maceración para lograr la hidrólisis completa de los azúcares y las proteínas, estos parámetros se basan en una fórmula base del estilo Stout.

Las condiciones de las materias primas: Lúpulo y levadura no varían su porcentaje de inclusión en ninguna de las formulaciones propuestas para así evitar incongruencias en los productos finales sometidos a cata. Para la medición de los grados alcohólicos se realizan todos a temperatura ambiente y bajo las condiciones establecidas en la norma NTE INEN 2322:2002.

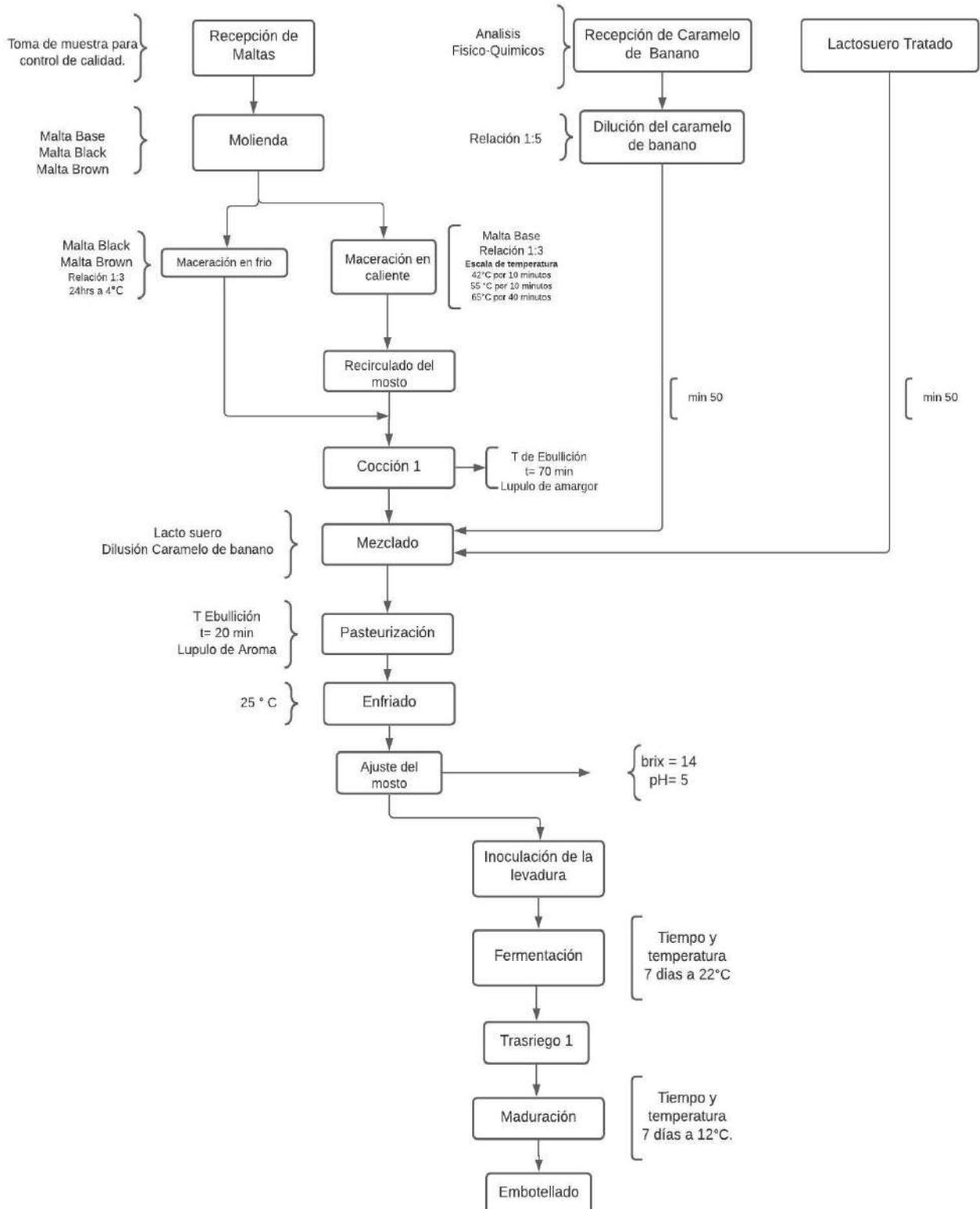
### 3.2.3. Corridas Experimentales.

Las siguientes corridas experimentales representan a las posibles combinaciones que se pueden realizar a partir de los factores y niveles escogidos.(Alvarez et al., 2018b) Para la elaboración de este diseño experimental se utilizó el software informático Statgraphics Centurion en su versión XVI.II.

**Tabla 10. Diseño experimental 2<sup>k</sup> Sugerido por el software**

<i>Bloque</i>	<b>Banano deshidratado %</b>	<b>Muestra</b>	<b>Lactosuero %</b>	<b>Tiempo de Retención de Espuma (s)</b>	<b>Grado Alcohólico (° Gl)</b>	<b>Aceptación General</b>
1	60	2	10			
1	80	4	10			
1	40	1	10			
1	60	3	35			
1	80	5	35			
2	40	1,1	10			
2	80	5,5	35			
2	60	3,3	35			
2	60	2,2	10			
2	80	4,4	10			

### 3.3. Proceso de Elaboración de Cerveza Artesanal Milk Stout Banano



**Ilustración 1. Diagrama de flujo de Cerveza Artesanal Milk Stout Banano. Elaborado por: Autores**

### 3.3.1. Descripción de las Actividades del Diagrama de Flujo

- **Recepción de la Materia Prima**

La materia prima lactosuero es obtenida del proceso de elaboración de queso utilizando leche proveniente de la parte alta de la Prov. de El Oro y se realizan los respectivos análisis para asegurar la calidad de esta, debe de almacenarse a temperaturas de 4 °C desde su recepción hasta su uso.

Para el banano deshidratado obtenido de la Empresa Diana Food se realizan los análisis pertinentes y se almacena en condiciones óptimas hasta su uso en el proceso.

Las maltas, levadura y lúpulo se obtienen de la empresa Alitecno S.A las cuales proveerán las materias primas necesarias para la elaboración de cerveza.

- **Dilución del Caramelo de Banano**

Se realiza una dilución del banano deshidratado utilizando agua purificada esto con la intención de bajar los °Brix a 12. Con los que entrará al proceso, la cantidad de agua a emplear se determinará por un balance de materia.

- **Molienda**

Se realiza la molienda de las maltas base, black y chocolate con la ayuda de un molino tradicional manual.

- **Maceración**

Se realizarán dos tipos de maceración una en caliente y una en frío.

**Maceración en Caliente:** Se realiza una maceración escalonada a temperatura de 55 °C hasta 70 °C, esto con la finalidad de que las enzimas nativas de la malta se activen y puedan realizar su función sobre la malta.

**Maceración en Frío:** Las maltas oscuras se someten a un proceso de maceración a temperatura de 4 °C con la finalidad de disminuir los sabores torrefactos de la malta esto permite que se noten más los tonos de sabor aportados por el banano.

- **Recirculado del Mosto**

Este proceso se realiza con la intención de extraer la mayor cantidad de azúcares del bagazo resultante del macerado de las maltas, además de permitir una mezcla adecuada entre el producto del macerado caliente y el macerado frío.

- **Filtrado**

Se realiza con la intención de dejar limpio el mosto sin presencia de cebada ni cualquier componente que se pueda formar por el uso del lactosuero.

- **Cocción 1**

Se lleva el mosto filtrado a temperatura de ebullición por una hora tomando como tiempos de lupulado 15 min de transcurrido el hervor, se debe eliminar la espuma presente producida en el proceso y cualquier residuo del lactosuero.

- **Cocción 2**

Se incorpora la mezcla de dilución de banano deshidratado y lactosuero y continua el hervor por 30 min con la finalidad de pasteurizar a la mezcla, al minuto 0 se agrega el lúpulo de aroma para evitar que se enmascaren los aromas de banano.

- **Enfriado**

Terminado el tiempo de cocción se realiza un enfriamiento rápido para evitar la contaminación del mosto llevando a temperatura de 25 °C ideal para la inoculación de la levadura.

- **Ajuste del Mosto**

Se realiza el ajuste del mosto mediante la medición de ° Brix y pH de esta manera aseguramos un buen producto para fermentación.

- **Inoculación de la Levadura**

Se realiza la inoculación de la levadura siguiendo las instrucciones del fabricante una vez el mosto se haya trasvasado al fermentador.

- **Fermentación**

Se realiza la fermentación del mosto en un periodo de siete días manteniendo la temperatura hasta 22 °C.

- **Trasiego**

Se realiza el trasiego de la cerveza hacia el segundo fermentador aplicando una filtración para retener las levaduras muertas del proceso.

- **Maduración**

Se deja en maduración por un periodo de siete a diez días manteniendo las condiciones de temperatura a refrigeración 4 °C.

- **Embotellado**

Una vez terminado el proceso de maduración se embotella la cerveza agregando un poco de levadura y azúcar en la misma para poder realizar una gasificación en botella.

### **3.4. Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial de un producto ayuda a la determinación y corrección de errores esto mediante la evaluación de panelistas entrenados, semi entrenados o no entrenados pero que tengan conocimiento básico sobre las características del producto que se está evaluando (Gonzalez Viejo et al., 2019).

#### **3.4.1. Evaluación Sensorial de Cerveza.**

Es muy importante la evaluación sensorial en las cervezas dado que, con la aplicación de esta, permitirá conocer el control de calidad de la cerveza, poder describir una cerveza, proveer un feedback de qué tan bien se representa al estilo que se propone, detectar problemas o errores en la cerveza para de esta manera aplicar una mejora al proceso. (Pérez & Boan, 2008).

Se realiza la evaluación sensorial reuniendo a un grupo de 25 personas las cuales cumplan con las condiciones de haber consumido cervezas artesanales para de esta manera tener un criterio de diferenciación entre una cerveza artesanal y una cerveza industrial, se expondrán las 4 muestras frente a cada panelista y se procede a evaluar los parámetros de Grado Alcohólico, Retención de la Corona de Espuma y la Aceptación por parte del panelista hacia la mejor formulación.

#### **3.4.2 Análisis a realizar por panelistas entrenados**

Mediante la selección de 5 panelistas entrenados los cuales evaluarán según su criterio la aceptación en cuanto a los siguientes factores: Grados Alcohólicos, Estabilidad de la Corona de Espuma, y finalmente la Aceptación general de la mejor formulación propuesta. Mediante el uso de una evaluación sensorial de tipo afectiva.

### **3.5. Tratamiento Estadístico de los Resultados.**

El tratamiento estadístico se procede a realizar mediante un análisis de ANOVA de multivarianza para la determinación de diferencias significativas. Con la ayuda del software estadístico de Minitab en su versión 18 para el tratamiento estadístico de cada uno de los parámetros a evaluados por parte de los panelistas, de esta manera se tiene un mejor control en los datos de trabajo y una mejor organización.

En función de los resultados obtenidos se determina si existe una diferencia significativa entre las muestras sometidas a la evaluación sensorial.

### **3.6. Análisis Fisicoquímicos de la Cerveza**

#### **3.6.1. Determinación de grados alcohólicos de la cerveza.**

Para la determinación de grados alcohólicos nos basamos en la NTE INEN 340:2016, en la cual establece el método por diferencia de densidades además de una modificación del método mediante la medición de Grados Brix por refractometría.

#### **Materiales**

1. Refractómetro escala 0 - 30
2. Vaso de precipitado
3. Piseta para toma de muestra
4. Tablas de conversión Brix a densidad

#### **Procedimiento**

Tomar una muestra del mosto de cerveza antes de fermentación anotar el valor de Brix iniciales y convertir a densidad por medio de las tablas de densidades (ver anexo), terminado el periodo de fermentación tomar una muestra de cerveza y medir el valor de Brix finales y convertir el valor a densidad. aplicar el cálculo matemático donde se resta la

densidad final de la inicial y se divide por 4,75 teniendo el valor de contenido alcohólico presente en la cerveza.

### **3.6.2. Determinación de acidez en cerveza**

Se procede a determinar la acidez de la cerveza basándonos en la NTE INEN 2 323, en la cual establece el método por titulación potenciométrica.

#### **Materiales**

1. Medidor de pH con electrodos de vidrio
2. Vaso de titulación
3. agitador magnético
4. Bureta
5. Pipeta de 50 mL
6. Termómetro

#### **Reactivos**

1. Solucion Buffer pH 7
2. Solucion de Hidroxido de sodio 0,1 N
3. Agua destilada

#### **Preparación de la muestra**

Se transfiere la muestra a un erlenmeyer y llevarla a una temperatura entre 15 y 20 °C, agitar el recipiente al principio suave y luego vigorosamente hasta que ya no se observa que desprende CO<sub>2</sub>.

#### **Procedimiento**

Pipetear 50 mL de cerveza desgasificada apropiada para el medidor de pH usado en un vaso de titulación. posteriormente introducir los electrodos de vidrio y calomel, y el agitador magnético dentro de la cerveza, empezar a agitar y ajustar la temperatura de determinación a 20 °C Finalmente titular la cerveza con la solución de NaOH 0,1 N llevar a pH 8,2 añadiendo álcali en cantidades de 1,5 cm hasta un pH 7,6, luego en incrementos más

pequeños de 0,15 cm. hasta que alcance exactamente un pH de 8,2. Asegurar el completo equilibrio antes de leer la bureta exactamente a un pH de 8,2.

### **Cálculos**

La acidez se calcula como "porcentaje de ácido láctico" mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(\text{cm}^3 \text{ de NaOH } 0,1 \text{ N x } 10) \times 0,09}{\text{cm}^3 \text{ cerveza x gravedad específica de la cerveza}}$$

### **En donde:**

0,09 = equivalentes de una solución de ácido láctico 1,0 N. Reportar la acidez de la cerveza como ácido láctico con dos decimales.

### **3.6.3. Determinación de Mesófilos y levaduras**

Se procede a la realización del análisis con base a las normativas INEN 1529 - 5 e INEN 1529-10, con la modificación en los medios de cultivos, utilizando placas petrifilm pre elaboradas y específicas para la detección de estos dos microorganismos de interés aprobadas por la AOAC.

### **Materiales**

1. Micropipetas 1 - 1000  $\mu$ l
2. Vaso de precipitado
3. Lámpara de Alcohol
4. Estufa
5. Termómetro

### **Reactivos**

1. Placa petrifilm 3M específica para mesófilos
2. Placa petrifilm 3M específica para levaduras
3. Agua destilada

**Preparación de la muestra**

Se transfiere la muestra a un vaso de precipitado y se lleva a una temperatura entre 15 y 20 °C, agita el recipiente al principio suave y luego vigorosamente hasta que ya no se observa que desprende CO<sub>2</sub>.

**Procedimiento**

Pipetear 1 mL de cerveza desgasificada, y colocar en la placa petrifilm, es muy importante mantener la lámpara de alcohol encendida en todo momento para evitar la contaminación de la muestra. Luego se lleva a la estufa a una temperatura de 25 °C apropiada para el crecimiento de los microorganismos, por un lapso de 5 días, luego de eso se procede a la inspección visual en búsqueda de la presencia de colonias formadas, y se realiza el conteo de estas con ayuda del cuenta colonias.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos dentro de los laboratorios de la Universidad Técnica de Machala obtenidos a partir de la metodología seguida descrita en el Capítulo II del presente proyecto, estableciendo en primer lugar los análisis físicos químicos para las materias primas, los Análisis de Varianza aplicados siguiendo el diseño experimental planteado y los resultados los análisis al producto terminado y la evaluación realizada por jueces certificados.

#### 4.1. Análisis Físico Químicos de las Materias Primas

##### 4.1.1. Análisis Físico Químicos del Suero de Leche

Se presenta la tabla con los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en los laboratorios de la Universidad Técnica de Machala.

**Tabla 11. Análisis Físico Químicos del suero de leche**

El presente cuadro indica los valores de composiciones químicas química del suero de leche, datos obtenidos en laboratorio siguiendo la normativa INEN

Análisis	Resultados
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,026
<b>pH</b>	4,532
<b>Acidez</b>	0,360
<b>Lactosa (g/L)</b>	5,78

Los valores reportados en la Tabla 11 muestran los resultados de los distintos análisis realizados al lactosuero. La densidad obtenida en el lactosuero arroja valores muy próximos al de otros autores (Paredes y Alava Viteri), obteniéndose un valor de densidad de 1,026 g/cm<sup>3</sup> valor ligeramente inferior al de la leche fresca.

Con respecto al pH, los resultados obtenidos muestran que se trata de un lactosuero dulce con un Ph de 4,532. Paredes y Alava Viteri, clasifican al lactosuero en su estudio como un lactosuero dulce, en este sentido los valores de pH y acidez coinciden con los reportado en el presente estudio. Sin embargo, los resultados por Granados presentan un lactosuero ácido. Esta diferencia se debe al método de obtención suero en la preparación del queso, cuando se utiliza el método por vía enzimática se obtiene un lactosuero dulce, mientras que al utilizar el método por adición de ácidos se obtiene un lactosuero ácido.

En cuanto a lactosa se encontraron valores cercanos a 5,78 g/L valores similares se reportan por la literatura especializada (Paredes y Navas); es preciso mencionar que este azúcar sería el encargado de proporcionar en densidad al producto final, lo que en términos cerveceros se conoce el cuerpo de la cerveza, sin embargo, la lactosa a pesar de ser un azúcar no constituye como un sustrato fermentable.

#### 4.1.2. Análisis Físico Químicos del Banano Deshidratado

**Tabla 12. de Composición físico química del banano deshidratado**

La presente Tabla indica los valores de composición química del residuo de Flakes de banano, datos obtenidos en laboratorio siguiendo la normativa INEN.

<b>Análisis</b>	<b>Resultados</b>
<b>Azúcares Totales %</b>	67,28
<b>Azúcares Reductores %</b>	29,60
<b>Azúcares no Reductores %</b>	37,68
<b>Humedad %</b>	3,05%

Según la Tabla 12. En cuanto a los resultados de Brix y azúcares reductores el banano deshidratado contiene valores muy altos, Esto resulta favorable dentro de la elaboración de la cerveza ya que estos constituyen los sustratos que utilizan las levaduras en la etapa de la

fermentación, para la producción de etanol. Teniendo un total de 67,28% de azúcares totales presentes y de estos el 29,60 % son azúcares reductores o fermentables, es decir que servirán como sustrato de la levadura para la producción del etanol y CO<sub>2</sub> de la cerveza

**Tabla 13. de Composición físico química del banano deshidratado en dilución 1:6**

La presente Tabla indica los valores de composición química de la dilución del banano deshidratado, datos obtenidos en laboratorio siguiendo la normativa INEN.

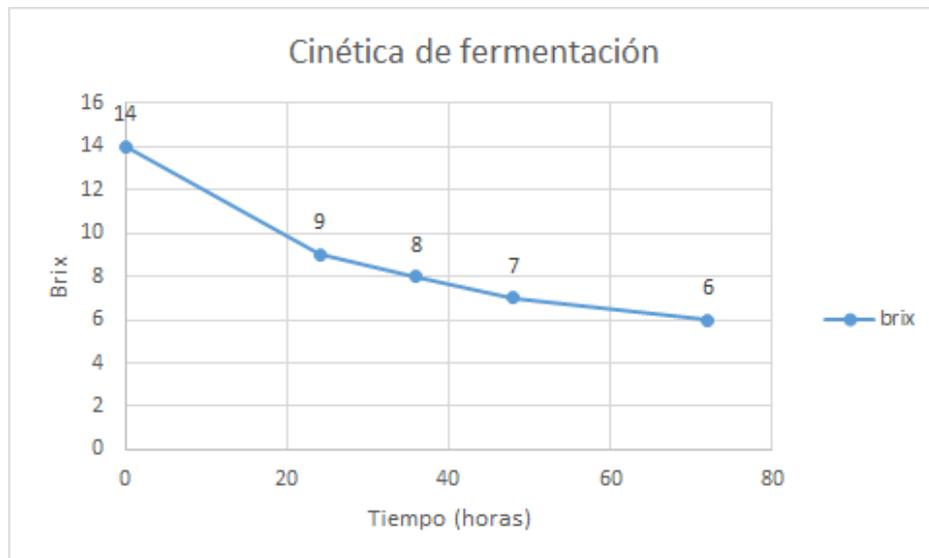
<b>Análisis</b>	<b>Resultados</b>
<b>Brix %</b>	11
<b>pH</b>	4,65

Según los resultados reportados en la Tabla 13. para los niveles de pH del banano deshidratado analizado en dilución de la muestra, dando un valor de 4,65

Para el valor del pH reportado de 4,82 con una desviación estándar de 0,17, este valor se encuentra en relación a lo reportado por otros autores (Moreyra y Solorzano, 2019). Además en cuanto al valor de grados brix se presenta una clara dilución de estos presentando un valor de 7,5 %.

### 4.1.3. Cinética de la fermentación

**Gráfica 4. Cinética de fermentación Alcohólica**

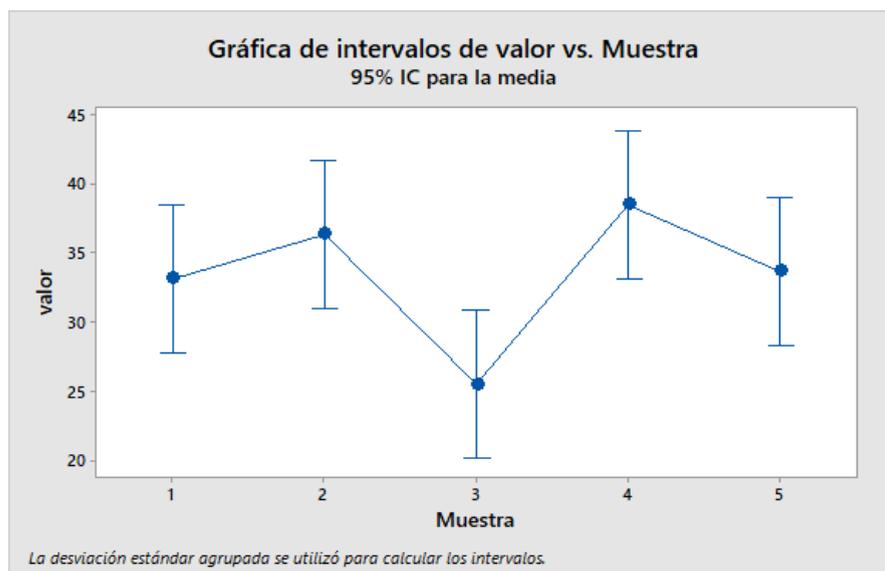


Se inició la fermentación con un mosto de 14 brix, transcurridas las primeras 24 horas se produjo una alta actividad de la levadura bajando los brix hasta 9, luego de las siguientes 48 horas bajaron los brix con menor velocidad hasta llegar a la hora 72 que se estabilizaron en 6 brix, finalizando el proceso de fermentación al haberse consumido los azúcares reductores, es importante mencionar que los 6 brix restantes representan a los azúcares no fermentables.

### 4.2. Análisis Sensorial Realizado por Catadores de Cerveza

Siguiendo la ficha técnica de evaluación sensorial de cerveza artesanal de la Beer Judge Certification Program (BJCP), (ver anexos) se determinó la mejor formulación de las 5 presentadas realizadas siguiendo el diseño de experimentos  $2^k$ .

Gráfica 5. Gráfica de intervalos de valor



La gráfica 5. presenta la mejor formulación seleccionada según los catadores entrenados, presentando como mejor formulación a la M4, obteniendo un valor de  $(38,50)/(50)$ , donde según los valores de calificación del (BJCP) se presenta como una cerveza Excelente (**ver anexo 20**), pero con ciertos errores que pueden ser corregidos y que no son representativos.

#### 4.3. Formulación del producto

##### Ilustración 2. Resultados obtenidos en el laboratorio

Analisis muestras de cerveza.sfx						
	BLOQUE	Banano deshidratado	Lactosuero	Tiempo de retención de espuma	Grado alcohólico	Aceptación General
		%	%	s	°Gl	
1	1	60	10	54	5,3	36,33
2	1	80	10	100	5,5	38,5
3	1	40	10	85	4,4	33,67
4	1	60	35	120	5,1	25,5
5	1	80	35	80	4,9	33,17
6	2	40	10	86	4,9	31,4
7	2	80	35	82	4,9	32,5
8	2	60	35	124	5,1	24,7
9	2	60	10	57	5,3	35,7
10	2	80	10	107	5,4	36,2

En la gráfica 5 se presentan los valores experimentales obtenidos a través del software Estadístico Statgraphics Centurión, como puede observarse las variables independientes son graduación alcohólica, tiempo de retención de espuma y aceptación, las mismas que estarán influenciadas por el nivel de inclusión del caramelo de banano y suero de leche en la formulación.

Cabe recalcar que, en medida del incremento del caramelo de banano, la cantidad de maltas disminuirá en la formulación; así como en medida del incremento del lactosuero la cantidad de agua disminuirá en la formulación.

#### 4.3.1. Análisis de ANOVA para el Grado Alcohólico.

**Tabla 14 Análisis de ANOVA para el Grado Alcohólico.**

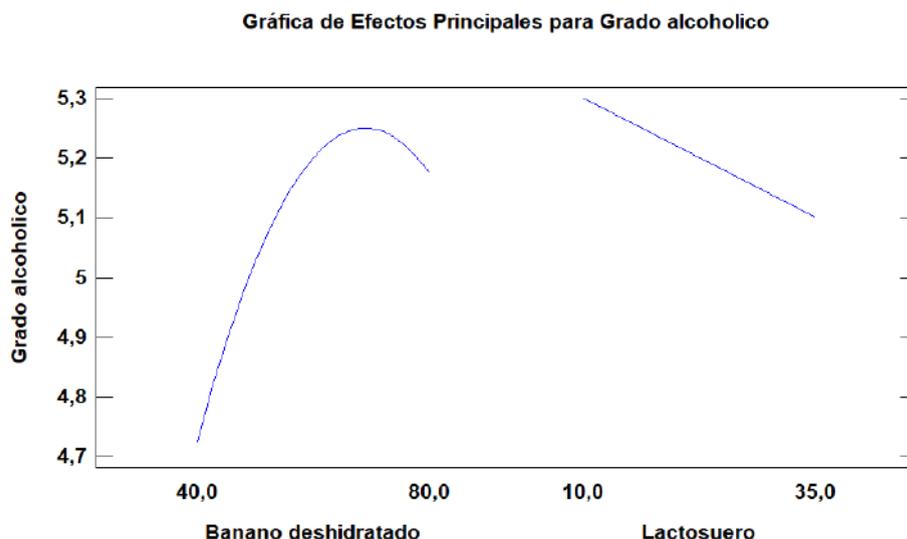
##### **Análisis de Varianza para Grado alcohólico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Banano deshidratado	0,702083	2	0,351042	11,01	0,0098
B:Lactosuero	0,28125	1	0,28125	8,82	0,0249
RESIDUOS	0,19125	6	0,031875		
TOTAL (CORREGIDO)	0,936	9			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Como se puede apreciar en la Tabla 14, el Análisis Varianza para Grado Alcohólico, muestra una diferencia significativa de los factores Caramelo de Banano y Lactosuero sobre la variable respuesta Grado alcohólico con un 95% de nivel de confianza. Lo cual podría deberse al mayor aporte de azúcares fermentables que proporciona el caramelo de banano, convirtiéndose en un sustrato fermentable que influirá en el contenido alcohólico de la cerveza.

### Gráfica 7. Efectos principales para el Grado Alcohólico



Como se puede apreciar en la gráfica 6. El nivel de banano deshidratado sugiere una diferencia significativa referente a los distintos valores obtenidos de grado alcohólico, de esta manera se corrobora que existe una diferencia significativa. Por su parte, los niveles de lactosuero sustituido no presentan una diferencia significativa de cómo incrementa el valor de grado alcohólico en relación al incremento del nivel de sustitución de caramelo de banano por malta base.

#### 4.3.2. Análisis de ANOVA para el Tiempo de Retención de Espuma.

**Tabla 15. Análisis de ANOVA para el Tiempo de Retención de Espuma.**

##### Análisis de Varianza para Tiempo de retención de espuma

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Banano deshidratado+bloque	2520,5	1	2520,5	951,13	0,0000
B:Lactosuero+bloque	4422,25	1	4422,25	1668,77	0,0000
AA+bloque	2028,0	1	2028,0	765,28	0,0000
AB+bloque	3960,5	1	3960,5	1494,53	0,0000
bloques	28,9	1	28,9	10,91	0,0299
Error total	10,6	4	2,65		
Total (corr.)	5032,5	9			

R-cuadrada = 99,7894 por ciento

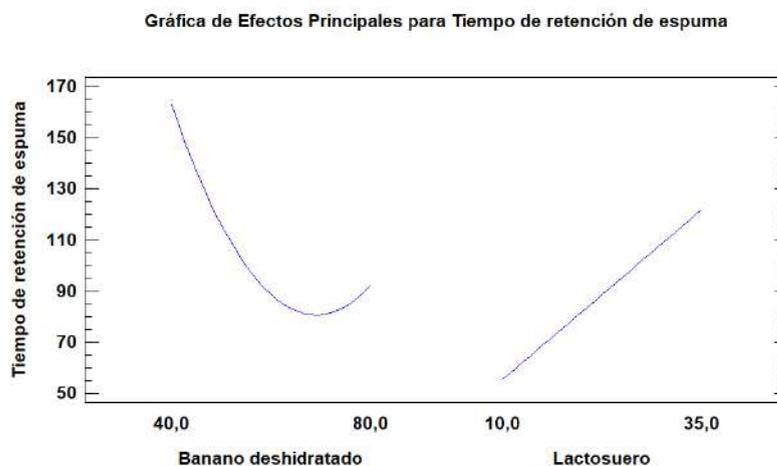
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99,5261 por ciento

Según el análisis de varianza mostrado en la Tabla 15, existe una influencia estadísticamente significativa del factor suero de leche y banano deshidratado sobre el tiempo de retención de espuma, con un 95% de nivel de confianza.

Esto puede deberse a que el caramelo de banano químicamente no afecta a la espuma de la cerveza, pero debido a la cantidad de azúcares no fermentables que posee incrementa la viscosidad o cuerpo de la cerveza, permitiendo que la corona de espuma se mantenga por un tiempo prolongado.

Por otra parte, el lactosuero al ser una materia prima rica en proteínas solubles estas permiten incrementar aún más el cuerpo de la cerveza y por ende permitir que la formación de espuma sea mucho más uniforme en cuanto al diámetro de cada una de las burbujas permitiendo así una espuma mucho más resistente en el tiempo Roberts, et al. (1977).

### Gráfica 8. Efectos principales para el Tiempo de Retención de Espuma



Como se puede apreciar en la gráfica 7 de efectos principales, existe una diferencia en cuanto al tiempo de retención de espuma, en función del suero de leche, a mayor cantidad de lactosuero el tiempo de retención de espuma incrementa y en función al banano deshidratado a menor porcentaje de banano en la formulación mejora también el tiempo de retención de espuma.

### 4.3.3. Análisis de ANOVA para Aceptación Sensorial Multifactor

**Tabla 16. Análisis de Aceptación Sensorial**

#### Análisis de Varianza para Aceptación General - Suma de Cuadrados Tipo III

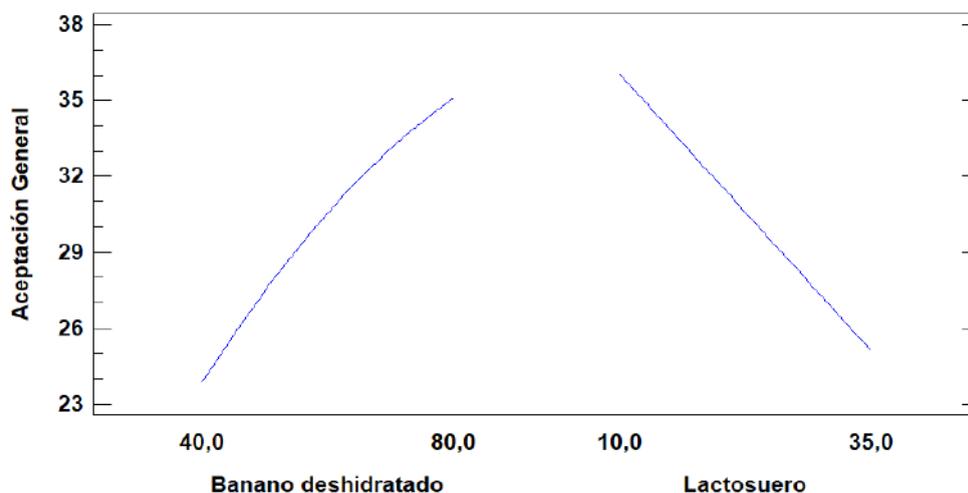
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Banano deshidratado	64,0681	2	32,0341	7,27	0,0249
B:Lactosuero	119,042	1	119,042	27,01	0,0020
RESIDUOS	26,4444	6	4,40739		
TOTAL (CORREGIDO)	186,754	9			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Según la Tabla 16, el análisis de varianza aplicado, determinó que existe una influencia estadísticamente significativa de los factores banano deshidratado y lactosuero sobre la aceptación sensorial de la cerveza, un nivel de confianza del 95,0%.

#### Gráfica 9. Efectos principales para la Aceptación General.

**Gráfica de Efectos Principales para Aceptación General**



Como se puede observar en el gráfico 9. se presentan las interacciones que existen entre los niveles de sustitución de banano deshidratado y lactosuero sobre la aceptación general de la cerveza, en esta gráfica se presenta que la mejor interacción la presenta la Formulación 4 con un porcentaje de sustitución del 80 % de banano deshidratado y 10 % de lactosuero.

#### 4.4. Análisis Químicos y Microbiológicos de la mejor Formulación

##### 4.4.1. Análisis Químicos

Los análisis realizados según la normativa INEN para cervezas dieron los siguientes resultados.

<b>Análisis</b>	<b>Resultados</b>
<b>Acidez Total Titulable</b>	0,036
<b>Acidez total por Potenciometría</b>	0,036
<b>Alcohol v/v %</b>	5,5

Los valores de acidez total por titulación y potenciometría son semejantes, lo que valida el método implementado por la INEN 2323 para acidez titulable, encontrándose dentro del parámetro establecido por la norma, por su parte para el % de alcohol el valor tomado por diferencia de densidad la ubica dentro del estilo al cual se toma como referencia.

##### 4.4.2. Análisis Microbiológicos

Los análisis microbiológicos realizados en medio preparado en placas petrifilm presentan el siguiente resultado.

<b>Análisis</b>	<b>Resultados</b>
<b>Presencia de Mesófilos</b>	Negativo
<b>Levaduras</b>	Positivo

Transcurrido el tiempo de incubación de la muestra de cerveza en las placas petrifilm 3M la prueba dio un negativo para aerobios mesófilos, lo que según la NTE INEN para cerveza cumple con el requerimiento de análisis, por su parte para levaduras al ser una cerveza artesanal, gasificada naturalmente, es decir, sin inyección de CO<sub>2</sub> la presencia de levaduras es normal y no es perjudicial para la salud del consumidor.

## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

- Según los resultados de los análisis físico químicos, estas materias primas presentan bondades para la elaboración de la cerveza. La cantidad de lactosa y proteína soluble aportada por el lactosuero incrementa el cuerpo de la cerveza y el banano deshidratado ofrece un alto contenido de azúcares reductores que favorecen la etapa de fermentación ya que actúan como sustrato para las levaduras.
- Dentro del diseño de la cerveza artesanal un porcentaje mayor de sustitución de caramelo de banano influye positivamente en la aceptación sensorial de la cerveza y en el contenido de grados alcohólicos, mientras que un porcentaje mayor de lactosuero influye negativamente en la aceptación sensorial, en el contenido de grados alcohólicos y en la capacidad de retención de espuma, teniendo como la más equilibrada a (M4) que fue elegida como la mejor formulación por parte de los panelistas participantes.
- Obtuvimos una cerveza artesanal con caramelo de banano y lactosuero, de 5,5 grados alcohólicos que a su vez está considerada como una cerveza muy buena en lo que compete a la aceptación sensorial, y tiene una espuma estable, además de presentar ausencia de aerobios mesófilos y presencia de levaduras.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar los estudios de vida útil correspondientes para la cerveza, considerando a las materias primas que se emplearon en su elaboración.
- Buscar metodologías que ayuden a reducir la cantidad de materia grasa del lactosuero previo a su inclusión en la formulación para mejorar la percepción del producto final.
- Se recomienda el estudio sobre el poder diastásico de la malta base utilizada en la formulación para conocer la cantidad de enzimas encargadas de la hidrolización de los almidones presentes en el grano.

## ANEXOS



**Anexo 1. Etapa de maceración**



**Anexo 2. Etapa de Cocción**



**Anexo 3. determinación de de pH lactosuero**



**Anexo 4. Determinación de de pH dilución de banana**



**Anexo 5. Determinación de de pH lactosuero tratado**



**Anexo 6. Determinación de densidad del lactosuero**



**Anexo 7. Fermentación de cerveza**



**Anexo 8. Cervezas Embotelladas**



**Anexo 9. pH inicial de la fermentación**



**Anexo 10. pH final de la fermentación**



**Anexo 11. Preparación de muestras para curva patrón de azúcares totales**



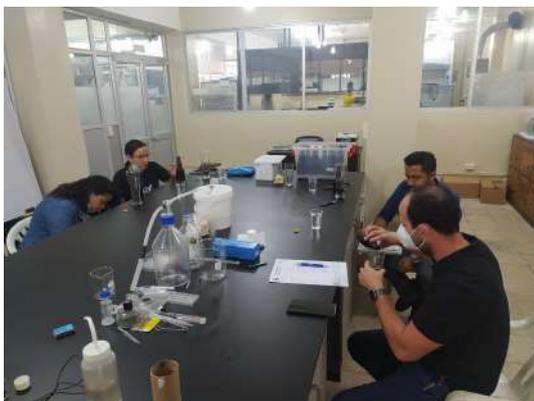
**Anexo 12. Muestras para curva de calibración DNS azúcares reductores**



**Anexo 13. Determinación de humedad termobalanza**



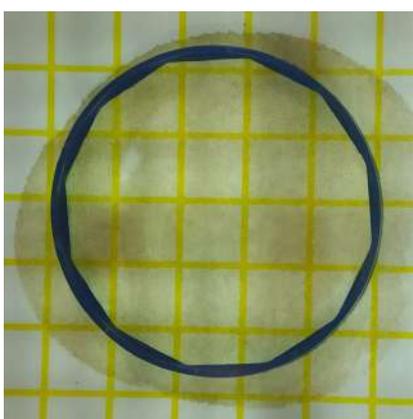
**Anexo 14. Determinación de azúcares encon UV- vis**



**Anexo 15. Realización de evaluación sensorial**



**Anexo 16. Toma de tiempo para**



**Anexo 17. Recuento de Aerobios Mesófilos**



**Anexo 18. Producto Terminado**

## Anexo 19. Evaluación de minerales de Lactosuero



**NEMALAB S.A.®**  
Laboratorio de análisis agrícola

CLIENTE : MALDONADO ANTHONY / CABRERA HENRY  
ASUNTO : TESIS DE GRADO  
LUGAR : MACHALA-EL ORO

Nº DE DOCUMENTO: 54712  
FECHA DE MUESTREO: 05/03/2.021  
FECHA DE INGRESO: 05/03/2.021  
FECHA DE SALIDA : 15/03/2.021

## RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

Nº LAB	Nº DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	gr/l		
			Ca	Mg	K
3972	1	LACTOSUERO	0.30	0.20	2.49

BIOO. MARTHA MOREIRA  
JEFE DE LABORATORIO



**NEMALAB**  
Laboratorio de análisis agrícola

ING. NARCISA PENTADO  
SERV. AL CLIENTE

" ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO  
SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO"



"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente, es nuestro compromiso con la Humanidad"

## Anexo 20. Hoja de Evaluación oficial BJCP


<http://www.bjcp.org>

# BEER SCORESHEET

## Examination Version

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program


<http://www.beertown.org>

ID del participante: 16MMSTCI-01 N° de Cerveza del Examen (1-6): \_\_\_\_\_  
 Ciudad del Examen: \_\_\_\_\_ Categoría # \_\_\_\_\_ Subcategoría (a-f) \_\_\_\_\_  
 Fecha del Examen: \_\_\_\_\_ Subcategoría (deletree) \_\_\_\_\_

### Definiciones de Descriptores (Marque las que se aplican)

- Acetaldehído  
 Alcohólico  
 Astringente  
 Diacetilo  
 DMS (dimetil sulfuro)  
 Esteroso  
 Herbáceo  
 Golpe de Luz  
 Metálico  
 A hongo  
 Oxidado  
 Fenólico  
 Solvente  
 Agrio/Ácido  
 Sulfuroso  
 Vegetal  
 A levadura

**Aroma** (como apropiado para el estilo) \_\_\_\_\_/12  
 Comentarios sobre la malta, los lúpulos, los ésteres y otros aromáticos

**Apariencia** (como apropiado para el estilo) \_\_\_\_\_/3  
 Comentarios sobre el color, la turbidez, y la espuma (retención, color y textura)

**Flavor** (como apropiado para el estilo) \_\_\_\_\_/20  
 Comentarios sobre la malta, los lúpulos, características de fermentación, balance, final/retrogusto, y otras características del flavor

**Sensaciones en boca** (como apropiado para el estilo) \_\_\_\_\_/5  
 Comentarios sobre el cuerpo, la carbonatación, el calentamiento, la cremosidad, la astringencia y otras sensaciones al paladar.

**Impresión General** \_\_\_\_\_/10  
 Comentarios sobre el placer general de la tomabilidad asociado con la muestra, dar sugerencias para la mejora.

**Total** \_\_\_\_\_/50

<b>CALIFICACION</b>	<b>Sobresaliente</b> (45 - 50): Ejemplo de clase mundial del estilo	<b>Exactitud Estilística</b>	<b>Ejemplo clásico</b> <input type="checkbox"/>	<b>No acorde al estilo</b>					
	<b>Excelente</b> (38 - 44): Ejemplifica el estilo bien, requiere afinamientos menores		<b>Sin defectos</b> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Defectos significativos</b>
	<b>Muy Buena</b> (30 - 37): Generalmente dentro del estilo, algunas fallas menores		<b>Maravillosa</b> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Sin Vida</b>
	<b>Buena</b> (21 - 29): Perdida de marcas del estilo y fallas menores								
<b>Regular</b> (14 - 20): Sabores extraños o deficiencias mayores del estilo									
<b>Problemática</b> (0 - 13): Sabores y aromas extraños mayores son dominantes									

## Bibliografía

- Albalasmeh, A. A., Berhe, A. A., & Ghezzehei, T. A. (2013). A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using UV spectrophotometry. *Carbohydrate Polymers*, *97*(2), 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.04.072>
- Alvarez, L., Guerra, J., & Rojas-Reyes, N. (2018). Factorial design 2k applied to the rheological characterization of kaolin suspensions. *Prospectiva*, *16*, 18–25. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i1.1115>
- Amalia, J., Ignacio, J., Loviso, C., & Libkind, D. (2021). Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza. *Revista Argentina de Microbiología*, *xxxx*. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.01.003>
- Badui Dergal, S. (2006). Química de los Alimentos. In E. Quintanar (Ed.), *Química de los alimentos* (Cuarta Edi). Pearson Educación.
- Barnett, A., Velasco, C., & Spence, C. (2016). Bottled vs. Canned Beer: Do They Really Taste Different? *Beverages*, *2*(4), 25. <https://doi.org/10.3390/beverages2040025>
- Barreto Torrella, S. I., & Arias Vidal, H. (2018). Consumo de agua en la cervecería Tímina. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, *39*(3), 28–36.
- Bello G., D., Carrera B., E., & Diaz M., Y. (2006). Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico. *Icidca*, *40*, 45–50. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120664006>
- Bettenhausen, H. M., Benson, A., Fisk, S., Herb, D., Hernandez, J., Lim, J., Queisser, S. H., Shellhammer, T. H., Vega, V., Yao, L., Heuberger, A. L., & Hayes, P. M. (2020). Variation in Sensory Attributes and Volatile Compounds in Beers Brewed from Genetically Distinct Malts: An Integrated Sensory and Non-Targeted Metabolomics Approach. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, *78*(2), 136–152. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1706037>
- Bigeon, G., Benítez, F., Pellicer, K., & Copes, J. (2017). Cervezas elaboradas artesanalmente: análisis de la normativa técnico-sanitaria vigente. *Analecta Veterinaria*, *37*(2), 016. <https://doi.org/10.24215/15142590e016>
- Bosco, F., Carletto, R. A., & Marmo, L. (2018). An integrated cheese whey valorization process. *Chemical Engineering Transactions*, *64*(Spalatelu 2012), 379–384. <https://doi.org/10.3303/CET1864064>
- de Mesones, B. (2009). Proceso de elaboración básico y simplificado.
- de la Maza, L. E., de Cárdenas, L., & Pérez Ones, O. (2019). Application of principal component analysis to alcoholic fermentation {Análisis} de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Científica de La UCSA*, *6*(2), 11–19.

- Díaz, I. (2015). Alimentos con Historia “La Cerveza.”  
[https://www.mercasa.es/media/publicaciones/222/1437675314\\_Alimento\\_con\\_historia\\_cerveza.pdf](https://www.mercasa.es/media/publicaciones/222/1437675314_Alimento_con_historia_cerveza.pdf)
- Díaz, M. S. (2013). Cerveza: componentes y propiedades.
- DUBOIS, M., GILLES, K., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A., & SMITH, F. (1951). A Colorimetric Method for the Determination of Sugars. *Nature*, *168*(4265), 167–167.  
<https://doi.org/10.1038/168167a0>
- Echeverría, E., & Gutiérrez, A. (2010). Determinación De Las Características Del Mosto Elaborado Con Malta Caramelo Para Elaborar Una Cerveza Artesanal. *Universidad de Guanajuato*, 1–8. <file:///C:/Users/Edelmira/Downloads/DPN83.pdf>
- Espinoza, K. C., Gamboa, C. A. G., Matara, J. C., Torres, L., Barragán, J. A., & Rodríguez, C. N. (2017). Extracción de azúcares reductores totales ART por métodos físicos y químicos de planta de *Zea mays* (Poaceae) “maíz amarillo duro.” *Arnaldoa*, *24*(1), 289–300.
- Garduño-García, A., López-Cruz, I. L., Ruíz-García, A., & Martínez-Romero, S. (2014). Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, *15*(2), 221–232. [https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(14\)72212-7](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(14)72212-7)
- Gonzalez Viejo, C., Torrico, D. D., Dunshea, F. R., & Fuentes, S. (2019). Emerging Technologies Based on Artificial Intelligence to Assess the Quality and Consumer Preference of Beverages. *Beverages*, *5*(4), 62. <https://doi.org/10.3390/beverages5040062>
- Guzmán-Ortiz, F. A. (2019). Valuation and use of a new variety of barley for brewing craft beer. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, *11*(1), 81–95.  
<https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.01.001>
- Hoyle, A., Brennan, M., Pitts, N., Jackson, G. E., & Hoad, S. (2020). Relationship between specific weight of spring barley and malt quality. *Journal of Cereal Science*, *95*(March), 103006. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103006>
- INEC. (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2016  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC\\_2016.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC_2016.pdf)
- Javier Vázquez, H., & Dacosta. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, *8*(4), 249–259.  
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2007.08n4.020>
- Kaderian, S. M. (2018). Aprendizaje en la cerveza artesanal de Bariloche , Argentina ( Revista RIVAR - Lo artesanal como mediación técnica y simbólica . *Cultura , identidad local y aprendizaje en la cerveza artesanal de Culture , local identity and Learning in Craft Beer in Bari. September.*

- Kunze, W. (2006). Tecnología para Cerveceros Y Malteros (Primera ed).  
[www.ame-kulesa.de](http://www.ame-kulesa.de)
- López-legarda, X., Taramuel-gallardo, A., & Arboleda-, C. (2017). Comparación de métodos que utilizan ácido sulfúrico para la determinación de azúcares totales. *Revista Cubana de Química*, 29(2), 180–198.
- Loviso, C. L., & Libkind, D. (2018). Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(4), 436–446. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.11.006>
- Mencia Sánchez, A. G., & Pérez Gallegos, R. D. (2016). Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja. 59.  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5772/1/AGI-2016-T027.pdf>
- Miranda, P. (2015). Jornada e lupulo e cerveja novas oportunidades de negócio livro de atas. *Bragança, 13-14-15 de julho 2015*.
- Mocada, J. A., Bellina, J., Delgado, H. D., Escurra, C., & Asalde, S. P. (2015). Diseño de una línea de producción para la elaboración de cerveza artesanal de algarroba. *Universidad de PIRHUA*, 138.
- Morales-Toyo, M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. *Revista de Química*, 32(1), 4–11.
- Muñoz Quintero, D., & Arias Giraldo, S. (2020). Evaluación de condiciones de fabricación y calidad sensorial de cerveza artesanal tipo lager Manufacturing conditions and sensory quality assessment of lager craft. *I2(1)*, 1–12. <https://doi.org/10.46571/JCI.2020.1.1>
- NOM-F-424-S. (1982). Productos alimenticios para uso humano. Determinación de la densidad en leche fluida.  
<https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-424-S-1982.PDF>
- Núñez, R. Á., Pérez, B. R., Motzezak, R. H., & Chirinos, M. (2012). Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease. *Multiciencias*, 12(2), 129–135.
- NTE INEN 1529-8. (2016). Control microbiológico de los alimentos. Detección y recuento de escherichia coli presuntiva por la técnica del número más probable Primera revisión 2016-09 [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1529-8-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-8-1.pdf).
- NTE INEN 1529-14. (2013). Control microbiológico de los alimentos. Staphylococcus aureus. Recuento en placa de siembra por extensión en superficie. Primera Revisión <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-14-1R.pdf>.
- NTE INEN 0013. (1984). Determinación de la acidez titulable de la leche. Primera revisión 1984-04 <https://archive.org/stream/ec.nte.0013.1984>.
- NTE INEN 0973. (1984). Agua potable. Determinación del ph. Primera revisión 1984-08 <https://archive.org/stream/ec.nte.0973.1984#page/n1/mode/2up>

- NTE INEN 2322. (2002). Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de alcohol. Primera revisión. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2322.pdf>
- NTE INEN 2323. (2002). Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de la acidez total. Primera revisión. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2323.pdf>
- NTE INEN 1529-15. (2013). Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección. Primera Revisión. <https://181.112.149.204/buzon/normas/1529-15-1R.pdf>
- NTE INEN-ISO 6887-4. (2014). Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Preparación de las muestras de ensayo, suspensión inicial y diluciones decimales para examen microbiológico. Parte 4: reglas específicas para la preparación de productos distintos a leche y productos lácteos, carne y productos cárnicos y, pescados y productos de la pesca (iso 6887-4:2003, idt). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_6887-4\\_extracto.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_6887-4_extracto.pdf).
- NTE INEN 2262. (2013). Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos. Primera revisión 2013-11. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2262-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf)
- Núñez, R. Á., Pérez, B. R., Motzezak, R. H., & Chirinos, M. (2012). Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease. *Multiciencias*, 12(2), 129–135.
- Parés Viader, R., Yde, M. S. H., Hartvig, J. W., Pagenstecher, M., Carlsen, J. B., Christensen, T. B., & Andersen, M. L. (2021). Optimization of Beer Brewing by Monitoring  $\alpha$ -Amylase and  $\beta$ -Amylase Activities during Mashing. *Beverages*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.3390/beverages7010013>
- Plaza-Díaz, J., Martínez Augustín, O., & Gil Hernández, A. (2013). [Foods as sources of mono and disaccharides: biochemical and metabolic aspects]. *Nutricion Hospitalaria*, 28 Suppl 4(SUPPL.4), 5–16. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.sup4.6792>.
- Pereira de Moura, F., & Rocha dos Santos Mathias, T. (2018). A Comparative Study of Dry and Wet Milling of Barley Malt and Its Influence on Granulometry and Wort Composition. *Beverages*, 4(3), 51. <https://doi.org/10.3390/beverages4030051>
- Pérez-Legaspi, I., García-Villar, A., Garatachia-Vargas, M., Hernández-Vergara, M., Pérez-Rostro, C., & Ortega-Clemente, L. (2015). Investigación y Ciencia Investigación y Ciencia. *Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 64, 11–18. <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA461444768&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=16654412&p=IFME&sw=w>
- Pérez, C., & Boan, M. (2008). Evaluación Sensorial de Cerveza.
- Redondo-Solano, M., & Arias Echandi, M. L. (2011). Comparación de métodos para el análisis de coliformes totales y fecales en muestras de agua mediante la técnica de Número Más Probable (NMP). *UNED Research Journal*, 3(2), 41–43. <https://doi.org/10.22458/urj.v3i2.151>
- Roberto, O., Johnny, R., & Christian, J. N. (2019). Functional Compounds Present in Beer and Its Influence on. *17*, 105–125.

- Rodríguez Cárdenas, H. A. (2003). Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A.
- Rodríguez, H., & Ortega, C. (2016). Análisis fisicoquímico, sensorial y respuesta a estrés en levaduras durante la elaboración de un vino artesanal. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 198–199.
- Ruiz, E., & Varela-Moreiras, G. (2017). *Adecuación de la ingesta de azúcares totales y añadidos en la dieta española a las recomendaciones: estudio ANIBES*. 34, 45–52. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.1571>
- Serra Colomer, M., Funch, B., & Forster, J. (2019). The raise of *Brettanomyces* yeast species for beer production. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.07.009>
- Shankar, Singh Yadav, J., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 33(6), 756–774. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>
- Strong, G., & England, K. (2015). BJCP Beer Style Guidelines 2015. *Brewers Association*, 93. [https://www.bjcp.org/docs/2015\\_Guidelines\\_Beer.pdf](https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf)
- Suárez, M. (2013). Cerveza: componentes y propiedades. *MBtA*, 99. [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM\\_Maria Suárez Diaz.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_Maria%20Suarez%20Diaz.pdf)
- Suárez-Machín, C., Garrido-carralero, N. A., & Guevara-rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 50(1), 20–28.
- Torres-Martínez, Q., & Romero-León, K. (2020). Alternativas tecnológicas para uso del lactosuero: valorización económica de residuos. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55), 26. <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.908>
- Walker, G., & Stewart, G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. *Beverages*, 2(4), 30. <https://doi.org/10.3390/beverages2040030>
- Winkelman, B., Colino, E., & Civitaresi, M. (2019). El Sistema Agroalimentario Localizado de la cerveza artesanal de San Carlos de Bariloche, Argentina. *Revista RIVAR*, 6(18), 34–58. <https://doi.org/10.35588/rivar.v6i18.4174>