



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**TRABAJO EXPERIMENTAL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONTENIDO PROTEÍNICÓ DE CERVEZAS  
ARTESANALES ELABORADAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

*Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero (a) en Biotecnología*

**AUTORES:**

**GIANPIERO ALEJANDRO ESPINOZA ZAMBRANO**

**JENNY ELIZABETH SINCHI MEJIA**

**TUTOR:**

**ING. MARIA ALEJANDRA DE LA CRUZ MORA MSc.**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2024**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Gianpiero Alejandro Espinoza Zambrano** con documento de identificación N° 0940422694 y **Jenny Elizabeth Sinchi Mejia** con documento de identificación N° 0953535028; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 29 de febrero del 2024

Atentamente,

---

Gianpiero Alejandro Espinoza  
Zambrano  
CI.0940422694

---

Jenny Elizabeth Sinchi Mejia  
  
CI.0953535028

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Gianpiero Alejandro Espinoza Zambrano** con documento de identificación No. 0940422694 y **Jenny Elizabeth Sinchi Mejia** con documento de identificación No. 0953535028 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto experimental: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONTENIDO PROTEÍNIC DE CERVEZAS ARTESANALES ELABORADAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero (a) en Biotecnología en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de febrero del año 2024

Atentamente,

---

Gianpiero Alejandro Espinoza

Zambrano

CI.0940422694

---

Jenny Elizabeth Sinchi Mejia

CI.0953535028

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Alejandra de la Cruz Mora con documento de identificación N° 1003233689, docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONTENIDO PROTEÍNICÓ DE CERVEZAS ARTESANALES ELABORADAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**, realizado por Gianpiero Alejandro Espinoza Zambrano con documento de identificación N° 0940422694 y por Jenny Elizabeth Sinchi Mejia con documento de identificación N° 0953535028 , obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de febrero del 2024

Atentamente,

---

María Alejandra De La Cruz Mora

C I. 1003233689

## **Agradecimiento y dedicatoria**

Nuestro profundo agradecimiento al Ing. José Luis Ballesteros Lara, PhD director de la carrera Biotecnología perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana en la sede de la ciudad de Guayaquil, por el apoyo y el permiso de realizar todo el proceso de investigación dentro de los laboratorios de Ciencias de la vida del campus María auxiliadora y por el acceso a materiales, equipos y reactivos de la universidad.

De igual manera agradecemos a la Coordinadora de laboratorios y nuestra docente tutora del proyecto de titulación la Ing. María Alejandra De la Cruz Mora MSc, quien, durante todo este proceso, con la dirección en que nos encaminaba, el amplio conocimiento, la enseñanza que no sólo prestaba durante sus clases si no también fuera de ellas.

En primer lugar, a mi Papá quien falleció le dedico un pequeño mensaje de agradecimiento por haber estado conmigo quince años de mi vida y a mi Mamá por seguir cuidando de mi persona, ambos son guía en mi aprendizaje durante toda mi vida académica, aunque todos los días se aprenden cosas nuevas, a mi hermano mayor y a “D” por ser mi familia. Agradezco a las personas que están conmigo en todo momento y seguirán estando y para quienes me apoyaron cuando no es su obligación, por último, me dedico esta tesis personalmente por ser ejemplo de superación.

***Gianpiero Espinoza Zambrano***

A mis padres que me han apoyado en todas mis decisiones y metas propuestas, por estar en todos mis pasos en este camino tan difícil. A mis hermanos por estar para mí en cada momento y animarme cada día a superarme; a mis amigos porque cada uno de ellos me ha motivado a perseguir mis sueños sin perder las esperanzas. Gracias a todas los maestros y compañeros que conocí a lo largo de la carrera y me brindaron su ayuda para juntos salir adelante.

***Jenny Sinchi Mejia***

## **Resumen**

La industria cervecera artesanal ecuatoriana está en auge, con una producción anual de 6,4 millones de litros y un aumento del 36% desde 2021. En 2023 se han registrado 284 marcas de cervezas artesanales, el impacto económico es significativo, con USD 25,5 millones en ingresos en ese año y generando 2000 empleos directos. El consumo de la bebida aumenta junto a las tendencias por variedad de estilos, sabores y demanda, al mismo tiempo incluyen retos en costo de producción, competencia, acceso a la distribución y principalmente análisis de control de calidad, por lo que el propósito de esta investigación es proporcionar información científica acerca de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de cervezas artesanales elaboradas en la ciudad de Guayaquil.

Los análisis de control de calidad se realizaron siguiendo las metodologías estandarizadas según la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros (ASBC) y la normativa ecuatoriana INEN 2262. Los resultados microbiológicos en las cervezas artesanales indicaron la ausencia de microorganismos patógenos. Se realizaron pruebas bioquímicas para identificar presencia de metabolitos en las muestras, en todos los lotes se determinó la presencia de carbohidratos y de almidón.

Entre octubre 2023 y febrero del 2024 se elaboraron tres lotes de cerveza artesanal en los laboratorios de Ciencias de la Vida perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil con la finalidad de comparar el contenido proteínico usando diferentes tipos de maltas, mediante la validación del método de Kjeldahl, como resultado se obtuvo que el contenido de proteínas más alto fue de 39,91%. También se evaluó el contenido de metales pesados y macroelementos mediante el equipo Espectrometría de masas de plasma (ICP) concluyendo que en todas las muestras hay un alto valor del macroelemento potasio. El metal Cadmio, Níquel no están presentes en las muestras.

**Palabras claves:** Método Kjeldahl, ICP, lúpulo, cerveza artesanal, cebada malteada, proteínas.

## **Abstract**

The Ecuadorian craft beer industry is booming, with an annual production of 6.4 million liters and an increase of 36% since 2021. In 2023, 284 craft beer brands have been registered, the economic impact is significant, with USD 25, 5 million in income that year and generating 2,000 direct jobs. Beverage consumption increases along with trends due to variety of styles, flavors and demand, at the same time they include challenges in production cost, competition, access to distribution and mainly quality control analysis, so the purpose of this research is to provide scientific information about the physical, chemical and microbiological parameters of craft beers made in the city of Guayaquil.

The quality control analyzes were carried out following standardized methodologies according to the American Society of Brewing Chemists (ASBC) and the Ecuadorian INEN 2262 regulations. The microbiological results in the craft beers indicated the absence of pathogenic microorganisms. Biochemical tests were carried out to identify the presence of metabolites in the samples; the presence of carbohydrates and starch was calculated in all batches.

Between October 2023 and February 2024, three batches of craft beer were produced in the Life Sciences laboratories belonging to the Salesian Polytechnic University, Guayaquil headquarters with the purpose of comparing the protein content using different types of malts, through validation of the method of Kjeldahl, as a result it was obtained that the highest protein content was 39.91%. The content of heavy metals and macroelements was also evaluated using Plasma Mass Spectrometry (ICP) equipment, concluding that in all samples there is a high value of the macroelement potassium. The metal Cadmium, Nickel are not present in the samples.

**Key words:** Kjeldahl Method, ICP, Hops, craft beer, malted barley, proteins.

# ÍNDICE

<b>Capítulo 1 Conceptualización .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	4
1.3. Justificación y delimitación.....	5
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. General.....	6
1.4.2. Específicos.....	6
1.5. Hipótesis o Supuestos.....	6
<b>Capítulo 2 Fundamentación teórica .....</b>	<b>7</b>
2.1. Historia de la cerveza Artesanal .....	7
2.2. Materias primas en la producción de cerveza .....	12
2.2.1. Cebada .....	12
2.2.2. Producción de Lúpulo.....	15
2.2.3. Levadura para cerveza artesanal.....	19
2.2.4. Agua.....	23
2.3. Cerveza artesanal.....	25
2.3.1. Análisis para el control de calidad de la cerveza artesanal .....	31
2.3.4. Proceso productivo de cerveza artesanal .....	43
.....	45
2.3.5. Propiedades funcionales de la cerveza .....	46
2.4. Método Kjeldahl.....	48
2.5. Innovaciones de la Biotecnología en la cerveza.....	51
2.5.1. Malteado y Enzimología.....	52
2.5.2. Ingredientes de la nueva generación.....	53
<b>Capítulo 3 Materiales y métodos .....</b>	<b>54</b>
3.1. Lugar y condiciones de elaboración.....	54
3.2. Selección de muestras .....	54
3.3. Elaboración de cerveza.....	61
3.3.1. Procedimiento.....	62
3.4. Perfil aromático sensorial.....	68



3.5. Análisis Físicos y químicos .....	70
3.6. Análisis microbiológicos .....	74
3.6. Determinación proteínas por Método Kjeldahl .....	76
3.6.1. Análisis estadísticos .....	78
3.7. Determinación de metales pesados .....	78
<b>Capítulo 4 Resultados y discusión .....</b>	<b>79</b>
4.1. Evaluación del rendimiento.....	79
4.2. Perfil aromático sensorial.....	81
4.3. Análisis de resultados físicos y químicos .....	85
4.4. Recuento de unidades formadoras de colonias (UFC por m/l) .....	89
4.5. Cuantificación de proteínas totales .....	91
4.6. Diseño de tabla de atributos .....	95
4.7. Macroelementos .....	96
4.8. Cuantificación de metales pesados.....	97
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>99</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>100</b>
<b>Apéndice/Anexos .....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tamaño del mercado de la cerveza a nivel mundial entre 2022 y 2030 .....	8
Figura 2. Ubicación de Cervecerías Artesanales en la ciudad de Guayaquil .....	12
Figura 3. Mayores productores de cebada por toneladas métricas en 2023/2024 .....	13
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso para obtener cebada malteada .....	14
Figura 5. Tamaño del mercado del Lúpulo .....	18
Figura 6. Ruta metabólica por la que <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sintetiza etanol .....	21
Figura 7. Microflora de la maltería en la elaboración de cerveza.....	39
Figura 8. Diagrama del proceso para elaborar cerveza artesanal.....	45
Figura 9. Diagrama del proceso de recuento de placas.....	76
Figura 10. Gráfico evaluación de rendimiento de cerveza artesanal por litros.....	80
Figura 11. Gráfico ANOVA Multifactorial interacción del lote con los caracteres primera interacción.....	83
Figura 12. Gráfico ANOVA Multifactorial interacción del lote con los caracteres segunda interacción.....	83
Figura 13. Gráfico de barras cuantificación de proteínas totales en cervezas .....	93
Figura 14. Histograma Cuantificación de proteínas totales en cervezas artesanales .....	94
Figura 15. Diseño de tabla de atributos .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de Cervezas Artesanales producidas en la ciudad de Guayaquil.....	10
Tabla 2 Composición nutricional de la levadura de cerveza.....	23
Tabla 3 Categorías básicas de cervezas artesanales en el mundo .....	26
Tabla 4 Valores de colores del método referencia estándar en la apariencia de cerveza artesanal .....	32
Tabla 5 Referencias de aromas y sabores.....	33
Tabla 6 Origen de contaminación de metales pesados en procesos .....	37
Tabla 7 Descripción de lotes muestreados de Cerveza Artesanal .....	54
Tabla 8 Descripción de estilos de cebada malteadas en cerveza artesanal del “Lote 3” .....	55
Tabla 9 Descripción de estilos de cebada malteadas en cerveza artesanal del “Lote 4” .....	56
Tabla 10 Descripción de estilos de cebada malteadas en cerveza artesanal del “Lote 5” .....	57
Tabla 11 Componentes del Agua para Cerveza Artesanal elaborada en Guayaquil .....	58
Tabla 12 Ficha técnica del Lúpulo Citra .....	59
Tabla 13 Ficha técnica del Lúpulo Cascade.....	60
Tabla 14 Cantidad de tipos de cebadas malteadas para elaborar cerveza artesanal .....	62
Tabla 15 Tipos de lúpulo con la cantidad y el tiempo de agregado .....	64
Tabla 16 Definición de compuestos para el test sensorial de cerveza artesanal .....	69
Tabla 17 Diseño del Test Sensorial con las características organolépticas de cerveza artesanal .....	70
Tabla 18 Indicadores de presencia de polisacáridos .....	71
Tabla 19 Cuadro de rendimiento de los lotes de cerveza artesanal de acuerdo con el agua inicial utilizada.....	79
Tabla 20 Tabla de medias de mínimos cuadrados.....	81
Tabla 21 Pruebas de rango múltiple.....	84
Tabla 22 Pruebas de rango múltiple contraste .....	84
Tabla 23 Resultados de análisis físicos y químicos .....	85
Tabla 24 Resultados del porcentaje de alcohol en tres lotes de cerveza .....	86

Tabla 25 Resultados de acidez total de muestras de cerveza artesanal por titulación .....	86
Tabla 26 Resultados de tamizaje.....	87
Tabla 27 Resultados de recuento en unidades UFC/ml de placas Petrifilm .....	89
Tabla 28 Cuantificación de colonias en medio PDA según las diluciones .....	90
Tabla 29 Resultados de cuantificación del Método Kjeldahl.....	92
Tabla 30 Cálculos previos para tabla de frecuencias .....	93
Tabla 31 Tabla de Frecuencias .....	94
Tabla 32 Resultados de Macroelementos analizados por ICP .....	96
Tabla 33 Resultados de metales pesados analizados por el ICP .....	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de cerveza artesanal .....	110
Anexo 2. Cuantificación de Proteínas.....	113
Anexo 3. Pruebas físico y químicas .....	116
Anexo 4. Cuantificación de metales pesados y macroelementos por equipo ICP .....	122
Anexo 5. Análisis microbiológicos .....	124
Anexo 6. Tabla de atributos .....	126
Anexo 7. Curva de calibración.....	127

## Capítulo 1 Conceptualización

### 1.1. Introducción

Desde inicios de la existencia humana existe una bebida que se ha producido por fermentación y es la cerveza, actualmente, ostenta una de las mayores tasas de comercialización anual a escala global tan solo superada por el agua potable y el té, figura como el líder indiscutible del mercado global de las bebidas fermentadas (Orús, 2024). Se espera que el tamaño del mercado mundial de cerveza artesanal alcance los USD 502.9 mil millones para 2025, expandiéndose exponencialmente del 19.9%, por el auge por consumir cerveza que contengan bajo contenido alcohólico por volumen y de diferentes sabores (Grand View Research, Inc., 2017).

Gobiernos centrales de diferentes países promueven la elaboración de cerveza artesanal, visto como una contribución positiva para el crecimiento económico, tales como: México, Australia, Bélgica, Alemania se debe agregar que concentran el 65% de producción mundial, siendo la Cerveza Belga con mayor preferencia para los consumidores de cerveza artesanal por sus características organolépticas (Maureen O'Hare, 2016).

El aumento de la producción mundial de cerveza da como resultado a una mayor demanda de materias primas para su producción como: cebada, trigo, lúpulo, algunos ejemplares son: Pale Ale, IPA y Amber Ale que son más consumidas debido a los ingredientes para su elaboración que cautivan al paladar de sus consumidores (Grand View Research, Inc., 2017). Una de las materias primas más importantes es la cebada *Hordeum vulgare L.* planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las gramíneas, cabe señalar que deriva a la producción de malta y esta es la que mayor costo representa (Muñoz Morales, Elvira Ivonne, 2020). La cebada malteada es la que más influye en las características organolépticas de la cerveza artesanal, este cereal recién cosechado debe pasar por un proceso de tostado, que contribuye a las propiedades organolépticas del producto final (Cervecería Kross, 2023).

Por otro lado, el agua en la cerveza artesanal representa del 85 – 95% y se usa para incorporar las propiedades de la malta en la bebida, se incorpora la levadura, que es un organismo vivo unicelular y se encarga de convertir los azúcares del cereal en etanol y demás subproductos, se destaca la variedad de tipos de levadura para diferentes estilos de la bebida (Cervecistas, 2023). El lúpulo, esta flor aromática crece en enredaderas de climas frescos y secos, se ha convertido en un ingrediente fundamental en la elaboración de cerveza. Desde hace siglos, su presencia ha sido indispensable para dar vida a esta bebida tan apreciada por su sabor y aroma. Más allá de ser un simple componente, el lúpulo se ha transformado en un elemento clave para la creación de cervezas artesanales. Su versatilidad permite a los maestros cerveceros explorar un sinfín de posibilidades, utilizando diferentes variedades y mezclas para dar lugar a experiencias sensoriales únicas (Laugar Brewery, 2023).

Al momento de la elaboración de cerveza se ve afectado en distintas etapas por el contenido de proteínas, la cantidad que se encuentran en las diversas etapas de elaboración y en la bebida final depende de las diferentes materias primas empleadas, este contenido proteínico está directamente relacionado con las características de la bebida, en particular con su capacidad para formar y retener espuma. (ParaLab, 2020).

Las proteínas son esenciales para comprender procesos biológicos, y su medición es crucial en diversas áreas, desde la purificación hasta la electroforesis, la cuantificación de la proteína total se realiza mediante el método Kjeldahl, que determina el nitrógeno en la muestra y lo convierte a una aproximación del contenido proteico (Molecular Devices, 2023). En la cerveza artesanal, este método permite estimar la calidad y el sabor, así como controlar el proceso de elaboración, ya que la proteína influye en la espuma, la turbidez y el sabor, además de ser fuente de nutrientes para levadura (García & Fernández, 2008).

Los análisis físicos y químicos en cerveza artesanal son procesos mediante el cual se estudian variedad de características y propiedades de los componentes que estructuran las bebidas, con el principal objetivo de medir la calidad, seguridad y el valor nutricional, determinar presencia o

ausencia de materia no deseada, el grado de acidez y el porcentaje de humedad, para así comercializar un producto que cumpla con altos estándares de calidad (Proacciona, 2023).

Por lo que el objetivo general de esta investigación es realizar un análisis comparativo del uso de diferentes tipos de cebadas malteadas que se ofrecen en el Ecuador para la fabricación de cerveza artesanal y como influyen estas marcas en la concentración de proteínas totales en la cerveza artesanal comercializadas en la ciudad de Guayaquil y el alcance del proyecto de la investigación es directamente para proporcionar información potencialmente útil en el área de producción y para la comunidad científica relacionada al sector de procesos biológicos, los resultados de esta investigación podrán utilizarse como guía para replicar los análisis garantizando una mejor calidad de sus productos a nivel nacional, permitiendo avanzar al mercado exigente, alcanzando altos estándares como la industria cervecera.



## **1.2. Planteamiento del problema**

La cerveza artesanal en Ecuador experimenta una elevación significativa en los últimos años, antes de la pandemia había 232 marcas registradas de cerveza artesanal, en 2021 el número incrementó a 250 y actualmente el país cuenta con 284 marcas registradas. Las empresas dedicadas a la elaboración de esta bebida presentan dificultades para estandarizar sus procesos y obtener un producto comparable con estándares internacionales debido a la escasa investigación científica que se ha realizado en este campo para la determinación de parámetros, físicos, químicos y microbiológicos que permitan validar metodologías para el análisis de control de calidad, esto genera que su costo de producción se incremente.

La problemática se centra en la limitada información que existe en el sector productor cervecero ecuatoriano, la escasa investigación científica de técnicas de campo y laboratorio que aseguran el sistema de calidad y la sanidad de la cerveza, por lo que la mayoría de los consumidores de bebidas alcohólicas desconocen el valor nutricional que ofrece. Gran parte de los productores nacionales aplican metodologías caseras que son afectadas directamente por contaminantes, perjudicando así, las características propias de la bebida.

### **1.3. Justificación y delimitación**

La presente investigación se enfoca en proporcionar información sobre métodos físicos, químicos y microbiológicos que ayuden a garantizar la calidad del producto, sanidad de la cerveza y rentabilidad del proceso, dentro de las operaciones unitarias ya establecidas como molienda, maceración, filtración, fermentación, entre otras; manteniendo las características físicas y químicas, microbiológicas y organolépticas para darles así valor a los componentes nutricionales. La calidad de la cerveza artesanal requiere precisión en la elaboración y el uso de materias primas certificadas, para asegurar que los productos que se comercializan en Guayaquil cumplan con las propiedades y valores nutricionales esperados por los consumidores, por lo que es importante dar a conocer estas características propias del producto. Esta información aporta gran valor a los artesanos y comunidad científica relacionados al área de investigación y producción.

La investigación se basó en tres marcas comerciales de cebada malteada y de las que se elaboraron lotes de cerveza artesanal para cada tipo de cebada en los laboratorios de ciencias de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, de enero a febrero del 2024. Se tomaron muestras en cada etapa del proceso donde se midieron variables como el índice de acidez y refracción (grados brix), adicionalmente se añaden dos lotes elaborados en la ciudad de Quito y se adquirieron cinco marcas de cervezas comerciales de venta en la ciudad de Guayaquil, en total se analizaron diez lotes. Debido a la confidencialidad de datos, se omitieron la publicación de nombres de las marcas y de las fuentes de obtención. Para el análisis sensorial se limitó la población de testeo en catorce personas con conocimientos relacionados al campo de estudio.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

- Comparar el contenido proteínico de diferentes cervezas artesanales elaboradas en la ciudad de Guayaquil.

### **1.4.2. Específicos**

- a) Elaborar cerveza artesanal con diferentes tipos de cebada malteada mediante fermentación.
- b) Diseñar una matriz de atributos de varias muestras de cervezas artesanales.
- c) Validar el método analítico de Kjeldahl para la cuantificación del contenido proteínico en cervezas artesanales

## **1.5. Hipótesis o Supuestos**

El contenido proteínico de la cerveza artesanal depende del tipo de cebada malteada utilizada en el proceso de elaboración en la ciudad de Guayaquil.

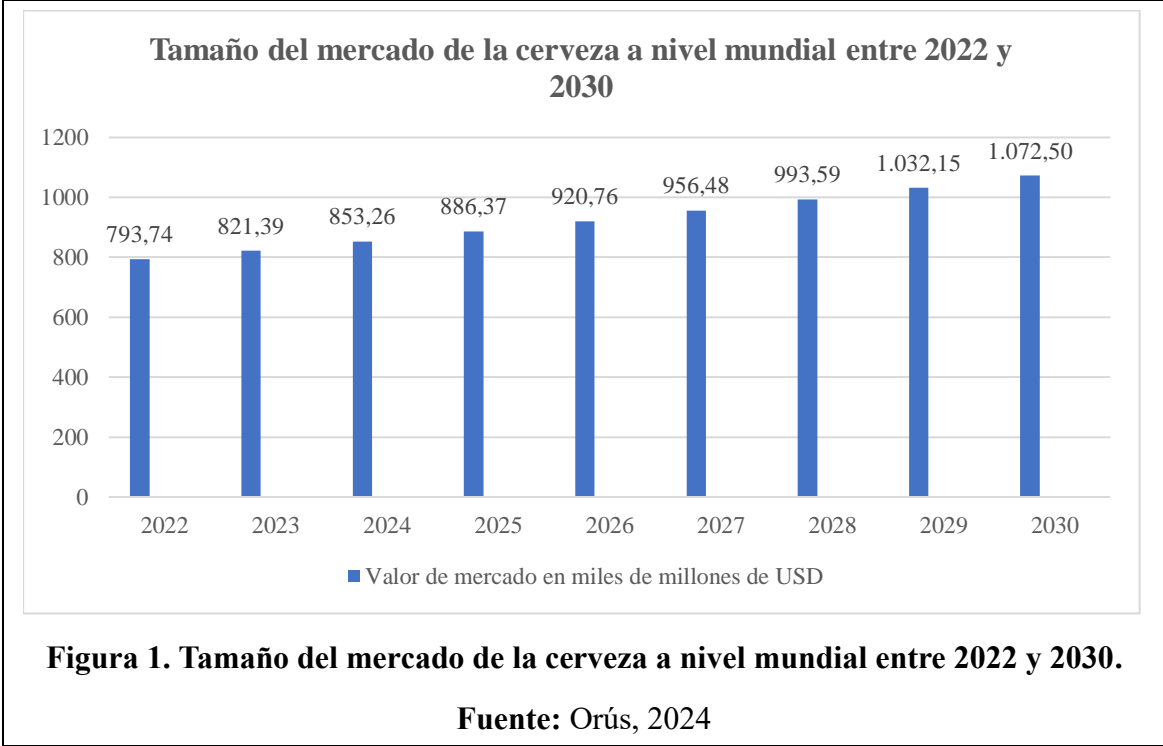
## Capítulo 2 Fundamentación teórica

### 2.1. Historia de la cerveza Artesanal

La cerveza es una bebida antiquísima que tiene sus orígenes en el mediterráneo, con fines terapéuticos, referencias históricas demuestran que era consumida por los sumerios para evitar enfermedades infecciosas por la ingesta de agua no potable (FICYE, 2019). Los egipcios perfeccionaron la receta y la ofrecían como atributo al Dios Osiris, manejaban zonas a gran escala para la producción de esta bebida, los agricultores se dedicaban netamente a la cebada en la elaboración de cerveza y la usaban como monedas, grandes avances en conservación lo hicieron en el Impero Romano, cuando los bárbaros cedieron madera, para finales de la Edad Media, Baviera experimenta el fermento por la manipulación del hombre (Cervecería Golden, 2023).

El alemán Joseph Grolle descubre una técnica en el proceso de elaboración de cerveza que hará a la Lager Dorada competencia directa con la cerveza Lager oscuras que dominaban el segmento en Baviera. Joseph controló la temperatura, realizó una selección de cepas de levadura para la fermentación dando como resultado a la Pilsener (Cervecistas, 2018). En Inglaterra, en los años 70 se referían a este producto como “Craft” para pequeños productores, Bill Urquhat en 1975 fundó una de las primeras cervecerías en Litchborough, Northampton, no obstante, Estados Unidos llevó este concepto a nivel internacional trasladando estilos de países europeos de forma casera (Escerveza, 2019). En Bélgica cada pueblo tiene su propio estilo de cerveza artesanal, al igual que países asiáticos como Japón, China y Corea del Sur; en España el auge incrementó en los últimos 7 años, con variedad de estilos y de excelente calidad (Escerveza, 2019).

En el mundo actual, la cultura del consumo de cerveza tiene un nuevo auge, con el pasar del tiempo, las cervecerías, enfocan su comercio en el mercado mundial para alcanzar mayor consumo, su consumo ya es parte del estilo de vida de muchas personas, los productores de cerveza artesanal tienen un gran potencial y es tentado por los consumidores: las nuevas fórmulas para elaborar cerveza artesanal que le dan distintos sabores, aumenta la creatividad en los productores que buscan ser del gusto de sus clientes (Erick Calvillo, 2022).



En la figura 1 se muestran los valores monetarios del mercado de la cerveza en el mundo, se observa que, en 2022, el mercado mundial de la cerveza cuyo valor ronda los \$794.700, se estima una progresión consecutiva para 2030 (Orús, 2023). Según la Brewers Association (asociación de cervecerías artesanales de América), reporta que se produjeron 24 millones de barriles de cerveza en Estados Unidos en el año 2022 y las microempresas de cervezas generaron 189,413 empleos, 9% más que en el 2021 en dicho país y esto se debe al aumento de cervecerías siendo un total de cervecerías de 9,709 en comparación al 2021 que eran 9,384 (Franceschini, 2023).

En Ecuador Fray Jodoco Ricke produjo la primera cerveza en América en el Convento San Francisco en la ciudad de Quito en 1566 (Zambrano, 2023). El reconocimiento de Ecuador al ser un país rico en diversidad es aprovechado por los productores de cerveza artesanal usando ingredientes autóctonos de la región, evolucionando la industria ASOCERV se destaca por mostrar no solo en el país, si no que a nivel internacional la productividad de nuestras cervezas junto a la gastronomía local (Cámara de comercio de Quito, 2023).

En el “Puerto principal” la ciudad de Guayaquil, es una tradición local beber cervezas frías debido a las altas temperaturas de la ciudad, la industria cervecera ha conquistado este mercado, pero el reconocimiento de la bebida se originó en Quito, grandes ejemplos como Cerveza Santa Rosa han llegado a la ciudad puerto, aunque el clima de la ciudad no favorece su crecimiento, cervecías como Morisca y Bajamar han logrado superar este inconveniente y comercializar sus cervezas (Pesantes, 2019).

### **Cerveza artesanal en Ecuador**

La producción de cerveza artesanal está presente en dos grandes provincias del Ecuador tal es Pichincha y Guayas, siendo Pichincha la que mayor contribución realiza al país; en la región el turismo gastronómico ofrece variedad de productos para los viajeros y locales siendo las bebidas parte fundamental de este mercado, como se ha mencionado la industria cervecera del país tiene un nuevo auge de la bebida alcohólica, esta se define como microempresas (Asocerv, 2023).

En nuestro país al tener riqueza en la diversidad de materias primas para elaborar cerveza, las marcas presentan variedad de estilos, sabores, aromas y colores (Jaramillo, 2017). Según la Asociación de Cervecías Artesanales del Ecuador, mencionan que existen más de 150 cervecías generando 13 millones de ventas y registro un aumento del 10% en el año 2018 en comparación al año 2017 (Jaramillo P., 2023; Palleró, D., 2019).

De acuerdo con un estudio realizado por Bryan Taipe en el año 2019 en la ciudad de Quito, reveló que el consumo de cerveza artesanal mayoritariamente es por los hombres entre edades de 22 y 40 años, con mayor frecuencia a consumirla 1-3 veces por semana (Bryan Taipe, 2019). En la ciudad de Guayaquil, en los resultados de estudio realizado por el Magister en gerencia de marketing Erick Carvajal, menciona que el mayor consumidor de cerveza artesanal es el género masculino alrededor del 65% de la población, con edades que oscilan los 20-35 años, añadiendo a este estudio de campo publica que el sector de venta se centra en los supermercados con el 31% de aforo por debajo le siguen las cadenas de restaurantes con solo 1% de diferencia y por último mini markets y tiendas domésticas, con frecuencia de consumo la mayoría prefiere estar en compañía de familiares y amigos (90%) los fines de semana, por último, también se menciona que por influencia de los acompañantes es que se consume variedad de bebidas alcohólicas (Erick Carvajal, 2017).

Otro estudio reciente presenta una proyección de la producción y comercialización de la cerveza artesanal en la provincia del Guayas, señala tres factores claves para el consumo: ingerir cerveza artesanal de la zona, ocio y entretenimiento; e influencia del estímulo de los acompañantes (López-Montalván & Hinojosa-Ramos, 2021). En la tabla 1, se describen algunas de las empresas de la ciudad de Guayaquil que elaboran y comercializan cerveza artesanal a nivel nacional.

**Tabla 1**

*Cuadro de Cervezas Artesanales producidas en la ciudad de Guayaquil*

<b>Nombre</b>	<b>Producto</b>	<b>Características</b>
<b><i>Porteña “cerveza artesanal Gye-Ecu”</i></b>	Guayabeera (Blonde Ale) 4.5% Vol.	Dorada, Vigorizante, delicada, sabor a cereal
	Estrella de octubre (Honey Brew) 5% Vol.	Dulce, Cobriza, fácil de beber, a pan
	Astilleros (India Pale Ale) 5% Vol.	Brillante. Fragante, cítrica, herbal
	Perla Negra (Robust Porter) 5.6% Vol.	Ebano, fuerte, ahumada, cremoso.
<b><i>Impala "cerveza artesanal"</i></b>	Cerveza Impala Belgian Saison 6.5% Vol.	Trigo, fina, herbácea
	Cerveza Impala Dunkel Weizen 5.0% Vol.	Receta tipo alemana, malta caramelo, ámbar cobrizo.
	Cerveza Impala India Pale Ale 6.2% Vol.	Intensa, cristalina, resinoso.
	Cerveza Impala Oatmeal Stout 5.4% Vol.	Pan tostado, espesa
<b><i>Frigga cerveza artesanal Guayaquileña"</i></b>	Cerveza American Pale Ale 3.0% Vol.	Amarillo pajizo, de cuerpo ligero, amargo
	Cerveza Zombie Coffee Ale 5.2% Vol.	Rojiza, fuerte y amargor alto
	Cerveza Parchita Ale 5.2% Vol.	Rubia, con sabor a maracuyá.

	Irish Red Ale	Rubia, ligera, maltosa
<b><i>Hopfen Cerveza Artesanal</i></b>	Cinnamon Wheat	Trigo especiado, nivel bajo de amargor
	Oatmeal Stout	Oscura, granulada, tostada
	Orange Honey Ale	Naranja y miel
<b><i>Cerveza Bajamar</i></b>	Lager	Herbales y florales
	American Pale Ale	Aromática y cítrica
<b><i>Cerveza Artesanal Teufelsjager</i></b>	Belgian Golden Strong	
	Doppelbock	Amarga como IPAs y maltoso como Doppelbock, roble y cerezo como la Rauchbier Marzen e incluso hay cervezas negras con distinto sabor y aroma a café
	Oak Robust Porter	
	Double IPA	
	Weissbier	
	Witbier	
	Rauchbier Märzen	
Imp Stout		

**Fuente:** Ernesto Encalada & Bárbara Villegas, 2019

### **Cervezas artesanales más comercializadas del Ecuador**

En el Ecuador las cervecerías presentan variedad de estilos, tonalidades y sabores, por ende, los ecuatorianos(as) tienden a expresar sus gustos al momento de consumir esta bebida en comparación a cervezas elaboradas a nivel industrial, las más reconocidas son: Latitud Cero que es inspirada por estilos europeos; Bajamar micro cervecería que ofrece diversos estilos de cerveza, como Lager, American Pale Ale y Weissbier; Camino del sol, Primera cervecería ecuatoriana inaugurada por una mujer Ana Nájera en 2011, su marca representa la diversidad del Ecuador (Asocerv, 2023).



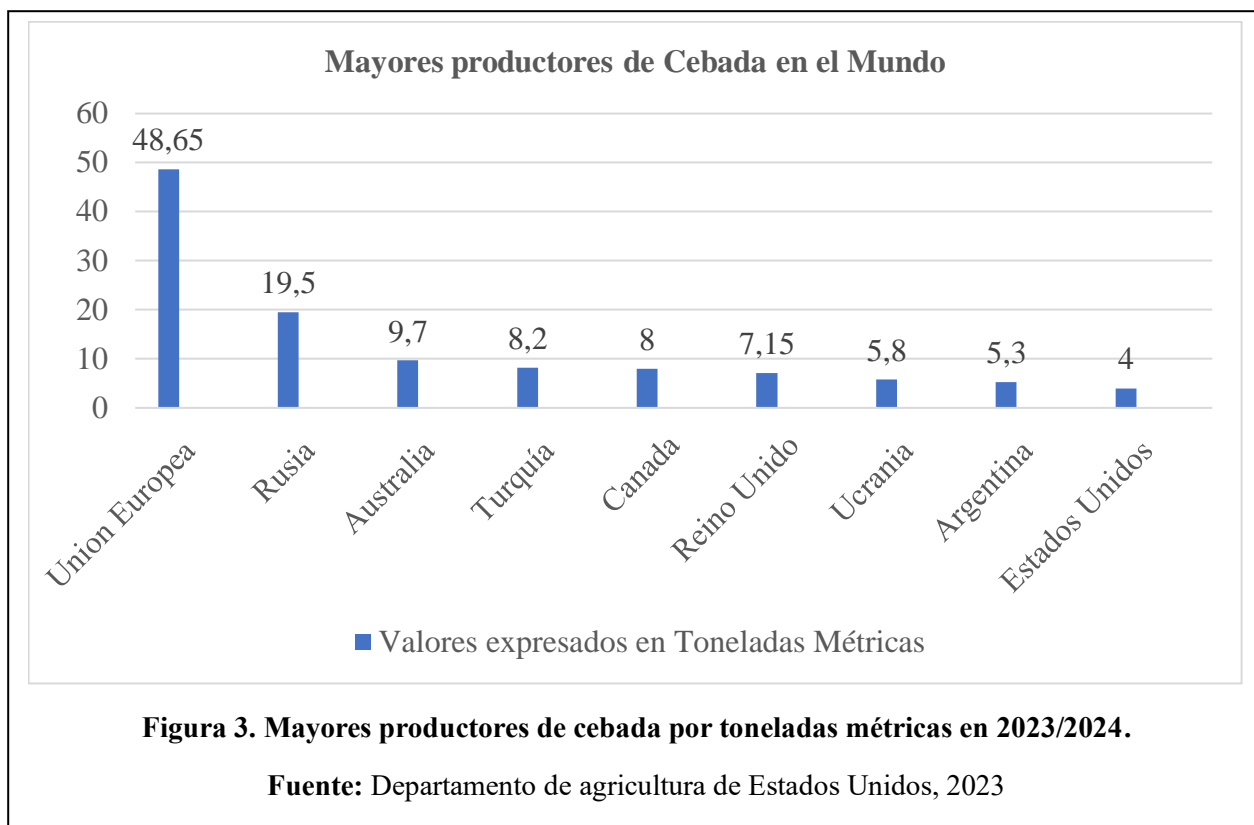


En la figura 2, se observa la distribución de las empresas que comercializan cerveza artesanal en el año 2024, dentro de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Se identifica que existe un auge mayoritario en la zona del norte de la ciudad en sitios estratégicos por ser de gran acogida por visitantes.

## 2.2. Materias primas en la producción de cerveza

### 2.2.1. Cebada

La cebada *Hordeum vulgare L.* familia de las poáceas o gramíneas, la cebada malteada es de interés para la industria de la cerveza artesanal por los atributos que otorga al producto al contener proteínas, enzimas y almidón importantes al momento del proceso de producción y es un grano que no presenta suficientes inconvenientes al agricultor (InterMalta C., 2023). Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) menciona que la producción de cebada para 2024 alcanza la cifra de 141.77 millones de toneladas a nivel global, a continuación, en la figura 3, se mencionan los países con mayor producción de Cebada en el mundo en el periodo 2023-2024 (USDA, 2024).

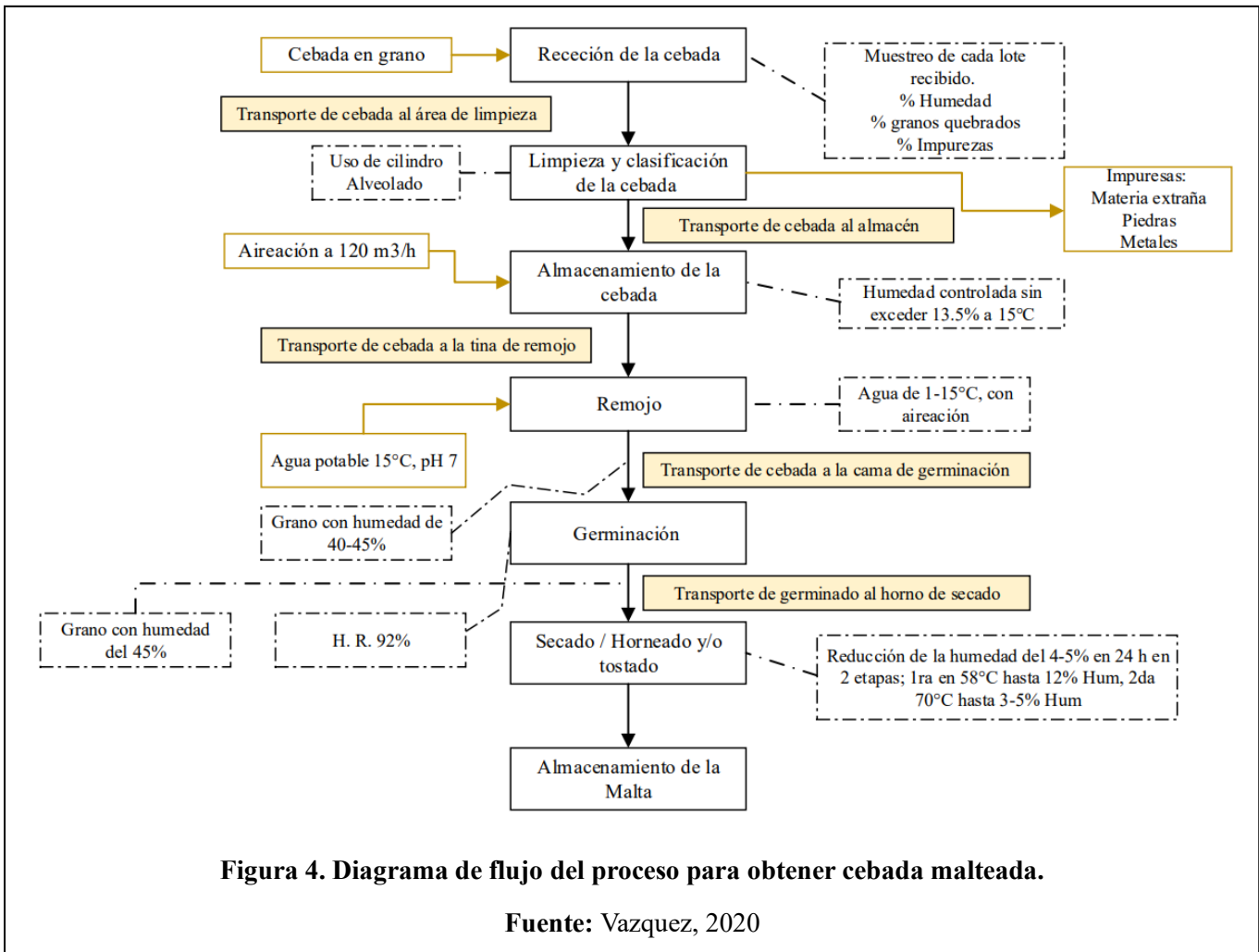


En el Ecuador la mayor producción de cebada se da en la sierra, donde Cotopaxi, Carchi, Pichincha e Imbabura son los que más contribuyen a este sector de la agricultura hay que mencionar además que el uso de este cultivo es para malteado en la industria cervecera y también para autoconsumo, es un material reutilizable usado en alimentos balanceados directos a la ganadería (El Universo, 2022).

La cebada es un producto local y competitivo dentro del mercado ecuatoriano, conforme a datos publicados por la secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca se alcanzó en dos semestres del último año la cifra de 4.5 Millones de ton, esta competitividad realza la importancia de producir y comercializar productos de buena calidad e impulsa a los agricultores a mejorar sus procesos (Forbes Ec, 2023).

## Cebada Malteada

La elaboración de este producto esencial para obtener cerveza tiene que ser sometido a diferentes procesos de fabricación yace de remojo, germinado, evaporado y/o horneado, usar cebada recién cosechada para este proceso es inadecuado porque no aporta atributos al producto, el proceso de malteado realiza una hidrólisis enzimática convirtiendo el almidón en azúcar para fermentar. Al momento de tostar el grano da la singularidad de que tipo o estilo se hará la cerveza (RENAPRA, 2020). Para contribuir con la información del proceso de malteado, en la figura 4, se describe detalladamente cada actividad y las condiciones por el cual se obtiene la cebada malteada que se usa en la elaboración de cerveza artesanal e industrial.



## **Tipos de Maltas**

Los tipos de maltas se distinguen en dos jerarquías, esta diferencia la otorga el proceso en que son sometidas, interpretando esta variedad tenemos (RENAPRA, 2020):

### ***Maltas bases***

Más claras en comparación a las demás, conocidas por su color claro, se obtienen al hornear granos a gélidas y durante un tiempo corto que otras maltas. Este método preserva la reacción enzimática, lo que les confiere el mayor poder. Estas maltas base pueden provenir de trigo o cebada.

### ***Maltas especiales***

Este tipo de malta tienen función en los caracteres organolépticas de la cerveza artesanal, tales son:

- Maltas Caramelo: pasa por el proceso de tostado con el uso del horno a una temperatura aproximada de 70°C, ocurre el proceso de hidrólisis convirtiendo el almidón en azúcar para fermentación. El tiempo y la temperatura son clave en el tipo de malta que se desea obtener.
- Maltas Tostadas: con temperatura alta (170°C) se hornea las maltas base. A una temperatura más alta, la reacción de Maillard se activa para la caramelización.

## **2.2.2. Producción de Lúpulo**

El Lúpulo *Humulus lupulus* es otra materia prima fundamental en la preparación de la cerveza artesanal, que ha sido usada a lo largo de la historia de la industria por sus características conservantes, por el sabor y aroma que le otorgan al producto, el uso de este ingrediente hace factible para presentar variedad de estilos de cerveza (Laugar Brewery, 2023).

El aroma de la cerveza proviene del Lúpulo, resistente al frío, su crecimiento se da en climas con temperaturas entre 16 y 18°C, contienen la lupulina que es un polvo aromático que se utiliza para la cervecera, contiene entre un 12% y un 14% de ácidos amargos, interesante para la elaboración de cerveza porque inhiben la presencia de microorganismos, aportan amargor y contribuyen a la formación de espuma (Vicente N., 2018). Entre los componentes se encuentran los esenciales, Suárez (2013) concluye que:

La presencia de aceites esenciales son los responsables del aroma y sabor de la cerveza, contienen compuestos destacando a los terpenos por su mayor cantidad, específicamente el mirceno da sabores ásperos y los lúpulos con gran cantidad de este compuesto hacen que sea usado para el aroma del producto final, los compuestos aromáticos son sustancias volátiles y es escaso la presencia de ellos en la cerveza por esta razón (pág. 13).

### **Análisis del mercado mundial de la producción del lúpulo**

El continente europeo experimentó un crecimiento acelerado en 2021, siendo el Reino Unido y Francia los líderes del mercado, Gran Bretaña importó 1.279 toneladas métricas, seguido por Francia con 684 toneladas métricas, además de las importaciones, se observó en el cultivo de lúpulo en Alemania, donde la producción alcanzó 8,7 millones de toneladas métricas en 2020, mostrando un incremento respecto al año anterior (Mordor Intelligence, 2023).

En el Ecuador no se cosecha el Lúpulo por las condiciones de crecimiento propias, pero se importa esta materia prima principalmente para la industria cervecera, existen variedad de plantas de esta especie que florecen y dan características distintivas, se pueden encontrar en el mercado sabores más cítricos, otros más florales, terrosos y con diferencias de nivel en amargor, sabor y aroma, los artesanos usan varios tipos dependiendo de las características para su cerveza final (Seca, 2021).

## Tipos de lúpulo

### *Según su función:*

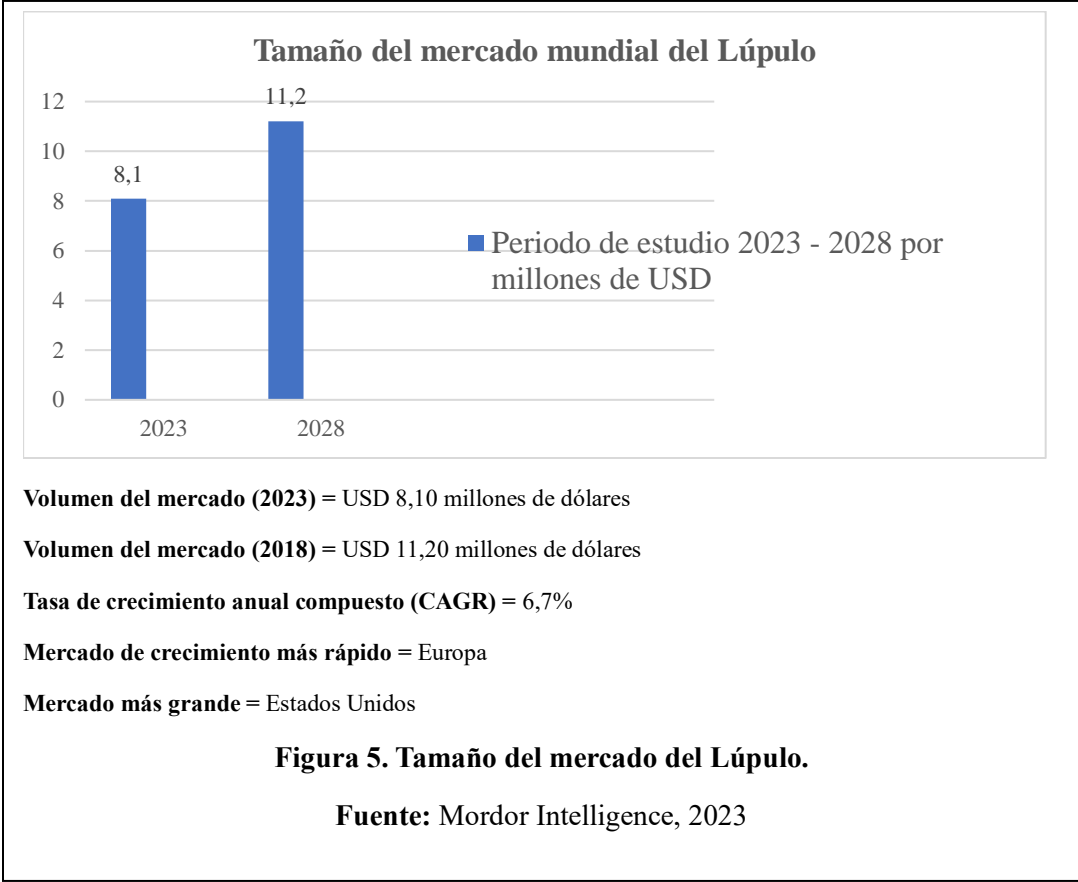
Al momento de la elaboración de los diferentes estilos de cerveza, el lúpulo a usar puede variar con respecto a este proceso, se habla de (Cervecistas, 2023):

- Lúpulos para dar amargor: contienen un alto nivel de ácido alfa. En el proceso de elaboración estos se agregan al inicio en que el mosto comienza el hervor durante una hora.
- Lúpulos para dar sabor: este se añade cuando haya finalizado el hervor, pero puede variar de acuerdo al tiempo.
- Lúpulos para dar aroma: a diferencia de los mencionados estos se pueden agregar al preparado en cualquier momento de la elaboración de la cerveza artesanal. Tienen la misma función de amargor y sabor.

### *Los más populares son* (Cervecistas, 2023):

- **Cascade:** su origen es de Estados Unidos, se dice que es adaptable para cualquier tipo de cerveza, su función es aromático y da notas cítricas y aromas florales. Su uso es muy común en estilos como IPA y Porter.
- **Centennial:** muy similar a Cascade, sin embargo, tiene mayor nivel de ácido alfa. Su función en la cerveza artesanal es darle aroma floral, cítrico y especiado. Muy usado en la preparación de APA, Stout, Wheat Ale.
- **Chinook:** se caracteriza por su tono herbal y ahumado con toques de pino. Tiene leves tonos amargos y se considera ideal para cervezas suaves. Su uso es común en estilo como APA e IPA.
- **Citra:** este tipo de lúpulo brinda a la cerveza sabores y aromas a lichi, lima, limón. Da cervezas frescas y con tonos dulces con un toque muy característico cítrico. Es ideal para estilos como APA, Amber Ale e IPA.

Con la expansión global de las cervecerías artesanales, la preferencia por variedades de lúpulo amargo ha aumentado considerablemente en comparación con las variedades aromáticas, Estados Unidos es proveedor del 96% a nivel global (USDA, 2022), el incremento de la industria de la cerveza artesanal en dicho país hace que se demande más el lúpulo y Alemania sigue la misma corriente (Mordor Intelligence, 2023).



En la figura 5, se detalla el tamaño mundial del lúpulo para elaborar cerveza, se observa el volumen del mercado en el año 2023 de ocho millones de dólares americanos, resalta el aumento estimado para el año 2028 donde hay evidencia de un aumento significativo de la tasa de crecimiento anual del 6,7%, donde el crecimiento más rápido en términos de producción en el mundo es liderada por países del continente europeo, destacando que el mayor productor del mundo es Estados Unidos (Mordor Intelligence, 2023).

## **Composición y propiedades físico y químicas**

Según Julio Machado (2019), describe las características que contiene la cerveza artesanal, se mencionan las siguientes:

- ***Compuestos Amargos***

Presenta ácidos amargos alfa  $\alpha$  y beta  $\beta$ , forma parte del 18% del material y son compuestos hidrofóbicos.

- ***Aceites esenciales***

Está integrada por combinación de sustancias que representan del 0,5-1,2%, contiguo a un elevado porcentaje de terpenos que asignan las cualidades de la cerveza artesanal, son clave en un sistema de control de calidad y para la comercialización.

- ***Compuestos fenólicos***

Representan el 5% de la composición, actúan como conservantes y preservantes del sabor, aroma, color, y amargor de la cerveza artesanal, además tienen propiedades antioxidantes, antimicrobianas y estabilizadoras de espuma.

### **2.2.3. Levadura para cerveza artesanal**

*Saccharomyces cerevisiae* usualmente usada para la elaboración de pan, cerveza y vino, también se emplea en el ámbito de la biotecnología para investigar los procesos a nivel celular y molecular, bioproductos como biocombustibles, fármacos como vacunas (Cristina del Valle, 2023).



## **Aplicación**

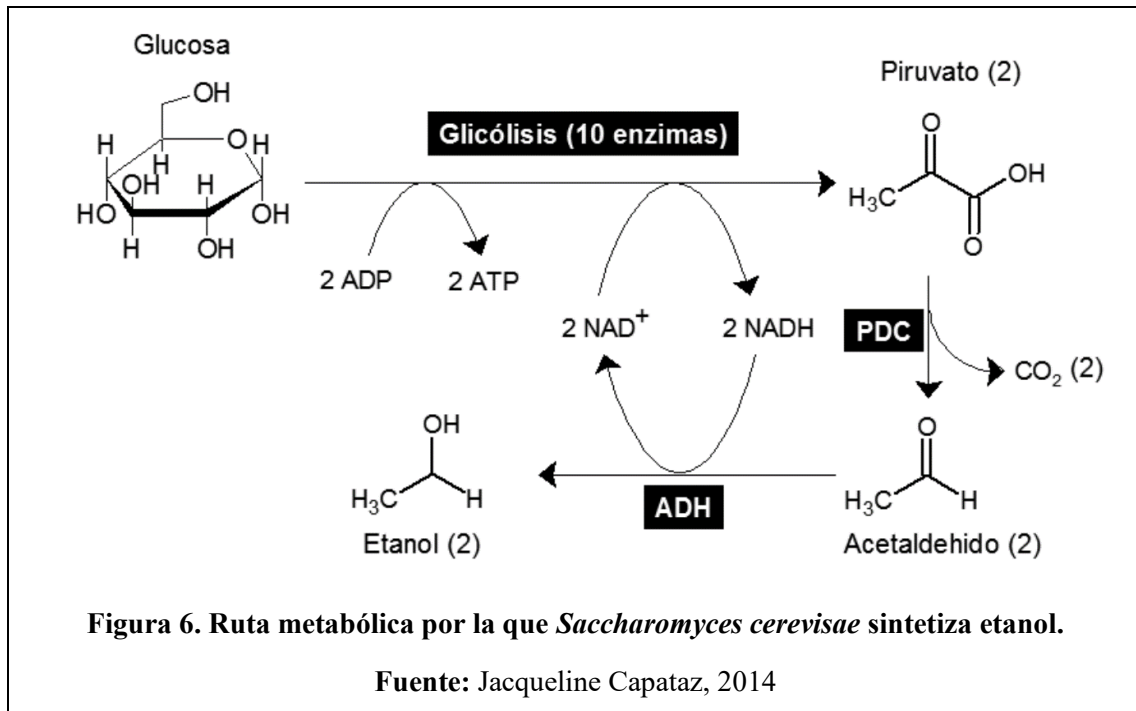
*S. cerevisiae* forma parte de la historia de la fermentación para alimentos y bebidas ingeridas por el ser humano con un alto porcentaje para la industria comercial, para la producción de bebidas alcohólicas por fermentación, este proceso se da espontáneamente por la microflora de las materias primas o en cultivos de la levadura (Stewart GG., 2014). La diferencia que existe entre la cerveza artesanal e industrial es que el proceso artesanal es más controlado por términos de calidad y variedad basándose en sus características organolépticas (Hayward L., 2019).

La aceptación de *S. cerevisiae* depende del proceso de elaboración de la cerveza artesanal, esto puede ser útil para desarrollar nuevas presentaciones o perfiles del producto, en el año 2018 Meier-Dörnberg, estudiaron propiedades de cepas diastáticas y descubrieron que tienen aspectos positivos para ser usadas en las micro cervecías, menciona que tienen alta floculación y capacidades para usar azúcar y dextrina en la fermentación (McSwine, 2018).

En la cerveza Lager pueden ser negativamente aceptadas debido a la influencia del sabor fenólico, muchas veces las cepas no son capaces de producir sabores fenólicos que se degraden por mutaciones en la pérdida de la función en PAD1 o FDC1, estos son importantes para el fenotipo fenólico de sabor desagradable (Mukai N., 2014).

## **Ruta bioquímica de *Saccharomyces cerevisiae* para producir etanol**

En la figura 6, se muestra la ruta metabólica por la que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* sintetiza etanol se observan las siguientes reacciones: en el glicólisis ocurren 10 reacciones enzimáticas durante la ruta bioquímica, se oxida una molécula de glucosa produciendo dos moléculas de piruvato. Mientras esto ocurre, también se sintetizan dos moléculas de Adenosín trifosfato (ATP) esto ocurre a partir del Adenosín Difosfato (ADP); A partir del NAD<sup>+</sup> oxidado se sintetizan dos moléculas de Dinucleótido de Adenina y Nicotianamina reducido (NADH) (Jacqueline Capataz, 2014).



Conceptualmente se dice que el ATP, molécula con nivel alto de energía que es utilizada en la célula como medio de transporte para la energía extraída de la glucosa, y el NADH funciona como acarreador de electrones; el NAD<sup>+</sup> necesita ser regenerado esto ocurre a partir de NADH y esto es importante para que el glicólisis siga en función, este proceso se da gracias a la fermentación basándose en la conservación de piruvato en etanol gracias a la catálisis de las enzimas piruvato descarboxilasa (PDC) y del alcohol deshidrogenasa (ADH) entonces se considera al etanol como residuo metabólico de la extracción de energía de la glucosa (Jacqueline Capataz, 2014).

### **Estructura de *Saccharomyces cerevisiae***

Organismo unicelular, de células eucariotas quiere decir que su núcleo está rodeado por la membrana que contiene DNA, es de forma ovalada, rodeada por la pared celular compuesta mayormente por glucanos y quitina; la membrana celular controla el ingreso de sustancias por la célula hay gran cantidad de proteínas que transportan nutrientes y el desecho, en el interior de la célula hay estructuras y orgánulos como la mitocondria, retículo endoplasmático, aparato de Golgi y vacuolas, su función principalmente es metabólica y mantenimiento a nivel celular (Reyes, 2023).

## Clasificación y características de las levaduras de interés cervecera

Dos cepas se destacan en la industria de la cerveza artesanal, estas son (Reyes, 2023):

- ***Saccharomyces cerevisiae:***

También llamada levadura de fermentación alta o ale yeast, es la levadura más comúnmente utilizada en la elaboración de ales. Esta especie fermenta a temperaturas más elevadas, entre 15-24°C, lo que resulta en una fermentación más rápida y la producción de ésteres y compuestos aromáticos que influyen en el sabor y aroma de las ales. Por su diversidad, ofrece características de fermentación y perfiles de sabor, lo que la convierte en una elección versátil para producir varios estilos de ales.

- ***Saccharomyces pastorianus:***

También llamada levadura de fermentación baja o lager yeast, es la especie de levadura clave en la producción de lagers. Este tipo de levadura fermenta a temperaturas más frías, generalmente entre 8-15°C, resultando en una fermentación más pausada y en la generación de menos ésteres y compuestos aromáticos en comparación con la *S. cerevisiae*; la fermentación a bajas temperaturas facilita la sedimentación de proteínas y otros compuestos, produciendo así cervezas más claras y limpias. *S. pastorianus* es un híbrido natural de *S. cerevisiae* y *Saccharomyces eubayanus*, y su capacidad para fermentar a temperaturas bajas se hereda de su linaje con *S. eubayanus*. Algunas características importantes de estas levaduras son:

- **Capacidad de fermentación:** Las levaduras cerveceras son eficientes en la conversión de azúcares fermentables, como la glucosa, maltosa y maltotriosa, en etanol y dióxido de carbono.
- **Tolerancia al alcohol:** Las levaduras cerveceras deben ser capaces de tolerar concentraciones crecientes de etanol a medida que avanza la fermentación.
- **Floculación:** proceso por el cual las células de levadura se agrupan y sedimentan al fondo del fermentador una vez que se ha completado la fermentación.

- **Producción de ésteres y compuestos aromáticos:** las levaduras cerveceras producen ésteres y otros compuestos aromáticos que contribuyen al perfil de sabor y aroma de la cerveza.
- **Atenuación:** capacidad de la levadura para fermentar y consumir azúcares en el mosto.

La composición nutricional de la levadura de cerveza puede variar según el proceso de producción y la fuente de origen, para obtener información precisa, es recomendable consultar la tabla nutricional en el empaque del producto, ya sea en forma de copos o cápsulas por esto en la tabla 2, se muestra un resumen de los nutrientes esenciales promedios encontrados en diversas marcas nacionales de escamas de levadura de cerveza (Shamirian, 2023).

**Tabla 2**

*Composición nutricional de la levadura de cerveza*

<i>Calorías</i>	363 kcal
<i>Proteínas</i>	32,8 g
<i>Hidratos de carbono</i>	36,2 g
<i>Fibra</i>	16 g
<i>Grasas</i>	3 g
<i>Fósforo</i>	104 g
<i>Potasio</i>	2600 mg

**Fuente:** Shamirian, 2023

#### 2.2.4. Agua

El agua simboliza el 85-90% de la cerveza artesanal y también forma una de las materias primas más importantes en la fabricación de esta bebida, antiguamente los cerveceros usaban agua de manantial, presentando productos de alta calidad en sabor, hoy se busca usar materia prima seleccionada ya que no es suficiente para obtener productos de excelente calidad, el agua contiene sales que pueden perjudicar la cerveza y se recomienda estudiar el agua que formará parte de los ingredientes (Flórez, 2020).

Iones que son importantes en el estudio del agua para elaborar cerveza artesanal son (Ecoionics SA, 2020):

- Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ): Disminuye el pH en el macerado y la ebullición del mosto.
- Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ): Puede proporcionar sabor amargo o agrio.
- Sodio ( $\text{Na}^{++}$ ): A concentraciones menores a 100 ppm da un sabor dulce, y más de 100 ppm da sabor salado.
- Sulfatos ( $\text{SO}_4^{--}$ ) y Cloruros ( $\text{Cl}^-$ ): El cloruro mejora la suavidad de la cerveza y los sulfatos producen sabores más secos y amargos.
- Carbonato ( $\text{CO}_3^{--}$ ) y Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ): Evitan la disminución del pH, contribuyen a la alcalinidad.

El agua forma parte importante en la composición y la elaboración de la cerveza artesanal, el tipo de agua influye directamente en los diferentes estilos de cerveza (Cerveja e Malte, 2023):

- Pilsen (República checa): el tipo de agua es blanda, con bajo nivel de calcio, carbonato, cloruro, magnesio, sodio y sulfato, esto contribuyo a que pilsen sea reconocida a nivel mundial.
- Viena (Austria): usa agua con niveles bajos en sodio y cloruro, favoreciendo a la producción de cerveza estilo ámbar.
- Múnich (Alemania): uno de sus principales estilos es la Munich Dunkel, usa baja cantidades de sodio, sulfatos y cloruro, contenidos que pueden variar de concentración como el calcio y magnesio y un nivel alto de carbonatos es ideal para acentuar sabores de la cebada malteada.
- Dortmund (Alemania): es popular por ser caracterizada debido a su nivel alto de concentración de minerales en el agua.
- Londres (Reino Unido): muy popular en su locación por su nivel alto de carbonato, sodio y sulfato en el agua para su elaboración.
- Dublín (Irlanda): Irlanda famosa por presentar la cerveza negra, contienen altos niveles de carbonatos.

## **Microbiología del agua para cerveza**

El agua contiene flora bacteriana y estas bacterias pueden ser perjudiciales para las cervecerías artesanales y a nivel industrial, causan turbidez, sedimentos y compuestos no deseados, no se describe cuáles son los límites aceptados de microorganismos en la cerveza artesanal, pero con las nuevas inseguridades del consumo de diferentes alimentos esto incluye bebidas, es primordial conocer estos datos, solo se conoce que la cerveza debe cumplir con parámetros físicos y químicos como el alcohol y el pH (McSwine, 2015).

Ciertos investigadores que redactaron temas en relación con el contexto citan que existen límites de aceptación de contaminantes microbiológicos en la cerveza o a una taza de 50 UFC (unidades formadoras de colonias) /100-200 ml del lote de cerveza (Reverso, W., 2005). Otros autores mencionan un límite de 10 UFC/ml en este caso para bacterias ácido-lácticas y para levaduras contaminantes o no deseadas en la fermentación de la cerveza se menciona 1 UFC/ml (McSwine, 2015).

### **2.3. Cerveza artesanal**

La cerveza artesanal se produce mediante la combinación de agua, levadura, lúpulo (ya sea en forma de flor o pellets) y cereales, siendo la malta de cebada la elección principal. Es importante destacar que, para recibir la denominación de artesanal, no debe haber pasado por procesos de estabilización como microfiltro o pasteurizado (Baiano, 2020).

Durante el proceso de fabricación de cerveza artesanal ocurren varios eventos donde actúan diferentes procesos biológicos o disciplinas científicas y el conocimiento de la tecnología a usar: “La biotecnología es la técnica que se usa para obtener cerveza, de acuerdo a que aprovecha seres vivos para producir algo, así se enfoca en dar un servicio o para obtener productos que se comercializan” menciona Salemi (Márquez, 2023).

## Tipos de Cervezas

La descripción del estilo de cerveza es muy importante al momento de realizar una cata, por ende, se ha resumido del manual BJCP Guía de estilo del año 2015 todas las categorías a la disposición, en donde el manual indican sus objetivos como mejorar la guía de estilos de cervezas en mercados locales, la adaptación de nuevas tendencias en el mercado artesanal, se incluyen cervezas históricamente reconocidas y que se vuelven tendencia, por ultimo describen de mejor manera las características de los nuevos ingredientes que son innovadores y llamativos para el consumidor (BJCP, Inc., 2015).

La Guía de Estilos BJCP 2015 ofrece una mejor ilustración para los jueces y organizaciones de competencia en el mundo, en la tabla 3, de manera resumida se detallan las categorías junto a la descripción y estilos de cervezas artesanales hecho por el manual BJCP:

**Tabla 3**

*Categorías básicas de cervezas artesanales en el mundo*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estilos</b>
<b><i>Cervezas Americanas Estándares</i></b>	Categoría de cervezas americanas cotidianas de consumo masivo, como lager y ale, de sabor suave y fácil de tomar.	Lager Americana Ligera, Lager Americana, Ale Cremosa, Cerveza de Trigo Americana.
<b><i>Lager Internacional</i></b>	Lagers premium para un mercado masivo producidas en la mayoría de los países del mundo. Libremente desarrolladas Pilsener, con coloridas variaciones que tienen adicionales sabores maltosas.	Lager Internacional, Lager Internacional, Lager Internacional.
<b><i>Lager Checa</i></b>	Divididas por densidad (draft, lager, especial) y color (pálida, ámbar, oscura). Los nombres checos para estas categorías son světlé, polotmavé, y tmavé.	Lager Pálida Checa, Lager Premium, Lager Ámbar, Lager Oscura Internacional.

<b><i>Lager Maltosa Pálida Europea</i></b>	Maltosas y pálidas, orientadas a la malta, de intensidad vollbier a starkbier. Son atenuadas y limpias, al igual que la mayoría de las cervezas alemanas.	Munich Helles, Helles Bock, Festbier.
<b><i>Cerveza Amarga Pálida Europea</i></b>	Cervezas de origen alemán que son pálidas y aún tienen un balance amargo, leves y altos caracteres del Lúpulo.	Leichtbier Alemana, Pilsener Alemana, Helles Exportbier Alemana, Kolsch
<b><i>Lager Maltosa Ámbar Europea</i></b>	Lagerbiers ámbar, Alemania y fermentación baja son de intensidad vollbier a starkbier.	Marzen Dunkes Bock Rauchbier
<b><i>Cerveza Amarga Ámbar Europea</i></b>	Cervezas de Alemania y austríacas ámbar, con balanceados tonos de amargo.	Vienna, Lager, Altbier Kellerbier
<b><i>Lager Europea Oscura</i></b>	lagers alemanas vollbier oscuras.	Munich Dunkel, Schwarzbier
<b><i>Cerveza Europea Fuerte</i></b>	lagers con sabores fuertes y porcentaje de alcohol alto de Alemania. Oscuras, pero hay más pálidas.	Doppelbock, Eisbock, Porter Báltica
<b><i>Cerveza de Trigo Alemana</i></b>	Alemanas de trigo no acidas, tonos claros y oscuros.	Weissbier, Dunkles Weissbier, Weizenbock
<b><i>Bitter Británica</i></b>	Surgen de Ales Pálidas Inglesas. Muy fresca y con baja presión y a temperaturas de almacenamiento.	Bitter Ordinaria, Best Bitter, Bitter Fuerte



<b><i>Cerveza Mancomunadas Pálidas (Pale Commonwealth)</i></b>	Bitter ales pálidas, fuertes, encaminadas al lúpulo, proviene al Imperio Británico.	Ale Dorada Británica, Inglesa, Ale Espumosa Australiana
<b><i>Cerveza Británica Marrón (Brown)</i></b>	Esta Guía describe versiones modernas. Agupadas para juzgar ya que tienen sabores similares, dejando a un lado si existió una similitud en el pasado.	Mild Oscura, Porter Inglesa, Ale Marrón Británica
<b><i>Ale Escocesa (Scottish Ale)</i></b>	Ligera, Fuerte y de Exportación, ales oscuras y enfocadas en la malta.	Escocesa Ligera, Escocesa Fuerte, Escocesa de Exportación
<b><i>Cerveza Irlandesa</i></b>	Color ámbar a oscuro, de fermentación alta, densidad ligera a moderada.	Ale Irlandesa Roja, Extra- Stout Irlandesa, Stout Irlandesa
<b><i>Cerveza Británica Oscura</i></b>	Stouts irlandesas y británicas, intensidad media a fuerte, de amargas a dulces, están más relacionadas con Irlanda.	Stout Dulce, Extra-Stout Extranjera, Stout Tropical, Stout de Avena
<b><i>Ale Británica Fuerte</i></b>	Cervezas más fuertes, no tostadas.	Ale Fuerte Británica, Old Ale, Wee Heavy, Barleywine Inglés
<b><i>Ale Americana Pálida</i></b>	Ales americanas de color ligero que son moderadamente maltosas y amargas.	Ale Rubia, Ale Americana Pálida
<b><i>Cerveza Americana Ámbar y Marrón</i></b>	Ámbar y marrones americanas, temperaturas cálidas de intensidad estándar, amargas.	Ale Americana, Ámbar California Common, Ale Americana Marrón

<b><i>Porter y Stout Americanas</i></b>	Intensos, fuertes, tostadas y centrados en el lúpulo.	Porter Americana, Stout Imperial, Stout Americana
<b><i>IPA</i></b>	El término IPA un estilo que define balanceadamente las cervezas artesanales modernas.	IPA Americana, IPA Especial
<b><i>Ale Americana Fuerte</i></b>	Ale Americana Fuerte con un balance que varía entre la malta y el lúpulo. Alto nivel de alcohol.	Doble IPA, Ale Americana Fuerte, Barleywina Americana, Wheatwine
<b><i>Ale Ácida Europea</i></b>	Estilos europeos de cervezas agria, componente de trigo. Bajo amargor. Algunas están edulcoradas o saborizadas.	Berliner Weisse, Flanders Red Ale, Oud Bruin, Lambic Gueuze, Lambic de Fruta
<b><i>Ale Belga</i></b>	Ales belgas y francesas saborizadas.	Witbier, Pale Ale Belga, Biere de Garde
<b><i>Ale Belga Fuerte</i></b>	Pálidas, balanceadas hacia lo amargo, impulsadas por el carácter a levadura, con alcohol generalmente más alto.	Ale Belga Rubia, Ale Belga Dorada Fuerte, Saison
<b><i>Ale Trapista</i></b>	Alta carbonatación a través de acondicionamiento en botella y carácter de la levadura.	Trapista Simple, Dubbel Belga, Tripal Belga, Ale Belga Oscura Fuerte
<b><i>Cervezas Históricas</i></b>	contiene estilos desaparecidas, o que fueron populares en el pasado y ahora solo se reutiliza. Cervezas tradicionales o autóctonas y de importancia cultural.	Gose, Kentucky Common, Lichtenhainer, Ale Marrón Londinense, Piwo Grodziskie, Lager Pre-Prohibición, Roggenbier, Sahti

<b><i>Ale Salvaje Americana</i></b>	Cervezas Especiales, interpretaciones creativas, y estilos definidos por el uso de perfiles e ingredientes de fermentación específicos.	Cervezas con Brettanomyces, Cervezas Ácidas de fermentación Mixta, Cerveza Especial Salvaje
<b><i>Cerveza Con Fruta</i></b>	Cervezas hechas con cualquier fruta. Aquí se utiliza la definición culinaria, no botánica.	Cerveza Frutada, Cerveza con Frutas y Especias, Cervezas Frutadas Especiales
<b><i>Cerveza Especiadas</i></b>	Con semillas deshidratadas, vainas, frutas, raíces, cortezas, etc. de plantas, usadas para condimentar alimento.	Cervezas con Vegetales, Hierbas o Especias, Cerveza de temporada de otoño, Cervezas de temporada de Invierno
<b><i>Cervezas de Fermentables Alternativos</i></b>	Especiales que tienen algunos ingredientes adicionales (granos o azúcar).	Cervezas con Granos Alternativos, Cervezas con Azúcares Alternativos
<b><i>Cerveza Ahumada</i></b>	Tienen un carácter ahumado.	Cerveza Ahumada de Estilo clásico, Cerveza Ahumada Especial
<b><i>Cerveza en Madera</i></b>	Carácter añejado en madera, con o sin carácter de alcohol añadido.	Cerveza Ahumada de Estilo Clásico, Cerveza Ahumada Especial
<b><i>Cerveza Especial</i></b>	Cervezas que no encajan en ninguna otra parte.	Cerveza Clonada, Cerveza de Estilo Mixto, Cerveza Experimental

Fuente: BJCP, Inc., 2015

### **2.3.1. Análisis para el control de calidad de la cerveza artesanal**

Proceso meticuloso que se encarga de medir y verificar que un producto y su proceso de producción cumplan con las normas y especificaciones establecidas, por esto es necesario realizar pruebas en cada fase de fabricación, para asegurar la calidad final del producto y la satisfacción del cliente (Infinitia, 2022). Los controles de calidad se relacionan con las características físicas y químicas, microbiológicas y organolépticas de la cerveza (BJCP, 2015):

#### **Características organolépticas**

##### ***Apariencia***

Dentro de las características organolépticas, se encuentra la apariencia que otorga la cerveza; **“Lacing”** es un término que se aplica a la espuma característica y permanente que se crea al beber cerveza en un vaso. **“Piernas”** se les denomina a las gotas que caen lentamente, estas indican mayor porcentaje de alcohol, azúcar o glicerol (BJCP, 2015).

##### ***Referencias de color***

Según el Manual BJCP, Beer Judge Certification Program (2015) indica que el método de Referencia Estándar se utiliza para medir el color de la malta y la cerveza, para determinar los colores se necesita ubicar el rango en el que se encuentra, y es necesario utilizar espectrofotómetro, desarrollar ecuaciones.

A continuación, en la tabla 4, se describen los valores de colores del método de referencia estándar para características organolépticas en las apariencias de cervezas artesanales.

**Tabla 4**

*Valores de colores del método referencia estándar en la apariencia de cerveza artesanal*

<i>Color</i>	<i>Rango</i>
<i>Pajizo</i>	2-3
<i>Amarillo</i>	3-4
<i>Dorado</i>	5-6
<i>Ámbar</i>	6-9
<i>Ámbar profundo/ Cobrizo claro</i>	10-14
<i>Cobrizo</i>	14-17
<i>Cobrizo profundo/ marrón claro</i>	17-18
<i>Marrón</i>	19-22
<i>Marrón oscuro</i>	22-30
<i>Marrón muy oscuro</i>	30-35
<i>Negro</i>	30+
<i>Negro, opaco</i>	40+

**Fuente:** BJCP, 2015.

### ***Sabor***

La presencia de sabores extraños puede surgir por distintas causas, se pueden reconocer y clasificar con los siguientes términos:

DM: Ligeramente sabor/aroma a maíz cocido (BJCP, 2015).

Rústico: espeso, rico y fuerte que recuerda a los antiguos ingredientes tradicionales; quizás menos refinada como experiencia sensorial general (BJCP, 2015).

Elegante: De carácter suave, refinado, agradable y delicioso, requiere un manejo cuidadoso de los ingredientes de alta calidad. Falta de aspereza, sabor picante y sensaciones que irritan el paladar (BJCP, 2015).

Funky: Puede tener un carácter de granja, granero, húmedo y ligeramente terroso con techo de paja (BJCP, 2015).

## *Aromas y sabores dominantes*

En la tabla 5, se detallan las referencias en el aroma y sabor que dominan en la cerveza artesanal, de acuerdo a lo que menciona el manual de Guia de Estilo BJCP 2015:

**Tabla 5**

*Referencias de aromas y sabores*

<i>Aroma</i>	<i>Sabor dominante</i>
<i>Maltosa</i>	Aroma/ sabor a malta
<i>Amarga</i>	Amargor del lúpulo
<i>Balanceada</i>	Similar malta y amargor
<i>Lupulada</i>	Esencia a lúpulo
<i>Tostada</i>	Malta tostado
<i>Dulce</i>	Sabor a azúcar
<i>Ahumada</i>	Grano ahumado
<i>Agria</i>	Acidez elevada
<i>Madera</i>	Carácter envejecido
<i>Frutal</i>	Sabor a frutas
<i>Especiada</i>	Aroma a especias

**Fuente:** BJCP, 2015.

## *Perfil Aromático y Sensorial*

Los análisis sensoriales son muy importantes ya que al trabajar con bebidas alcohólicas nos exponemos a crecimientos de organismos vivos como bacterias, hongos y levaduras, el crecimiento de estos organismos modifica las características sensoriales del producto por esto se requiere constancia y personal entrenado para el desarrollo de estos análisis; en Argentina se realizó una investigación acerca de los contaminantes microbianos en cervezas artesanales embotelladas de la Patagonia andina argentina., Latorre et al. (2022) expone que:

Se realizó un análisis sensorial de las cervezas para detectar descriptores asociados a contaminación, como aromas a clavo de olor, establo o acidez por ácidos orgánicos. También se analizaron otros descriptores indeseables que reducen la calidad de la bebida, como aroma a manteca (diacetilo), a choclo, verduras hervidas y huevo (compuestos sulfurados) o a manzana verde (acetaldehído) (pág. 4).

## **Parámetros físicos y químicos**

### ***pH***

Ayuda a determinar la mayor o menor acidez que existe en una solución en función a los iones de hidrogeno ya que es una lectura que diferencia el potencial establecido entre un electrodo indicador y otro regulador, según la normativa INEN 2 262:2003, la cerveza debe cumplir con los requisitos establecidos, el pH debe cumplir con el rango de 3,5-5 (García, 2015).

### ***Grados Brix***

Es la determinación de solidos solubles, esta escala se utiliza en las grandes industrias para cuantificar distintos tipos de bebidas como: zumos, vino, gaseosas y cervezas (Pastor & González, 2018).

### ***Acidez total***

La acidez puede afectar al sabor y calidad del producto, es una valoración ácido- base que se refiere a la suma de todos los ácidos valorables presentes en bebidas y en alimentos esto representa el contenido de ácidos libres, el cual es usado como un parámetro de calidad (Saavedra, 2019).

### ***Medición de color***

La medición se puede realizar mediante espectrofotometría con una longitud de onda de 430nm que es comparada por la escala EBC (Kunze, 2004).

### ***Medición de oxígeno***

Los valores altos de oxígeno perjudican factores como la estabilidad del sabor en la calidad de la cerveza, el método para determinar este parámetro son los analizadores de espacio de cabeza de Orbisphere (Kunze, 2004).

### ***Medición de estabilidad de espuma***

Se puede medir mediante el método R&C, consiste en producir volumen de espuma definido, se calcula el tiempo promedio de las burbujas de espuma que se obtiene por el tiempo de colapso de la misma, la relación entre la espuma colapsada y la espuma vigente, los valores de espumas son de 90s a 140s (Kunze, 2004).

### ***Determinación de dióxido de carbono***

Este parámetro genera características que realzan la calidad, el sabor picante es una de esas cualidades que se le otorga al producto; las cervezas de baja fermentación tienen un rango de 0,45-0,60% y las de alta fermentación entre 0,40 – 1,00%. Para determinar el dióxido de carbono se utilizan métodos nanométricos y trimétricos (Kunze, 2004).

### ***Medición de las unidades de amargura***

La amargura afecta el sabor a gran medida, para medir las unidades de amargura se realiza espectrofotometría (Kunze, 2004).

### ***Medición de estabilidad de la turbidez***

La cerveza clara filtrada con el tiempo pierde su refulgencia, el método más común es la prueba de forzamiento (Kunze, 2004).



### ***Reactivo Lugol***

Gay Lussac dio apertura a las indagaciones del yodo y fue Jean Guillaume Auguste Lugol quien usó por primera vez el reactivo Lugol, este es utilizado para detectar presencia de polisacáridos, la muestra al ser expuesta con el yodo, absorbe y produce un cambio de coloración a azul intenso; sirve como indicador en alimentos (Sachez, et al. 2013).

### ***Reacción Yodo***

La tinción con yodo permite determinar la conversión de almidones a azúcares mediante la observación de diferentes colores. Al interactuar con el yodo, un polímero que enrolla glucosa se tiñe de diferentes maneras: azul para almidón, rojizo para eritrodextrina y púrpura para amilodextrina (LibreTexts, 2024).

### ***Molish***

Este reactivo ayuda a determinar la presencia de carbohidratos, el ácido sulfúrico concentrado ayuda a deshidratar, al juntar estos agentes se observa un color purpura entre las fases, esto se obtiene por la reacción del carbohidrato en medio ácido con el reactivo de Molisch que contiene  $\alpha$ -naftol. (Montilla, Galván, & Túnez, 2008).

### ***Reactivo Seliwanoff***

El resinol ayuda a condensar los frufurales provenientes de las cetosas dando un color rojizo intenso precipitado. Esto se da porque las aldosas se deshidratan con menor velocidad que las cetosas (Montilla, Galván, & Túnez, 2008).

### ***Reactivo Benedict***

La prueba de Benedict identifica azúcares reductores, basado en su capacidad para reducir los iones cúpricos a óxido cuproso a pH básico. (LibreTexts, 2024).

## Metales pesados

Existen factores que arriesgan la calidad de la cerveza artesanal, los metales pesados provienen de la materia prima, aditivos adicionales, corrosión del equipamiento metálico que se utiliza en el proceso, los metales pesados son compuestos dañinos que contaminan el ambiente y genera efectos adversos en la salud del ser humano, poseen alta densidad, peso atómica y masa. (López, et al. 2021). El sabor es uno de los factores que son afectados y generan una sensación no deseada, varias causas antes de esta problemática es el contenido de hierro en el equipo, mal almacenamiento de maltas, y alto contenido de hierro en el agua (Guerberoff, et, al. 2020). En la tabla 6, se describe los orígenes de la contaminación de metales pesados en productos alimenticios.

**Tabla 6**

*Origen de contaminación de metales pesados en procesos*

<i>Metal pesado</i>	<i>Origen de contaminación</i>
<i>Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio</i>	almacenamiento
<i>Cobre, hierro, níquel, estaño, plomo, zinc</i>	equipo de procesamiento
<i>Silicio</i>	Envase de vidrio
<i>Hierro y cobre</i>	oxidación en el envase
<i>Cobre, cadmio, arsénico</i>	por tipo de procesamiento

**Fuente:** Guerberoff, et, al. 2020

## Características Microbiológicas

Durante el proceso de producción de cerveza artesanal e industrial, al igual que en cualquier alimento obtenido por la fermentación, no solo se destaca la cepa *Saccharomyces* en este proceso para obtener etanol por los azúcares en el mosto, también hay presencia de diferentes microorganismos que intervienen en el producto final (Nicholas A. Bokulich, 2013). No obstante, la cerveza se caracteriza por la baja contaminación microbiológica, esto se debe a que es microbiológicamente estable, y se reconoce por ser una bebida estable hace mucho tiempo (Nicholas A. Bokulich, 2013). Se debe principalmente por factores intrínsecos como extrínsecos (Garry Menz, 2009).

Hablamos de factores intrínsecos como su nivel de pH bajo de 3,8 - 4,7. Debido a la gran cantidad de CO<sub>2</sub> disuelto, etanol de 3,5 – 5,5% v/v, pero pueden llegar hasta el 10%, presencia de alfa-iso-ácidos por uno de los principales ingredientes el lúpulo y ausencia de oxígeno y nutrientes necesarios en el crecimiento de patógenos (Garry Menz, 2009). Los factores extrínsecos son esenciales para garantizar el riesgo de no contaminación por microorganismo, operaciones unitarias como el macerado, cocción y la filtración (Garry Menz, 2009).

En la figura 7, se muestra el diagrama general de los microorganismos que se encuentran durante las diferentes etapas del proceso de cerveza artesanal, esto de acuerdo con la investigación de Bokulich y Bamforth (2013).

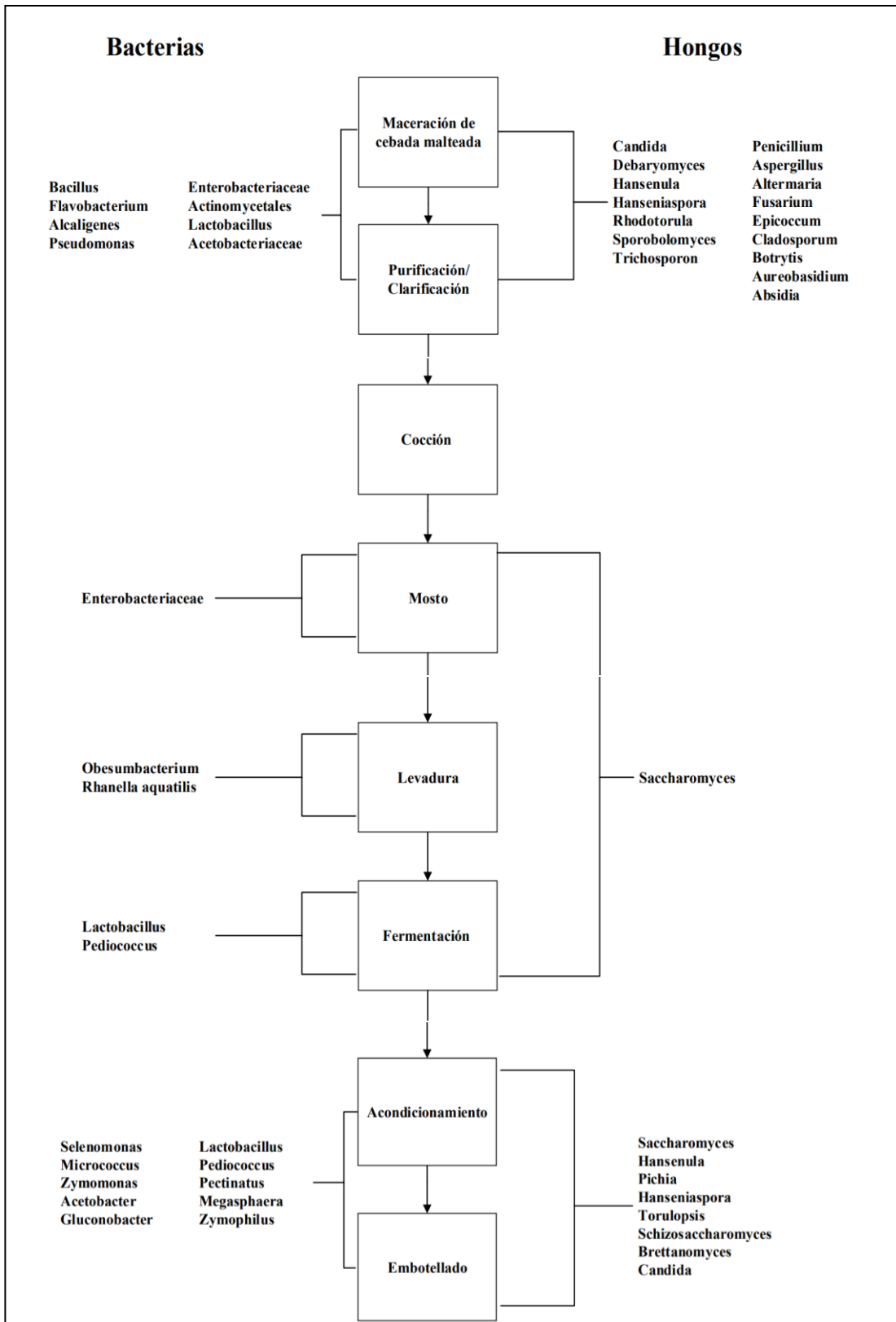


Figura 7. Microflora de la maltería en la elaboración de cerveza.

Fuente: Bamforth, 2013

## **Análisis microbiológicos**

El desarrollo de análisis microbiológicos en una empresa desempeña tres funciones principales: permiten determinar la calidad microbiológica de materia prima, producto en proceso y producto terminado para así descubrir las fuentes probables de contaminación; se pueden reutilizar las levaduras a través de los análisis microscópicos y la determinación de la concentración de las células en la levadura; se determina la calidad fisicoquímica mediante análisis previos (Dalmasso, 2020).

La cerveza artesanal e industrial tiene niveles de acidez, es una bebida alcohólica, es un proceso anaerobio y contiene lúpulo, todas estas características hacen que muchos microorganismos no sean capaces de proliferar en este ambiente, no obstante, la cerveza es rica en nutrientes y esto es de interés a los microorganismos (Parker Mexico Team, 2018).

### ***Levadura***

Es una de las principales fuentes de contaminación en el proceso de elaboración de cerveza artesanal, esta contaminación suele ocurrir cuando se inocula la cepa de levadura en el mosto por esto es importante conocer la inocuidad microbiológica de las levaduras para el proceso de producción para poder comercializar un producto de calidad, la contaminación de microorganismos como levaduras y bacterias pueden resultar tanto negativamente como positivo (Sandoval, 2015).

La concentración y viabilidad de las células de levadura son factores importantes en gran variedad de procesos fermentativos y de producción; el recuento de levadura determina la cantidad de células de levadura en un volumen determinado y también puede precisar la cantidad de células de levadura vivas frente a las muertas (TecnoCientifica, 2024).

- **Petrifilm™ Mohos y Levaduras (YM)**

Petrifilm™ para Mohos y Levaduras (YF) son placas con medio liofilizado para analizar mohos y levaduras en 3 – 5 días y sin necesidad de confirmación (Bioser, 2024).

## ***Enterobacteriaceae***

Común en el sector alimenticio, en contexto este análisis es cada vez más importante para la calidad de los alimentos ya que no existen límites determinados internacionalmente, que son aceptados como estándares en la higiene de los alimentos (Laboratuvar, 2024).

- **Petrifilm™ Enterobacterias**

Petrifilm™ Enterobacterias (EB) son placas con medio liofilizado para cuantificar enterobacterias en solo 24 horas y sin necesidad de confirmación (Bioser, 2024).

## ***Bacterias ácido-lácticas (BAL)***

Son el principal grupo de probióticos en alimentos y se encuentran en alimentos fermentados junto a levaduras y ofrecen diversos beneficios al consumidor, entre ellos, pueden mejorar las propiedades sensoriales de algunos alimentos, extender su vida útil y aumentar la seguridad microbiana; Alejandro Iraíd (2023) destaca su papel en la fermentación, la producción de vitaminas y la mejora de la digestión. En resumen, las BAL son un grupo de microorganismos con un gran potencial para la salud y la industria alimentaria.

## ***Escherichia coli***

*E. coli* pertenece a un grupo de bacterias presentes en el intestino del ser humano y en animales, siendo inocuas, sin embargo, las cepas son capaces de provocar cuadros gastrointestinales graves en las personas, produciendo toxinas Shigas para evitar problemas es prescindible realizar análisis de *Escherichia coli* en alimentos, ya que el serotipo 0157:H7 es un patógeno importante y el más frecuente asociado a infecciones en humanos (Tamargo, 2023).

- **Placas Petrifilm™ para Recuento de *E. coli*/Coliformes**

Las Placas Petrifilm EC son un medio de cultivo específico para el recuento de *E. coli* y coliformes. Contienen nutrientes de Bilis Rojo-Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y otro indicador que facilita la enumeración de las colonias; La mayoría de las *E. coli* (cerca del 97%) produce beta-glucuronidasa, una enzima que al interactuar con el indicador de la placa produce una precipitación azul alrededor de la colonia. Esto permite identificar y contar fácilmente las colonias de *E. coli* en la muestra (3M Food Safety, 2015).

### ***Mesofilos aerobios***

El parámetro de mesófilos aerobios es un indicador microbiológico utilizado para evaluar la esterilidad total en materiales y lugares como hospitales y centros de salud, un número alto de mesófilos aerobios en los alimentos puede indicar una posible contaminación, mientras que una gran variabilidad en las mediciones puede indicar medidas de sanitización e higiene irregulares, estas bacterias crecer en agar nutritivo, y su recuento total expresa el número de unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro de alimento, no hay una relación directa entre la presencia de flora aerobia y la presencia de microorganismos patógenos en los alimentos (Microlab Industrial, 2018).

- **Placa Petrifilm MR para Recuento de Aerobios totales**

La placa PetrifilmMR para Recuento de Aerobios totales es un medio de cultivo listo para usar que permite el crecimiento y la enumeración de bacterias aerobias. Contiene los nutrientes del Agar Standard Method, un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador de color rojo (TTC) (3M Food Safety, 2015).

## *Células viables*

El conteo en comida, agua, superficie de contacto de alimentos y aire de las industrias es importante para determinar la calidad alimenticia, putrefacción, sanidad y presencia de patógenos, el método convencional de conteo estándar en la placa tiene más de 100 años en microbiología aplicada, implica preparar la muestra en dilución, siembra en agar general no selectivo, incubar las placas a 35 °C y conteo de colonias después de 48 horas (Aguilar, 2018).

- ***Placas Petrifilm™ Staph Express***

Contiene un componente gelificante soluble en agua, el medio modificado cromogénico Baird-Parker en la placa es selectivo y diferencial, las colonias rojo-violeta en la placa son *S. aureus*, en caso de presenciar colonias se cuentan y se finaliza la prueba (3M Food Safety, 2015).

### **2.3.4. Proceso productivo de cerveza artesanal**

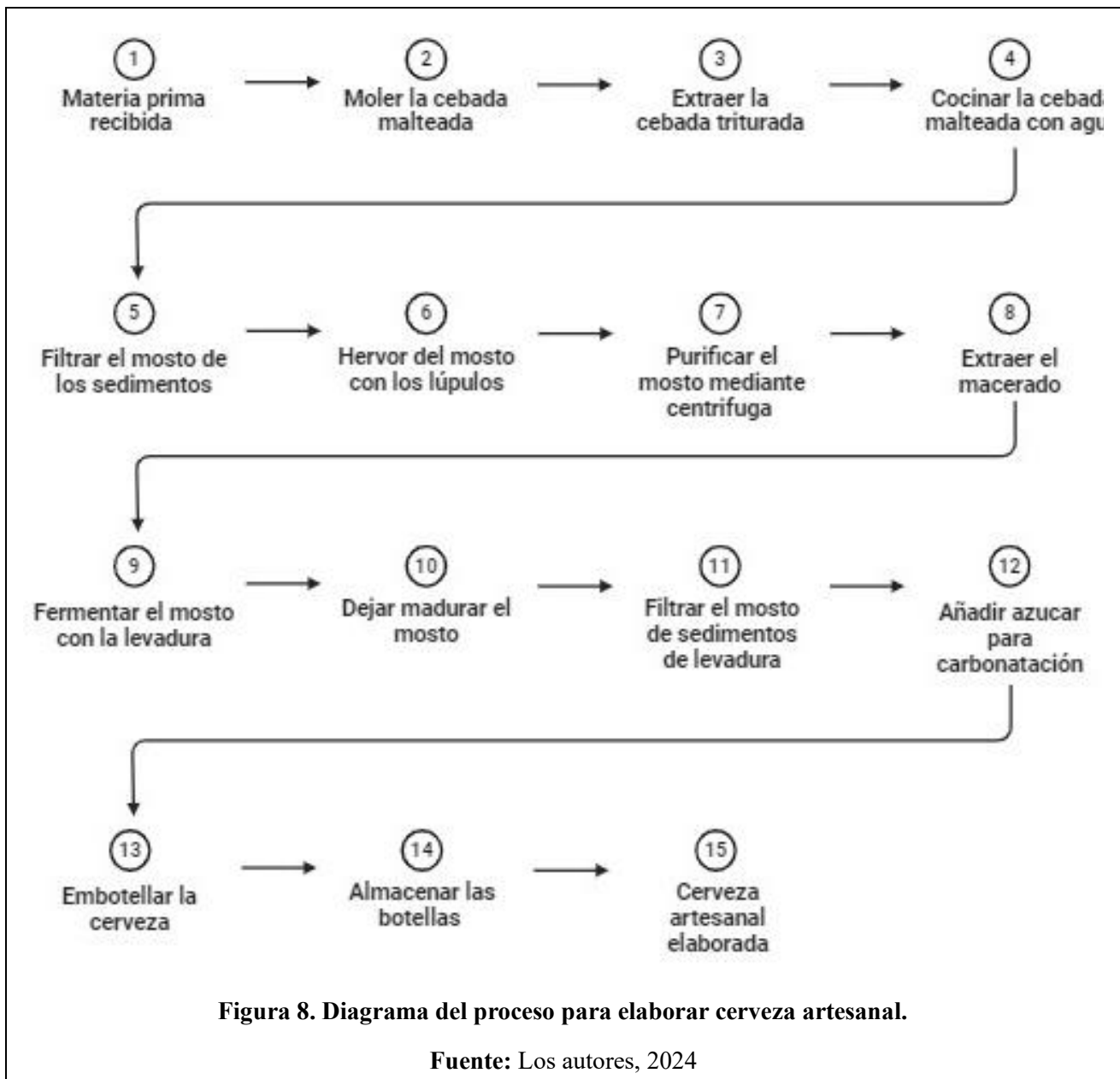
Los ingredientes más importantes y que son básicos en la elaboración de cerveza artesanal son la malta, el agua, lúpulo y la levadura, a esto se le agrega un ingrediente o varios para darle el aroma y sabor deseado por la cervecería, el proceso de producción es el siguiente (ConBrassa, 2020):

1. Purificación del agua: el agua se filtra a través de carbón activado para eliminar impurezas y material no deseado.
2. Molienda: se trata de triturar el grano de malta, manteniendo la integridad de la cáscara y logrando que la harina resultante se pulverice. La malta se comprime entre dos cilindros, cuidando de no destruir la cáscara para que funcione como filtro durante la filtración del mosto. Simultáneamente, el interior del grano se convierte en una harina muy fina, se extrae el mosto.
3. Maceración: la malta se combina con agua caliente en un recipiente y se guarda durante unos 90 minutos a una temperatura máxima de 80°C para generar el mosto.
4. Filtración: separación del mosto con los sedimentos o restos solidos post maceración.



5. Cocción: el líquido filtrado se calienta a unos 100°C durante unas dos horas para concentrar el mosto y eliminar impurezas debido a la alta temperatura. Al final del proceso, se añaden lúpulos para proporcionar sabores y aromas adecuados.
6. Whirlpool: es una etapa de purificación del mosto de cerveza que ocurre después de la cocción y justo antes de ser transferido a los fermentadores, mediante centrifuga o movimientos circulares.
7. Enfriado: enfriar rápidamente con intercambiadores de calor hasta lograr llegar a la temperatura adecuada para la fermentación.
8. Fermentación: se agrega la levadura seleccionada para el tipo de cerveza y se reposa durante 5 días.
9. Gasificación: de forma natural la levadura produce CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y etanol transformando el azúcar del mosto para gasificar.
10. Clarificación y Maduración: según el estilo es necesario mantener cierto tiempo madurando la cerveza para que se establezca el sabor.
11. Embotellado y etiquetado: se coloca la cantidad de cerveza necesaria en cada botella, se tapa la botella con ayuda de una chapeadora manual.
12. Almacenamiento: se recomienda almacenar las botellas en un lugar oscuro a una temperatura de 18-21°C.

A continuación, en la figura 8, se detalla en diagrama el proceso de elaborar cerveza artesanal:



### **2.3.5. Propiedades funcionales de la cerveza**

La relación entre la cerveza y la salud no se ha estudiado a profundidad, en los últimos años se han desarrollado análisis en los que se confirma que esta contiene sustancias antioxidantes como los polifenoles, sustancias antioxidantes, melanoïdinas, sustancias no nutritivas y nutritivas, los polifenoles destacan por su actividad antioxidante y su rango oscila entre 2-5mg equivalente de vitamina C (Vicente J. 2017).

#### **Potenciales beneficios para la salud**

Se han desarrollado varios estudios clínicos en los cuales se identifica que la cerveza otorga beneficios en la salud, el contenido de polifenoles en la cerveza aporta en la salud ya que las interacciones entre los polifenoles y la microbiota ocurren principalmente en el intestino, siendo la más abundante, se produce de dos formas, en el intestino primero los polifenoles afectan a las bacterias inhibiendo su crecimiento; en el colon esta actúa enzimáticamente sobre los polifenoles para producir metabolitos más simples (Moreno , 2017).

#### **Compuestos Nutricionales**

##### ***Vitaminas***

En el producto final se encuentran varios compuestos, según Suárez (2013) concluye que “La cerveza contiene vitaminas del grupo B, como la biotina, el ácido nicotínico, ácido pantoténico, piridoxina, riboflavina, tiamina, ácido fólico y la vitamina B12” (pág. 31)

##### ***Proteínas***

El porcentaje de proteínas puede variar por la variabilidad de cebadas utilizadas, por esta razón es necesario tener presentes las siguientes características positivas que se desarrollan al utilizar la cebada adecuada en el producto final: gusto de la cerveza, mantenimiento de estabilidad de la espuma, nutrición de levaduras, es necesario tener en cuenta que la cebada no puede tener menos

de 8,5% de proteína y que el exceso de proteínas tiene influencias negativas en la calidad (Arias, 1991).

### ***Grasas***

Las grasas se encuentran en el embrión y en la cima de la aleurona, estas presentan el 3,5% de la cebada, los lípidos generalmente están constituidos por grasas neutras, fosfolípidos, triacilgliceroles y glicolípidos; la industria cervecera tiene interés en los lípidos neutros ya que participan en el envejecimiento y otorga un sabor a viejo, también participan en la síntesis de la membrana de la levadura (Hough, 1990).

### ***Lípidos***

Los lípidos presentes en la cerveza artesanal son bajos, estos proceden de la materia prima con alto contenido, aunque se pierden en el proceso de elaboración, también se pueden obtener por el metabolismo que tiene la levadura en la fermentación, los más abundantes son los ácidos grasos (0,33-0,76 mg/L), junto a trazas de esteroides y fosfolípidos (Torres, 2007).

### ***Carbohidratos***

En las cervezas la presencia de carbohidratos es de 3,5%, las dextrinas sufren una degradación por las enzimas de la malta, son más abundantes con un 80%; el 20% suele ser azúcares sencillos como la glucosa, fructosa, xilosa, ribosa, arabinosa, galactosa. (Torres, 2007).

## 2.4. Método Kjeldahl

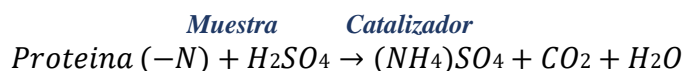
Este método determina el contenido de nitrógeno, es importante en varios campos como los industriales, alimentarios, y farmacológicos, el resultado de la cantidad de proteína se obtiene valorándolo con una disolución de ácido sulfúrico por medio de la muestra de nitrógeno sobre ácido bórico (García & Fernández, 2012). El contenido porcentual del nitrógeno en sustancia seca en las cebadas se determina mediante Kjeldahl y se expresa en porcentaje de proteína multiplicándolo por 6,25; es importante la forma en que se extrae la muestra ya que influye en el resultado final (Arias, 1991).

### Fundamentos

Johan Kjeldahl en 1883 proporciono el método para determinar nitrógeno en compuestos orgánicos, un procedimiento con alta precisión y modelo referencia actualmente en varios campos, Johan se empeñó en conocer el contenido proteínico del mosto de la cerveza y Jean Dumas se interesó en determinar el contenido de hidrógeno y carbono en sustancias naturales, estas iniciativas lograron que los dos investigadores llegaran a la conclusión de que las muestras se digieren completamente para poder ser extraídas y determinadas (Gerhardt, 2021). El método se divide en tres fases (PanReac,2020):

#### 1. *Digestión*

Este paso tiene como principio destruir la muestra en ebullición por medio de la oxidación causada por el ácido sulfúrico concentrado, en este paso los enlaces de nitrógeno son rotos y son convertidos en nitrógenos unidos orgánicamente en  $\text{NH}_4^+$ . Se une el carbono orgánico y el hidrógeno formando dióxido de carbono, motivo por el que se carboniza y forma una espuma negra en la muestra, cuando esta haya aclarado se da por terminado la reacción.



La digestión finalizada se deja enfriar a temperatura ambiente, hasta que no se observen gases propios de la reacción.

## 2. Destilación

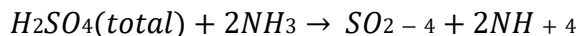
En esta fase se libera el amoníaco de la solución digestada mediante el consumo de NaOH al 33%, haciendo destilar la solución. Esto se da por el cambio de los iones amonio a amoníaco; el amoníaco obtenido es expulsado por una corriente de vapor hacia el recipiente aceptador.



El recipiente receptor de destilado se llena con una solución absorbente para capturar el gas amoníaco disuelto.

El ácido bórico [B(OH)<sub>3</sub>] es el absorbente más común en solución acuosa al 2-4%. El amoníaco se absorbe en grandes cantidades disolviendo ácido bórico con iones de amonio solvatados.

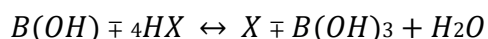
También se utilizan otras dosis adecuadas de ácidos, como por ejemplo ácido sulfúrico o clorhídrico, para obtener amoníaco en forma de ion amonio solvatado.

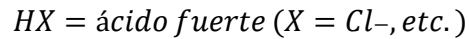


El amoníaco que fue expulsado se mezcla con ácido bórico a una concentración del 2 al 4% en solución líquida, esta solución actúa como capturador del gas amoníaco disuelto para luego convertirlo en iones amonio solvatados. Finalmente se destila la solución y se prosigue a la titulación.

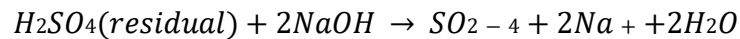
## 3. Valoración

Para la valoración ácido-base se utiliza la solución estandarizada de ácido sulfúrico a concentración máxima del 0,5N dependiendo de la cantidad de iones amonio presentes en la solución; existe otra manera de valorar y es la forma directa a través de un electrodo de pH.





Cuando se utiliza una solución graduada de ácido sulfúrico como solución de absorción, el ácido sulfúrico restante se clasifica con la solución estándar de hidróxido de sodio y la cantidad de amoníaco se calcula por separado. Esta evaluación se llama evaluación indirecta o retrospectiva (págs. 2-3).



### **Propiedades funcionales de las proteínas**

Las proteínas tienen una estructura funcional y es específica por esto son complejas; se caracterizan por sus unidades estructurales que son los aminoácidos, tienen propiedades funcionales nombradas como propiedades fisicoquímicas, afectan al comportamiento y alteran las características de los alimentos beneficiando a la calidad final, estas características son bioquímicas, sensoriales y nutricias, estos potenciales juegan a favor del consumidor (Guerrero, Corzo, & Betancur, 2003, págs. 34-38).

Los seres humanos prefieren que los alimentos tengan atributos como color, aspecto y textura, estos atributos que enriquecen el producto arraigan de las proteínas; estas propiedades rigen la funcionalidad de la proteína en varios aspectos como la forma, composición, carga neta, distribución de la carga, hidrofobicidad, capacidad de interactuar, secuencia de aminoácidos y tamaño (Fennema, 1996).

## **Propiedades funcionales de las proteínas de la malta**

La proteína en la malta es inferior a comparación de la cebada original, esto se da por las raicillas que tienen alto contenido proteínico del 22%; la diferencia de porcentaje de proteínas varía entre estas materias primas desde un 0,1 a 0,5%, la malta sufre cambios en el proceso de malteado por esto no se considera que la malta y la cebada contengan la misma cantidad proteica (Arias, 1991). La cerveza es muy compleja en el campo bioquímico, tienen componentes que inhiben la formación de espuma, y tienen componentes que ayudan a estabilizarla; solo algunas cervezas presencian compuestos glicoprotéicos que en parte son hidrofóbicos e hidrofílicos, estos compuestos al ponerse en contacto con dióxido de carbono en la superficie forman burbujas que suben y se transforman en espuma. (Romero et al.2012).

## **Propiedades espumantes de las proteínas**

Un elemento principal en la evaluación sensorial ya que caracteriza la calidad del producto, su presencia se relaciona con las proteínas; desde el seno del líquido nacen las burbujas liberadas y se van prolongando en capas pequeñas con forma de glóbulos en la superficie; los consumidores aprecian las propiedades de la espuma, como la cremosidad, persistencia y la densidad; todas estas propiedades varían por el tipo de grano utilizado (González, 2017).

## **2.5. Innovaciones de la Biotecnología en la cerveza**

En la actualidad existen diversos estudios que se han desarrollado a través de la biotecnología: Krogerus, et al. (2017) expone lo siguiente en su artículo:



El híbrido de levadura interespecífico *S. pastorianus* desempeña un papel fundamental en la industria cervecera actual, aunque su potencial fenotípico es limitado debido a su composición genética, que proviene de sólo dos o tres cepas de levadura individuales. Para abordar esta limitación, la creación de nuevos híbridos de levadura cervecera ha demostrado ser una herramienta prometedora en el desarrollo de cepas de levadura para la producción de cerveza. Mediante la hibridación es posible combinar y mejorar diversas características fenotípicas de diferentes cepas parentales. Esta técnica se ha utilizado con éxito para crear híbridos de levadura con capacidades mejoradas, tales como: B. fermentación más rápida, uso más eficiente del azúcar, mayor resistencia al estrés y una producción más diversa de compuestos aromáticos (pág. 74).

Hoy en día se están desarrollando métodos para mejoras continuas donde se utilizan microorganismos no modificados y modificados, el proceso de filtración genera costos elevados y además tiene desventajas como la presencia de  $\beta$ -glucanos que contarían el proceso ya que no son fermentables y aumentan la viscosidad del medio por esto se busca mejorar el proceso con la presencia de las enzimas  $\beta$ -glucanasa provenientes de hongos filamentosos que ayudan al partimiento de polímeros y contienen alta heterogeneidad; pese a estas dificultades se ha obtenido levaduras cerveceras que contienen el gen que codifica para esta enzima, las levaduras secretan al mosto la enzima  $\beta$ -glucanasa (Matín et al.2016).

### **2.5.1. Malteado y Enzimología**

Los granos de cebada se pueden germinar sin problemas técnicos a comparación de otros granos, son utilizados para producir malta de cerveza ya que contienen almidón que crea un extracto fermentable, también contiene proteínas en cantidades capaces de originar aminoácidos y sustancias nitrogenadas para el desempeño de la levadura; el grano se constituye de tres partes: cubierta, embrión y el endospermo que está formado por almidón insoluble, la cebada después de ser cosechadas pasan por procesos de humedad hasta que se logren secar hasta un 12%, luego de seis semanas hasta llegar a una germinación activa se procede a realizar remojos de inmersiones en agua y aire, la temperatura se mantiene a 15°C hasta que la humedad alcance el 35% - 46°C ocasionando la germinación para que el almidón se modifique en el endospermo; el ácido glicérico

activa enzimas que descomponen las proteínas y el almidón en forma más soluble que permiten metabolizar fácilmente (Suárez,2013) .

### **2.5.2. Ingredientes de la nueva generación**

Hoy en día se están desarrollando métodos para mejoras continuas donde se utilizan microorganismos no modificados y modificados, en la ciudad de Riobamba se elaboró cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos andinos, utilizaron la formulación e 50-50% entre malta y almidón del tubérculo respectivamente, posterior a esto evaluaron parámetros fisicoquímicos, microbiológicas y test sensoriales por lo que concluyeron que su producto obtuvo valores dentro del rango de la normativa NTE- INEN 2262 (García, 2015).

## Capítulo 3 Materiales y métodos

### 3.1. Lugar y condiciones de elaboración

Las condiciones de elaboración de cerveza artesanal fueron acorde a la disponibilidad de los laboratorios de ciencia de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana en el campus María Auxiliadora ubicado en el Km. 19 Vía a la Costa perteneciente a la sede de la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

### 3.2. Selección de muestras

Para realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos se tomaron 10 lotes de cerveza final a continuación en la tabla 7, se describen los lotes y su origen:

**Tabla 7**

*Descripción de lotes muestreados de Cerveza Artesanal*

<i>Numero de Lote</i>	<i>Descripción</i>
<i>1</i>	Cerveza elaborada en UPS Sede Quito en el año 2020
<i>2</i>	Cerveza elaborada en UPS Sede Guayaquil en el año 2023
<i>3</i>	Cerveza elaborada en UPS Sede Guayaquil UPS año 2024 (lote 3)
<i>4</i>	Cerveza elaborada en UPS Sede Guayaquil UPS año 2024 (lote 4)
<i>5</i>	Cerveza elaborada en UPS Sede Guayaquil UPS año 2024 (lote 5)
<i>6</i>	Cerveza artesanal comercial elaborada en guayaquil A
<i>7</i>	Cerveza artesanal comercial elaborada en guayaquil B
<i>8</i>	Cerveza artesanal comercial elaborada en guayaquil C
<i>9</i>	Cerveza artesanal comercial elaborada en guayaquil D
<i>10</i>	Cerveza artesanal comercial elaborada en guayaquil E

**Fuente:** Los autores, 2024

A continuación, se detallan las materias primas utilizadas para la elaboración de los tres lotes de cerveza artesanal:

## A. Cebadas malteadas

Para realizar los lotes de cerveza artesanal, se adquirieron tres tipos de cebada malteada que son las más utilizadas por los cerveceros artesanales en el país, de acuerdo con su disponibilidad y accesibilidad en el mercado ecuatoriano. A continuación, se describen las maltas utilizadas en cada lote de producción.

- ***Primer lote de producción Malta “Lote 3”***

Esta marca ha sido un referente en la producción de maltas y productos derivados de la misma, actualmente es líder mundial en la fabricación de maltas de caramelo y tostado, ofreciendo una amplia gama de más de 90 productos (RENAPRA, 2020).

**Tabla 8**

*Descripción de estilos de cebada malteadas en cerveza artesanal del “Lote 3”*

<b>Estilos</b>	<b>Descripción del estilo</b>
<b>Pale Ale Malt</b>	Produce excelentes cervezas más ligeras o cervezas de alta fermentación. Esta malta es adecuada para un proceso de maceración isotérmica. Sensorial: finas notas de pan, con toques de frutos secos y miel.
<b>Cara Hell</b>	Ayuda a mejorar la espuma y su estabilidad, y ayuda a mejorar la sensación en boca de cualquier cerveza. Sensorial: malteado-dulce; Notas finas de caramelo.
<b>Cara Rye</b>	Debido al proceso especial de caramelización, se crea un perfil aromático intenso y complejo dentro de esta malta. Sensorial: intenso aroma a pan, café, chocolate negro y frutos secos. Crea una sensación en boca suave y aterciopelada.
<b>Cara Wheat</b>	Esta malta engloba granos de color marrón dorado e intensamente aromáticos. Sensorial: ligeras notas de caramelo, almendra, pan y bollería.

**Fuente:** RENAPRA, 2020.

- *Segundo lote de producción Malta “Lote 4”*

Extensa variedad de maltas de alta calidad, tanto especiales como de base. Esta amplia gama de opciones brinda la posibilidad de elaborar una amplia variedad de cervezas artesanales, desde las más ligeras como las Pilsen, hasta las más robustas y oscuras, como las cervezas blancas y las cervezas Abbey (RENAPRA, 2020).

**Tabla 9**

*Descripción de estilos de cebada malteadas en cerveza artesanal del “Lote 4”*

<b>Estilos</b>	<b>Descripción del estilo</b>
<b>Pale Ale</b>	Se suele usar como malta de base o en combinación con la malta Pilsen 2RS para dar a la cerveza un sabor de malta más rico y color. Esta malta de color más intenso puede dar un toque dorado al mosto. Se utiliza con levaduras fuertes para producir cervezas ámbar y amargas.  Su uso, Cervezas amargas y pale ale, además de la mayoría de los estilos tradicionales de cerveza inglesa.
<b>Cara Clair</b>	Tipo de malta Belga caramelizada. Este tipo de malta intensifica el cuerpo y la suavidad de la cerveza, promueve la formación de la espuma y de su retención. Regala unas notas suaves de galleta en el aroma de la cerveza.  Su uso, Pilsner Lager, cervezas de bajo nivel de alcohol, cervezas claras, cervezas Bock.
<b>Rye Malt</b>	Da un color dorado a su cerveza. Esta malta confiere un sabor único de centeno y añade una complejidad interesante proporcionando un giro nuevo a muchos estilos de cerveza bien conocidos.  Su uso, Ales y lagers de centeno, cervezas especiales, cervezas de centeno de alta fermentación, cervezas estacionales.

---

**Cara Gold** Proporciona a la cerveza un fuerte aroma dulce de caramelo y un sabor único que recuerda al del toffee, además de un rico color ámbar. Una característica distintiva de todas las maltas caramelo es su naturaleza vidriada.

---

**Fuente:** RENAPRA, 2020.

- ***Tercer lote de producción Malta “Lote 5”***

Comprende más de cincuenta productos de malta y cereales fácilmente disponibles. Además de las maltas básicas, especiales, artesanales y tostadas, también se incluyen maltas orgánicas, maltas funcionales y variedades de granos, y malta de la variedad tradicional de cebada Alexis. Además, se producen variedades individuales de malta o grano para los principales clientes en Alemania y en el extranjero de acuerdo con sus especificaciones. Producido por profesionales para profesionales de la industria cervecera y alimentaria (RENAPRA, 2020).

### **Tabla 10**

*Descripción de estilos de cebada malteadas en cerveza artesanal del “Lote 5”*

<b>Estilos</b>	<b>Descripción del estilo</b>
<b>Pale Ale</b>	La versatilidad de esta malta base se presta para equilibrar las cervezas lupuladas y proporciona una nota maltosa robusta a una cerveza amarga tradicional o de estilo belga.
<b>Cara Hell</b>	La malta Carahell también conocida como Caramell Hell o Caramel Light, es una malta que se utiliza para promover la estabilidad del cuerpo, la espuma y el sabor en cualquier estilo de cerveza. También puede dar un aroma a caramelo a las cervezas y dar una sensación en boca que recuerda a la vainilla y al caramelo de crema. Puede influir en el color de la cerveza, dándole desde un tono divino hasta un ámbar claro, dependiendo de la cantidad utilizada.

---

---

**Cara Rye** Le da a la cerveza una sensación en boca suave y aterciopelada y una complejidad especial. Los aromas recuerdan a pan rallado caramelizado. Debido a la falta de cáscaras y a la alta proporción de mucílagos (pentosanos), no se recomienda una proporción de factura de grano superior al 50%, de lo contrario pueden producirse problemas de filtración.

---

**Cara Pils** Es la más ligera de todas las maltas y, por lo tanto, es especialmente adecuada para proporcionar a las cervezas más cuerpo sin intensificar su color. Sensorialmente, el uso Pils da lugar a un componente de sabor dulce en la cerveza que recuerda a la miel, ya que los compuestos de caramelo similares al azúcar contenidos ya no pueden ser fermentados por la levadura. El producto también puede conducir a una mejora en la retención de espuma y una mayor estabilidad del sabor.

---

**Fuente:** RENAPRA, 2020.

## **B. Agua**

Se utilizó agua purificada comercial durante el proceso de cocción, la empresa yace desde 1995 comercializando su producto con altos estándares de control de calidad, a continuación, en la tabla 11, se detallan algunos integrantes del agua (AguaLife S.A, 2021).

**Tabla 11**

*Componentes del Agua para Cerveza Artesanal elaborada en Guayaquil*

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad en mg/l</b>
<b>Solidos totales</b>	80 mg/l
<b>Dureza total EDTA</b>	40 mg/l
<b>Calcio</b>	16,25 mg/l
<b>Magnesio (Mg)</b>	3,01 mg/l

**Fuente:** AguaLife S.A, 2021

### C. Lúpulo citra

Lúpulo de reciente creación, esta variedad está disponible desde 2007 y tiene toques de fruta con sabores de maracuyá, mango, lima y grosellas (Distrines Ltda., 2024). A continuación, en la tabla 12, se describe la ficha técnica del Lúpulo Citra:

**Tabla 12**

*Ficha técnica del Lúpulo Citra*

<i>Característica</i>	Aroma, Amargor
<i>Perfil Aromático</i>	Toronja, melón, lima, grosella espinosa, maracuyá
<i>Sabores Clave</i>	Jazmín, Picante, Grosella, Lychee, Geranio
<i>Empaque</i>	Re empacado
<i>Presentación</i>	100 GR, 250 GR, 500 GR
<i>Análisis</i>	
<i>Área de Cultivo</i>	Estados Unidos
<i>Alfa-Ácidos</i>	11 – 13%
<i>Beta-Ácidos</i>	3,5 – 4,5%
<i>Polifenoles totales</i>	4,5 – 5,5%
<i>Aceite total</i>	2.2 – 2.8 ML / 100G
<i>Mycerne</i>	60 – 65%
<i>Linalool</i>	1 – 2%

**Fuente:** Distrines Ltda., 2024



## D. Lúpulo cascade

Su función es dar olor y aromas picantes con altos niveles de aceite mirceno, ideal para maximizar el sabor y aroma de la cerveza como producto final. Un aroma cítrico dominante se encuentra en el lúpulo, complementado por toques florales sutiles y especiados que le dan un perfil completo y complejo (Distrines Ltda., 2024). A continuación, en la tabla 13, se describe la ficha técnica del Lúpulo Cascade:

**Tabla 13**

*Ficha técnica del Lúpulo Cascade*

<i>Lúpulo Cascade</i>	
<i>Característica</i>	Doble propósito
<i>Perfil Aromático</i>	Floral, frutal a Uva, Pino
<i>Sabores Clave</i>	Fresa, Agrios, Mora, Lychee, Caramelo
<i>Empaque</i>	Re empacado
<i>Presentación</i>	100 GR, 250 GR, 500 GR
<i>Análisis</i>	
<i>Área de Cultivo</i>	Estados Unidos
<i>Alfa-Ácidos</i>	4,5 – 7%
<i>Beta-Ácidos</i>	4,8 – 7%
<i>Polifenoles totales</i>	4,5 – 4,9%
<i>Aceite total</i>	0,7 – 1,4 ML / 100G
<i>Mycerne</i>	45 – 60%

**Fuente:** Distrines Ltda., 2024

## **E. Levadura**

Origen inglés es comercial para el tipo de estilo Ale, sus ventajas son de una rápida velocidad para fermentar y otro punto importante es capaz de sedimentar de forma más sólida en el fermentador, ayudando así que la cerveza tenga mayor claridad. Es adecuada para cervezas maduras en barricas (Beerland Store, 2024).

- Ésteres Totales: Baja
- Alcoholes Superiores Totales: Media
- Atenuación Aparente: 74-82%
- Sedimentación: Rápida
- Tolerancia alcohólica (ABV): 9-11%
- El almacenamiento de este microorganismo es ideal de 15-20 ° C.

### **3.3. Elaboración de cerveza**

Descrito por normas nacionales e internacionales, se destaca que el proceso de cerveza engloba cinco fases: Maceración, Cocción, Fermentación, Maduración y Gasificación. La metodología de elaborar cerveza artesanal se normalizó para todos los tipos de cebada malteadas usadas en este proyecto de investigación, de acuerdo con Jessica Mendoza en la publicación de su artículo en 2022 con ciertas variaciones (Mendoza Balcázar, 2022). Se mantuvieron constantes las condiciones durante la elaboración y los tres lotes pasaron por las mismas etapas. La cantidad que se adquirió para elaborar los lotes de cerveza artesanal se describen en la tabla 14, junto al nombre de cada tipo:

**Tabla 14**

*Cantidad de tipos de cebadas malteadas para elaborar cerveza artesanal*

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>
<i>Pale Ale Malt</i>	15,00	Kg
<i>Cara Hell</i>	1,50	Kg
<i>Cara Rye</i>	2,00	Kg
<i>Cara Wheat</i>	0,50	Kg
<i>Extra Pale</i>	5,00	Kg
<i>Dextrin Malt</i>	0,50	Kg
<i>Cara Pils</i>	0,50	Kg
<i>Cara Gold</i>	0,50	Kg

**Fuente:** Los autores, 2024

### 3.3.1. Procedimiento

#### *Maceración*

A. La limpieza de las ollas, fermentadores y chiller se realizó con “detergente líquido neutro”, así como su desinfección con “CITROSAN” antes de cada elaboración de la cerveza.

**Leyenda: Desinfectante Citrosan:** que actúa como fungicida y bactericida de origen natural.

**Detergente a base de ácido fosfórico:** Elimina sales y residuos minerales de ollas de cocción, utilizar después del lavado con detergente neutro.

**Detergente líquido neutro:** limpieza y lavado antes y después del uso de ollas de cocción, chiller, bomba, envases y utensilios en general.

**Detergente a base de sosa caustica al 1%:** limpieza de residuos orgánicos de fermentadores y maduradores luego de cada uso.

B. La cocina industrial para la elaboración de la cerveza artesanal consta de 3 estaciones y 3 ollas para cada etapa. Se colocó la olla del agua con aproximadamente 20 L en el fogón más alto ubicado al costado izquierdo, se encendió el fogón y se controló que la temperatura del agua no supere los 70 °C por medio de los termómetros acoplados en la misma.

C. Se pesó y molió las maltas según la receta para cada estilo. La molienda de la malta se realizó cuidadosamente para no pulverizar la malta.

D. Se ubicó la olla de macerado en el segundo quemador asegurando que tenga acoplada la rejilla de filtración para proceder a la maceración, además de ello se conectó una manguera desde la olla del agua hacia la olla de cocción del macerado.

E. Una vez que la temperatura de la olla de macerado alcanzó los 70 °C, se procedió a abrir las llaves de paso de cada olla, permitiendo que el agua pase de la olla del agua hacia la olla del macerado, cuando el agua alcanza la mitad de su volumen trasvasado, se colocó las maltas molidas en la olla del macerado de manera pausada y removiendo constantemente con un cucharón, evitando la formación de flóculos, todo esto mientras se sigue llenando la olla.

F. Después de haber introducido toda la malta y que el volumen de la olla del macerado este casi al máximo, se cerraron ambas llaves de paso y se observó su temperatura, esta osciló entre 66 y 68 °C, para optimizar la extracción de azúcares de la malta fue necesario mantener este rango de temperatura por 60 min, finalizando este tiempo se hizo un control de proceso, midiendo pH y grados brix.

G. Se controló la temperatura cada 20 min y en ciertos tiempos la temperatura bajo del rango necesario (entre 66 y 68 °C) se prendió el fogón y se procedió a recircular el líquido para homogenizar la temperatura.

### ***Cocción***

A. Antes de que termine el tiempo de maceración, se calentó 20 L de agua en la olla de cocción, cuya temperatura no superó los 80 °C, esta se usó para lavar los azúcares retenidos en la malta después de la maceración.

B. Una vez culminado el tiempo de maceración (60 min), se conectó una manguera desde la olla de cocción del macerado al acople de entrada de la bomba y otra manguera desde el acople de salida de la bomba hacia la olla de cocción del mosto, se encendió la bomba y se reguló a un caudal de intensidad baja por medio de la llave acoplada en la olla, esto permitió que el líquido se filtre adecuadamente.

*Leyenda:* **Bomba magnética** de 1/3 de hp, con carcasa de acero inoxidable, para recirculación del agua.

C. Mientras el líquido filtrado pasa de la olla de cocción del macerado hacia la olla donde se calienta el mosto, se conectó otra manguera desde la olla de cocción del agua al aspersor, con el objeto de trasvasar agua de la olla hacia la parte superior de la olla del macerado, para el “lavado de azúcares”, esto ayudo a deshacerse de las harinas y de los restos sólidos del grano, así como a disolver parte del azúcar que retenidos aún en la malta.

D. La olla de cocción del mosto tuvo un volumen que cubrió 4/5 de olla o unos 25 L aproximadamente, y la malta usada después de la maceración se denomina “bagazo” el cual se descartado del proceso.

E. Se calentó el mosto y se esperó su ebullición. Cuando el mosto empezó a hervir es el min 00 de la ebullición, así como el final de esta es el min 60 y se agrega el lúpulo.

**Tabla 15**

*Tipos de lúpulo con la cantidad y el tiempo de agregado*

<b>Tipo de lúpulo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo</b>
<b>Cascade</b>	16 g	Min 00
<b>Citra</b>	10 g	Min 50
<b>Citra</b>	20 g	Min 60

**Fuente:** Los autores, 2024

F. Al agregar el lúpulo se realizó de manera pausada ya que su adicción rápida provoca un aumento de burbujas de ebullición, las cuales pueden llegar a desbordarse de la olla, ocasionando pérdida de mosto.

G. Terminado el tiempo de ebullición (cocción), se revolvió el mosto lupulado cuidadosamente hasta formar un remolino, esto se realiza con el objetivo de lograr un sedimento de lúpulo en el centro de la olla, se hizo un control de proceso, midiendo pH y grados brix.

### ***Fermentación***

A. Previamente se desinfectó con detergente líquido neutro, se enjuaga con abundante agua, después se lava con detergente de sosa caústica al 1% y se vuelve a enjuagar con abundante agua, seguido se lavó con detergente de ácido fosfórico manteniendo las normas de bioseguridad y se enjuaga con abundante agua, por último, se desinfecto con Citrosan dejando que se seque sin enjuagar, todos los equipos y utensilios que entren en contacto con el mosto para evitar contaminaciones.

B. El mosto lupulado se enfrió hasta llegar a los 25 °C aproximadamente, para ello se ensambló el sistema de enfriamiento con ayuda de la bomba y el chiller para intercambio de temperatura. Al final del ensamble se tuvo: una manguera conectada desde la olla de cocción del mosto a la entrada de la bomba, otra manguera conectada desde la salida de la bomba hacia el primer acople del chiller (entrada de líquido a enfriar), una manguera conectada desde el segundo acople del chiller (salida del líquido enfriado) hacia el fermentador, otra manguera conectada desde el grifo de agua (el agua servirá como líquido refrigerante) hacia el cuarto acople del chiller (entrada de agua) y por último, una manguera conectada desde el cuarto acople del chiller (salida de agua) hacia un desagüe.

**Leyenda: Chiller** de acero inoxidable 30 placas con llave de media bola, para refrigeración del líquido.

C. Una vez terminado el ensamblado del sistema de enfriamiento, se verificó que todas las mangueras estén conectadas correctamente; con el fin de evitar fugas. A continuación, se procedió a abrir la llave de la olla del mosto, junto con la llave del grifo, se enciende la bomba y el mosto recorrió todo el sistema enfriamiento, saliendo este con un caudal intenso, se descarta el primer mosto que sale y se coloca la manguera dentro del fermentador. Se procuró bajar la intensidad del caudal.

D. Al final del trasvase del mosto al fermentador, fue necesario observar que el lúpulo sedimentado en el centro de la olla del mosto para que no pase al fermentador para evitar un exceso de amargor y turbidez en la cerveza.

E. Se apreció al tacto que la temperatura del fermentador sea la adecuada (25°C aprox), a este paso se colocó un sobre entero de 11,5 g de levadura de marca Fermentis by Lesaffre S4O4 directamente en el fermentador, procurando mantener las medias de asepsia correspondientes.

F. Se colocó el airlock en el fermentador con una trampa de alcohol, esto permitió la liberación de CO<sub>2</sub> propia de la fermentación y evita el ingreso de aire o partículas contaminantes dentro del fermentador. Además, se cubrió con un material oscuro las paredes del fermentador para impedir su foto-oxidación.

G. Se llevo el fermentador a reposar en lugar seco y fresco, en donde la temperatura se mantuvo homogénea de entre 20 a 25 °C durante los 7 días que duró este proceso.

### ***Maduración***

A. Pasado los 7 días de fermentación, el mosto fermentado se denominará cerveza como tal, la cual pasará a un segundo proceso de fermentación a bajas temperaturas (maduración), para ello fue necesario tener previamente lavado y desinfectado el barril de acero inoxidable o madurador.

B. Se destapo el fermentador y se introduce la bomba manual previamente desinfectada para trasvasar la cerveza al madurador, en esta parte se tomó muestra para medir los parámetros de control. Mientras sucede el trasvase se procuró evitar que partículas de levadura húmeda pasen al madurador; al terminar de trasvasar la cerveza, se tapó el madurador y se ajustó con de la llave con el objetivo de que el madurador tenga un sellado hermético.

C. Se procedió a “purgar el madurador” con ayuda del tanque de CO<sub>2</sub>, se colocó el “cabezal de barril sellado” sobre la tapa del madurador, este mismo debió estar conectado al tanque de CO<sub>2</sub>. Para permitir que ingrese CO<sub>2</sub> al madurador, se bajó la palanca del cabezal y se abrió hasta la mitad la llave de salida de CO<sub>2</sub>, la presión requerida para purgar es de aprox. 0,1 - 0,11 hPa o 1 - 1,1 bar, una vez alcanzada la

presión requerida dentro del madurador, se cerró la llave de paso del CO<sub>2</sub> y se estiro la argolla que se encuentra en el costado del cabezal para liberar el gas contenido en el madurador.

D. Para asegurar que el aire contenido en el madurador se expulse totalmente se repitió el paso anterior tres veces, después de esto se llenó una vez más el madurador con CO<sub>2</sub> hasta alcanzar una presión de 0,15 hPa o 1,5 bar aprox.

E. Se traslado el madurador ya purgado y lleno con el gas inerte a un refrigerador que se encuentre entre 5 y 10 °C, se mantiene ahí de 7 a 10 días.

### *Gasificación Natural*

A. La gasificación es un proceso que sucede una vez embotellada la cerveza, por lo cual fue necesario tener lavado y desinfectado botellas, tapas, y cualquier otro utensilio o equipo usado durante esta etapa.

B. Se traslado el madurador del refrigerador hacia el lugar de embotellamiento, se conecta el dispensador y el tanque de CO<sub>2</sub> al “cabezal de barril abierto”

C. Se disuelven 6g de azúcar en 15mL de agua estéril por cada litro de cerveza y se colocó en cada botella proporcionalmente.

D. Antes de embotellar se realizaron pruebas para controlar la cantidad de espuma que sale con la cerveza al trasvasar desde el madurador; para ello se realizaron las siguientes acciones de manera consecutiva: se bajó la palanca del cabezal, se abrió ligeramente la válvula metálica del tanque de CO<sub>2</sub>, se abrió hasta la mitad la llave de salida de CO<sub>2</sub>, se ejerce presión ligeramente entre la punta del dispensador y el fondo de una vaso de precipitación o cualquier otro recipiente limpio; es así como la cerveza subirá por la manguera hasta llegar al dispensador. La presión requerida fue aquella que genere la menor cantidad de espuma, esto facilitó el embotellamiento.

E. Se realizó el cálculo para colocar la cantidad de la solución de agua más azúcar para cada botella que sirve como fermentador.

F. Con ayuda del dispensador previamente regulado de presión se trasvasó la cerveza a las botellas, en esta parte se procedió a tomar muestra para los análisis de control, se llenó hasta que su volumen rodeó el borde de la botella.



G. Se selló la cerveza con la tapadora, se revisó que todos los bordes de la tapa estén bien pegados a la botella.

H. Se pudo observar partículas flotando en la cerveza, estas partículas son restos de levadura e indicaron que el madurador esta por vaciarse, la cerveza con abundantes partículas flotando en ella debió ser descartada.

I. La cerveza sellada, se trasladó a un lugar seco, fresco y a la sombra para que la gasificación natural se produzca. El proceso de gasificación duró 15 días, por lo que pasado este tiempo la cerveza estuvo lista para su consumo, pasado el tiempo se tomó la muestra de esta parte.

### **3.4. Perfil aromático sensorial**

Para el test sensorial se siguió la metodología planteada por *Home Brewers Association* (2017), se solicitó el apoyo de 14 catadores, se realizó una evaluación a cada uno con el objetivo de estudiar las diferentes características de cada lote de cerveza elaboradas en la ciudad de Guayaquil, en cuanto a aroma, sabor y apariencia. Previo a la cata se leen las características de la cerveza artesanal estándar para usarla como guía en el análisis sensorial. Se realizaron ejercicios previos a la cata, se hizo la prueba a una cerveza comercial sin revelar el nombre de esta marca, para analizar distintas variables que son propias de la cerveza.

Para evaluar los sentidos de los catadores, se realizó una tabla sensorial con las características físicas, químicas y organolépticas de la cerveza artesanal, en la que se incluyeron los compuestos químicos y su función en esta bebida, se seleccionaron los compuestos que se perciben según el paladar de cada integrante de la cata. Para finalizar, se evaluó las características organolépticas y el puntaje que recibe cada una, se sumó para dar la puntuación final, de acuerdo con estos datos se realizó los análisis estadísticos para observar diferencias de tipos entre las cervezas.

En la tabla 16, se describen los compuestos para lograr un mejor desempeño en el test.

**Tabla 16**

*Definición de compuestos para el test sensorial de cerveza artesanal*

---

<b>Acetaldehído:</b> Aroma y sabor a manzana verde.
<b>Alcohólico:</b> El aroma, sabor y efecto cálido de etanol y alcoholes superiores. A veces se describe como caliente.
<b>Astringente:</b> arrugas, aspereza persistente y/o sequedad. En el final/regusto; granulosidad dura.
<b>Diacetilo:</b> aroma artificial a mantequilla, caramelo.
<b>DMS (sulfuro de dimetilo):</b> En niveles bajos, un producto dulce, cocido o aroma y sabor a maíz enlatado.
<b>Esteres:</b> Aroma y/o sabor de cualquier éster (frutas o rosas).
<b>Hierba:</b> Aroma/sabor de hierba recién cortada u hojas verdes.
<b>Metálico:</b> sabor a hojalata, moneda, cobre, hierro o parecido a la sangre.
<b>Moho:</b> aromas/sabores rancios, a moho.
<b>Oxidado:</b> Cualquiera o combinación de rancio, vinoso, aromas y sabores a cartón, papel o jerez.
<b>Fenólico:</b> Picante (clavo, pimienta), ahumado, plástico, plástico tira adhesiva, y/o medicinal (cloro fenólico).
<b>Disolvente:</b> Aromas y sabores de alcoholes superiores (fusel alcoholes). Aromas similares a la acetona o al disolvente de lacas.
<b>Agrio/Ácido:</b> Acidez en aroma y sabor. puede ser agudo y limpio (ácido láctico), o similar al vinagre (ácido acético).
<b>Azufre:</b> El aroma de huevos podridos o cerillas encendidas.
<b>Vegetal:</b> Aroma vegetal cocido, enlatado o podrido y sabor (lechuga, cebolla, apio, espárragos, etc.)
<b>Levadura:</b> Un aroma o sabor a pan, sulfuroso o parecido a la levadura.

---

**Fuente:** *Home Brewers Association, 2017*

**Tabla 17**

*Diseño del Test Sensorial con las características organolépticas de cerveza artesanal*

<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
<i>Aroma</i>	<i>/12</i>
<i>Apariencia</i>	<i>/3</i>
<i>Sabor</i>	<i>/20</i>
<i>Sensación en boca</i>	<i>/5</i>
<i>Impresión general</i>	<i>/10</i>
<i>Total</i>	<i>/50</i>

**Fuente:** Los autores, 2024

### **3.5. Análisis Físicos y químicos**

#### **pH**

Se tomó el pH de las 10 muestras de cerveza artesanal por medio del equipo Medidor de pH/iones S220 SevenCompact™ de la marca METTLER TOLEDO™.

#### **Índice de refracción**

Se utilizó el equipo Refractómetro óptico portátil de la marca Aichose para determinar los grados brix.

#### **Acidez total**

American Society of Brewing Chemists (2016) describe el proceso para cuantificar la acidez total, dentro del proceso se realizaron ajustes:

Se calentó 25 ml de muestra durante 30 minutos a 60°C para descarbonizar luego se colocó 10 ml de cerveza descarbonizada en un matraz y consecutivamente se preparó NaOH 0,1 N. Se rellenó la bureta con el Hidróxido de Sodio 0,1N y a la muestra se le añadió 2 gotas de indicador de fenolftaleína al 0,5 % así mismo se valoró frente al fondo blanco, hasta observar un ligero cambio

de color, como referencia se midió el pH (8,2 - 8,5), y finalmente se leyó el volumen gastado de NaOH 0,1 para realizar los cálculos con la siguiente formula:

$$\text{gr \% ácido láctico} = \frac{n \times 0,009 \times 100}{V}$$

**Donde:**

**N:** ml de NaOH gastados

**V:** Volumen de muestra utilizado

### **Reacción de Yodo**

Se preparó la solución de yodo, 0,02 N. Disolvimos 1,27g de yodo y 2,50g de yoduro de potasio en agua destilada y completamos hasta los 500 ml. Se llenó en un tubo de ensayo hasta 1 pulgada del borde con cerveza descarbonatada y se le agregó con un gotero 0,02 solución de yodo para formar una capa distinta sobre la cerveza. Se observaron mediante la luz transmitida el color desarrollado en la interfaz de las dos capas líquidas. En la tabla 18 se describe las distintas tonalidades con su indicar de compuesto (Tirapebajana & Ordoñez 2013).

**Tabla 18**

*Indicadores de presencia de polisacáridos*

<i>Presencia</i>	<i>Color</i>
<i>Almidón</i>	Azul
<i>Amilodextrina</i>	Morado
<i>Eritrodextrina</i>	Rojizo

**Fuente:** Los autores, 2024.

## **Determinación de azúcares reductores**

Se tomó como referencia la práctica realizada por Tirapebajana & Ordoñez (2013) los métodos tuvieron algunos cambios por el tipo de muestra:

### ***a. Reactivo de Seliwanoff***

Se agregó en el tubo de ensayo 1 ml de reactivo seliwanoff y 1 ml de muestra, después se calentó unos minutos en baño maría hasta a ebullición y se observaron los resultados: Presencia de color rojo o precipitado rojo es positivo.

### ***b. Reactivo de Benedict***

Se añadió 1 ml de muestra en el tubo de ensayo y 2 ml de Reactivo benedict, mezclando bien, luego se calentó en baño maría hasta ebullición durante unos minutos y finalmente se observaron los resultados: La reacción es positiva si hay un precipitado rojizo, si se tiñe de azul es negativo.

### ***c. Reactivo de Fehling***

Se añadió 2ml de muestra descarbonatada, adicional se agregó 1 solución de Fehling A y 1ml de Fehling B. Finalmente se calentó los tubos de ensayo hasta ebullición y se observaron los resultados: cambio de tonalidad tono a rojo es positivo, negativo si tiene coloración azul verdoso.

### ***d. Reactivo de Molish***

Se colocó 2 ml de muestra en el tubo de ensayo y se le añadió 10 gotas del reactivo al 1% luego se mezcló bien para posteriormente agregar 2 ml de ácido sulfúrico concentrado directamente a la pared del tubo, procurando que no se mezcle. Finalmente se observó los resultados: La presencia de un anillo oscuro en la interfase es positivo.

***e. Porcentaje de alcohol***

Para medir el porcentaje de alcohol se midió 50ml de muestra descarbonizada, luego se colocó en el rotavapor marca HEI-VAP CORE en condiciones específicas (40°C por 50 revoluciones por minuto) hasta observar disminución en la muestra con textura sirope; el solvente extraído se midió por medio del densímetro.

***f. Alcaloides***

Para las siguientes pruebas bioquímicas se tomó como referencia la metodología descrita por García, Cruz, Alarcón, Nieto, & Gallegos (2019):

***g. Prueba de Mayer***

Se colocó 1ml de muestra y 2 gotas del reactivo Mayer en el tubo de ensayo, se esperó unos minutos y se observaron los resultados: precipitado amarillo indica positivo, si la muestra se vuelve turbia es señal de que existen pocos alcaloides.

***h. Prueba de Wagner***

Se añadió 1ml de muestra y 5 gotas del reactivo al tubo de ensayo, finalmente se esperaron unos minutos y se observaron resultados: color marrón rojizo indica positivo.

***i. Prueba de Cloruro férrico al 12,5 para fenoles***

Se añadió 1ml de muestra y 3 gotas de reactivo cloruro férrico de la marca SIGMA-ALDRICH Se observó los resultados: color verde oscuro a azul es positivo, color azul completo es negativo (García, Cruz, Alarcón, Nieto, & Gallegos, 2019)

### ***j. Prueba de Ninhidrina al 0,1% para aminoácidos***

Se añadió una gota de muestra y una gota de reactivo en papel filtro y se los dejó reposar en una estufa a 100°C hasta secar durante 15 minutos hasta secar, finalmente se observó los resultados: Color violeta purpura es positivo (García, Cruz, Alarcón, Nieto, & Gallegos, 2019).

## **3.6. Análisis microbiológicos**

### ***Placas Petrifilm***

Se realizaron pruebas rápidas “Petrifilm” de la marca 3M™ y se logró obtener resultados inmediatos y seguros, la metodología implementada fue la siguiente: Primero se adquirieron todos los lotes de cerveza artesanal fijados para la evaluación de este proyecto de investigación, después se procedió a colocar 1 ml de cada muestra madre directamente a cada placa petrifilm, dependiendo del medio y su función para el crecimiento del microorganismo se adecuaron las incubadoras a la temperatura y tiempo apropiados (3M Ecuador, 2024). Los medios usados para el análisis y conteo fueron:

- Recuento de *E. coli* y Coliformes (35 °C – 24 horas)
- Recuento de Aerobios (35 °C – 24 horas)
- Recuento de Mohos y Levaduras (27 °C – 48 horas)
- Recuento de Staph Express (35 °C – 24 horas)
- Recuento de *enterobacterias* (35 °C – 24 horas)

### ***Medio PDA***

Para el cultivo en medio PDA con el objetivo de cuantificar las colonias de levaduras, se preparó agua peptonada al 0,1%, donde se colocó en cada tubo 9 ml usando la micropipeta automática de la marca “Pipet4u Pro”, posterior se introduce 1 ml directo de la muestra madre de cerveza artesanal para cada tubo rotulado con el número de lote realizando así la primera dilución (-1), se usó el bortex para homogenizar la muestra, posteriormente se tomó 1 ml de la primera dilución

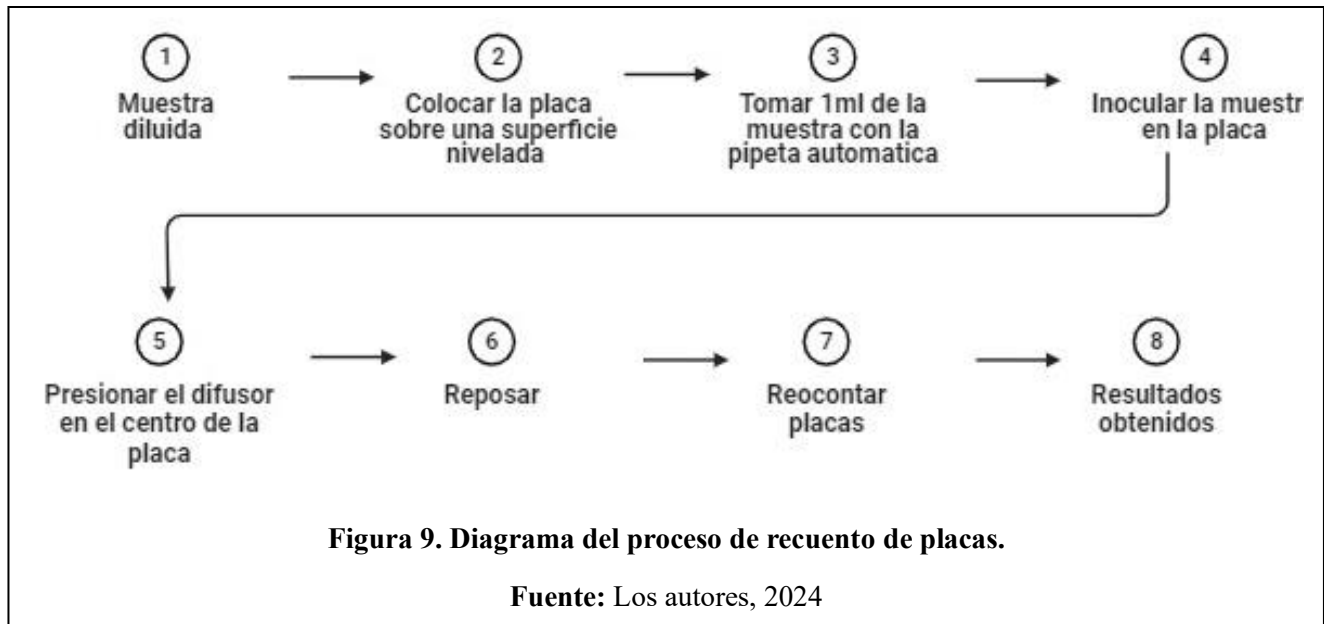
para colocarlo en el segundo tubo con 9 ml de agua peptonada al 0,1% de modo que así tenemos la segunda dilución (-2), se vuelve a usar el agitador para homogenizar esta muestra, con ella se prepara la tercera dilución (-3) agregando 1 ml de la segunda dilución al tercer tubo (Bioser, 2024).

Realizadas las diluciones seriadas de todos los lotes de cerveza artesanal para cada tubo, se procedió a inocular -1 y -3 de las muestras en cada placa de Petri ya dispensada con el medio de cultivo seleccionado: PDA (Agar patata dextrosa) de la marca TM MEDIA, con la ayuda de micropipetas con tips estériles de 1ml se colocaron 200  $\mu$ L en el medio y se sellaron las cajas con cinta Parafilm, finalmente se incubó a una temperatura de 26°C durante 48 horas que es ideal para el crecimiento de levaduras y mohos (Probiotek, 2019).

### ***Conteo de placas***

Para el conteo de placas petrifilm se esperó el tiempo estándar para cada microorganismo, con la ayuda del equipo contador de colonias de la marca BOECO cc-1 se cuantificó las Unidades Formadoras de Colonias (UFC), si existió evidencia de crecimiento se realizó el conteo de colonias y se multiplicó por 100.000 UFC/ml. Así mismo con medio PDA se usó el contador de colonias y se reportó todo el recuento. En la figura 10, se detalla el proceso para el recuento de placas:





### 3.6. Determinación proteínas por Método Kjeldahl

Se tomó como referencia la metodología de Curay, Espejo, Molleturo, & Picón (2020):

#### Procedimiento de determinación de proteínas:

##### *Digestión*

Se descarbonizó las muestras de cerveza por medio de filtrado y calentamiento por plancha, luego se colocó 25 ml de muestra en los tubos de Kjeldahl para posteriormente llevarlos al digestor y calentarlos a 150°C hasta que la muestras tenga una consistencia de sirope.

Se colocaron 3 tabletas catalizadoras de la marca Fisher Chemical K315-250, 10 ml de ácido sulfúrico de Fisher Chemical concentrado al 98%, 10 ml de peróxido de Hidrogeno de Fisher Chemical H325-4 Certificado ACS al 30% y 15 gramos de sulfato de potasio P305-500 como antiespumante para cada tubo. Luego se ajustó el digestor a la siguiente serie:

1. 30 min a 100°C
2. 30 min a 200°C
3. 30 min a 300°C
4. 40 min a 420°C

Finalmente se dejó reposar.

### ***Destilación***

Se preparó 500ml de solución de ácido bórico en polvo con indicadores Vreceiver™, para luego trasvasar 30 ml de la solución preparada en matraces con fondo plano. Para iniciar la fase de destilación es necesario asegurarnos que tenga suficiente Agua tipo 1 e Hidróxido de Sodio al 30%. Posterior a esto se realizó la primera limpieza del equipo con agua tipo 1, se programó los lavados del equipo con un tiempo de dos minutos.

Se realizaron las destilaciones de todas las muestras en el equipo programado con los 30 ml de ácido bórico y 50 ml de NaOH en un tiempo de cinco minutos, en cada cambio se realizó la limpieza del equipo. Finalizado las destilaciones de cada muestra, se realizó el último lavado del equipo.

### ***Titulación***

Se preparó ácido sulfúrico al 0,1 N y se traspasó en la bureta. Las muestras destiladas se colocaron en Erlenmeyers de 250ml y seguido a esto se pipeteó hasta que se observó un cambio de color a rosa claro, se tomó como referencia el pH: (4,6 - 4,9) y finalmente se leyó el volumen gastado y se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{\text{ml consumidos} \times N \times 1,4007}{\text{peso de la muestra}}$$

### **3.6.1. Análisis estadísticos**

Se utiliza el método descrito por (Fernández & Guitart, 2017). Se organizó los datos de menor a mayor, se determinó el tamaño de muestra y se reconoció el máximo y mínimo, después se calculó el alcance recorrido, se reconoció la cantidad de intervalos y se organizó una tabla con intervalos obtenidos, marcas de clases y frecuencias.

### **3.7. Determinación de metales pesados**

Se utilizó el método descrito por (Cedeño et al. 2024). Se descarbonizó las muestras de cervezas, luego se colocó 2 ml de las muestras en cada tubo digestor y se agregó 10 ml de ácido nítrico concentrado al 98% donde fueron introducidos en la canasta de tubos al Digestor Microondas ONE TOUCH MARS 6, con las siguientes condiciones:

- Temperatura: 200°C
- Tiempo: 15 min
- Presión: 800

Después se dejó enfriar las muestras digestadas y se trasladaron posteriormente a matraces aforados con ácido nítrico para trazas libre de metales marca Fisher Chemical al 2%.

## Capítulo 4 Resultados y discusión

### 4.1. Evaluación del rendimiento

Para calcular el volumen final y el porcentaje de rendimiento de los tres lotes de cerveza artesanal, se usaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Volumen final} = \text{Cantidad de botellas} \times 330 \text{ ml de cada botella}$$

$$\text{Rendimiento \%} = \frac{\text{Cantidad de producción}}{\text{Cantidad de producción teórica}} \times 100$$

Fuente: (Baser & Buchbauer, 2016)

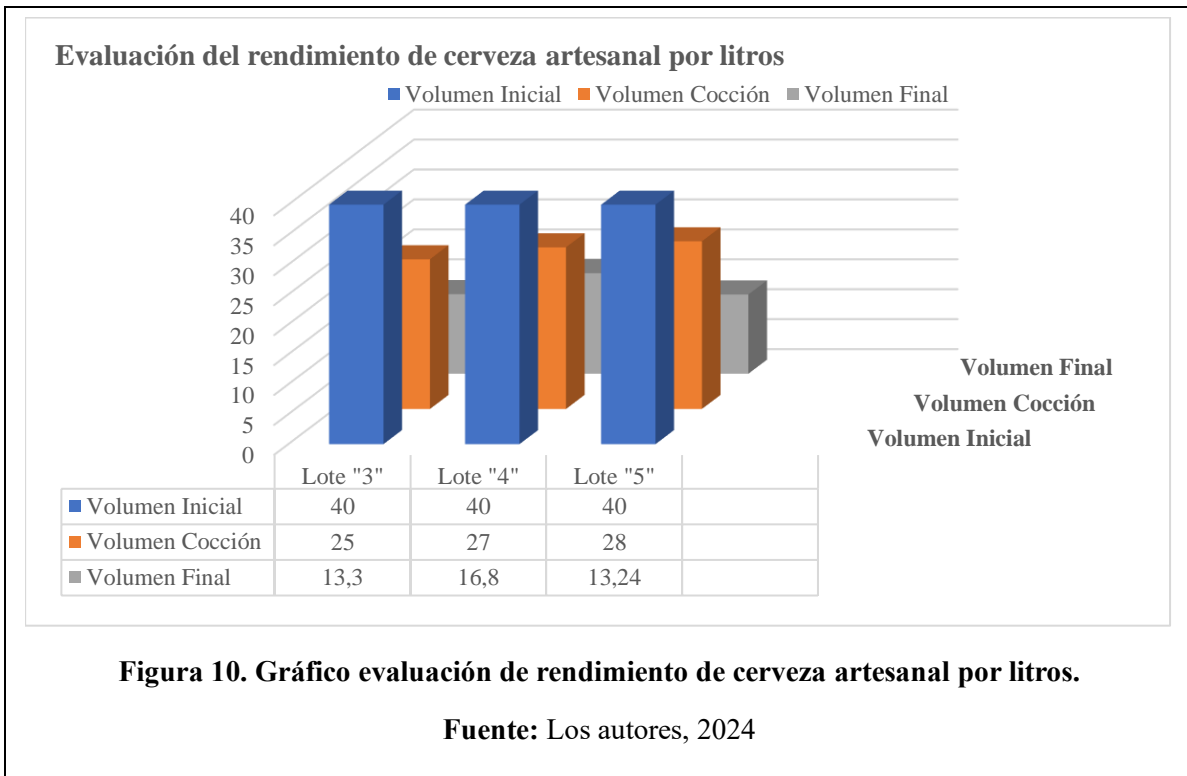
A continuación, en la tabla 19 se detallan los valores en litro de cada lote de cerveza artesanal elaboradas en los laboratorios de Ciencias de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.

**Tabla 19**

*Cuadro de rendimiento de los lotes de cerveza artesanal de acuerdo con el agua inicial utilizada*

<b>Muestra</b>	<b>Volumen inicial</b>	<b>Volumen de cocción</b>	<b>Volumen final</b>	<b>Unidad</b>	<b>% de rendimiento</b>
<b>Lote “3”</b>	40,00	25,00	13,30	Litros	33,25%
<b>Lote “4”</b>	40,00	27,00	16,80	Litros	42,00%
<b>Lote “5”</b>	40,00	28,00	13,24	Litros	33,10%

**Fuente:** Los autores, 2024



En proporción a la cantidad inicial de agua para cocción y lavado que fue igual en cada lote de cerveza artesanal producido en la Universidad Politécnica Salesiana – sede Guayaquil, se destaca al lote 4 por tener el mayor volumen final en comparación al “Lote 3” y “Lote 5”, con un valor de rendimiento del 42%. El porcentaje de rendimiento de la elaboración de los diferentes lotes está acorde con diversas investigaciones, se estima un promedio de 3-5 litros de agua para producir 1 litro de cerveza, el volumen se ve influenciado dependiendo de diversos factores en el proceso (MEGA, 2022). En Ecuador la empresa con mayor influencia del mercado cervecero redacta que en el año 2022 consumieron aproximadamente 2,5 litros de agua por litro de cerveza (Cervecería Nacional, 2023).

## 4.2. Perfil aromático sensorial

Se realizó el análisis de varianza ANOVA con el propósito de determinar la diferencia significativa en las características de los tres lotes de cerveza artesanal elaboradas en los laboratorios de Ciencias de la vida perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil, a partir de la evaluación de 14 personas (Home Brewers Association, 2017). En la tabla 20 se observan los datos de interacción:

**Tabla 20**

*Tabla de medias de mínimos cuadrados para Col\_4 con intervalos de confianza del 95,0%*

<b>Nivel</b>	<b>Conteo</b>	<b>Media</b>	<b>Error Stand.</b>	<b>Límite Inferior</b>	<b>Límite Superior</b>
Grand mean	280	7,3			
col_1					
0	70	8,11	0,40	7,32	8,90
3	70	8,22	0,40	7,44	9,01
4	70	6,35	0,40	5,56	7,14
5	70	6,50	0,40	5,71	7,28
col_3					
Apariencia	56	3,44	0,44	2,56	4,32
Aroma	56	7,94	0,44	7,06	8,82
Impresión	56	7,73	0,44	6,85	8,61
Sabor	56	13,21	0,44	12,33	14,09
Sensación	56	4,16	0,44	3,27	5,04
col_1 by col_3					
0; Apariencia	14	6,78	0,89	5,02	8,54
0; Aroma	14	7,78	0,89	6,02	9,54
0; Impresión	14	9,07	0,89	7,30	10,83
0; Sabor	14	11,14	0,89	9,37	12,90
0; Sensación	14	5,78	0,89	4,02	7,54
3; Apariencia	14	2,71	0,89	0,95	4,47
3; Aroma	14	9,14	0,89	7,37	10,90
3; Impresión	14	8,42	0,89	6,66	10,19
3; Sabor	14	16,50	0,89	14,73	18,26
3; Sensación	14	4,35	0,89	2,59	6,12
4; Apariencia	14	2,35	0,89	0,59	4,12
4; Aroma	14	7,14	0,89	5,37	8,90
4; Impresión	14	6,78	0,89	5,02	8,54
4; Sabor	14	12,57	0,89	10,80	14,33

4; Sensación	14	2,92	0,89	1,16	4,69
5; Apariencia	14	1,92	0,89	0,16	3,69
5; Aroma	14	7,71	0,89	5,95	9,47
5; Impresión	14	6,64	0,89	4,87	8,40
5; Sabor	14	12,64	0,89	10,87	14,40
5; Sensación	14	3,57	0,89	1,80	5,33

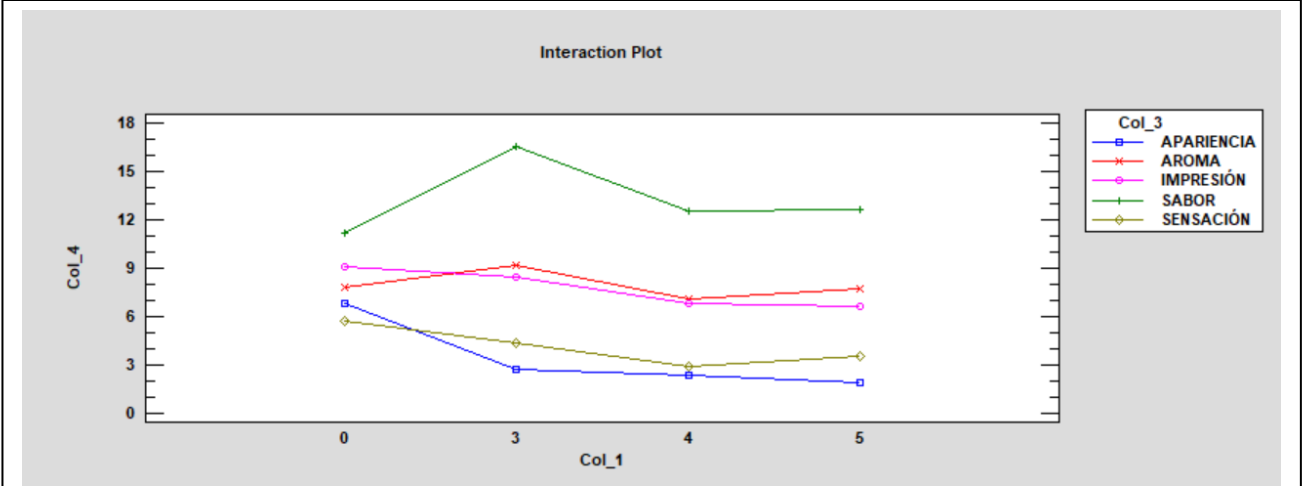
\***Leyenda:** Col\_1: Numero de Lote; Col\_2: Catador; Col\_3: Carácter; Col\_4: Datos

**Fuente:** Statgraphics, 2024

La tabla 19, muestra la media de los datos del test sensorial para cada nivel de los factores. También muestra el error estándar de cada media, que es una medida de su variabilidad muestral. Las dos columnas de la derecha muestran intervalos de confianza del 95,0% para cada una de las medias.

Los resultados de medias están de acuerdo con las interacciones entre el lote de cerveza y las características, enfocándonos en la primera característica es la apariencia, donde se observa que el lote “control o estándar” que es cerveza artesanal comercial tiene mejor aceptación significativamente en comparación a las apariencias de los lotes elaborados en los Laboratorios de Ciencias de la Vida, esto está influenciado por la turbidez presente en estas muestras. Para el análisis de aroma se compara las medias donde se observa que el aroma del lote “3” elaborado en la ciudad de Guayaquil tiene mayor aceptación con respecto al aroma de los demás lotes, se destaca que el lote control y el lote “5” tienen semejanza u homogeneidad en aroma.

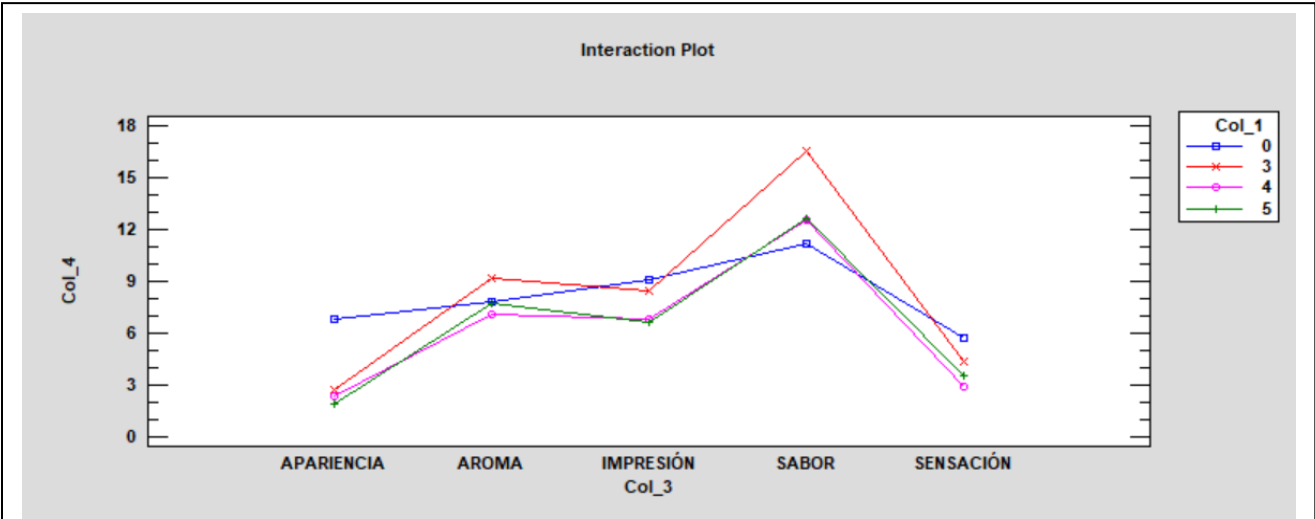
El sabor es un parámetro importante en las características organolépticas de la cerveza artesanal, conforme al análisis Multifactorial ANOVA, se infiere que la mayor aceptación por parte de los catadores es del lote “3” significativamente en comparación al resto de lotes, se debe agregar que el lote “4” y “5” no tienen diferencias significativas de acuerdo al panel de testeo en el sabor. La sensación en la boca es relevante al momento de realizar la cata, siguiendo los resultados de análisis se describe que la mayor aceptación tiene el lote “control” esto pudo ser influido por ser una marca comercial y por mantener metodologías estandarizadas para su producción, se observa que de los lotes de producción en los laboratorios de ciencias de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil la mejor sensación en boca de acuerdo a los catadores es el lote “3”.



**Figura 11. Gráfico ANOVA Multifactorial interacción del lote con los caracteres primera interacción.**

Fuente: Los autores, 2024

En la figura 11, se observan las interacciones del lote de producción con los datos de cada cerveza artesanal enlistadas en el panel de testeo sensorial, la imagen describe la tabla 19 de medias de mínimos cuadrados en forma de gráfico, donde se selecciona intervalo de confianza del 95,00% con trazas de eje del primer factor.



**Figura 12. Gráfico ANOVA Multifactorial interacción del lote con los caracteres segunda interacción.**

Fuente: Los autores, 2024



En la figura 12, se observan las interacciones del lote de producción con los caracteres de cada cerveza artesanal enlistadas en el panel de testeo sensorial y representa las medias de mínimos cuadrados en forma de gráfico (Tabla 20), donde se selecciona intervalo de confianza del 95,00% con trazas de eje del segundo factor.

**Tabla 21**

*Pruebas de rango múltiple para Col\_4 por Col\_3. Método: 95,0 por ciento Tukey HSD*

<i>Col_3</i>	<i>Conteo</i>	<i>LS Medio</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Apariencia	56	3,44	0,44	X
Sensación	56	4,16	0,44	X
Impresión	56	7,73	0,44	X
Aroma	56	7,94	0,44	X
Sabor	56	13,21	0,44	X

**Tabla 22**

*Pruebas de rango múltiple contraste para Col\_4 por Col\_3. Método: 95,0 por ciento Tukey HSD*

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
Apariencia - Aroma	*	-4,5	1,739
Apariencia - Impresión	*	-4,28571	1,739
Apariencia - Sabor	*	-9,76786	1,739
Apariencia - Sensación		-0,714286	1,739
Aroma - Impresión		0,214286	1,739
Aroma - Sabor	*	-5,26786	1,739
Aroma - Sensación	*	3,78571	1,739
Impresión - Sabor	*	-5,48214	1,739
Impresión - Sensación	*	3,57143	1,739
Sabor - Sensación	*	9,05357	1,739

**Leyenda:** \* denota una diferencia estadísticamente significativa.

La tabla 22 describe los resultados obtenidos en el proceso de comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior del resultado muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 8 pares, lo que indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95,0%. En la tabla 21 se identifican 3 grupos homogéneos mediante

columnas de X. Dentro de cada columna, los niveles que contienen X forman un grupo de medias dentro de las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. El método que se utiliza actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencias honestamente significativas (HSD) de Tukey. Con este método, existe un riesgo del 5,0% de llamar a uno o más pares significativamente diferentes cuando su diferencia real es igual a 0.

### 4.3. Análisis de resultados físicos y químicos

#### 4.3.1 pH y grados Brix

En la tabla 23, se muestra los resultados de pH y grados brix de los 10 lotes de cerveza artesanal producidos en la Universidad Politécnica Salesiana y comercializados en Guayaquil- Ecuador.

**Tabla 23**

*Resultados de análisis físicos y químicos*

<i>Análisis</i>	<i>Lotes</i>										<i>Símbolo</i>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
<i>pH</i>	4.1	4.2	4.4	4.3	4.5	4.5	4.2	4.1	4.1	4.4	pH
<i>G. Brix</i>	7.9	5	7.8	6	6.1	6	5	7.1	6.3	5.9	°Bx

**Fuente:** Los autores, 2024.

Según la normativa INEN 2 262:2003, el rango de pH es de 3,5 a 5 para bebidas alcohólicas por lo que se pudo determinar que los lotes analizados se encuentran dentro del rango permitido en el Ecuador. Entre las muestras analizadas se puede observar que los lotes tres, cinco y seis tienen mayor alcalinidad que los demás.

#### 4.3.2 Porcentaje de alcohol

Se midió el porcentaje de alcohol a los lotes realizados en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil del año 2024; los resultados se presentan en la tabla 24.

**Tabla 24***Resultados del porcentaje de alcohol en tres lotes de cerveza*

<b>Muestra</b>	<b>Porcentaje de alcohol</b>	<b>Unidades</b>
Lote 3	3.1	% v/v
Lote 4	1.7	% v/v
Lote 5	2.4	% v/v

**Fuente:** Los autores, 2024.

Estos resultados concuerdan con la norma INEN 2262, donde señala que la cerveza puede tener de 1 a 10% de alcohol. En la investigación realizada por Zambrano & Defas (2020) indica que la cerveza artesanal tiene un valor de 6 grados de alcohol y la cerveza industrial tiene en promedio 5 grados de alcohol, por lo cual esta bebida no se considera como una bebida de moderación.

**4.3.3 Acidez total**

Los resultados obtenidos mediante el cálculo acidez láctica arrojaron los siguientes resultados en porcentaje presentados en la tabla 25.

**Tabla 25***Resultados de acidez total de muestras de cerveza artesanal por titulación*

<b>Muestras</b>	<b>Volumen gastado</b>	<b>pH</b>	<b>% de ácidos total</b>
<b><i>Lote 1</i></b>	2,4	8.2	0,2%
<b><i>Lote 2</i></b>	2	8.4	0,2%
<b><i>Lote 3</i></b>	2,2	8.5	0,2%
<b><i>Lote 4</i></b>	1,5	8.3	0,1%
<b><i>Lote 5</i></b>	2,6	8.5	0,2%
<b><i>Lote 6</i></b>	1,9	8.2	0,2%
<b><i>Lote 7</i></b>	2,1	8.2	0,2%
<b><i>Lote 8</i></b>	2,6	8.3	0,2%
<b><i>Lote 9</i></b>	1,8	8.4	0,2%
<b><i>Lote 10</i></b>	3,3	8.2	0,3%

**Fuente:** Los autores, 2024

Se describe a la acidez total como la cantidad de sustancias acidas valoradas por medio de titulación, usando como solución Hidróxido de Na 0.1N (INEN, 2013). La normativa INEN 2262 para bebidas alcohólicas determina el valor mínimo como 0.0 y valor máximo como 0.3. Bajo esta especificación las muestras analizadas se encuentran dentro del rango establecido.

#### 4.3.4 Pruebas cualitativas

Los resultados de los análisis cualitativos se muestran a continuación en la Tabla 26:

**Tabla 26**

*Resultados de tamizaje*

<i>Ensayo</i>	<i>Metabolito</i>	<i>Lotes</i>									
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>Mayer</i>	Alcaloides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Wagner</i>	Alcaloides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. férrico</i>	Fenoles	+	+	++	+	++	++	+	+	+	+++
<i>Ninhidrina</i>	Aminoac.	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Papel. filtro</i>	Lípidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Molish</i>	Carbohidrato	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Benedict</i>	A. Simples	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fehling</i>	Gluco/ fructo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Seliwanoff</i>	Ceto/Aldo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Yodo</i>	Almidones	+++	+	+++	+	+	+++	+	+	+++	+++

Leyenda: + **presencia escasa**; ++ **presencia relativamente abundante**; +++ **presencia abundante**; - **no detectado**.

**Fuente:** Los autores, 2024

Para determinar cualitativamente los alcaloides presentes en las muestras de cervezas se realizaron dos reacciones, con reactivo Mayer se observaron que las muestras se volvieron turbias lo que indicó poca presencia de alcaloides. En la prueba de Wagner se observaron tonalidades marrón rojizo, pero no se logró distinguir ya que las muestras eran color ámbar. Según (Lozano, Patiño ,

& Galvis, 2020) mencionan que los alcaloides, específicamente la hordenina proviene de las maltas y es denominada como la hormona feliz. Lo que indica que los lotes muestreados presencia de alcaloides en bajas cantidades.

Para la detección de fenoles el color verde oscuro a azul índigo indicó la presencia de fenoles, debido a las observaciones se determinó que la muestra uno, dos, cuatro, siete, ocho y nueve tuvieron coloraciones azules en el precipitado, mientras que las muestras tres, cinco, seis y diez tuvieron la coloración descrita dando por concluido que estas tienen más presencia de fenoles.

Se han realizado investigaciones en la que se han identificado 67 fenoles alcalinos presentes en la cerveza, estas macromoléculas aportan un sabor ahumado, picante y amargor. El exceso de fenoles presentes podría ocasionar efectos adversos en el sabor, transparencia y vida útil (MICET, 2021). La prueba de Ninhidrina para determinar aminoácidos dio positivo en todas las muestras al teñirse de color violeta purpura. Distintas cervezas presentan aminoácidos provienen de los cereales y se detectan cualitativa y cuantitativamente, se presentan en concentraciones de 1,9-6,3 g/l, en cervezas con extracto original alto tienen concentraciones de 11,5 g/l, en bajas concentraciones contienen todos los aminoácidos esenciales y muchos no esenciales (Estrella, 2001). Al no realizar un análisis cualitativo, no se identificaron los aminoácidos no esenciales o esenciales.

Existe presencia de lípidos en pequeñas proporciones, estas provienen de los granos crudos, se encuentran principalmente los ácidos grasos en contenido de 0,33 a 0,76 mg/l, así mismo se presencian los monos, di y triglicéridos en cantidades menores a 0,4mg/l; la presencia de estos componentes afecta directamente a la formación y estabilidad de la espuma (Estrella, 2001). En los lotes analizados se demostró que ningún lote tenía presencia de lípidos que afectarían a la estabilidad de la espuma.

En la prueba de Molish se determinó presencia de carbohidratos (Tabla 26), ya que se pudo observar un anillo oscuro en la interfase dando positivo a las pruebas realizadas. Las cervezas comunes contienen carbohidrato en un rango de 2,5% como mínimo hasta 4% como máximo, se presentan en forma de mono-di y trisacáridos; aportan al sabor, cuerpo de la cerveza y generan valor nutritivo de 4 cal/g (Estrella, 2001).

La técnica de Seliwanoff no presentó un cambio de color, ni obtuvo un precipitado rojizo. Benedict no presentó un precipitado rojizo, su color se tiñó a azul dando negativo. Fehling no presentó cambios en el color, para dar un positivo la muestra tuvo que tomar un tono verdoso en presencia de monosacárido; color rojo ladrillo en presencia de disacárido. Las pruebas de Benedict, Fehling, Seliwanoff, generaron ausencia de azúcares reductores presentes en la cerveza final. Esto se da porque los azúcares del mosto se transforman en alcohol y anhídrido carbónico (Estrella, 2001).

Para determinar la presencia de almidón se realizó la reacción, dando resultados negativos para almidón, sin embargo, la mayoría de los lotes presento un color rojizo lo que indica la presencia positiva de eritodextrina, con la excepción del lote “10” donde se observó el color purpura fuerte que indica la presencia de amilodextrina.

#### 4.4. Recuento de unidades formadoras de colonias (UFC por m/l)

Se hicieron recuentos de placas Petrifilm de StaphExpress, enterobacterias, Aerobios, Mohos y Levaduras, *E. coli* y Coliformes. Se analizó directamente de la muestra madre, a continuación, en la tabla 27, se presenta los valores en UFC/ml de cada muestra.

**Tabla 27**

*Resultados de recuento en unidades UFC/ml de placas Petrifilm*

Análisis	Muestras										Unidad
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	
<b>Enterobacterias</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	UFC/ml
<b>Aerobios</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	UFC/ml
<b>Mohos y levaduras</b>	+100.0 00	+100.0 00	+100.0 00	+100.0 00	4.000	+100.0 00	+100.0 00	8.0 00	+10 0.0 00	11.00 0	UFC/ml
<b>Staphylococcus</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	UFC/ml
<b><i>E. coli</i> y coliformes</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	UFC/ml

**Fuente:** Los autores

### ***Resultados del recuento en unidades UFC/ml de placas Petrifilm***

Como se observa en la tabla 27, no existe evidencia del crecimiento de microorganismos patógenos en las muestras de cerveza artesanal, estos no son deseados en el producto ya que son capaces de perjudicar las características propias de la bebida y directamente a la salud del consumidor, sin embargo, se destaca la presencia de Unidades Formadoras de colonia de Mohos y levaduras, esto debido a la presencia de la levadura usada durante la etapa de fermentación, que sigue activa aun en las botellas de cerveza envasadas.

### **Cultivo en medio PDA**

Se realizó el cultivo en medio PDA especializado para el crecimiento de mohos y levaduras, a continuación, se presenta en la tabla 28, la cuantificación de las colonias en cada placa Petri:

**Tabla 28**

*Cuantificación de colonias en medio PDA según las diluciones*

<i># de Lote</i>	<i>Diluciones</i>		<i>Unidades</i>
	<i>-1</i>	<i>-3</i>	
<i>Lote 1</i>	0194	0106	UFC/ ml
<i>Lote 2</i>	0022	0000	UFC/ ml
<i>Lote 3</i>	0075	0017	UFC/ ml
<i>Lote 4</i>	0103	0098	UFC/ ml
<i>Lote 5</i>	0022	0000	UFC/ ml
<i>Lote 6</i>	0007	0000	UFC/ ml
<i>Lote 7</i>	0005	0000	UFC/ ml
<i>Lote 8</i>	0065	0000	UFC/ ml
<i>Lote 9</i>	0004	0000	UFC/ ml
<i>Lote 10</i>	0046	0001	UFC/ ml

**Fuente:** Los autores, 2024

Con respecto a los objetivos establecidos para cultivar desde la muestra madre de cerveza artesanal en medio PDA ideal para el crecimiento de levaduras y realizar la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias, se evidencia un desarrollo considerable en los lotes 1 y 4, pero con la diferencia que la tercera dilución del lote 4 no existe un decrecimiento significativo de acuerdo con la dilución progresiva, quiere decir que la carga de levadura aun siguió activa.

Los resultados están conforme a lo dictado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2262 (2003): Bebidas alcohólicas, cervezas, los requisitos microbiológicos para cerveza pasteurizada y no pasteurizada, se detalla el máximo de 50 Unidades formadoras de colonias de mohos y levaduras por cm<sup>3</sup> de la muestra que equivale a 1 ml con el método de ensayo NTE INEN 1 529-10. Con respecto a la investigación realizada por Surtini (2021), donde se analizó contaminantes microbianos en cervezas artesanales en argentina, de 75 muestras 31 cervezas presento crecimiento de levadura contaminantes, se detectaron bacterias contaminantes 29,3% y con bajo porcentaje del 12% de las levaduras en comparación a los lotes evaluados en este proyecto de investigación no existió un crecimiento de bacterias patógenas y se resalta el crecimiento de las levaduras.

#### **4.5. Cuantificación de proteínas totales**

Los resultados se muestran en la tabla 29, donde se observa que la muestra con mayor contenido proteínico es el lote 7 y el menor es el lote 10; los mostos contienen una cantidad intermedia a los demás resultados.

En el artículo “Análisis comparativo del valor nutricional de la cerveza artesanal y la cerveza industrial”, Mendoza, Pihuave, & Velásquez (2022) concluyeron que la cerveza artesanal posee mayor contenido proteínico a comparación que las cervezas industriales, también describieron que sin importar el cereal de fondo se mantiene una concentración de vitaminas y minerales superiores.



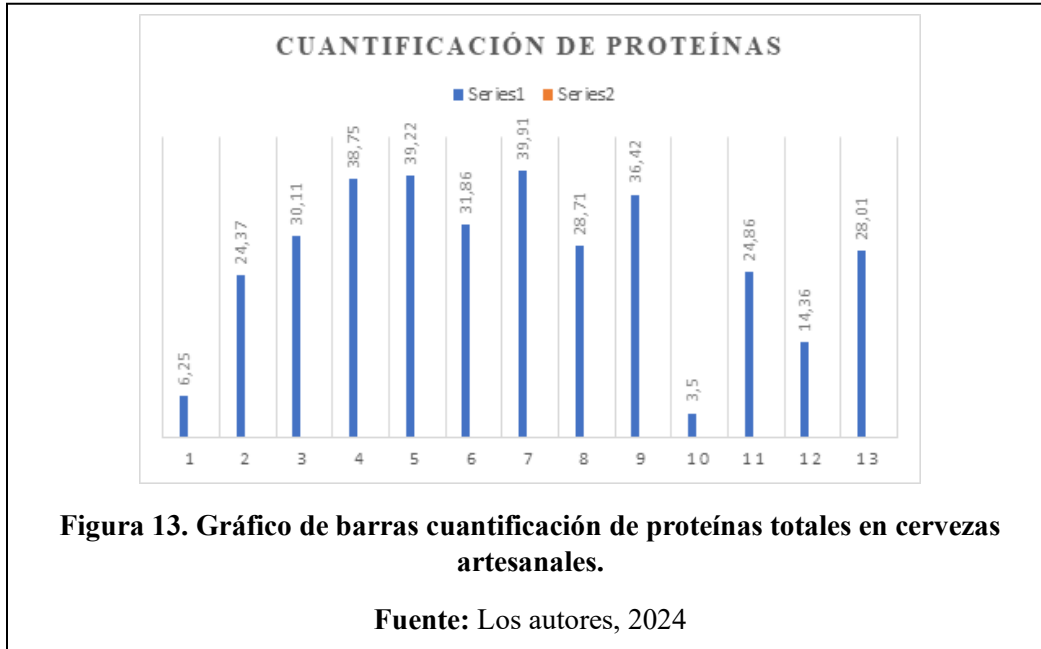
**Tabla 29**

*Resultados de cuantificación del Método kjeldahl*

<b>Muestra</b>	<b>Resultados (%)</b>
<i>Lote 1</i>	6,25
<i>Lote 2</i>	24,37
<i>Lote 3</i>	30,11
<i>Lote 4</i>	38,75
<i>Lote 5</i>	39,22
<i>Lote 6</i>	31,86
<i>Lote 7</i>	39,91
<i>Lote 8</i>	28,71
<i>Lote 9</i>	36,42
<i>Lote 10</i>	3,5
<i>Mosto 3</i>	24,86
<i>Mosto 4</i>	14,36
<i>Mosto 5</i>	28,01

**Fuente:** Los autores, 2024

En la Figura 13 se muestra de forma gráfica los porcentajes de proteínas para cada muestra



Dentro de las trece muestras analizadas se diferenciaron los valores min 3,5 y valor max 40; mediante los cálculos se identificaron 5 intervalos, la amplitud de la clase fue de 8 obtenida de la diferencia de los límites, como se detalla en la Tabla 30.

**Tabla 30**

*Cálculos previos para tabla de frecuencias*

<b>Variable</b>	<b>Datos</b>
<b>Muestras</b>	13
<b>k= intervalo</b>	5
<b>Límite Inferior</b>	3,5
<b>Límite superior</b>	40
<b>Rango</b>	36,4
<b>a= Amplitud</b>	8

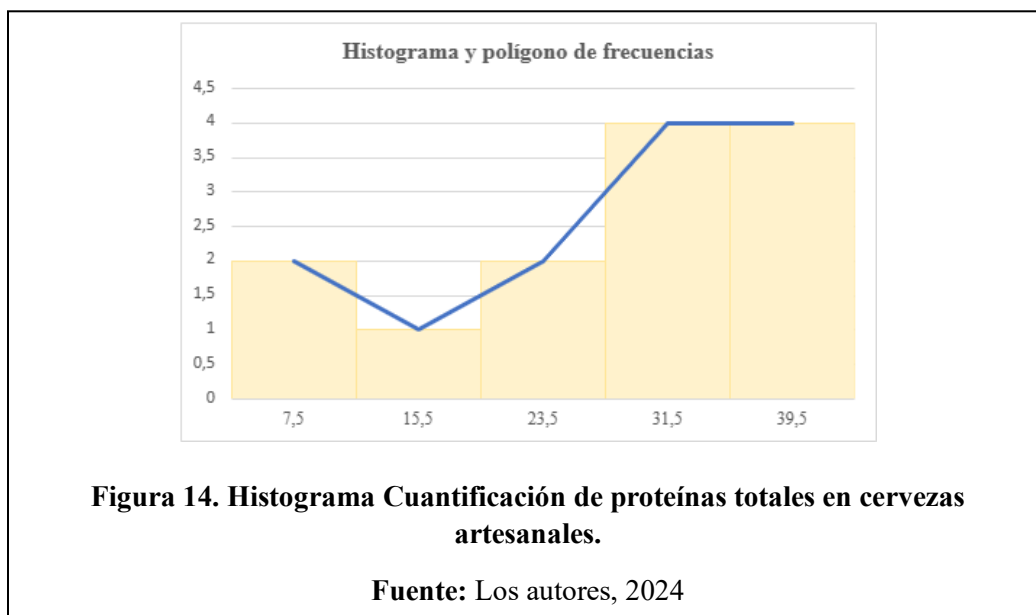
**Tabla 31**

*Tabla de Frecuencias*

Intervalos	Marca de clase		Frecuencia absoluta	Frec. Absoluta acumulada	Frec. Relativa	Frec. Acumu	Frec. Relativa porcentual	Frec. Relativa porcentual acum.	
	LI	LS	Xi	fi	Fi	hi	Hi	pi	Pi
1	3,5	11,5	7,5	2	2	0,15	0,15	15	15
2	11,5	19,5	15,5	1	3	0,08	0,23	8	23
3	19,5	27,5	23,5	2	5	0,15	0,38	15	38
4	27,5	35,5	31,5	4	9	0,31	0,69	31	69
5	35,5	43,5	39,5	4	13	0,31	1,00	31	100
			13		1,00		100		

**Fuente:** Los autores, 2024

Mediante los análisis obtenidos en la Tabla 31. se concluye que los intervalos 4 y 5 tiene mayor frecuencia absoluta, el intervalo 5 tiene como punto de referencia 39,5 y el intervalo 4 tiene 31,5 por lo que se concluye que estos intervalos contienen los lotes con mayor contenido proteínico (Figura 14). El intervalo 2 tiene baja frecuencia y es el único con un porcentaje de 3,5, siendo el más bajo a nivel proteico.



#### 4.6. Diseño de tabla de atributos



		<b>Cuadro de atributos de Cerveza Artesanal</b>								Fecha:	
										Código: UPS2024	
Dirección:											
Alcance:											
Descripción:											
<b>Ensayo</b>	<b>Análisis fisicoquímicos</b>										
	<b>LOTES</b>										
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
pH											
Acidez total											
Grados Brix											
<b>Análisis cualitativos</b>											
<b>Ensayo</b>	<b>Metabolito</b>	Leyenda: + presencia escasa, ++ presencia relativamente abundante, +++ presencia abundante, - no detectado, X no realizado									
Mayer	Alcaloides										
Wagner	Alcaloides										
FeCl3	Fenoles										
Ninhidrina	Aminoácidos										
Papel Filtro	Lípidos										
<b>Pruebas Bioquímicas</b>											
<b>Reactivo</b>	<b>presencia</b>	Nota: observar las distintas tonalidades para poder identificar correctamente									
Molish	Carbohidrato										
Benedict	A. Simples										
Fehling	Gluco/ fructo										
Seliwanoff	Ceto/Aldo										
Yodo	Almidones										
<b>Análisis Microbiológicos</b>											
<b>Petriefilm</b>	<b>Unidades</b>										
Enterobacteri.	UFC/ml										
Aerobios	UFC/ml										
Mohos/levadu	UFC/ml										
Staphylococc.	UFC/ml										
E. coli	UFC/ml										
<b>Cuantificación de proteínas</b>											
<b>Métodos</b>	<b>Detección</b>										
Kjeldahl	Proteínas										
<b>Cuantificación de macroelementos</b>											
<b>Métodos</b>	<b>Detección</b>										
ICP	Na										
ICP	K										
ICP	Mg										
ICP	Ca										
ICP	Zn										
<b>Cuantificación de metales pesados</b>											
<b>Métodos</b>	<b>Detección</b>										
ICP	Cd										
ICP	Pb										
ICP	Ni										
ICP	Cu										
ICP	Fe										
ICP	Cr										
ICP	As										

Figura 15. Diseño de tabla de atributos.

Fuente: Los autores 2024.

La tabla de atributos fue desarrollada para llevar un control específico en los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Estos análisis ayudarán a identificar propiedades propias de cada lote de cerveza artesanal y a mejorar la calidad de esta.

#### 4.7. Macroelementos

Los resultados de macroelementos se detallan en la Tabla 32:

**Tabla 32**

*Resultados de Macroelementos analizados por ICP.*

Muestras	Macroelementos				
	Na	K	Mg	Ca	Zn
<b>Lote 1</b>	204,9 ppm	5,038 ppm	680,6 ppm	198,6 ppm	1,6 ppm
<b>Lote 2</b>	245,9 ppm	3.455,4 ppm	440,3 ppm	190,9 ppm	1,3 ppm
<b>Lote 3</b>	225,9 ppm	2.824,2 ppm	373 ppm	108,3 ppm	0
<b>Lote 4</b>	155,9 ppm	2.107,4 ppm	289,4 ppm	103,9 ppm	2,8 ppm
<b>Lote 5</b>	820,4 ppm	1.933,9 ppm	306,9 ppm	242,3 ppm	3,9 ppm
<b>Lote 6</b>	168,4 ppm	1.644 ppm	273,8 ppm	88,8 ppm	0,5 ppm
<b>Lote 7</b>	118,1 ppm	1.400,3 ppm	276,1 ppm	110,9 ppm	2 ppm
<b>Lote 8</b>	Limites en muestras no detectables				
<b>Lote 9</b>	141,1 ppm	1.031,1 ppm	240,1 ppm	86,4 ppm	1,3 ppm
<b>Lote 10</b>	Limites en muestras no detectables				

**Fuente:** Los autores, 2024.

En la tabla 32 se puede observar la cuantificación de macronutrientes como el Potasio (K), Magnesio (Mg), y Calcio (Ca); los micronutrientes presentes son Zinc (Zn) y Sodio (Na). Se detectó que el Potasio tiene un alto contenido a comparación de los demás nutrientes presentes. En un estudio de Cerveza y Nutrición los autores Piano, Guijarro, Garrido, & Barea (2003) describen que la presencia de potasio es alta en la cerveza, pero no en comparación con el vino, además confirman que este mineral participa en la salud y el metabolismo de los aminoácidos; la relación de K/Na tienen beneficios en los consumidores, ayudan a mejorar el estado de humor y el funcionamiento del corazón. Dentro de los lotes analizados los que tiene mayor contenido de Potasio son las muestras 1,2 y 3 con contenido mayor a 2.824,2 ppm; los niveles bajo son los lotes 5,6,7 y 9, estos presentan contenido menor a 1,933,9 pm.

La presencia de sodio, magnesio y calcio se encuentra en un nivel intermedio, es decir que su presencia está por debajo del Potasio. El lote con más proporción de sodio es el lote 5. Este mineral ayuda a balancear la dosificación de líquidos a nivel intercelular, mientras que el potasio ayuda de la misma forma a nivel inferior (Piano, et al. 2003).

La presencia de Magnesio es intermedia a comparación de los demás nutrientes, el lote 1,2 y tres tienen mayor contenido. Calcio generalmente tiene menor proporción en comparación con las ya mencionadas el rango es de 86,4 ppm a 198,6 siendo este el más alto (Lote 1). De Lama (2019) interpreta que el sodio tiene bajo contenido en la cerveza, y que se puede proponerla como bebida opcional en la dieta con bajo nivel de sal. El zinc es el nutriente con menor contenido, en los lotes no existe presencia de este en el lote 3.

#### **4.8. Cuantificación de metales pesados**

En la detección se cuantificaron los metales pesados contenidos en 13 muestras (Tabla 33), diez lotes de cerveza y tres muestras de mostos obtenidos de la producción de los lotes elaborados en la Universidad Politécnica Salesiana; se realizó mediante espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).

**Tabla 33***Resultados de metales pesados analizados por el ICP.*

Muestras	Metales pesados						
	Cd	Pb	Ni	Cu	Fe	Cr	As
<b>Lote 1</b>	0	0,1 ppm	0	1,1 ppm	7,6 ppm	0,4 ppm	1,7 ppm
<b>Lote 2</b>	0	0	0	1,8 ppm	5,5 ppm	0,5 ppm	1,1 ppm
<b>Lote 3</b>	0	0	0	1,2 ppm	4,5 ppm	0,2 ppm	2,5 ppm
<b>Lote 4</b>	0	0	0	1,0 ppm	13.1 ppm	0,3 ppm	0
<b>Lote 5</b>	0	0	0	3,1 ppm	5,0 ppm	0,2 ppm	0
<b>Lote 6</b>	0	0	0	0,5 ppm	7,4 ppm	0,2 ppm	1,2 ppm
<b>Lote 7</b>	0	0,1 ppm	0	0,4 ppm	6,0 ppm	0,2 ppm	0,4 ppm
<b>Lote 8</b>	0	0	0	0,7 ppm	7,7 ppm	0,3 ppm	0,5 ppm
<b>Lote 9</b>	0	0	0	0,4 ppm	4,7 ppm	0,2 ppm	0,1 ppm
<b>Lote 10</b>	0	0	0	0,6 ppm	10,3 ppm	0,2 ppm	0

**Fuente:** Los autores, 2024.

En la tabla 33, se presentan los resultados donde se observa que en las muestras analizadas no existe presencia de metales pesados como el Cadmio y Níquel. Existe presencia significativa de Plomo en los lotes 1 y 7. Según López, Espinoza, Fernández, Montero, & Bonilla (2021) el ser humano puede ingerir Plomo en alimentos hasta un 0,5mg por día, ya que pueden ser expulsadas por el funcionamiento de los riñones hasta un 80%. Cobre tiene un rango menor a 3,1 ppm; nuestra ingesta acepta diariamente 1000 µg (López, et.al 2021) por esto se concluye que no existen efectos adversos a la salud si no sobrepasan el límite. Hierro tiene valores superiores a 4,5 ppm, la fuente de hierro puede ser propia de la cebada malteada ya que estas son extraídas y puestas en contacto con agua caliente. (López, et. al 2021)

Arsénico no se presenta en los lotes 4,5 y 10, los demás lotes tienen un contenido menor a 1,7 ppm; según CONTAM del grupo EFSA determinan que la ingesta semanal por peso corporal es de 15 mg Kg<sup>-1</sup>.

## Conclusiones y Recomendaciones

La elaboración de cerveza artesanal dura aproximadamente seis horas, incluyendo los procesos de limpieza y desinfección de los equipos y materiales, se debe controlar de manera exhaustiva todas las variables del proceso para asegurar la calidad del producto. Las herramientas de control de calidad aplicadas en todo el proceso nos permitieron estandarizar los lotes para que la metodología sea reproducible, optimizando recursos y reduciendo errores.

El test sensorial, los análisis microbiológicos, pruebas físicas y químicas, permitieron diseñar una matriz de atributos de los lotes de cerveza artesanal elaborados en los laboratorios de Ciencias de la vida pertenecientes a la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil. Gracias a la prueba sensorial se analizaron características como sabor, aroma, sensación en boca e impresión general destacando así al lote “3” por tener la mayor aceptación en comparación a los demás. De acuerdo con los resultados microbiológicos, los 10 lotes están libres de patógenos y son aptos para el consumo. Así mismo con las pruebas bioquímicas se evaluaron diferentes reacciones de compuestos presentes en la cerveza artesanal y se observó que todos los lotes existen presencia de carbohidratos. Los metales pesados cuantificados en las muestras no sobrepasan el límite para causar efectos adversos en la salud.

En la evaluación y comparación del contenido proteínico en la cerveza artesanal se realizó validando el método de Kjeldahl. La marca de la cebada malteada perteneciente a la cerveza artesanal del lote “3” se resalta por tener un porcentaje bajo de 30,11% en comparación de las demás marcas de muestras, las marcas de cebada malteada del lote “4” y “5” se destacaron por tener un alto porcentaje con 38-39%, estas proteínas favorecen en las características propias de la cerveza artesanal como la apariencia, sabor, textura y otros aspectos importantes de la bebida.



## Bibliografía

- AguaLife S.A. (2021). Productos – AguaLife S.A. AguaLife S.A. <https://agualifesa.com/productos/>
- Alejandro Iraid. (2023, August 25). Aislamiento de bacterias ácido-lácticas con potencial probiótico de alimentos fermentados típicos de México: una revisión | Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/11072>
- Aguilar, C. N. (2018). Untitled. Investigación y Posgrado UAdeC. <http://www.investigacionyposgrado.uadec.mx/libros/2018/2018FundamentosdeMicrobiologiadeAlimentos.pdf>
- ANVISA. (2021). INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 88. Ministério da Saúde - MS.
- Asocerv. (2024). Cerveceria Artesanal Latitud Cero. Asocerv. <https://asocerv.beer/mapaCervecerero/miembro/Cerveceria-Artesanal-Latitud-Cero>
- ApplyChem, P. (s.f.). DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO POR EL MÉTODO KJELDAHL. ITW Reagents. Obtenido de [https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173\\_ES.pdf](https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf)
- Arias, G. (1991). CALIDAD INDUSTRIAL DE LA CEBADA CERVECERA. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2919/1/111219220807120028.pdf>
- Baser, K., & Buchbauer, G. (2016). Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications. New York: Taylor & Francis Group.
- Bertó, R. (2015, July 9). Staphylococcus aureus en la industria alimentaria. Betelgeux. <https://www.betelgeux.es/blog/2015/07/09/staphylococcus-aureus-en-la-industria-alimentaria/>
- BJCP, Inc. (2015). GUÍA DE ESTILOS 2015. The Beer Times. [https://www.thebeertimes.com/wp-content/uploads/2017/08/2015\\_Guidelines\\_Beer\\_Espa%C3%B1ol-final.pdf](https://www.thebeertimes.com/wp-content/uploads/2017/08/2015_Guidelines_Beer_Espa%C3%B1ol-final.pdf)
- Beerland Store. (2024). Levadura SafAle S-04 sobre 11.5g. Beerland Store. <https://www.beerlandstore.com/insumos/198-levadura-safale-s-04-sobre-115g.html>
- Baiano, A. (2020, December 24). Craft beer: An overview. PubMed, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33369039/>
- Bryan Taipe. (2019, January). Diseño de una ruta turística - Gastronomía de la elaboración de la cerveza artesanal en el centro histórico de Quito. ITUC. From

<https://apidspace.cordillera.edu.ec/server/api/core/bitstreams/281d362a-86d2-4c6a-b1ed-037beecd3065/content>

- Bioser. (2024). Potato Dextrosa Agar (PDA) | Levaduras y Mohos. Bioser. <https://www.bioser.com/productos/potato-dextrosa-agar-103p/>
- Bamforth, C. (2013, Jun). FIG 1 Microbiota of malting and brewing. The diagram shows an overview... ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/Microbiota-of-malting-and-brewing-The-diagram-shows-an-overview-of-bacterial-and-fungal\\_fig1\\_236933159](https://www.researchgate.net/figure/Microbiota-of-malting-and-brewing-The-diagram-shows-an-overview-of-bacterial-and-fungal_fig1_236933159)
- BJCP, B. J. (2015). Guía de Estilos de Cerveza. Beer Judge Certification Program. Obtenido de file:///C:/Users/User%202/Downloads/Manual%20BJCP.pdf
- Cervecería Kross. (2023, July 20). Cebada malteada: Descubre el proceso detrás de la cerveza Kross. Kross. From <https://www.kross.cl/blog/post/cebada-malteada>
- Cervecistas. (2018). Historia de la cerveza. Los cervecistas. From <https://www.loscervecistas.es/historia-de-la-cerveza/>
- Cámara de comercio de Quito. (2023, August 10). Ecuador, un país con una cultura cervecera en auge – Cámara de Comercio de Quito. CCQ. From <https://ccq.ec/ecuador-un-pais-con-una-cultura-cervecera-en-auge/>
- Cerveceros de México. (2018, July 16). ¿Cuál es la diferencia entre la Porter y la Stout? Cerveceros de México. From <https://cervecerosdemexico.com/2018/07/16/cual-es-la-diferencia-entre-la-porter-y-la-stout>
- Cervecistas. (2023, February 6). 4 tipos de lúpulo para conocer en el mundo cervecero. Cervecistas. Retrieved January 19, 2024, from <https://www.loscervecistas.es/cultura-cervecista/4-tipos-de-lupulo-para-conocer-en-el-mundo-cervecero/>
- Cristina del Valle. (2023, February 16). *Saccharomyces cerevisiae* as probiotic, prebiotic, synbiotic, postbiotics and parabiotics in aquaculture: An overview. ScienceDirect. From <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848623001151?via%3Dihub>
- Cerveja e Malte. (2023, August 23). La importancia del agua en la fabricación de cerveza - Cerveza y Malta. Escola Superior de Cerveja e Malte. Retrieved January 20, 2024, from <https://cervejaemalte.com.br/es/blog/la-importancia-del-agua-en-la-elaboracion-de-la-cerveza/>
- Cervecería Nacional. (2023). Sostenibilidad Agua | Cerveceria Nacional Ecuador. Cervecería Nacional. <https://www.cervecerianacional.ec/sostenibilidad/cuidado-del-agua>
- ConBrassa. (2020). Cerveza Artesanal Conbrassa. ConBrassa. Retrieved January 16, 2024, from <https://conbrassa.com/cerveza-artesanal-conbrassa/>

- Cervecería Golden. (2023, November 26). Cerveza artesanal. Qué es, origen, ingredientes y características. Cervecería Golden. From <https://www.cerveceriagolden.com/cerveza-artesanal/>
- Cervecería Kross. (2023, July 20). Cebada malteada: Descubre el proceso detrás de la cerveza Kross. Kross. From <https://www.kross.cl/blog/post/cebada-malteada>
- Cervecistas. (2023, March 7). Los ingredientes de la cerveza: 4 partes de un todo. Cervecistas. <https://www.loscervecistas.es/cultura-cervecista/4-ingredientes-basicos-de-la-cerveza/>
- Cedeño Vines, K., Pacheco Flores de Valgaz, Á., & Ballesteros, J. (2024). Cuantificación del contenido de metales pesados en Anadara tuberculosa del Golfo de Guayaquil mediante ICP-OES: evaluación de la contaminación marina.
- Chemist, A. S. (1992). Iodine reaction. Beer-7 jornal 63.
- Chemists, A. S. (2016). TOTAL, ACIDITY. Beer-8.
- Curay, D., Espejo, S., Molleturo, V., & Picón, C. (2020). DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS MEDIANTE EL MÉTODO KJELDAHL. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas.
- De Lama, M. A. (2019). ANALISIS DE BENEFICIOS VALORADOS EN CERVEZAS ARTESANALES EN LIMA MODERNA. UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, FACULTAD DE NEGOCIOS. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625898/DeLamaA\\_M.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625898/DeLamaA_M.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (2023, October). Cebada - Producción por País. Producción Agrícola Mundial. From <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/cebada.aspx>
- Distrines Ltda. (2024). Lúpulo Citra - Insumos de Cerveza. [distrines.com. https://distrines.com/lupulos/213/lupulo-citra](https://distrines.com/lupulos/213/lupulo-citra)
- Distrines Ltda. (2024). Lúpulo Cascade - Insumos de Cerveza. [distrines.com. https://distrines.com/lupulos/28/lupulo-cascade](https://distrines.com/lupulos/28/lupulo-cascade)
- Dalmasso, L. P. (2020). Microbiología cervecera. La Pampa: Manual teórico práctico. Obtenido de [https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/7356/lb-dalamic020\\_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/7356/lb-dalamic020_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Escerveza. (2019). La cerveza artesanal, su origen y características. Escerveza. From <https://escerveza.com/pages/artesanas>
- El Universo. (2022, April 13). Una tonelada más de cebada por hectárea es el aumento de producción que proyecta Cervecería Nacional en el 2022. El Universo. From

- <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/cerveceria-nacional-preve-incrementar-productividad-de-25-a-35-toneladas-por-hectarea-de-cebada-en-ecuador-nota/>
- Erick Calvillo. (2022). La Cerveza Artesanal. Una experiencia multisensorial. Deloitte. From <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>
- Erick Carvajal. (2017, March 13). Análisis del comportamiento del consumidor de cervezas artesanales en el NSE A y B en el norte de Guayaquil. Repositorio UCSG. From <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9984/1/T-UCSG-POS-MGM-101.pdf>
- Escerveza. (2019). La cerveza artesana, su origen y características. Escerveza. From <https://escerveza.com/pages/artesanas>
- Ecoionics SA. (2020, June 29). Elaborando Agua para hacer Cerveza. Tratamiento y Recuperación de Agua. From <https://ecoionics.blogspot.com/2020/06/elaborando-agua-para-hacer-cerveza.html>
- Energy US. (2023, September 28). La importancia de la conservación del agua en la industria cervecera. US Energy Solutions. From <https://energy5.com/es/la-importancia-de-la-conservaci243n-del-agua-en-la-industria-cervecera>
- Falconí-Castillo. (2010, October). Repositorio Digital INIAP: El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Repositorio INIAP. From <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2420>
- Franceschini, G. (2023, April 18). Según la Brewers Association, el 2022 vio una industria de cerveza artesanal más madura en los Estados Unidos — Craft Beer Generation. Craft Beer Generation. From <https://craftbeergeneration.com/noticias/segn-la-brewers-association-el-2022-vio-una-industria-de-cerveza-artesanal-ms-madura-en-los-estados-unidos>
- Forbes Ec. (2023, December 8). Descubriendo los secretos de la cebada: una aliada para la salud y el bolsillo. Forbes Ecuador. From <https://www.forbes.com.ec/negocios/descubriendo-secretos-cebada-una-aliada-salud-bolsillo-n44793>
- Flórez, J. J. (2020, September 21). Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería Química Planta de acondicionamiento de agua para fabricación de cerveza artesanal. idUS. From <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101366/TFG-2863-FLOREZ%20BENITO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FICYE. (2019). Historia. FICYE. From <https://ficye.es/historia/>
- Factory Ecologic. (2023, August 14). Ósmosis Inversa. Factory Ecologic. From <https://www.factoryecologic.com/osmosis-inversa-soluciones/>
- Fennema, O. (1996). Food Chemistry. Madison, Wisconsin. Obtenido de <https://ipa-pasca.unpak.ac.id/pdf/Food%20Chemistry%20by%20Fennema%203rd%20Ed.pdf>

- Fernández, D., & Guitart, M. (2017). Estadística descriptiva y análisis de datos. Universidad tecnológica Nacional , Facultad Regional Mendoza.
- Grand View Research, Inc. (2017, February). Craft Beer Market Size Worth \$502.9 Billion By 2025 | CAGR: 19.9%. Grand View Research, From <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-craft-beer-market>
- García, M. E., & Fernández, S. I. (2008). [riunet.upv.es  
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1)
- Gallegos Castro, C. A. (2020). Diseño de una planta piloto de cerveza artesanal para la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador. Dspace Universidad Central del Ecuador. From <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23473/1/UCF-FIQGALLEGOS%20CESAR.pdf>
- Garry Menz. (2009). Beer in Health and Disease Prevention || Pathogens in Beer | 10.1016/B978-0-12-373891-2.00039-0. Sci-Hub. Retrieved January 20, 2024, from <https://sci-hub.hkvisa.net/10.1016/B978-0-12-373891-2.00039-0>
- Godoy, C. (2020, January 17). Muestreo estratificado + ejemplo explicado paso a paso. Tesis de Cero a 100. From <https://tesisdeceroa100.com/muestreo-estratificado-ejemplo-explicado-paso-a-paso/>
- González, M. (2017). Principios de Elaboración de las cervezas artesanales. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0COaDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=proteinas+en+cerveza+artesanal+&ots=ZwvAsa0hev&sig=iVojITDng9TfwMkDVZ4ihq cZcdQ#v=onepage&q=proteinas%20en%20cerveza%20artesanal&f=false>
- Guerrero, L., Corzo, L., & Betancur, D. (2003). Estructura y propiedades. Revista de la Universidad autónoma de Yucatán, 34-38. Obtenido de <https://www.revistauniversitaria.uady.mx/pdf/227/ru2275.pdf>
- García, E., & Fernández, I. (2012). Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. ETSIAMN. Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf>
- García, R., Cruz, F., Alárcon F., Nieto, A., & gallegos, M. (2019). ANÁLISIS FITOQUÍMICO CUALITATIVO DE LOS EXTRACTOS ACUOSOS DE *Thalassia testudinum* BANKS EX KÖNING ET SIMS DE LA LOCALIDAD DE CHAMPOTÓN, CAMPECHE, MÉXICO, DURANTE EL CICLO ANUAL 2016-2017. Polibotánica, 155-157.
- Happy Gringo. (2022). Cerveza de Ecuador – La revolución de la cerveza artesanal – Happy Gringo Travel. <https://es.happygringo.com/blog/craft-beer-in-ecuador/>

- Huirong Yang. (2018). Peptide (Lys-Leu) and amino acids (Lys and Leu) supplementations improve physiological activity and fermentation performance of brewer's yeast during very high-gravity (VHG) wort fermentation. PubMed. From <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29271090/>
- Hayward L. (2019, November 20). Acceptability of beer produced with dandelion, nettle, and sage. ELSEVIER. From <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X19301088?via%3Dihub>
- Home brewers association. (2017). The Community for Homebrewers | Homebrewers Association. Retrieved January 20, 2024, from <https://www.homebrewersassociation.org/>
- Hough, J. (1990). Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza: ACRIBIA, S.A. Obtenido de file:///C:/Users/User%202/Downloads/HoughxxxBiotecnologiaCerveza.pdf
- Infinitiva. (2022, January 25). Análisis y control de calidad en la empresa. INFINITIA Industrial Consulting. <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/analisis-y-control-de-calidad-procesos-productivos/>
- InterMalta C. (2023, March 16). Cebada vs trigo: en qué se diferencian en la elaboración de cerveza artesanal. IntermaltaCraft. From <https://www.intermaltacraft.com/es/blog/cebada-vs-trigo:-en-que-se-diferencian-en-la-elaboracion-de-cerveza-artesanal>
- Jaramillo P. (2023, October 30). Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien. Revista Gestión. From [https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy\\_pdfs/269\\_005.pdf](https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/269_005.pdf)
- Jacqueline Capataz. (2014, February). Demostraciones prácticas de los retos y oportunidades de la producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de cultivos tropicales. ResearchGate.
- José Murcia. (2023, July 10). La cerveza artesana revoluciona el mercado mundial. Mercasa. From <https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2023/07/10-La-cerveza-artesana.pdf>
- Jacqueline Capataz. (2014, February). Demostraciones prácticas de los retos y oportunidades de la producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de cultivos tropicales. ResearchGate.
- Julissa Zuñiga. (2022, March 18). UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ingeniería Química Carrera de Gastronomía TEMA: Elaboración de cerveza artesanal Blond. Repositorio Universidad de Guayaquil. From <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f9f4308a-862f-428d-a6ac-bee7fa9af75e/content>

- Júlio Machado. (2019, June 28). 10 - Hops: New Perspectives for an Old Beer Ingredient. ScienceDirect. From <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128166895000109?via%3Dihub>
- Krogerus, K., Magalhães, F., Vidgren, V., & Gibson, B. (2017). Novel brewing yeast hybrids: creation and application. Appl Microbiol Biotechnol. Obtenido de [file:///C:/Users/User%20/Downloads/s00253-016-8007-5%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User%20/Downloads/s00253-016-8007-5%20(1).pdf)
- Kunze, W. (2004). Technology brewing and malting (3 ed.). Berlín, Alemania.
- López-Montalván & Hinojosa-Ramos. (2021). Vista de La cerveza artesanal como alternativa de desarrollo turístico. Centro Sur. From <https://centroseditorial.com/index.php/revista/article/view/97/277>
- López , O., Espinoza , P., Fernández , L., Montero , M., & Bonilla , P. (2021). Metales pesados en cerveza artesanal. Química Central, 7(1).
- Loja Sánchez, E. M. (2020, March 03). Elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale utilizando almidón de achira (Canna indica), como reemplazo parcial de malta. Dspace Universidad de Cuenca. From <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34088/1/Trabajo%20de%20Tit%20ulacion.pdf>
- Laugar Brewery. (2023, March 15). ¿Qué es el lúpulo? – Laugar Brewery. Laugar Brewery. From <https://www.laugarbrewery.com/blogs/noticias/lupulo>
- Laboratuvar. (2024). Conteo de enterobacterias - EUROLAB. Laboratuvar. <https://www.laboratuvar.com/es/gida-analizleri/mikrobiyolojik-analizler/enterobacteriaceae-sayimi>
- Latorre, M., Bruzone , C., De Garcia , V., & Libkind, D. (2022). Contaminantes microbianos en cervezas artesanales embotelladas de la Patagonia andina argentina. Revista Argentina de Microbiología. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v55n1/1851-7617-ram-55-01-11.pdf>
- Muñoz Morales, Elvira Ivonne. (2020, November). Reconversión agrícola a la cebada para la producción de cerveza en Zacatecas. Dialnet. From <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7951688>
- Maureen O'Hare. (2016, December 7). Los siete países que hacen la mejor cerveza del mundo | CNN. CNN en español. From <https://cnnespanol.cnn.com/2016/12/07/los-siete-paises-que-hacen-la-mejor-cerveza-del-mundo/>
- MEGA. (2022). El agua: Una materia prima básica de la cerveza. MEGA mundo estrella de la cerveza. <https://mundoestrellagalicia.es/agua-ingrediente-cerveza/?splash18=65dd2d9bdabd7>

- Mordor Intelligence. (2023, October 04). Mercado del lúpulo - Tamaño, participación y análisis de la industria. Mordor Intelligence. From <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/hops-market>
- Molecular Devices. (2023). Detección, cuantificación y análisis de proteínas. Molecular Devices. <https://es.moleculardevices.com/applications/protein-detection-quantitation-and-analysis>
- María Mosquera & Jonathan Vera. (2017, October 28). Modelamiento matemático de un proceso de producción de inóculo de levadura para la producción de etanol. Repositorio UNEMI.
- McSwine, D. (2018). *Saccharomyces cerevisiae* variety diastaticus friend or foe?—spoilage potential and brewing ability of different *Saccharomyces cerevisiae* variety diastaticus yeast isolates by genetic, phenotypic and physiological characterization. FEMS. From <https://doi.org/10.1093/femsyr/foy023>
- Mukai N. (2014). Los polimorfismos de un solo nucleótido de PAD1 y FDC1 muestran una relación positiva con la capacidad de descarboxilación del ácido ferúlico entre las levaduras industriales utilizadas en la producción de bebidas alcohólicas. J Biosci Bioeng. From <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.12.017>
- Microlab Industrial. (2018). Parámetros - Patógenos - Mesofílicos Aerobios. Microlab Industrial. <https://www.microlabindustrial.com/parametros/patogenos/415/mesofilicos-aerobios>
- 3M Ecuador. (2024). Suministros y Pruebas de Laboratorio Petrifilm Para Seguridad. 3M Ecuador. [https://www.3m.com.ec/3M/es\\_EC/p/c/suministros-pruebas-laboratorio/b/petrifilm/i/seguridad/](https://www.3m.com.ec/3M/es_EC/p/c/suministros-pruebas-laboratorio/b/petrifilm/i/seguridad/)
- McSwine, D. (2015, May 29). Traditional methods of detection and identification of brewery spoilage organisms. ScienceDirect. From <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781782423317000137>
- Márquez, C. (2023, March 17). Cuando la cerveza es una ciencia - ANUNM. ANUNM. From <http://anunm.unm.edu.ar/cuando-la-cerveza-es-una-ciencia/>
- Maltosaa. (2021, April 15). Entendiendo el ABV en una cerveza. Maltosaa. From <https://maltosaa.com.mx/abv-cerveza/>
- Matín , D., Pérez , F., & Delgado , J. (2016). LA BIOTECNOLOGÍA COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO DEL SECTOR AGROALIMENTARIO DE EXTREMADURA. la agricultura y la ganadería extremeñas. Obtenido de <https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2016/2016-11-la-biotecnologia-como-herramienta-de.pdf>
- McSwine, D. (2023, November 7). Categoría: Cerveza 101: Lo básico Cerveza Roja – ¿Qué es? Beer Club. From <https://tresjotasbeerclub.com/category/cerveza-101-lo-basico/>



- Moreno, I. (2017). Beneficios de los polifenoles contenidos en la cerveza sobre la microbiota intestinal. *Nutrición Hospitalaria*, 34(Supl. 4). Obtenido de [https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v34s4/08\\_moreno.pdf](https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v34s4/08_moreno.pdf)
- Orús, A. (2024, January 4). La industria de bebidas alcohólicas a nivel mundial - Datos estadísticos. Statista. From <https://es.statista.com/temas/9127/la-industria-de-bebidas-alcoholicas-en-el-mundo/#topicOverview>
- Orús, A. (2023, September 18). Tamaño del mercado mundial de la cerveza 2030. Statista. From <https://es.statista.com/estadisticas/1406376/tamano-del-mercado-cervecerero-en-todo-el-mundo/>
- Ordóñez Vizuela, M. A., & Parra Pesante, G. A. (2020, September 10). Análisis de la factibilidad económica para la exportación de cerveza artesanal al mercado colombiano, caso Rambla. Repositorio UCSG. From <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15139/1/TUCSG-PRE-ESP-CFI-573.pdf>
- Proacciona. (2023, April 18). ¿Qué es un Análisis Físico Químico en Alimentos? Proacciona. <https://www.proacciona.es/que-es-un-analisis-fisico-quimico-en-alimentos/>
- ParaLab. (2020, August 18). Elementar | Análisis en la Elaboración de la Cerveza: Determinación de proteína y nitrógeno. Paralab. Retrieved January 17, 2024, from <https://paralab.es/blog/analisis-en-la-elaboracion-de-la-cerveza-determinacion-de-proteina-y-nitrogeno/>
- Phillip Pessar. (2023, May 16). Sodas y jugos: Además de mucho azúcar... metales pesados – Semillitas. Semillitas. <https://semillitas.com/sodas-y-jugos-ademas-de-mucho-azucar-metales-pesados/>
- Probiotek. (2019). AGAR DE DEXTROSA Y PAPA |. Probiotek. <https://www.probiotek.com/productos/reactivos/medios-de-cultivo-reactivos/agar-de-dextrosa-y-papa/>
- Pesantes, K. (2019, June 15). La cerveza artesanal vive un burbujeante 'boom' en Guayaquil. Primicias. From <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/cerveza-artesanal-boom-guayaquil/>
- Pallero, D. (2019). Las cervecerías artesanales crecen en medio de los desafíos.
- Parker Mexico Team. (2018, May 21). Details Home. Details Home. <https://blog.parker.com/site/MX/details-home-page/control-bacterial-%C2%BFqu%C3%A9-est%C3%A1-estropeando-mi-cerveza-mx>
- Piano, J. A., Guijarro, M. C., Garrido, L. F., & Barea, J. (2003). CERVEZA Y NUTRICIÓN. QUIMESCA Recuperado el 26 de 02 de 2024, de <https://www.geocities.ws/quimesca/articulos/cerveza.pdf>

- RENAPRA. (2020). Ingredientes esenciales: Cebada Malteada. MásCapacitacio:Cerveza. From <https://mascapacitacionencerveza.wordpress.com/ingredientes-esenciales-cebada-malteada/>
- Reyes, L. H. (2023, April 21). La levadura: biología, clasificación y características. NanoBioColombia. From <https://nanobiocolombia.co/publicaciones-cient%C3%ADficas/f/la-levadura-biolog%C3%ADa-clasificaci%C3%B3n-y-caracter%C3%ADsticas>
- Reverso, W. (2005). Atlas del color y manual de biología de bebidas. CABI. From <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20063047777>
- Romero, C., Benítez, E., Peruchena, N., Sosa, G., & Lozano, J. (2012). ¿A qué se debe la formación y estabilidad de la espuma en la cerveza? Estudio en cervezas regionales del nordeste argentino. II jornadas de investigación en ingeniería del NEA y países limítrofes.
- Seca. (2021). Lúpulo. Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales. <https://secaecuador.es.tl/L%FApulo.htm>
- Sandoval, R. (2015). Efecto del uso de  $\beta$ -glucanasas y derivados de levaduras en la calidad del vino espumoso Verdejo de larga crianza. UVaDOC Principal. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/16303>
- Stewart GG. (2014). Batt CA, Tortorello ML. Enciclopedia de Microbiología de los Alimentos (Segunda edición).
- Shamirian, L. (2023, September 18). Levadura de cerveza: qué es, propiedades y cómo tomarla. Bon Viveur. From <https://www.bonviveur.es/gastroteca/levadura-de-cerveza>
- Sandra Rojas. (2023, August 1). Universidad de Cuenca. Universidad de Cuenca. From <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/42526/1/Trabajo-de-titulaci%C3%B3n.pdf>
- Shamirian, L. (2023, April 6). Qué es una cerveza artesanal y todo lo que debes saber. Bon Viveur. From <https://www.bonviveur.es/preguntas/que-es-una-cerveza-artesanal>
- Saez, P., García, A., & Martín, J. (2020). Una anotacion sobre el metodo de Kjeldahl. Obtenido de [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/96406/ARANF\\_garcia-asuero\\_2019\\_una-anotacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/96406/ARANF_garcia-asuero_2019_una-anotacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sendra, J., & Carbonell, J. (1999). Evaluación de las propiedades nutritivas, funcionales y sanitarias de la cerveza, comparación con otras bebidas. Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IATA/CSIC). Obtenido de <https://silo.tips/download/evaluacion-de-las-propiedades-nutritivas-funcionales-y-sanitarias-de-la-cerveza>

- Suárez, M. (2013). CERVEZA: COMPONENTES Y PROPIEDADES. Master en Biotecnología Alimentaria. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/?sequence=8>
- TecnoCientifica. (2024). Recuento De Células De Levadura. TecnoCientifica. <https://tecnocientifica.com/soluciones/recuento-de-celulas-de-levadura/>
- Tamargo, A. (2023, December 15). Análisis de Escherichia coli en alimentos y aguas. AGQ Labs. <https://agqlabs.es/2023/12/15/analisis-de-escherichia-coli-en-alimentos/>
- Torres, C. (2007). EFECTO DE LA CERVEZA FRENTE AL ESTRÉS. UNIVERSITAT DE VALENCIA GINECOLOGÍA, DEPARTAMENTO DE PEDIATRÍA, OBSTETRICIA Y, Valencia.
- Tirapebajana, A., & Ordoñez, R. (2013). Generalidades de los Carbohidratos. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima Ciencias Biológicas Oceanográficas y Recursos naturales. Recuperado el 18 de 02 de 2014
- Vazquez, F. (2020, Jun 13). Malta Diagrama de Flujo | PDF. Scribd. <https://es.scribd.com/document/465493411/Malta-diagrama-de-flujo>
- Vásconez, L. (2022, August 26). Las cervezas artesanales siguen creciendo en el Ecuador. El Comercio. Retrieved January 17, 2024, from <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/cervezas-artesanales-siguen-creciendo-en-ecuador.html>
- Velp Scientifica. (2019, June 24). DETERMINACIÓN DE LA PROTEÍNA Y LA FIBRA EN LA CEBADA: CÓMO GARANTIZAR UN ALIMENTO NUTRICIONALMENTE EQUILIBRADO. VELP. From <https://www.velp.com/public/file/E-book-BarleyandFeed-NProteinDeterminationandFiberDetermination-240659.pdf>
- Vicente, J. (2017). PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ENRIQUECIDA CON ALCACHOFA. UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE, FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3546/1/Vicente%20Norte%2c%20Jos%c3%a9%20Juan.pdf>
- Vicente, N. (2018). APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS PARA LA MEJORA DE LA FUNCIONALIDAD. FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES. Obtenido de [file:///C:/Users/User%202/Downloads/Vicente%20Montero%20Natalia%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User%202/Downloads/Vicente%20Montero%20Natalia%20(1).pdf)
- Vinces, K.C.; Pacheco Flores de Valgaz, A; Ballesteros, J. Quantification of Heavy Metal Content in Anadara tuberculosa from the Gulf of Guayaquil Using ICP-OES: Assessing Marine Contamination. Appl. Sci. 2024, 14, 1704. <https://doi.org/10.3390/app14051704>

- Zambrano, S. (2023, August 20). Quito, 1566: Recreando la primera cerveza de América. Beer Magazine. From <https://beermagazine.net/quito-1566-recreando-la-primera-cerveza-de-america/>
- Zambrano, L., & Defas, K. (2020). La cerveza artesanal pide igualdad para la publicidad. Diario Expreso. <https://www.expreso.ec/guayaquil/cerveza-artesanal-pide-igualdad-publicidad-94848.html>

## Apéndice/Anexos

### Anexo 1. Elaboración de cerveza artesanal

Cebada malteada molida



Elaborado por: Los autores, 2024.

v

Cebada malteada molida



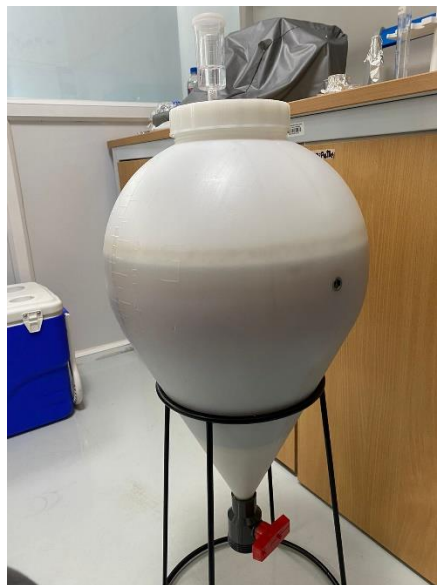
Elaborado por: Los autores, 2024.

### Macerado



Elaborado por: Los autores, 2024.

### Fermentación



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Maduración



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Embotellamiento de cerveza artesanal



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Anexo 2. Cuantificación de Proteínas

### Obtención de muestras descarboxatadas



Elaborado por: Los autores, 2024.

### Colocación de Reactivos



Elaborado por: Los autores, 2024.



### Muestras digeridas



Elaborado por: Los autores, 2024.

### Destilación



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Titulación



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Preparación de ácido bórico



Elaborado por: Los autores, 2024.

### Anexo 3. Pruebas físico y químicas

#### Reactivos utilizados



Elaborado por: Los autores, 2024.

#### Medición de pH



Elaborado por: Los autores, 2024.

### Medición de Acidez



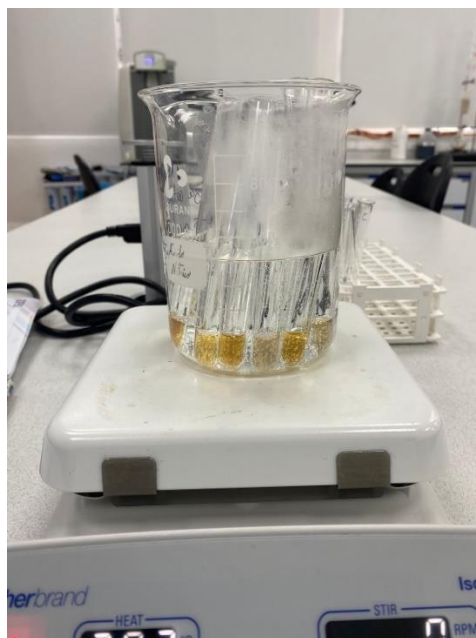
Elaborado por: Los autores, 2024.

### Medición de grados Brix



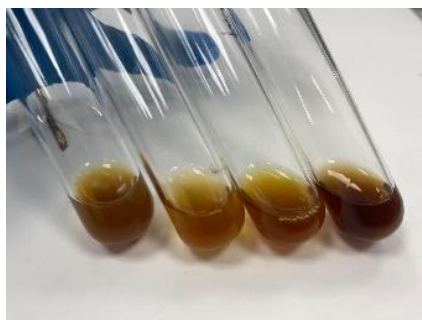
Elaborado por: Los autores, 2024.

## Screening



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Resultados Prueba de Wagner



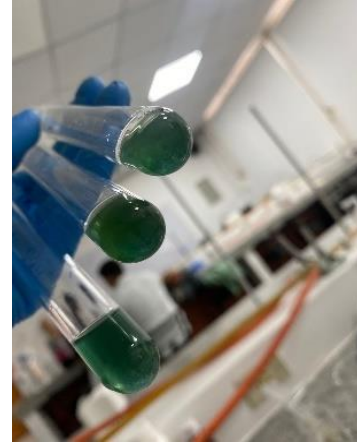
Elaborado por: Los autores, 2024.

Resultados Prueba Mayer



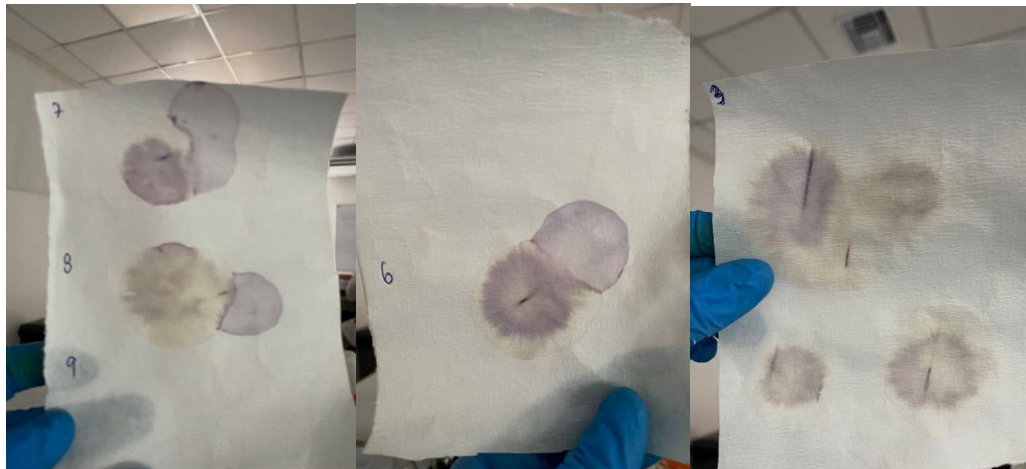
Fuente: Los autores, 2024

Resultados Prueba Fenoles



Fuente: Los autores, 2024

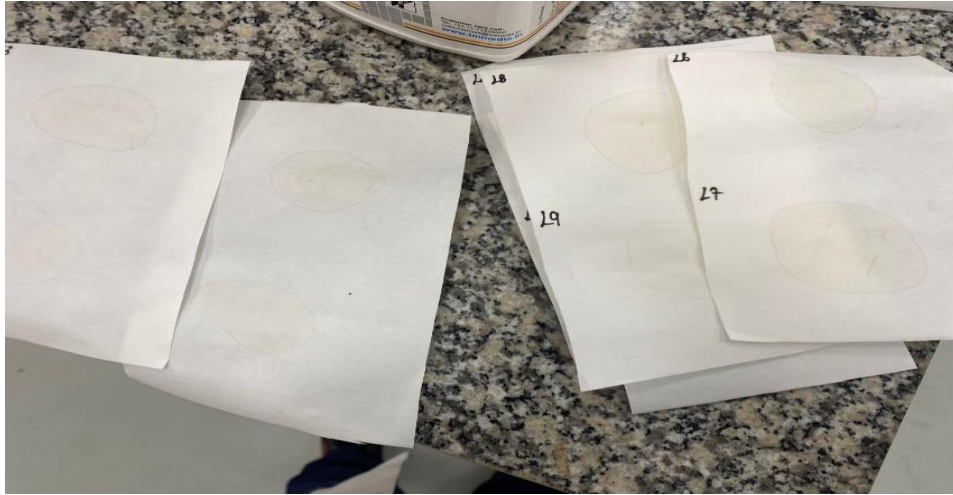
Resultados Prueba de Ninhidrina



Fuente: Los autores, 2024

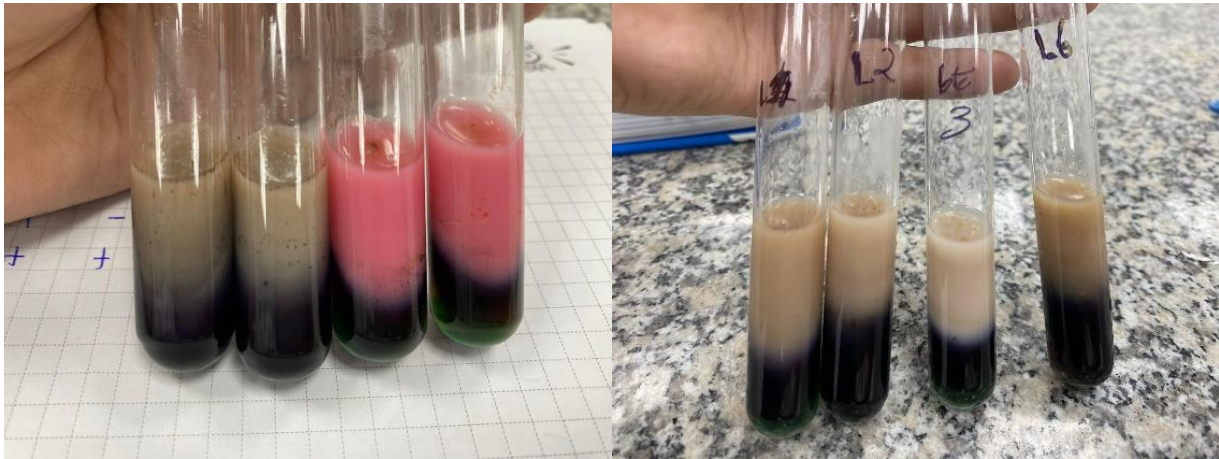


### Resultados Prueba de Lípidos



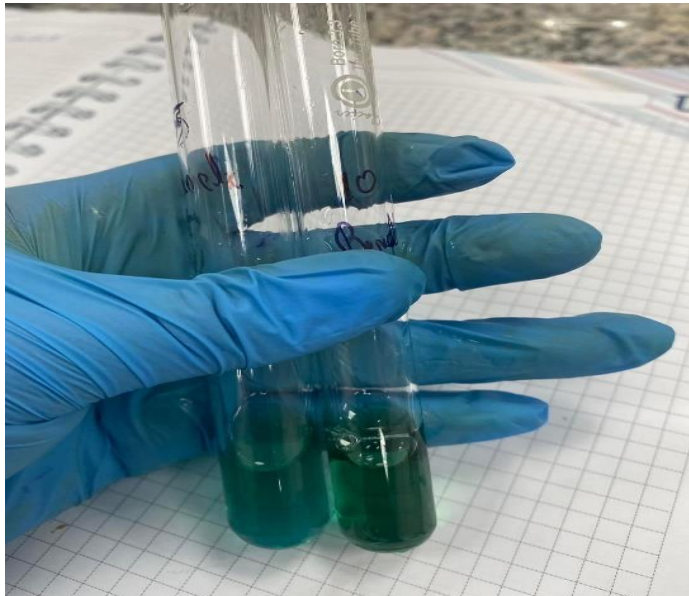
**Fuente:** Los autores, 2024

### Resultados Prueba Azucres reductores



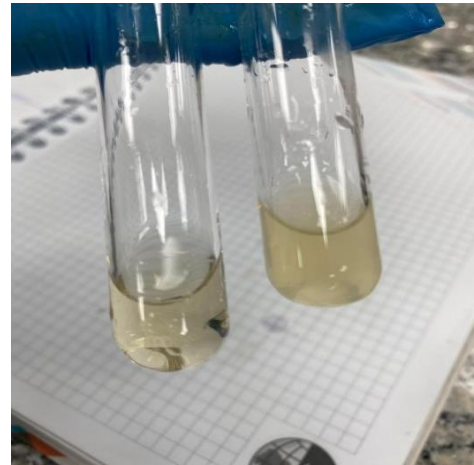
**Fuente:** Los autores, 2024

Resultados Prueba de Benedict



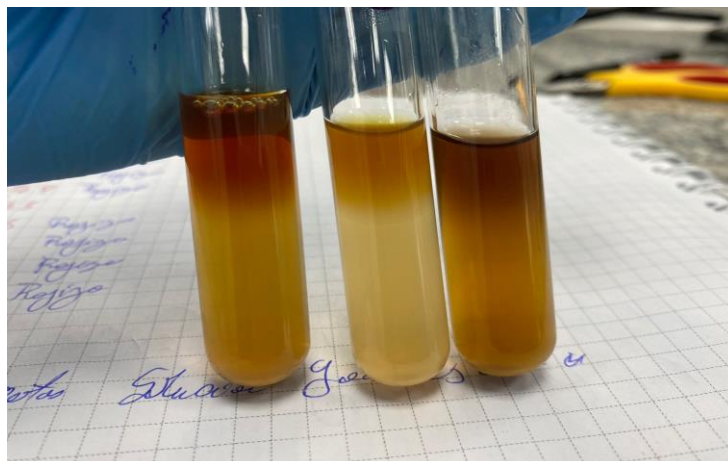
Fuente: Los autores, 2024

Resultados Prueba de Fehling



Fuente: Los autores, 2024

Resultados Prueba de Yodo



Fuente: Los autores, 2024



#### Anexo 4. Cuantificación de metales pesados y macroelementos por equipo ICP

Digestión de muestras



Elaborado por: Los autores, 2024.

Muestras aforadas y rotuladas



Elaborado por: Los autores, 2024.

Equipo ICP Marca Thermo Fisher



Elaborado por: Los autores, 2024.

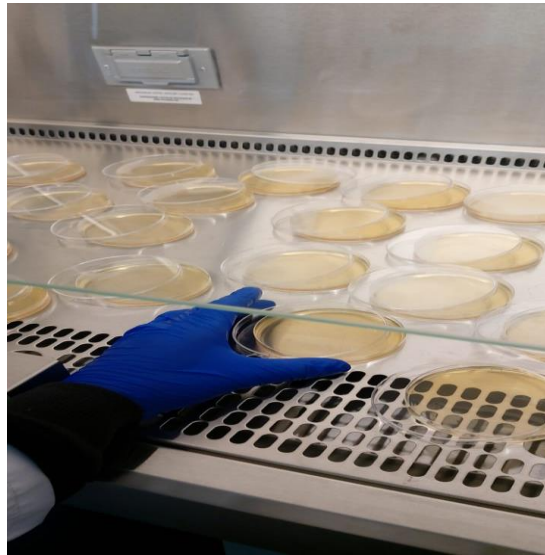
One Touch digestor



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Anexo 5. Análisis microbiológicos

### Preparación de medio PDA



Elaborado por: Los autores, 2024.

### Inoculación en Placas Petrifilm



Elaborado por: Los autores, 2024.

### Incubación de Placas Petrifilm





Elaborado por: Los autores, 2024.

### Cuantificación de UFC en medio PDA



Elaborado por: Los autores, 2024.

## Anexo 6. Tabla de atributos

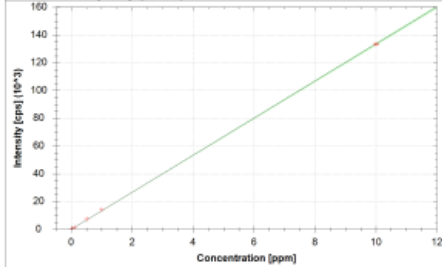
		Cuadro de atributos de Cerveza Artesanal										Fecha:	
												Codigo: UPS2024	
Dirección:													
Alcance:													
Descripción:													
Ensayo	Análisis fisicoquímicos												
	LOTES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
pH	4,21	4,24	4,44	4,34	4,46	4,49	4,2	4,1	4,11	4,38			
Acidez total	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3			
Grados Brix	7,9	5	7,8	6	6,1	6	5	7,1	6,3	5,9			
Análisis cualitativos													
Ensayo	Metabolito	Leyenda: + presencia escasa, ++ presencia relativamente abundante, +++ presencia abundante, - no detectado, X no realizado											
Mayer	Alcaloides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Wagner	Alcaloides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
FeCl3	Fenoles	+	+	++	+	++	++	+	+	+	+++		
Ninhidrina	Aminoácidos	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Papel Filtro	Lípidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Pruebas Bioquímicas													
Reactivo	presencia	Nota: observar las distintas tonalidades para poder identificar correctamente											
Molish	Carbohidrato	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Benedict	A. Simples	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fehling	Glucó/ fructo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Seliwanoff	Ceto/Aldo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Yodo	Almidones	+++	+	+++	+	+	+++	+	+	+++	+++		
Análisis Microbiológicos													
Petrfilm	Unidades												
Enterobacteri.	UFC/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Aerobios	UFC/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mohos/levadu	UFC/ml	100.000	100.000	100.000	100.000	4.000	100.000	100.000	8.000	100.000	11.000		
Staphylococc..	UFC/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
E. coli	UFC/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cuantificación de proteínas													
Métodos	Detección												
Kjeldahl	Proteínas	6,25	24,37	30,11	38,75	39,22	31,86	39,91	28,71	36,42	3,5		
Cuantificación de macroelementos													
Métodos	Detección												
ICP	Na	204,9 ppm	245,9 ppm	225,9 ppm	155,9 ppm	820,4 ppm	168,4 ppm	118,1 ppm		141,1 ppm			
ICP	K	5.038 ppm	3.455,4 ppm	2.824,2 ppm	2.107,4 ppm	1.933,9 ppm	1.644 ppm	1.400,3 ppm		1.031,1 ppm			
ICP	Mg	680,6 ppm	440,3 ppm	373 ppm	289,4 ppm	306,9 ppm	273,8 ppm	276,1 ppm		240,1 ppm			
ICP	Ca	198,6 ppm	190,9 ppm	108,3 ppm	103,9 ppm	242,3 ppm	88,8 ppm	110,9 ppm		86,4 ppm			
ICP	Zn	1,6 ppm	1,3 ppm	0	2,8 ppm	3,9 ppm	0,5 ppm	2 ppm		1,3 ppm			
Cuantificación de metales pesados													
Métodos	Detección												
ICP	Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ICP	Pb	0,1 ppm	0	0	0	0	0	0,1 ppm	0	0	0		
ICP	Ni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ICP	Cu	1,1 ppm	1,8 ppm	1,2 ppm	1,0 ppm	3,1 ppm	0,5 ppm	0,4 ppm	0,7 ppm	0,4 ppm	0,6 ppm		
ICP	Fe	7,6 ppm	5,5 ppm	4,5 ppm	13,1 ppm	5,0 ppm	7,4 ppm	6,0 ppm	7,7 ppm	4,7 ppm	10,3 ppm		
ICP	Cr	0,4 ppm	0,5 ppm	0,2 ppm	0,3 ppm	0,2 ppm	0,2 ppm	0,2 ppm	0,3 ppm	0,2 ppm	0,2 ppm		
ICP	As	1,7 ppm	1,1 ppm	2,5 ppm	0	0	1,2 ppm	0,4 ppm	0,5 ppm	0,1 ppm	0		

## Anexo 7. Curva de calibración

### Curva de calibración de metales pesados

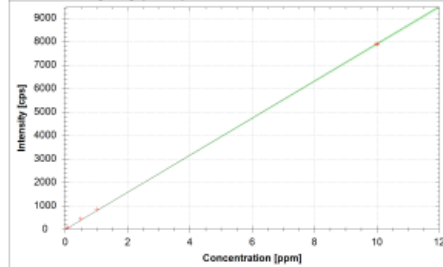
#### Calibration Graphs

Cd 226.502 {449} (Axial)



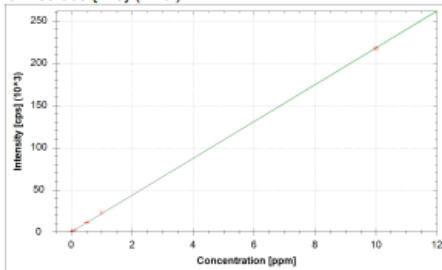
$$f(x) = 13357.8532x + 4.7345$$
$$R^2 = 0.9999$$
$$\text{BEC} = 0.000 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0002 \text{ ppm}$$

Pb 220.353 {453} (Axial)



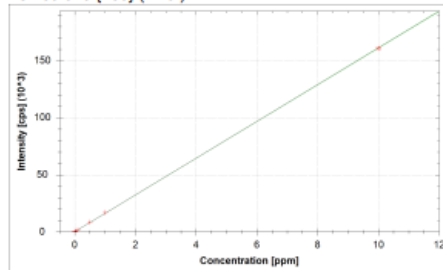
$$f(x) = 790.3188x + -1.7979$$
$$R^2 = 0.9999$$
$$\text{BEC} = -0.002 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0022 \text{ ppm}$$

Cr 283.563 {119} (Axial)



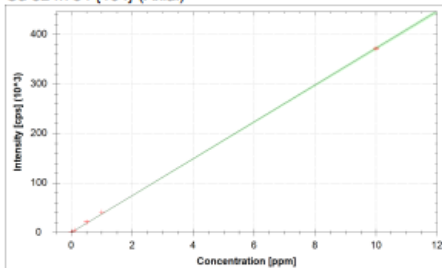
$$f(x) = 21810.3847x + 64.7931$$
$$R^2 = 1.0000$$
$$\text{BEC} = 0.003 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0013 \text{ ppm}$$

Fe 259.940 {130} (Axial)



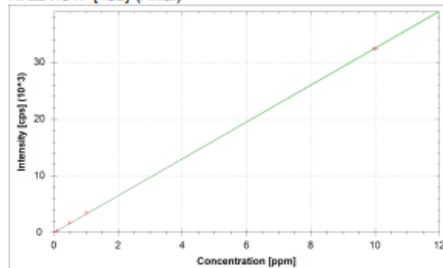
$$f(x) = 16098.3890x + 353.2569$$
$$R^2 = 1.0000$$
$$\text{BEC} = 0.022 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0268 \text{ ppm}$$

Cu 324.754 {104} (Axial)



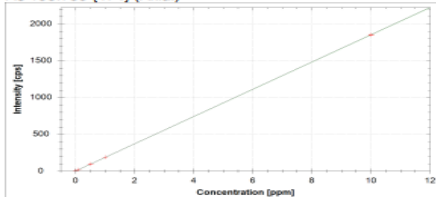
$$f(x) = 37201.3097x + 240.7792$$
$$R^2 = 0.9998$$
$$\text{BEC} = 0.006 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0004 \text{ ppm}$$

Ni 221.647 {452} (Axial)



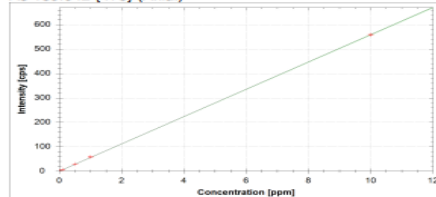
$$f(x) = 3253.0408x + -2.5150$$
$$R^2 = 0.9999$$
$$\text{BEC} = -0.001 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0005 \text{ ppm}$$

As 193.759 {474} (Axial)



$$f(x) = 185.2046x + 1.2427$$
$$R^2 = 1.0000$$
$$\text{BEC} = 0.007 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0086 \text{ ppm}$$

As 189.042 {478} (Axial)

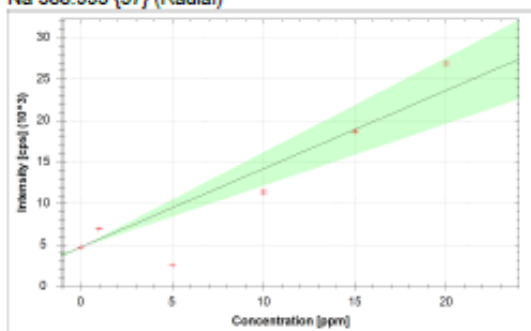


$$f(x) = 55.9417x + -0.1741$$
$$R^2 = 1.0000$$
$$\text{BEC} = -0.003 \text{ ppm}$$
$$\text{LoD} = 0.0312 \text{ ppm}$$

## Curva de calibración de macroelementos

### Calibration Graphs

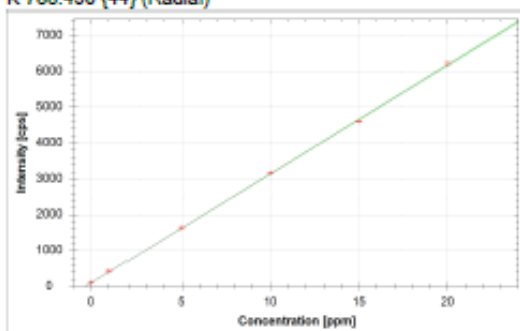
Na 588.995 (57) (Radial)



$$f(x) = 944.4274 \cdot x + 4731.6667$$

$R^2 = 0.8447$   
BEC = 5.010 ppm  
LoD = 0.0582 ppm

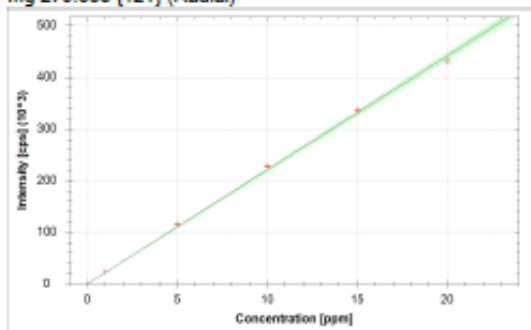
K 766.490 (44) (Radial)



$$f(x) = 303.4106 \cdot x + 102.9986$$

$R^2 = 0.9998$   
BEC = 0.339 ppm  
LoD = 0.0495 ppm

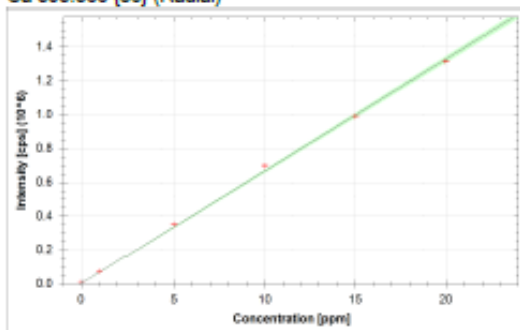
Mg 279.553 (121) (Radial)



$$f(x) = 22054.7280 \cdot x + 125.9514$$

$R^2 = 0.9982$   
BEC = 0.006 ppm  
LoD = 0.0007 ppm

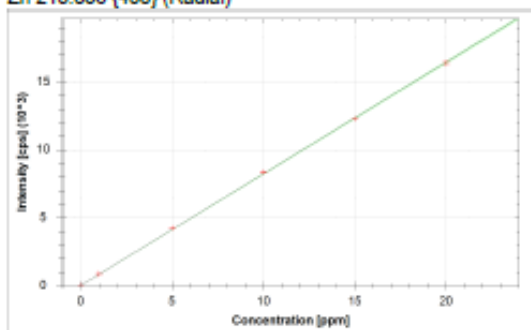
Ca 393.366 (86) (Radial)



$$f(x) = 66191.8831 \cdot x + 4964.9556$$

$R^2 = 0.9989$   
BEC = 0.075 ppm  
LoD = 0.0011 ppm

Zn 213.856 (458) (Radial)



$$f(x) = 821.3453 \cdot x + 21.1376$$

$R^2 = 0.9998$   
BEC = 0.026 ppm  
LoD = 0.0016 ppm