

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

### Estudio del reemplazo del lúpulo (*Humulus Lupulus*) mediante hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Química

**Autora:**

Sandra Elizabeth Rojas Abad

**Tutora:**

Paulina Alejandra Echeverría Paredes

ORCID:  0000-0001-9487-6940

Cuenca, Ecuador

2023-07-24

## Resumen

El objetivo de la investigación fue el estudio del reemplazo del lúpulo (*Humulus Lupulus*) por hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale. Se evaluó una mezcla de hierbas aromáticas que generaran propiedades del lúpulo en una cerveza artesanal. Se seleccionó las hierbas aromáticas: cedrón, hierba luisa y manzanilla, con base en una revisión bibliográfica donde los parámetros a considerar fueron: composición química, propiedades y actividad antimicrobiana. Para la elaboración se planteó tres niveles de concentración de hierbas aromáticas, con valores altos, medios y bajos en cantidades de 6g, 4g y 2g, para reemplazar al lúpulo. Se elaboró una cerveza estándar con lúpulo, para el contraste. La valoración de las cervezas se realizó mediante evaluación sensorial, en parámetros de: apariencia, aroma, sabor y amargor; a consumidores habituales de cerveza artesanal. Los datos obtenidos se estudiaron en ANOVA, en el resultado se obtuvo que no influyen en las características organolépticas. La cerveza artesanal de mayor aceptación fue la elaborada con 4g de cada hierba aromática. Las propiedades fisicoquímicas obtenidas de cada tratamiento están dentro de los parámetros de la normativa NTE INEN 2262:2013. La densidad, contenido alcohólico y carbonatación no se vieron alterados con el uso de hierbas aromáticas. A diferencia de las propiedades de pH, acidez, color y turbidez, si tuvieron variaciones. Finalmente se realizó un análisis microbiológico según la NTE INEN 2262:2013, con resultados dentro de la normativa. Fue posible reemplazar el lúpulo en su totalidad, con una mezcla de hierbas aromáticas.

*Palabras claves:* Propiedades, Lúpulo, Sustitución, Hierbas Aromáticas, Análisis sensorial



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

The objective of the present investigation was to study the replacement of hop (*Humulus Lupulus*) by aromatic herbs in the production of Pale Ale-type craft beer. A mixture of aromatic herbs that generate the properties of hops in a craft beer and relieve its use was evaluated. The aromatic herbs selected were: “Cedrón”, “Hierba luisa” and “Manzanilla” based on a bibliographic review where the parameters to be considered: chemical composition, properties and antimicrobial activity. For the elaboration, three levels of concentration of aromatic herbs were proposed, with high, medium and low values in amounts of 6g, 4g and 2g, to replace the hops. A standard hoppy beer was brewed, for contrast. The evaluation of the beers was carried out through sensory evaluation, in parameters of: appearance, aroma, flavor and bitterness; habitual consumers of craft beer. The data obtained were studied in ANOVA, in the result it was obtained that they do not influence the organoleptic characteristics. The most widely accepted craft beer was the one made with 4g of each aromatic herb. The physicochemical properties obtained from each treatment are within the parameters of the NTE INEN 2262:2013 regulation. The density, alcoholic content and carbonation were not altered with the use of aromatic herbs. Unlike the properties of pH, acidity, color and turbidity, they did have variations. Finally, a microbiological analysis was carried out according to NTE INEN 2262:2013, with results within the regulations. It was possible to replace the hops entirely, with a mixture of aromatic herbs.

*Keywords:* Properties, Hop, Substitution, Aromatic herbs, Sensory analysis



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

<b>Resumen</b> .....	2
<b>Abstract</b> .....	3
<b>Agradecimientos</b> .....	12
<b>Dedicatoria</b> .....	13
<b>Introducción</b> .....	14
<b>Objetivos</b> .....	16
<b>Objetivo general</b> .....	16
<b>Objetivos específicos</b> .....	16
<b>Capítulo I: Revisión de la literatura</b> .....	17
1.1    Antecedentes .....	17
1.2    Cerveza.....	17
1.2.1    En Ecuador.....	18
1.2.2    Artesanal e industrial .....	19
1.3    Tipos de cerveza artesanal.....	19
1.4    Materia prima para la elaboración de cerveza .....	20
1.4.1    Agua .....	20
1.4.2    Lúpulo.....	21
1.4.3    Levaduras.....	23
1.4.4    Malta.....	24
1.5    Calidad de la cerveza .....	24
1.5.1    Perfil sensorial de la cerveza.....	24
1.5.2    Propiedades físico químicos y Microbiológicos .....	26
1.6    Cerveza con materias primas no tradicionales.....	27
1.7    Hierbas Aromáticas.....	27
1.7.1    Manzanilla .....	28

1.7.2	Cedrón .....	30
1.7.3	Hierba Luisa .....	31
1.7.4	Secado de hierbas .....	31
<b>Capítulo II: Metodología utilizada .....</b>		<b>32</b>
2.1	Selección de hierbas aromáticas para sustituir al lúpulo .....	32
2.2	Elaboración de la cerveza tipo Pale Ale .....	32
2.2.1	Materia prima, equipos y materiales .....	32
2.2.2	Diseño experimental .....	33
2.2.3	Proceso para la elaboración .....	34
2.2.4	Balance de materia y rendimiento .....	38
2.3	Análisis sensorial.....	38
2.4	Evaluación de las propiedades Fisicoquímicos.....	40
2.5	Análisis microbiológico .....	42
2.6	Costos usando hierbas aromáticas en contraste con el lúpulo.....	42
<b>Capítulo III: Análisis y discusiones de resultados .....</b>		<b>43</b>
3.1	Hierbas aromáticas seleccionadas para sustituir al lúpulo .....	43
3.2	Balance de materia y rendimiento .....	43
3.3	Análisis sensorial.....	46
3.3.1	Análisis de Apariencia .....	47
3.3.2	Análisis de Aroma .....	49
3.3.3	Análisis del Sabor.....	50
3.3.4	Análisis de Amargor .....	51
3.3.5	Valor monetario y aceptación sensorial.....	53
3.4	Propiedades físico-químicas .....	55
3.4.1	Densidad.....	55
3.4.2	Contenido de Alcohol.....	56

3.4.3	Carbonatación.....	57
3.4.4	pH .....	58
3.4.5	Acidez Total.....	59
3.4.6	Color.....	60
3.4.7	Turbiedad.....	62
3.5	Análisis microbiológico .....	63
3.6	Evaluación del costo de hierbas aromáticas y del lúpulo .....	63
<b>Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>		<b>64</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>64</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>66</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>66</b>
<b>Anexos .....</b>		<b>73</b>
<b>Anexo A.</b> Factura de la compra en línea de materia prima y algunos materiales (kit cervecero, termómetro de cinta adhesiva y densímetro).....		<b>73</b>
<b>Anexo B.</b> Facturas de compra de materia prima y algunos materiales (kit cervecero, termómetro de cinta adhesiva). .....		<b>74</b>
<b>Anexo C.</b> Facturas de compra de instrumentos (Airlock, llenador de botella, tapas de botella). .....		<b>75</b>
<b>Anexo D.</b> Tabla de la composición y propiedades de las hierbas. ....		<b>76</b>
<b>Anexo E.</b> Diagrama de procesos de la cerveza artesanal con hierbas aromáticas.....		<b>77</b>
<b>Anexo F.</b> Receta del kit cervecero.....		<b>78</b>
<b>Anexo G.</b> Encuesta realizada para el análisis sensorial. ....		<b>79</b>
<b>Anexo H.</b> Tabla de presión vs temperatura para la carbonatación. ....		<b>81</b>
<b>Anexo I.</b> Escala de colores EBC .....		<b>81</b>
<b>Anexo J.</b> Resultado del análisis microbiológico. ....		<b>82</b>
<b>Anexo K.</b> Etiqueta del panel principal y secundario. ....		<b>83</b>

<b>Anexo L.</b> Evidencia fotográfica. ....	84
<b>Anexo 1.</b> Elaboración de la cerveza.....	84
<b>Anexo 2.</b> Encuestas del análisis sensorial .....	88
<b>Anexo 3.</b> Análisis físico-químico de las cervezas.....	89

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Propiedades influyentes de la espuma. ....	26
<b>Tabla 2.</b> Equipos empleados en la elaboración de cerveza artesanal. ....	33
<b>Tabla 3.</b> Materiales empleados en la elaboración de cerveza artesanal. ....	33
<b>Tabla 4.</b> Composición experimental de las cuatro muestras realizadas. ....	34
<b>Tabla 5.</b> Hierbas aromáticas con sus respectivos tiempos de uso. ....	37
<b>Tabla 6.</b> Requisitos físico-químicos para cervezas. ....	40
<b>Tabla 7.</b> Requisitos Microbiológicos para cervezas. ....	42
<b>Tabla 8.</b> Hierbas seleccionadas y propiedad en la cerveza. ....	43
<b>Tabla 9.</b> Volumen obtenido de cerveza, numero de botellas (330ml) y rendimiento. ....	45
<b>Tabla 10.</b> Media y desviación estándar de las variables apariencia, aroma, sabor y amargor. ....	46
<b>Tabla 11.</b> Análisis de Varianza ANOVA de las variables apariencia, aroma, sabor y amargor. ....	46
<b>Tabla 12.</b> Prueba de múltiples rangos en la variable apariencia. ....	48
<b>Tabla 13.</b> Prueba de múltiples rangos en la variable aroma. ....	49
<b>Tabla 14.</b> Prueba de múltiples rangos en la variable sabor. ....	50
<b>Tabla 15.</b> Prueba de múltiples rangos en la variable amargor. ....	52
<b>Tabla 16.</b> Resultados de los análisis físico-químicos de Turbiedad y Color. ....	60
<b>Tabla 17.</b> Resultado del análisis microbiológico. ....	63
<b>Tabla 18.</b> Comparación de los costos de materia prima. ....	64
<b>Tabla 19.</b> Composición química y propiedades de cada hierba. ....	76

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Diversidad de colores según el estilo de cerveza.....	25
<b>Figura 2.</b> Hierba de manzanilla.....	28
<b>Figura 3.</b> Estructura del camazuelo.....	29
<b>Figura 4.</b> Hierba de Cedrón.....	30
<b>Figura 5.</b> Hierba Luisa.....	31
<b>Figura 6.</b> Diagrama del proceso de cerveza artesanal con hierbas aromáticas.....	35
<b>Figura 7.</b> Balance general de materia del tratamiento de mayor aceptación.....	44
<b>Figura 8.</b> Media y el 95% de Fisher LSD en la apariencia.....	48
<b>Figura 9.</b> Media y 95% de Fisher LSD del aroma.....	49
<b>Figura 10.</b> Media y 95% de Fisher LSD del sabor.....	51
<b>Figura 11.</b> Media y 95% de Fisher LSD del amargor.....	52
<b>Figura 12.</b> Preferencia de las muestras de cerveza.....	54
<b>Figura 13.</b> Valor monetario de la cerveza.....	54
<b>Figura 14.</b> Gráfica obtenida de la densidad inicial y densidad final de las cuatro muestras.....	55
<b>Figura 15.</b> Gráfica obtenida del porcentaje de alcohol de las cuatro muestras.....	56
<b>Figura 16.</b> Gráfica obtenida del pH de las cuatro muestras.....	58
<b>Figura 17.</b> Gráfica obtenida de la acidez en las cuatro muestras.....	59
<b>Figura 18.</b> Gráfica obtenida del color en escala EBC de las cuatro muestras.....	61
<b>Figura 19.</b> Observación del color de las cuatro muestras.....	62
<b>Figura 20.</b> Gráfica obtenida de la Turbidez para las cuatro muestras.....	62
<b>Figura 21.</b> Factura de compra de insumos he instrumentos.....	73
<b>Figura 22.</b> Factura de compra de insumos he instrumentos.....	74
<b>Figura 23.</b> Factura de compra de insumos he instrumentos.....	75

<b>Figura 24.</b> DPO de la cerveza artesanal. ....	77
<b>Figura 25.</b> Tabla de volúmenes de CO <sub>2</sub> en función de la temperatura y presión en PSI. .....	81
<b>Figura 26.</b> Escala en EBC para el color de la cerveza. ....	81
<b>Figura 27.</b> Rotulado del panel principal de exhibición según la NTE INEN 1993:2016.	83
<b>Figura 28.</b> Rotulado del panel secundario de exhibición según la NTE INEN 1993:2016 .....	83
<b>Figura 29.</b> Clarificante Irish Moss y levadura US-05. ....	84
<b>Figura 30.</b> Malta Crystal y Malta Pale Ale. ....	84
<b>Figura 31.</b> Calentamiento del agua.....	84
<b>Figura 32.</b> Prueba del Yodo. ....	84
<b>Figura 33.</b> Lavado de los granos. ....	85
<b>Figura 34.</b> Recirculado de los granos. ....	85
<b>Figura 35.</b> Cocción del mosto.....	85
<b>Figura 36.</b> Adición de hierbas y clarificante. ....	85
<b>Figura 37.</b> Enfriamiento del mosto a 25°C. ....	85
<b>Figura 38.</b> Fase de adaptación en las primeras 24 horas. ....	86
<b>Figura 39.</b> Fase atenuante formación de Kreuzen en la parte superior. ....	86
<b>Figura 40.</b> Enfriamiento por debajo de 10°C. ....	86
<b>Figura 41.</b> Sedimentos.....	86
<b>Figura 42.</b> Equipos para carbonatación, barriles de acero inoxidable, tanque de CO <sub>2</sub> y llenador de botella.....	86
<b>Figura 43.</b> Embotellado con la corchadora.....	86
<b>Figura 44.</b> Cálculo de la temperatura interna. ....	87
<b>Figura 45.</b> Pasteurización. ....	87

<b>Figura 46.</b> Cerveza terminada.....	87
<b>Figura 47.</b> Un vaso de cerveza.....	87
<b>Figura 48.</b> Catación por parte de los encuestados.....	88
<b>Figura 49.</b> Catación por parte de los encuestados.....	88
<b>Figura 50.</b> Medida de la densidad.....	89
<b>Figura 51.</b> Filtrado de la muestra.....	89
<b>Figura 52.</b> Eliminación de CO <sub>2</sub> por agitación magnética.....	89
<b>Figura 53.</b> Valoración de la muestra.....	89
<b>Figura 54.</b> Medición de muestras en el fotómetro.....	89
<b>Figura 55.</b> Enfriamiento de muestras para medir la Turbiedad.....	90

## **Agradecimientos**

En todos estos años estudiando esta carrera he tenido la oportunidad de conocer a muchas personas y aprender de cada una de ellas.

Agradezco sinceramente a todos los que formaron parte de este logro, especialmente a Dios y a mis padres, quienes siempre han sido un ejemplo de trabajo y superación de las dificultades, inspirándome a seguir adelante y nunca rendirme. Igualmente a Juan Serrano, que siempre ha estado a mi lado, apoyándome y animándome a seguir adelante independientemente de la situación. Además de mis hermanos, amigos, por brindarme su amistad y en especial su apoyo.

También a la Universidad de Cuenca, que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios universitario en esta institución, a todos los profesores que transmitieron sus conocimientos a mi formación profesional. Por último, pero no menos importante, a mi tutora, la Ing. Paulina Echeverría, por el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación, que es el último paso hacia la culminación de mi formación como profesional.

## **Dedicatoria**

Como todo en la vida tiene un proceso y no puedes conseguir lo que quieres sin el apoyo de quienes te rodean, se lo quiero dedicar a mis padres, porque me dieron el coraje suficiente para seguir adelante hasta alcanzar mis metas apoyándome en mí misma. También a Juan Serrano, quien me brindó un gran apoyo para culminar este proceso. También se lo dedico a mis hermanos y amigos con quienes he tenido la oportunidad de compartir todo este tiempo.

## Introducción

La demanda de los consumidores y la creciente elaboración de cerveza artesanal hacen posible hoy en día tomar una cerveza en casi cualquier parte del mundo. El número de cervecerías a nivel mundial supera las 19.000, de estas 17.732 representan el 94%, y se posicionan como artesanales (Brush Jara, 2019). En el mercado nacional, la cerveza artesanal tiene una participación del 0,67%; la bebida importada llega al 1,33%; y la bebida industrial domina con el 98% (Reinoso, 2022).

Y en la ciudad de Cuenca en estos últimos años, ha habido un crecimiento exponencial de personas dedicadas a hacer cerveza en sus viviendas, sea para consumo propio, o comercializarlo, ya que se vio una oportunidad de negocio en pandemia. Esto lo podemos evidenciar al ingresar a diferentes restaurantes de la ciudad, en donde se exhiben un sinnúmero de botellas de cerveza artesanal. Por ello, también en el Azuay, se han organizado ferias y encuentros exclusivamente para exhibir y comercializar las cervezas artesanales (Mazza, 2022).

La cerveza es considerada una de las bebidas más antiguas y naturales producidas por el proceso de fermentación alcohólica de un extracto a base de malta de cebada malteada. Las materias primas utilizadas para su elaboración: cebada malteada, agua (88% a 95%), levadura y lúpulo (González, 2017). Este último no siempre fue un ingrediente en la cerveza para impartir sabor y aroma, sino que se utilizaba una mezcla de hierbas aromáticas. Esta combinación se llamaba "Gruit". Compuesto por diferentes variedades, esta preparación le daba a cada cerveza su propio sabor (Ferreira, 2014a). Y hoy en día ya existen cervezas internacionales que utilizan otros ingredientes como granos, hierbas aromáticas y frutas, dándole a cada cerveza artesanal un toque especial e innovador (Galarza, 2018).

Además dentro de la producción nacional de cerveza artesanal, se emplea materia prima importada como es el caso del lúpulo. Este es un ingrediente costoso de obtener para las cervecerías (las ventas nacionales totales se han triplicado en los últimos 10 años debido al aumento de su demanda) además es un cultivo que requiere una gran cantidad de recursos naturales: requieren ~100 mil millones de litros de agua para riego anual de lúpulo y una considerable infraestructura para transportar el agua (Denby et al., 2018). Por tal motivo los conos de lúpulo recién recolectados contienen aproximadamente un 80% de humedad y rápidamente se enmohecen si no se secan. Por ende, el cultivo de lúpulo consume mucha agua y energía (Denby et al., 2018).

Por ello, en esta investigación se decidió explorar un sustituto completo del lúpulo, buscando hierbas aromáticas que puedan reemplazarlo (Naula & Rivera, 2019). El Ecuador cuenta con una gran variedad de hierbas con características organolépticas como amargor, aroma, etc., que pueden ser desprendidas al emplear en infusiones o decocciones (Naula & Rivera, 2019). Entonces, se optó por el uso de hierbas aromáticas tanto por su diversidad para realizar combinaciones, como también por sus características organolépticas, otorgando las propiedades de aromas y palatabilidad. También aprovechar las propiedades medicinales que van a dar a la cerveza artesanal. Siendo perfecto para los consumidores, ya que en la actualidad, les gusta buscar sabores más complejos y diversos en su cerveza que incluyan experiencias de degustación no convencionales y muy agradables.

## Objetivos

### Objetivo general

- Estudiar el reemplazo del lúpulo (*humulus lupulus*) mediante el uso de hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale.

### Objetivos específicos

- Establecer las hierbas aromáticas que van a sustituir al lúpulo mediante revisión bibliográfica.
- Elaborar la cerveza artesanal tipo Pale Ale con hierbas aromáticas mediante diseño experimental.
- Conocer la cerveza artesanal elaborada de mejor aceptación, mediante evaluación sensorial.
- Determinar las propiedades físico-químicos de las cervezas artesanales elaboradas para conocer si existen alteraciones.

## Capítulo I: Revisión de la literatura

### 1.1 Antecedentes

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antiguas y populares del mundo, con una antigüedad de más de 9000 años. Por lo que cada día, existe una demanda de sabores cada vez más complejos y diversos en la cerveza (Hayward et al., 2019). Las micro cervecerías también están comenzando a explorar nuevos ingredientes para la producción de cerveza artesanal (Hayward et al., 2019).

El lúpulo es hoy en día un ingrediente imprescindible en la elaboración de cerveza, o eso se suele pensar, pero no siempre fue así, hasta el año 1516 después de Cristo, se estableció una regla que reguló el uso del lúpulo en la elaboración de cerveza. Se promulgaron leyes que regulaban la fabricación y comercialización de la cerveza, por orden de Guillermo IV de Baviera, que establecía, a través de la llamada Ley de Pureza, que en la elaboración de la cerveza sólo se podía utilizar agua, malta de cebada, levadura y lúpulo (Yubero, 2015).

Por lo cual el lúpulos no siempre ha sido un ingrediente en la cerveza para darle sabor y aroma, sino se añadían otras hierbas, se hacía mediante mezclas denominadas "Gruit". Esta preparación, compuesta por diferentes tipos, daba a cada cerveza características distintivas (Ferreya, 2014b). La composición estaba sujeta a variaciones locales, algunas de ellas fueron el ajeno, el romero y tomillo (Galarza, 2018).

### 1.2 Cerveza

El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN define a la Cerveza como “Bebida de bajo contenido alcohólico, resultante de un proceso de fermentación natural controlado, por medio de levadura cervecera proveniente de un cultivo puro, en un mosto elaborado con agua de características fisicoquímicas y bacteriológicas apropiadas, cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, con adición de lúpulo y/o sus derivados” (Nte Inen 2262, 2013).

La cerveza se elabora por la sacarificación del almidón de cebada malteada, maíz, arroz y trigo y fermentando azúcares como glucosa, fructosa y maltosa con la levadura. El proceso de elaboración de la cerveza y los ingredientes reflejan el estilo, y cada vez se utilizan más ingredientes novedosos en la cerveza (Ramírez & Viveros, 2021).

La variedad de cerveza dependerá de los ingredientes utilizados y los procedimientos; para tener diferentes sabores, aromas, texturas y colores. También existe variación dependiendo de su grado alcohólico oscilando entre 3º y 9º (más comúnmente) (Naula & Rivera, 2019).

### 1.2.1 En Ecuador

A nivel mundial, se estima que la cerveza representó el 75% de las ventas de bebidas alcohólicas en 2016, y está representada por los principales países como India, Estados Unidos, Brasil, Rusia, Alemania y México, siendo China el mayor productor con 448 millones de hectolitros anuales, seguido por la cadena EE. UU con 221 millones de hectolitros por año, y se espera que el precio del mercado global se valore en \$ 736 mil millones durante los próximos años (Calvillo, 2018).

El mercado de la cerveza en el Ecuador (Trujillo et al., 2018) en su estudio de concentración económica y sus efectos en el sector cervecero ecuatoriano, determinó que está conformado por doce empresas; dos grandes y diez microempresas, siendo las más grandes Cervecería Nacional y Ambev, la primera con una participación de mercado del 96,32%; otras empresas tienden a ser de origen artesanal.

En Ecuador se han registrado más de 900.000 personas que consumen bebidas alcohólicas, de las cuales alrededor del 90% son hombres (INEC, 2013). El consumo de cerveza representa el 75% del total de bebidas de este tipo, y su mayor consumo se concentra en las provincias de la costa, como Los Ríos con el 16,2%, Esmeraldas con el 15,3% y Guayas con el 15,1%. Teniendo un ingreso de alrededor de \$1600 millones en 2018 (Trujillo et al., 2018).

La recaudación mensual del año 2020 supera a lo registrado en 2019 (pre pandemia), cuando llegaba a USD 32,1 millones cada mes. Además de que la industria cervecera artesanal ha tenido un crecimiento del 21% en los primeros seis meses de 2022 en comparación con el mismo período de 2021. Esto reflejan los datos de la Asociación de Cervecerías Artesanales del Ecuador (ASOCERV) (Reinoso, 2022).

Actualmente, el Ecuador cuenta con 284 marcas registradas, lo que en producción representa 35 000 hectolitros (un hectolitro equivale a 100 litros) de la bebida al año según ASOCERV. En 2021 había 250 marcas registradas; antes de la pandemia 232, no superaba los 1.500 litros mensuales. El crecimiento del número de marcas se debe a nuevos competidores ya que en medio de la crisis muchos emprendedores vieron en la cervecería artesanal una opción de negocio (Coba, 2021).

Otro cambio que ha experimentado la demanda de cervezas artesanales es la priorización de los sabores ya que en el pasado, los ecuatorianos preferían cervezas con mayor contenido

alcohólico, pero eso ha cambiado, ahora la gente busca experiencias, sabores y variedad. Es por eso que en la oferta cervecera del país ya se pueden encontrar bebidas elaboradas con productos locales, tales como: Maracuyá, Cacao, Ishpingo (saboriza y aromatiza), y muchos más (Coba, 2021).

### 1.2.2 Artesanal e industrial

Al comparar la cerveza artesanal con la cerveza industrial, esta se encuentra en todas partes y a un precio más económico. Pero cada vez son más los bares, restaurantes y establecimientos que ofrecen cerveza artesanal, ya sea de producción nacional o importada de otros países. Cada vez hay más opciones para beber cerveza artesanal y poder elegir entre estas y las cervezas industriales.

La cerveza artesanal contiene ingredientes naturales, no llevan aditivos, ni conservantes artificiales, solo agua, levadura, malta y lúpulo. Por lo tanto, en la etiqueta no contiene conservantes ni antioxidantes añadidos artificialmente. En cambio, la cerveza industrial está pasteurizada y contiene conservantes. La cerveza elaborada a partir de malta de cebada, un material de gran calidad, tiene un costo elevado. Para mantener el precio bajo, los grandes productores industriales utilizan otros aditivos como el arroz, el maíz o el mijo (cereal), que son más baratos y producen cerveza de menor calidad.

El proceso de elaboración de la cerveza artesanal se realiza manualmente o con la mínima ayuda de máquinas, a diferencia de las grandes cervecerías industriales donde el proceso está automatizado y la participación humana es mínima. Las cervezas industriales pasan por un proceso de pasteurización, durante el cual pierden sus propiedades nutricionales (Montseny, 2015).

### 1.3 Tipos de cerveza artesanal

Existen varios tipos de cerveza en el mundo y cada una tiene un olor, sabor, color y cuerpo específicos; a menudo reciben el nombre de las ciudades de las que son originarios. Aunque todos están elaborados con los mismos ingredientes, malta de cebada, lúpulo, levadura y agua, las diferencias en estas materias primas y el tipo de fermentación experimentado diferencian a unas de otras (Brown et al., 2018).

**Cervezas Lager:** Son cervezas de baja fermentación porque se almacenan (del alemán lagern = conservar) en cámaras frigoríficas después de la fermentación y maduración. La levadura utilizada es *Saccharomyces uvarum*. Se conocen muchos tipos de cerveza lager: Pilsener,

Dortmund y Munich; la mayoría de las cervezas tienen entre 70% - 80% en el mundo del tipo Pilsener. Se producen a temperaturas inferiores a 15 °C (Okafor & Okeke, 2017).

**Cerveza Ale:** Esta cerveza es tradicionalmente el producto de la fermentación de cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, llamada así debido a una porción de la levadura se eleva para formar una densa "cabeza de levadura" en la superficie del mosto. (Brown et al., 2018). Su temperatura óptima de desarrollo está entre los 15°C y 25°C, por lo que comúnmente se dice que realiza una "fermentación en caliente". Esto les permite ser producidos a temperatura ambiente y no requieren un ambiente frío. El tiempo de fermentación es relativamente corto y puede completarse en una o dos semanas (Gonzáles, 2017).

Los estilos más representativos del grupo de las ales son las cervezas de trigo, Lambic, Barley, Stout, Porter y Pale Ale, esta última son elaboradas con maltas pálidas y pale malt variando en el color desde dorado profundo hasta el ámbar, se dice que son pálidas en comparación con otros estilos de cerveza que tienen un color oscuro. Los tres tipos más populares son English Pale Ale, India Pale Ale o IPA y American Pale Ale o APA (Gonzáles, 2017).

#### 1.4 Materia prima para la elaboración de cerveza

Entre los ingredientes que se utilizan para elaborar la cerveza se encuentran el agua, el lúpulo, la levadura y la malta, como se explica a continuación:

##### 1.4.1 Agua

Se lo denomina el ingrediente principal en la elaboración de cerveza, ya que está presente en todas las etapas de preparación. El agua que se aplica es de mucha importancia debido a que, se dice que el éxito de elaborar la cerveza depende de su uso adecuado. Asimismo llega a constituir entre el 88% y 95% del contenido de la cerveza, de la cual interesa saber las sales y dureza. Dependiendo de su composición físico-químico determinara la calidad de producto final y de su fuente de origen (Cayambe & Trujillo, 2021)

**Compuestos:** Por lo general es recomendable aguas blandas con pocas sales, aunque ciertos estilos de cervezas como la "pale ale" requieren un contenido de sulfato mayor a otras. La presencia de otros iones como sodio, cloro y sulfato afecta el sabor de la cerveza pero no se ve afectado el pH (Jmgav, 2014).

El pH es inferior a 7, ya que durante la cocción los valores se acercan a 5,3 en los que las enzimas amilasas mejoran su producción, consiguiendo una mayor extracción de azúcares fermentables (Jmgav, 2014).

### 1.4.2 Lúpulo

El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN define al Lúpulo como “Un producto natural obtenido de la planta *Humulus lupulus*, responsable del amargor y parte del aroma de la cerveza. Este puede estar en forma vegetal o en forma de extracto” (Nte Inen 2262, 2013).

El lúpulo (*Humulus lupulus L.*) es una planta trepadora perenne de la Familia *Cannabaceae*. Crece anualmente durante la primavera y el verano, pero tiene un importante período de internación de 6 a 8 semanas de inactividad con temperaturas inferiores a 4,4 ° C. El acceso al agua también es muy importante, pero no necesariamente de la lluvia, ya que la absorción de agua es hecha a través de las raíces, no pueden permanecer empapadas. Los lúpulos prefieren los suelos alrededor de los márgenes de los ríos en las zonas frías entre las latitudes 30° y 55° (Machado et al., 2019).

**Composición y propiedades químicas:** El contenido de compuestos en la materia seca determina la calidad de los lúpulos (Loja, 2020). La mayor parte del valor cervecero del lúpulo se encuentra en las resinas y aceites esenciales que son solo ligeramente solubles en agua. Sin embargo, el lúpulo contiene entre el 20% a 25% de constituyentes solubles en agua que se disuelven directamente en el mosto hirviendo. Esta fracción incluirá carbohidratos, aminoácidos, proteínas, poli fenoles y sales inorgánicas (Briggs & Boulton, 2004).

- **Compuestos amargos**

Son los ácidos amargos  $\alpha$  y  $\beta$ , conforman el 18,5% de materia seca, y son compuestos hidrofóbicos.

- **Aceites esenciales**

Se encuentran formando del 0,5 al 1,2% con varias sustancias, el monoterpeno, mirceno y los sesquiterpenes,  $\alpha$ -humuleno y  $\beta$ -cariofileno, constituyen la mayor parte del aceite esencial, junto con gran número de otros terpenos, como linalol, farneseno, limoneno, pineno y geraniol entre otros alcoholes, ácidos, cetonas y aldehídos que contribuyen al sabor de la cerveza y son parámetros de calidad y preferencias comerciales (Machado et al., 2019).

- **Compuestos fenólicos:**

Forman hasta el 5% de los compuestos del lúpulo, biológicamente activos, contribuyen a la conservación y estabilización de las características organolépticas de la bebida, principalmente por sus propiedades antioxidantes, antimicrobiológicas y estabilizadoras de espuma (Machado et al., 2019).

**Tratamientos previos a la comercialización:**

(Kunze, 2006) explica cuáles son los tratamientos para la comercialización del lúpulo:

- **Cosecha**

Se da cuando la planta se desprende del alambre, mostrando que ha alcanzado su nivel de madurez en los primeros días de agosto; los conos de plantas o las llamadas inflorescencias femeninas son recolectadas por maquinas cosechadoras.

- **Secado**

Aproximadamente, el lúpulo recién cosechado contiene hasta un 80% de agua, la cual se seca en secadores de cinta o en bandejas, las cuales deben ser sometidas a una temperatura controlada de 50°C, hasta alcanzar un máximo de 12% de agua y después realizar una compactación y, finalmente, un envasado aislado del oxígeno y del ambiente, ya que estos factores pueden incidir en la pérdida de amargor o aroma, por lo que se realiza un tratamiento de estabilización.

- **Estabilización**

Se realiza en una prensa hidráulica donde se elaboran comprimidos cilíndricos con dimensiones de 1.1m de altura y un diámetro de 0.6 m y con un peso aproximadamente de 65 kg. Al realizar esta acción mecánica, la entrada de aire disminuye, y con ello la humedad.

- **Comercialización:**

El lúpulo se procesa en concentrado o pellets en paquetes isotérmicos y refrigerados (Kunze, 2006).

### 1.4.3 Levaduras

Son responsables de los procesos metabólicos de producción de etanol y CO<sub>2</sub> en la producción de cerveza, y también pueden determinar algunas características como el sabor y el aroma del producto final (Loja, 2020).

**Etapas de la Fermentación:** Se desarrolla en tres fases. Durante cada una las levaduras tienen diferentes necesidades y realizan diferentes funciones.

- **Fase adaptativa o de retraso**

Comienza inmediatamente cuando la levadura se introduce en el mosto y dura unas veinticuatro horas. Durante esta fase las levaduras están evaluando su nuevo entorno, haciendo un balance de los azúcares disponibles, oxígeno y otros nutrientes y desarrollando las enzimas necesarias para adaptarse.

- **Fase atenuante**

Dura de tres a diez días dependiendo del tipo y la salud de la levadura, esta es convertir vigorosamente el azúcar en CO<sub>2</sub>, alcohol y otros. Una espuma espesa y burbujeante de levadura, proteínas, lúpulo resinas, y CO<sub>2</sub> atrapado llamado formas kreusen en la parte superior de la cerveza en fermentación. Como los azúcares disponibles son consumidos y el nivel de alcohol sube, la levadura comienza a asentarse y la cabeza de kreusen cae, indicando el final de esta fase.

- **Fase de acondicionamiento**

La mayor parte de la levadura entra en estado latente, aún activa se dispone a la tarea de limpiar. La levadura metaboliza los azúcares más complejos y reabsorbe los compuestos indeseables excretados durante las primeras etapas de la fermentación. Completadas estas tareas, la levadura forma grumos, un proceso llamado floculación, y cae al fondo del fermentador. Las lagers (fermentación baja), y algunas veces las ales (fermentación alta), se acondicionan en frío a temperaturas cercanas al punto de congelación, lo que hace que se sedimenten más levaduras de la suspensión para obtener una cerveza más brillante (Agnew, 2008).

#### 1.4.4 Malta

La malta se conoce como la germinación de algunos cereales como el trigo, el arroz, el maíz, el sorgo, etc. La cebada es comúnmente la más usada para hacer cerveza, ya que la germinación de otros cereales crea inconvenientes como la descomposición de la grasa (rancidez) (Hough, 2000).

### 1.5 Calidad de la cerveza

La calidad de la cerveza naturalmente presupone la ausencia de aspectos reconocidos generalmente como indeseables. Depende de varios factores que tienen relación con las materias primas utilizadas, con el proceso de elaboración y principalmente con el mercado consumidor que evalúa esta calidad. Entre los parámetros más importantes de evaluación de calidad están el sabor, la presencia y permanencia de espuma, color, grado alcohólico y presencia de residuos o precipitados (estabilidad) (Rodríguez, 2005).

#### 1.5.1 Perfil sensorial de la cerveza

La calidad de la cerveza también se juzga por su perfil sensorial. Este análisis es el estudio de los atributos, mediante los sentidos (vista, olfato, gusto y tacto) para obtener datos cuantificables y objetivos. Las propiedades organolépticas son variables y determinan el estilo general de la cerveza y guían las tendencias de los consumidores. Los atributos de la cerveza se pueden dividir en aquellas relacionadas con la apariencia, que incluyen color, transparencia, burbujeo y espuma; además todo lo que tiene que ver con el aroma, el sabor y sensación en la boca. Cada uno de estos aspectos varía según el estilo de cerveza (Guerberoff et al., 2020).

#### Atributos de Apariencia

- **Color**

Está sujeta al tratamiento que se les ha dado a los granos (González, 2017). Según el color, los matices van del amarillo pajizo al negro intenso y pasan por tonos rojizos y marrones, dependiendo del estilos (Guerberoff et al., 2020). Como se muestra en la **Figura 1**.



*Figura 1. Diversidad de colores según el estilo de cerveza.*

*Fuentes:(Ferreyra, 2014a).*

- **Turbidez**

Puede definirse como transparente o turbio, según el estilo y la presencia o ausencia de partículas en suspensión (Guerberoff et al., 2020). Aunque se puede ayudar de ciertos aditivos como bentonita, gelatina, carraginos, pectinasas, etc. para reducir la turbidez a niveles aceptables (González, 2017).

La mayoría de las cervezas son claras a temperatura ambiente. Si hay taninos y proteínas que aportan turbidez (ambos procedentes principalmente de la malta) suspendidos en la cerveza, no se observa a una temperatura templada; cuando la cerveza se enfría, las proteínas (Hach, 2017) y los taninos se agrupan en partículas más grandes con un tamaño que permite reflejarse en la luz.

- **Espuma**

Las burbujas liberadas del líquido quedan atrapadas en la superficie formando una pequeña capa de glóbulos poliédricos, que al irse uniendo forman esferas más grandes lo cual varía con el estilo. A este proceso se lo conoce como la maduración de Ostwald, haciendo que la espuma actúe como un mecanismo de acumulación de aromas que van directo a la nariz del consumidor (González, 2017). Las propiedades más influyentes son detalladas en la **Tabla1**:

*Tabla 1. Propiedades influyentes de la espuma.*

<b>Propiedad</b>	<b>Características</b>
<b>Densidad</b>	Depende del grado de carbonatación. Si es baja la espuma es poco compacta; alta rápida generación de espuma consistente y compacta.
<b>Cremosidad</b>	Depende de la concentración de proteínas del grano. Se produce por fusión de las incipientes y burbujas de CO <sub>2</sub> formando una superficie de emulsión sedosa al paladar.
<b>Adherencia</b>	Se refiere a la dificultad que tiene la espuma para desprenderse de las paredes del vaso.
<b>Persistencia</b>	A mayor contenido alcohólico, menor es la tensión superficial y por lo tanto poca duración de la espuma en el vaso. Compuestos como alfa-ácidos presentes en el lúpulo y ciertos iones metálicos aumentan la persistencia de la espuma, mientras que adjuntos con alto contenido de grasa y detergentes la disminuyen.

*Fuente:(González, 2017)*

### **Atributos del aroma**

- **Olfato**

Incluye los compuestos que se perciben en la boca por la vía retro nasal (pasa de la faringe situada sobre el paladar y detrás de las fosas nasales) (Medina, 2013).

### **Atributos del sabor**

- **Tacto**

Se utiliza para percibir lo que se conoce como sensación en la boca, que incluyen la suavidad, la astringencia, la temperatura y sensación de efervescencia causada por el CO<sub>2</sub>.

- **Gusto**

Es percibido por las papilas gustativas de la lengua, se reconocen 5 gustos, el dulce, salado, ácido y amargo (Medina, 2013).

### **1.5.2 Propiedades físico químicos y Microbiológicos**

Se determinaron en función de conocer los resultados requerimientos de los cuerpos regulatorios, como definición de la calidad de una cerveza. Los cuales son pH, acidez, densidad y grado de alcohol (Rodríguez, 2005). Los posibles microorganismos que se pueden encontrar en este tipo de bebidas son los mohos y levaduras. La presencia de estos refleja la calidad

sanitaria, deficiencia térmica, manipulación y condiciones higiénicas del producto (Curay Lara, 2020).

### 1.6 Cerveza con materias primas no tradicionales

La cerveza se define comúnmente como una bebida fermentada producida por malta de cebada y lúpulo bajo la acción de una levadura adecuada. Sin embargo, la cerveza también puede contener complementos y sustitutos, como especias y otros ingredientes utilizados para conferir características sensoriales específicas a la bebida (Schuina et al., 2020).

Después de que se popularizó la obtención de cervezas caseras, se volvió una bebida que constantemente sufre modificaciones debido a que se busca innovar y desarrollar nuevas recetas agregando frutas, raíces, hierbas y especias, que realzan el valor del mismo, en cuanto a características sensoriales (Cayambe & Trujillo, 2021).

A pesar de que las frutas son numerosas, por lo general en la elaboración de cervezas se usan frutas ácidas como maracuyá, cacao, naranjilla, uvilla, porque contienen menos azúcares que evitará que se aumente significativamente el alcohol en el producto terminado, aportan mayor contenido de aceites esenciales y combinan mejor con el sabor de la cerveza; una de las marcas es la cerveza “Lambic” con frutos (Galarza, 2018).

Las hierbas aromáticas presentan características agradables y únicas, tanto en aroma y sabor. La adición de estas características, otorgan un aroma y sabor refrescante en el producto final. Una de las marcas es “Gruut”, son elaboradas sin lúpulo (Cedeño Briones & Mendoza Alonzo, 2016).

### 1.7 Hierbas Aromáticas

Contienen cantidades apreciables de compuestos químicos que se pueden percibir de manera fácil por el olfato. Estos compuestos son básicamente fenoles y derivados fenólicos; se encuentran en varias partes de la planta como en raíces, tallos, flores, frutos, hojas, o en todas ellas. Las plantas aromáticas son conocidas como hierbas aromáticas, debido a su característica herbácea como la menta, el tomillo, el orégano, o arbustivas como el romero, la ruda, etc. (Vélez-Gómez et al., 2020).

### 1.7.1 Manzanilla



**Figura 2.** Hierba de manzanilla.

Fuente:(Arukpa, 2010).

Comúnmente conocida como manzanilla inglesa o camomila y científicamente conocida como *Matricaria Recutita L.*, se la puede encontrar en varias partes del mundo, por lo general este tipo de planta es primaveral, cultivable en América, crece en suelos arenosos y ricos en calcio (Hurtado, 2018). Este tipo de hierba es considerada como medicinal ya que su aplicación es aprovechada por sus propiedades antiinflamatorias, sedantes, antisépticas, digestivas (Botánica-online, 2013). Se utiliza especialmente su aceite que está compuesto por hidrocarbonados que son mezcla de agua y carbono (Hurtado, 2018).

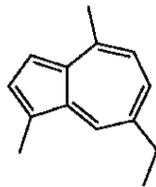
**Descripción de la planta:** Se trata de una planta herbácea, anual, aromática, muy ramificada, de porte erguido, que alcanza una altura variable entre 30 y 60 cm. Las hojas son sésiles, alternas; los capítulos florales sostenidos por largos pedúnculos son pequeños, con receptáculo cónico y hueco (Rubio, 2004).

**Historia:** Durante la Edad Media, los monjes se convirtieron en los principales transmisores de los conocimientos a base de plantas como la manzanilla en Europa, así como la selección y traducción sobre hierbas medicinales, que ampliaron desarrollando sus propios remedios. En esa misma época, la manzanilla también fue utilizada ampliamente como ingrediente para dar un gusto amargo a la cerveza, uso que más tarde sería reemplazado por el lúpulo (T. Fuentes, 2015).

**Usos:** A diferencia del té, solo se utilizan las flores, en la elaboración de cerveza se utiliza la planta entera. El sabor amargo es útil en la cerveza, pero también se le han atribuido efectos medicinales. Las cervecerías artesanales modernas y los cerveceros caseros usan en ocasiones manzanilla, y actualmente existen un gran número de cervezas comerciales elaboradas con

manzanilla. Las esencias de esta planta son también utilizadas en licorería; a ese efecto se destinan los capítulos florales desecados de inferior calidad (menor calidad) (Anibal, 2009). La planta, formada por el conjunto de ramificaciones y hojas, si bien tiene un valor comercial bajo suele aprovecharse desecada y molida para formar parte de las calidades inferiores (Rubio, 2004).

**Composición:** es muy compleja, el más importante de sus productos es su esencia, se compone de un hidrocarburo y de un alcohol sesquiterpenico, un alcohol tricíclico, otros alcoholes terciarios en su mayor parte dicíclicos, así como del camazuelo (**Figura 2**) con un anillo de siete átomos de carbono combinado con otro de cinco (Cárdenas Villenas, 2009).



**Figura 3.** Estructura del camazuelo.

*Fuente:(Cárdenas Villenas, 2009)*

También está compuesto de azuleno, alfa bisabolol, ácido salicílico, ácido octílico, ester metílico, ácido cafeico, ácido tánico, ácido clorogénico, umbelliferona, apigenina, herniarina, luteolina, ligeras cantidades de carotenos, vitamina C. Otras descritas en la literatura científica son: polisacáridos, flavonoides, ácidos fenoles (Vara-Delgado et al., 2019).

- **Capítulos florales desecados**

Contienen aceite esencial, tanino, un principio amargo (ácido anthémico), colina, apigenina, inosita, sustancias resinosas, ácido mélico, sustancias pécticas, etc. (Rubio, 2004).

- **Aceites esenciales**

Tiene propiedades antibacterianas y anti fúngicas. Además detiene el crecimiento microbiano (Vara-Delgado et al., 2019). Mirceno, 1,8-Cineol, Linalol, -Terpineol, Borneol, Pulegona, Ch-Azuleno, Cariofileno, Farneseno, Nerolidol, Oxido de Bisabolol, Farnesol (Rubio, 2004).

### 1.7.2 Cedrón



*Figura 4. Hierba de Cedrón.*

*Fuente: (Ramos Tejada, 2014).*

Planta herbácea de 1 a 3 m de altura. Las flores son de color violeta pálido o lila, y crecen en ramilletes con olor a limón. Los frutos son dos nueces de paredes delgadas. Es un cultivo que requiere tierra fértil, permeable, con riego frecuente; se da mejor bajo sombra. Se desarrolla desde los 0 a los 2.000 m.s.n.m.; se adapta a variedad de pisos térmicos; no soporta alta humedad ni sequía. Se propaga por estacas. La recolección de la primera cosecha se hace a los seis o siete meses: luego del segundo año se realizan tres a cuatro cortes por año (Alarcón Restrepo, 2011).

**Usos:** Posee una importante cantidad de melatonina, sustancia que se usa como relajante natural y que favorece el sueño (Alarcón Restrepo, 2011).

**Composición química:** Citral, limoneno, linalol, cineol, terpineol, cariofileno, geraniol, verbenona, ácido tánico, timol, pinocembrina. Tiene más principios activos cuando las flores están a punto de abrirse (Alarcón Restrepo, 2011).

### 1.7.3 Hierba Luisa



*Figura 5. Hierba Luisa.*

*Fuente: (Soto Ortiz et al., 2002).*

Originaria de América del sur en zonas cálidas como Argentina y Chile (Davis, 2006). La hierba luisa es también conocida como hierba de limón en Panamá, limonaria o limoncillo en Colombia y República Dominicana, paja cedrón en Bolivia, mal ojillo o malojillo en Venezuela, zacate limón en Honduras, México, Costa Rica, Nicaragua y el Salvador. Comúnmente es confundida con el cedrón por sus nombres más no sus características organolépticas (Davis, 2006). Su nombre científico es *Cymbopogon citratus* desprende un aroma cítrico agradable.

**Descripción de la planta:** Los tallos son muy ramificados, amontonadas, lanceoladas y aromáticas porque contiene aceites esenciales con componentes terpénicos (Soto Ortiz et al., 2002).

**Composición Química:** Es recomendable hacer infusiones y no hervirla ya que tiende a oxidarse y tener un sabor no agradable. Las hojas contienen un aceite esencial cuyos componentes son el limoneno, citral, geraniol, geranial, verbenona, aldehído y cetonas, mirceno, linalol, neral (Muñoz López de Bustamante, 2002).

### 1.7.4 Secado de hierbas

Se entiende por secado de un sólido a la separación parcial o total del líquido que le acompaña, por medios térmicos. En plantas o en hierbas medicinales se puede efectuar a la sombra, manteniendo en un lugar sombreado (cobertizos), también colocando sobre mallas o bandejas (Cárdenas Villenas, 2009).

**Beneficios:** Permite extraer todo el potencial, aumentar el valor o la utilidad del producto residual, facilita la destrucción de microorganismos (Cárdenas Villenas, 2009). Y conservan mejor su sabor y esencias.

## Capítulo II: Metodología utilizada

### 2.1 Selección de hierbas aromáticas para sustituir al lúpulo

Para la determinación de las hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal reemplazando al lúpulo, se realizó una revisión bibliográfica, mediante búsquedas en artículos científicos y resúmenes en bases de datos científicas sobre: composición química y propiedades de hierbas aromáticas y lúpulo. Los artículos en los que se buscó fueron bases de datos científicas y académicas: Science Direct, Scopus, Scielo, Google Scholar, Springer Link, Wiley. Las palabras claves utilizadas fueron: propiedades, composición química, hierbas aromáticas y lúpulo. Los criterios de inclusión estaban escritos en español e inglés.

A fin de establecer las hierbas viables, en la revisión, se analizó la composición química y propiedades de cada hierba aromática que generaran sabor, aroma y actividad antimicrobiana en la elaboración de cerveza artesanal. Igualmente se hizo un repaso de la historia en la elaboración de cerveza para conocer que hierbas fueron utilizadas antes del uso del lúpulo.

### 2.2 Elaboración de la cerveza tipo Pale Ale

Para la elaboración de cerveza artesanal, se realizó en base a estudios preliminares, además, de llevarse a cabo ensayos previos a diferentes concentraciones de hierbas aromáticas: cedrón, hierba luisa y manzanilla. Por lo cual se planteó un diseño experimental con las cantidades de hierbas aromáticas de cedrón, hierba luisa y manzanilla; como factorial de estudio, en tres niveles representados por los valores altos, medios y bajos de concentración de cada hierba aromática. También se elaboró el blanco cerveza estándar con lúpulo para poder compararlo con los tres tratamientos elaborados.

#### 2.2.1 Materia prima, equipos y materiales

**Materia prima:** Se utilizó malta tipo Pale Ale y Crystal, clarificante (Carragenina), Levadura S-05 (proveedor “La Orden de la Cerveza” tienda en línea ubicada en la ciudad de Quito), hierbas aromáticas manzanilla, cedrón y hierba luisa, (adquiridas en el mercado “10 de Agosto” en la ciudad de Cuenca) y agua embotellada marca “Pure Water”.

**Equipos:** En la **Tabla 2** se detallan los equipos empleados durante el proceso de elaboración de la cerveza artesanal tipo Pale Ale reemplazando al lúpulo por hierbas aromáticas.

*Tabla 2. Equipos empleados en la elaboración de cerveza artesanal.*

<b>ACONDICIONAMIENTO</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Molino de rodillos, ajustable con dos rodillos.	Sweess	Manual
Balanza analítica 0,01 g de precisión	Mettler Toledo	ME204
<b>EMBOTELLADO</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Corchadora ajustable.	Ferrari Italia	1204

*Fuente:(Autor).*

**Materiales:** En la **Tabla 3** se detallan los materiales utilizados durante el proceso de elaboración de la cerveza artesanal tipo Pale Ale reemplazando al lúpulo por hierbas aromáticas.

*Tabla 3. Materiales empleados en la elaboración de cerveza artesanal.*

<b>Elaboración</b>	<b>Medición</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Envasado</b>	<b>Otros</b>
Olla de acero inoxidable	Termómetros de cinta adhesiva $\pm 0,1$ °C	Cepillo lavador de botellas	Llenador de botellas	Fundas de cierre hermético
Tela lienzo	Densímetro $\pm 0,002\text{g/cm}^3$	Jabón	Botellas	Tijera
Manguera de grado alimenticio	Termómetro de mercurio $\pm 0,1$ °C	Esponja	Tapas	Silicona
Airlock	Probeta 100ml $\pm 0,5\text{ml}$			
Cucharón				
Pala de plástico				
Jarra de plástico				
Balde con llave				

*Fuente:(Autor).*

### 2.2.2 Diseño experimental

Para la elaboración de los cuatro tratamientos, se tomó como base siete litros de agua para la adición de malta, clarificante y hierbas aromáticas. Este último se agregó en cantidades de 2g, 4g y 6g de hierbas, según cada nivel planteado. Mientras que para la muestra estándar se empleó 5g y 10g de cada lúpulo. Como se detalla en la **Tabla 4**, a partir del cual se realizaron las cuatro muestras.

*Tabla 4. Composición experimental de las cuatro muestras realizadas.*

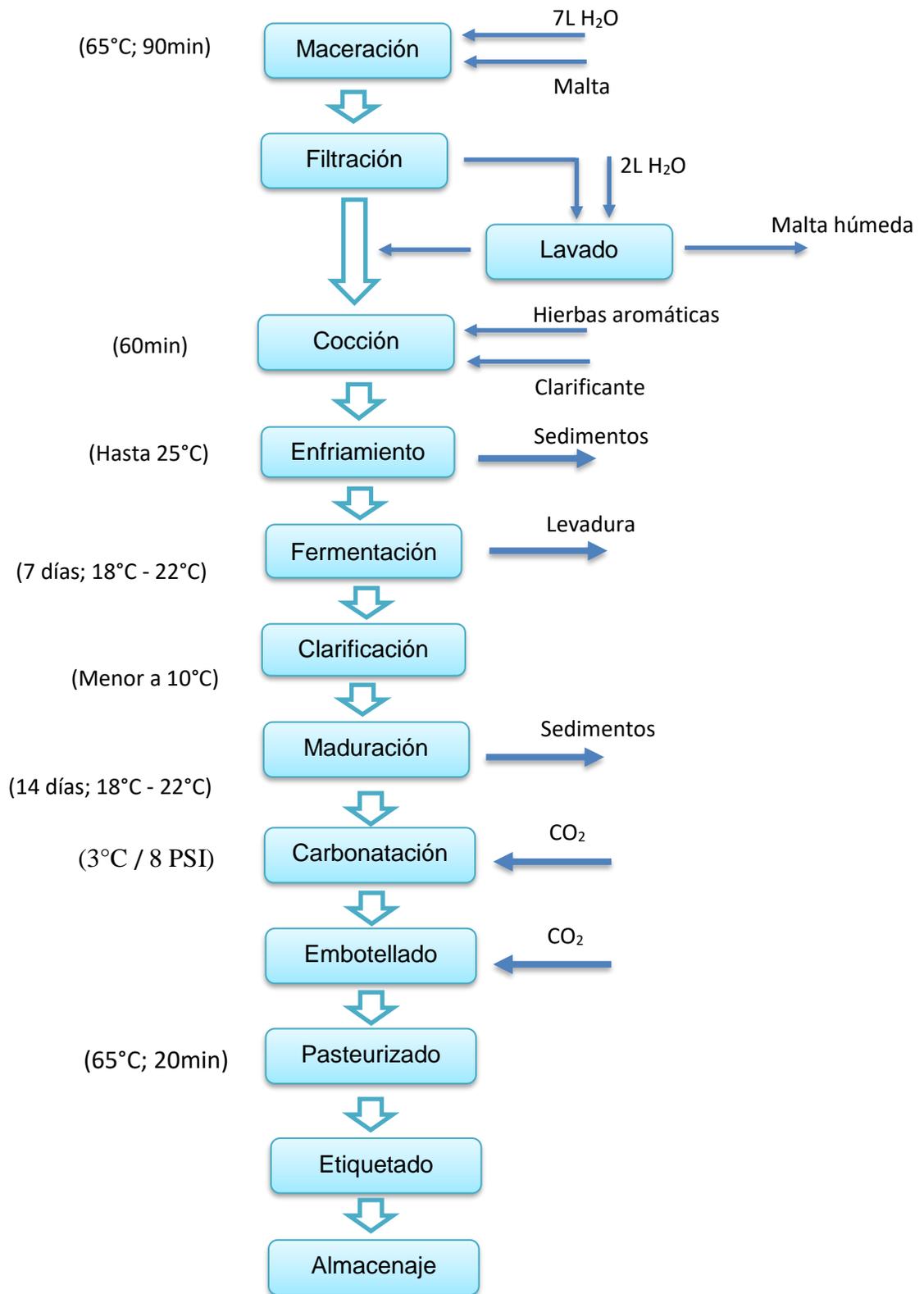
Materia Prima	M <sub>1</sub> (Estándar)	M <sub>2</sub> (2g)	M <sub>3</sub> (4g)	M <sub>4</sub> (6g)
	g	g	g	g
Agua "Pure Water"	7000	7000	7000	7000
Malta Pale Ale	900	900	900	900
Malta Crystal	100	100	100	100
Levadura Us-05	3	3	3	3
Clarificante	1	1	1	1
Lúpulo Cascade	5	--	--	--
Lúpulo East Kent	10	--	--	--
Manzanilla	--	2	4	6
Cedrón	--	2	4	6
Hierba Luisa	--	2	4	6

*Fuente: (Autor).*

### 2.2.3 Proceso para la elaboración

- **Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza artesanal con hierbas aromáticas para la obtención en volumen de 4,5L.**

En la **Figura 6** se muestra el diagrama del proceso para la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale utilizando hierbas aromáticas; se detalla las corrientes que se generaron, asimismo las pérdidas en todo el proceso.



**Figura 6.** Diagrama del proceso de cerveza artesanal con hierbas aromáticas.

Fuente: (Autor).

- **Descripción del proceso de elaboración**

Para la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale, se realizó el siguiente procedimiento:

**Acondicionamiento de la materia prima.** Primero se efectuó el secado de las hierbas aromáticas manzanilla, cedrón y hierba luisa, para potenciar sus propiedades, a temperatura ambiente (18°C). La molienda de las maltas (Pale Ale y Crystal) se realizó en la fábrica de cerveza artesanal “Gallo Cantana” en un molino para malta de dos rodillos ajustable, aquí se buscó que el grano sea solo triturado no molido, esto permite tener una sedimentación más rápida en el proceso de elaboración.

**Lavado y desinfección.** Se llevó a cabo con alcohol al 70%.

**Medición de materias primas e insumos:** Según la formulación establecida se realizó el pesaje de maltas Pale Ale y Crystal, lúpulo Cascade y East Kent Golding, hierbas aromáticas manzanilla, cedrón y hierba luisa, clarificante (carragenina Irish Moss), levadura (S-05). Y se midió el volumen de agua requerida a un pH neutro y sin cloro.

**Maceración:** El agua se calentó a 69°C, se añadió malta, generando un descenso de temperatura a 65°C, la cual se debe mantener por 90 minutos. Se controla la temperatura cada 20 minutos y se hace movimientos circulares para facilitar la extracción de las enzimas contenidas en la malta para convertir el almidón en azúcares fermentables y producir un mosto espeso, oscuro y dulce a partir de la hidrólisis de la amilasa.

Una vez terminado el proceso, se realizó la prueba del yodo para conocer si se extrajo bien los azúcares. Se lleva a cabo añadiendo, a una pequeña cantidad de mosto, dos gotas de yodo, se debe obtener un color naranja, si por el contrario se genera un color morado se debe seguir macerando.

**Inoculación de la levadura:** Se tomó una muestra de mosto de 100 ml se añadió agua hasta obtener un volumen de 500 ml; se pone a hervir por 10 min para esterilizarlo y a temperatura ambiente se adicionó 3g de levadura. Se deja reposar para activar la levadura y usarlo más adelante.

**Recirculado y lavado (Primera filtración):** Se procedió a realizar la recirculación filtrando el mosto, sobre una tela (limpia y desinfectada), donde se retiene todos los sólidos, y para el lavado del grano se hizo mediante la adicción de agua para obtener un volumen de 7 litros para la cocción.

**Cocción:** Se sometió a ebullición por 60 minutos, aquí el mosto obtiene los sabores y aromas de la cerveza para esto se agrega las diferente hierbas aromáticas que reemplazan al lúpulo; la primera hierba se agrega al inicio del hervor, a los 45 minutos se agrega la segunda y en el último minuto se agrega la tercera hierba, como se indica en la **Tabla 5**. Igualmente se adicionó el agente clarificante (carragenina irish moss) 20 minutos antes de finalizar la cocción para la sedimentación de partícula y eliminar la turbidez.

*Tabla 5. Hierbas aromáticas con sus respectivos tiempos de uso.*

Planta	Tiempo (min)
Manzanilla	0
Cedrón	45
Hierba Luisa	60

*Fuente: (Autor)*

**Enfriamiento:** Se baja la temperatura del mosto, lo más rápido posible para evitar la proliferación de microorganismos no deseados. Para lo cual el recipiente que contiene el mosto se sumergió en una tina con agua y hielos para disminuir la temperatura a 25°C. Aquí se tomó la medición de la primera densidad inicial necesaria para determinar los grados de alcohol posteriormente.

**Fermentación:** Se transfirió el mosto al fermentador, y se agregó la levadura. Se cierra el recipiente herméticamente y se coloca una purga (Airlock) en la tapa, para evitar la entrada de contaminantes y dar paso a la expulsión del CO<sub>2</sub> y tener una fermentación sin presencia de oxígeno.

Por último se colocó el fermentador en ausencia de luz, para evitar alteraciones en las propiedades de la cerveza y a temperatura ambiente (18-22°C). La duración de esta fase fue de 7 días, y al terminar la misma se midió la densidad final, para conocer el grado alcohólico de la cerveza.

**Clarificación:** Se realizó mediante cold cash (bajar a una temperatura cerca de 0°C) (Iturralde, 2022), por 4 días, la levadura y partículas en suspensión decantan al fondo del fermentador, para obtener una cerveza más clara.

**Maduración:** Se trasvasó el mosto a un segundo recipiente por medio de una manguera de grado alimenticio, esterilizada para evitar que los sedimentos sean arrastrados. Esta fase duro 14 días a temperatura ambiente (18-22°C).

**Carbonatación:** Se efectuó en la fábrica de cerveza artesanal “Gallo Cantana”. El mosto es colocado en barriles de acero inoxidable, se refrigeran para bajar a una temperatura de 3°C (el gas se disuelva mucho mejor) y se regula a una presión de 8 PSI. Se introduce el CO<sub>2</sub>, se agita el barril, para aumentar la superficie de contacto entre el líquido y el gas, y se disuelva más rápido. El barril se mantiene durante un día, en el frigorífico, entre 0 y 5 °C para que la mezcla se estabilice.

**Embotellado:** Se realizó en botellas de vidrio de 330 ml de capacidad, lavadas y esterilizadas en agua mediante ebullición por 30 minutos. Usando un llenador de botellas, el cual se coloca dentro del envase hasta el fondo; se procede a adicionar el mosto y el CO<sub>2</sub> por llaves separadas; seguidamente, con tapas esterilizadas (con alcohol al 70%), se procede a tapar, cada una con ayuda de un corchador.

Por último, se marcó cada botella, de acuerdo al contenido de hierbas aromáticas para poder identificarlas más adelante.

**Almacenamiento:** Se realizó por 7 días a una temperatura menor a 10°C para posteriormente realizar los diferentes análisis.

**Etiquetado:** El etiquetado se realizó de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 1933.2015 vigente “Bebidas alcohólicas. Etiquetado. Requisitos” (Nte Inen 2262, 2013).

## 2.2.4 Balance de materia y rendimiento

**Balance de materia:** Luego de la elaboración de la cerveza artesanal tipo Pale Ale, se realizó un cálculo de la cantidad de residuos, para conocer el rendimiento de la cerveza artesanal.

**Rendimiento del Producto:** se efectuó para saber cuánto se logró obtener en volumen, y conocer el número de botellas producidas con capacidad de 330ml.

## 2.3 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó para determinar la aceptación o rechazo de los tratamientos de cerveza elaborados, el cual está relacionado con la percepción subjetiva del consumidor, es decir aspectos ligados a la preferencia del color, sabor, textura, presentación, etc. del producto. Como no existe una definición exacta en términos físicos o químicos de los sabores y aromas de los alimentos, es necesario recurrir a los catadores para determinar estas propiedades (Villate, 2006). Por esto es importante que al introducir un alimento al mercado o cambiar algún aspecto

del mismo, se realicen pruebas sensoriales al grupo al cual va dirigido el alimento (Domínguez, 2007).

La evaluación sensorial, se aplicó mediante encuestas (Anexo 5) a 30 participantes, mayores de 18 años que sean consumidores habituales de cerveza artesanal, ya que este público podría considerarse clientes potenciales. Se evaluaron los atributos de apariencia, aroma, sabor y amargor, con una escala hedónica, del 1 al 5 (5: Me agrada mucho, 4: Me agrada, 3: Me agrada poco, 2: No me agrada, 1: Me desagrada) (Castorena-García et al., 2020). Además, la encuesta incluía que muestra fue de preferencia, si estarían dispuestos a comprar el producto y que valor monetario le darían a una presentación de 330ml.

Para efectuar la evaluación se entregó a cada participante la encuesta y se les proporcionó un vaso con agua para enjuagar su paladar antes de probar cada muestra, después se les dio en vasos transparentes de ½ onza, cada una de las muestras, tanto el blanco (cerveza con lúpulo) y los tres tratamientos (cerveza con hierbas aromáticas), de forma aleatoria para responder cada pregunta, marcando con una X cada casillero, según el criterio de catación de cada participante. Las encuestas se realizaron de forma individual.

Se efectuó un análisis ANOVA, para la interpretación de los datos obtenidos, con la herramienta de Microsoft Excel y para ampliar los resultados se utilizó Statgraphics Centurión, se trabajó con un nivel de confianza del 95 %, con un valor de p igual a 0.05.

Se usó el análisis ANOVA, con el objetivo de testear si dos o más grupos son estadísticamente iguales o distintos entre sí. Para lo cual se plantea una hipótesis inicial también conocida como “hipótesis nula”; en estadística esta hipótesis significa que los promedios de todos los grupos serán estadísticamente iguales, se puede aceptar o rechazar la hipótesis; de acuerdo al valor de p, este puede ser mayor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis caso contrario se rechaza. También con el “Test F” de la tabla ANOVA se usó para verificar si se cumple la hipótesis inicial, es decir, si el “valor F” es menor al “valor crítico de F” la hipótesis inicial se cumple, entonces los promedios de los grupos son estadísticamente iguales (Lira, 2021).

Se utilizó la Prueba de Múltiples Rango, para comparar las medias entre muestras y conocer las medias significativamente diferentes.

## 2.4 Evaluación de las propiedades Físicoquímicos

La normativa NTE INEN 2262 propone los requisitos para tener una buena calidad en cervezas industriales que se deben tener en consideración para su distribución y venta. Los cuales se determinan por varios análisis como consta en la **Tabla 6** Requisitos físico-químicos

*Tabla 6. Requisitos físico-químicos para cervezas.*

REQUISITOS	UNIDAD	MIN	MAX	METODO D ENSAYO
Contenido alcohólico (20°C)	%(v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Carbonatación	Vol. De CO <sub>2</sub>	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	--	3,5	4,8	NTE INEN 2325
Acidez total	%(m/m)	--	0,3	NTE INEN2323

*Fuente: (Nte Inen 2262, 2013).*

**Densidad:** Se realizó dos mediciones, con un densímetro escala de 0,990 g/cm<sup>3</sup> a 1,060 g/cm<sup>3</sup> al finalizar el proceso de cocción ( $\delta_{inicial}$ ) y fermentación ( $\delta_{final}$ ) (Importbrew, 2022).

**Contenido Alcohólico:** Se calculó con los datos de las densidades, medidas durante el proceso de elaboración de la cerveza artesanal, usando la ecuación 1:

$$\%Alcohol_{v/v} = \frac{(\delta_{inicial} - \delta_{final}) \times 1,05}{0,79} \times 100 \quad (1)$$

En la Ecuación 1, el valor de 1,05 corresponde a gramos de alcohol etílico producidos por cada gramo de CO<sub>2</sub> formado durante la fermentación, y el valor de 0,79 es el valor de la densidad del alcohol etílico (Gonzales, 2020).

**Carbonatación:** Se efectuó mediante carbonatación forzada, es decir inyectando gas carbónico en la cerveza en condiciones de presión y de temperatura determinadas, sus unidades son, en volúmenes de CO<sub>2</sub> (Oddone, 2022).

**Acondicionamiento de la muestra:** Para los próximos análisis tanto de acidez total, pH, turbidez y color se acondicionó las muestras. Para ello se vierte en un Erlenmeyer la muestra de cerveza artesanal y se coloca en agitación magnética alrededor de 8 minutos, si en ese tiempo ya no se observa desprendimiento de gas y espuma, se procede a realizar los análisis de caso contrario se continuara en agitación hasta que se haya eliminado todo el CO<sub>2</sub> (Valverde, 2020). Para

determinar el color y turbidez se omitió lo siguiente. Mediante papel filtro y un embudo, se hace pasar la muestra y se recoge en un Erlenmeyer para su posterior análisis.

**pH:** Se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad de Cuenca en el campus Balzay Según el método de la norma NTE INEN 2322. Mediante un potenciómetro en una cantidad de muestra de cerveza previamente acondicionada.

**Acidez Total:** Se realizó en los laboratorios de la Universidad de Cuenca en el campus Balzay. Se ejecutó la determinación según la norma NTE INEN 2323. Mediante el método de titulación potenciométrica, donde la muestra de cerveza es previamente acondicionada. El análisis se realizó mediante neutralización con hidróxido de sodio 0,1N y midiendo el pH hasta llegar al deseado. Aquí se calculó el %Acidez total y % Ácido láctico.

**Turbidez:** Se hizo la medición en el laboratorio Bromatológico de la Facultad de Ciencias Químicas en la Universidad de Cuenca. Para su determinación, se usó un turbidímetro (marca HACH 2100P), el valor de esta propiedad se obtiene con la turbidez total, la cual se calcula a partir de la turbidez permanente y la turbidez total (Valverde, 2020) como se detalla a continuación:

- **Turbidez permanente**

El turbidímetro incorpora un recipiente el cual se llena con la muestra, se introduce en el mismo, siempre limpiándolo para eliminar huellas y suciedad, se tapa con la cubierta del equipo, se realiza la medición y se toma el dato obtenido en NTU (Valverde, 2020).

- **Turbidez total**

En un baño María con hielo se incorpora los recipientes con la muestra para que alcancen la temperatura de -5°C. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se retira los recipientes del baño María y se agita. Se mide la turbidez en el equipo, teniendo en cuenta que hay que secar y limpiar previamente el recipiente. Así se obtendrá la turbidez total igualmente en NTU (Valverde, 2020).

Se calcula la turbidez con la ecuación 2:

$$Turbidez\ fría = Turbidez\ total - Turbidez\ permanente \quad (2)$$

**Color:** Se hizo las mediciones en los laboratorios de la Universidad de Cuenca en el campus Balzay. La muestra se coloca en un cilindro del fotómetro (Marca HANNA, Modelo HI83305) debe

estar limpio y seco, para su determinación con una longitud de onda de 430nm. El color se obtiene en escala de EBC, y se calcula usando la ecuación 3:

$$EBC = 25 \times A430 \quad (3)$$

Donde se tiene 25 veces la absorbancia a 430nm (A430) (Sanz, 2019).

## 2.5 Análisis microbiológico

Con el fin de evaluar el comportamiento de los mismos en la cerveza embotellada, se realizó el análisis microbiológico. A través de la norma NTE INEN 1529, que sigue los requisitos de la norma NTE INEN 2262:2013 para la pasteurización (Nte Inen 2262, 2013). **Tabla 7** requisitos microbiológicos.

*Tabla 7. Requisitos Microbiológicos para cervezas.*

REQUISITOS	UNIDAD	CERVEZA PASTEURIZADA		METODO DE ENSAYO
		MINIMO	MAXIMO	
<b>Microorganismos anaerobios</b>	ufc/cm <sup>3</sup>	--	10	NTE INEN 1529-17
<b>Mohos y Levaduras</b>	upc/cm <sup>3</sup>	--	10	NTE INEN 1529-17

*Fuente: (Nte Inen 2262, 2013).*

Los valores de UPC/ cm<sup>3</sup> para la pasteurización son muy variables en la bebida, entonces para su evaluación se sometió a baño maría en agua a 65°C durante 20 minutos, ya que es el tiempo en el cual la temperatura interna de la cerveza llega a 60°C (Bhuvaneshwari & Anandharamakrishnan, 2014). A esta temperatura en la cerveza, se inactivó las células vegetales de microorganismos patógenos (Cerna Castro, 2019).

El análisis microbiológico (Anexo 9) se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca a la cerveza de mayor aceptación sensorial, es decir al tratamiento de cerveza artesanal elaborada con 4 g de cada hierba aromática.

## 2.6 Costos usando hierbas aromáticas en contraste con el lúpulo

Después de haber realizado los análisis sensoriales, físico químicos y microbiológicos; se hizo una evaluación de los costos específicamente de los insumos, ya que lo que se buscó fue conocer los beneficios, de usar hierbas aromáticas en contraste con el uso del lúpulo. Se

utilizaron los datos del tratamiento de concentración media, es decir la cerveza artesanal elaborada con 4 g de cada hierba aromática para el cálculo.

### Capítulo III: Análisis y discusiones de resultados

#### 3.1 Hierbas aromáticas seleccionadas para sustituir al lúpulo

Con la revisión bibliográfica se obtuvo los siguientes resultados:

En la **Tabla 19** (Anexo 4) se detalla la composición química de cada hierba aromática y propiedades que se genera en la cerveza, haciendo un contraste con el lúpulo.

En la **Tabla 8** se resumen las hierbas usadas y la propiedad que generaron en la elaboración de la cerveza artesanal.

*Tabla 8. Hierbas seleccionadas y propiedad en la cerveza.*

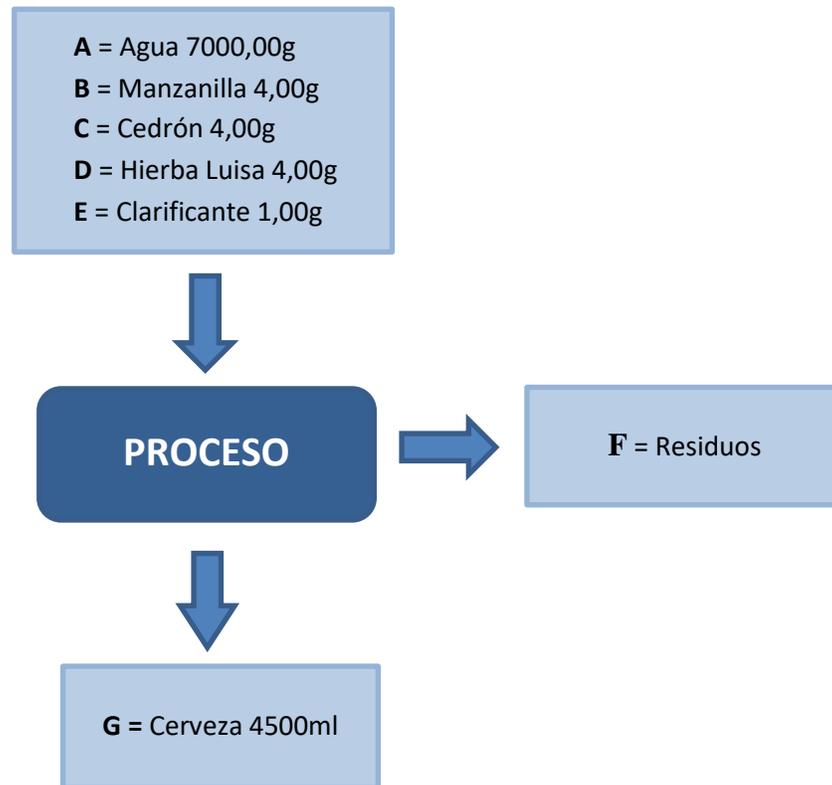
Hierba	Propiedad
Manzanilla	amargor
Cedrón	sabor
Hierba Luisa	aroma

*Fuente: (Autor).*

Se escogió estas tres hierbas como se resume en la **Tabla 8** por la semejanza encontrada en la revisión bibliográfica, entre su composición química en relación con el lúpulo, para adquirir las propiedades organolépticas de una cerveza estándar con lúpulo. Asimismo (Caira Caira & Ramos Quispe, 2017) en su estudio, en la elaboración de cerveza artesanal utilizaron coca “*Erythoxylum coca*” como sustituto del lúpulo, asimismo por la similitud de propiedades que compartían con la hoja de coca.

#### 3.2 Balance de materia y rendimiento

**Balance de materia:** Las cantidades usadas son del tratamiento elaborado con 4 g de cada hierba aromática. En la **Figura 7** se muestra el diagrama del balance de materia de la cerveza artesanal elaborada con hierbas aromáticas:



*Figura 7. Balance general de materia del tratamiento de mayor aceptación.*

*Fuente: Autor.*

Con el balance de materia se determinó la masa total empleada y la cantidad de residuos generados, ecuación 4. Para posteriormente calcular el rendimiento de todo el proceso productivo para la elaboración de cerveza artesanal.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A + B + C + D + E} &= \mathbf{F + G} & \mathbf{(4)} \\
 7000,00\text{g} + 4,00\text{g} + 4,00\text{g} + 4,00\text{g} + 1,00\text{g} &= 4500 + \mathbf{G} \\
 7013,00\text{g} &= 4500 + \mathbf{G} \\
 \mathbf{G} &= 7013,00\text{g} - 4500 \\
 \mathbf{G} &= \mathbf{2513,00\text{g}}
 \end{aligned}$$

Al emplear un volumen en agua de 7L, se obtuvo una cantidad de 2513,00 g en residuos y un volumen final de 4,5L en cerveza artesanal.

**Rendimiento:** Se obtuvo, con el volumen de 4500ml de cerveza alcanzado, dividido para el valor total de materia utilizada y multiplicado por 100 para obtener el valor en porcentaje, como se muestra a continuación:

$$\% \text{Rendimiento} = (4500 / 7013,00) \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 64,16$$

Se consiguió un rendimiento del 64,16% en el producto final. Esto es debido a las pérdidas de volumen, que se generaron a lo largo del proceso. Se pierde de forma inevitable en la cocción por evaporación. También por sedimentos de ingredientes al finalizar la cocción. En la etapa de fermentación, la levadura forma grumos por la floculación, los cuales sedimentan dentro del fermentador generando un sólido en el fondo, al hacer el trasvasado para el embotellado, se evitó que estos sólidos se transfieran, generando pérdida de volumen. Por tales motivos causó un volumen final menor. En la investigación de tesis (Albán & Caiza, 2020), también se obtuvo un rendimiento similar de 56,38% en el proceso de elaboración usando plantas aromáticas para la cerveza artesanal.

Según (Dromo, 2022) lo habitual en un proceso artesanal es tener un rendimiento entre el 70 y 80%. La diferencia entre estos estudios, se debe a que es una producción de mayor volumen, donde se maneja alrededor de 15000L o más, mientras que la realizada en este estudio es una producción a escala de laboratorio. Además, el efecto de pérdidas de volumen, va a ser menor a mayor volumen, por mayor eficiencia en equipos, sistematización del proceso, y por la proporcionalidad, en pérdidas del volumen y por ende el rendimiento que se genera va a ser mayor.

En la **Tabla 9** se resume los volúmenes en cada fase de elaboración en la cerveza artesanal, hasta obtener el volumen final de 4500ml, igualmente para el embotellado y el número de botellas en presentación de 330ml conseguidas.

*Tabla 9. Volumen obtenido de cerveza, numero de botellas (330ml) y rendimiento.*

<b>Volumen</b>	<b>M<sub>3</sub> ( 4g)</b>
En la maceración	7000ml
Finalizada la cocción	5000ml
Fermentación	4750ml
Para el embotellado	4500ml
<b>Botellas obtenidas (330 ml)</b>	<b>13</b>
<b>%Rendimiento</b>	<b>56,16</b>

*Fuente: (Autor)*

Se obtuvo un volumen final muy similar en cada tratamiento tanto con el uso de hierbas aromáticas, como con el uso del lúpulo, de igual manera el mismo número de botellas, por lo tanto no hay incidencia del rendimiento al usar hierbas aromáticas.

### 3.3 Análisis sensorial

Las preferencias de la cerveza, evaluadas sensorialmente en cuanto a apariencia, aroma, sabor y amargor, se sintetizan en los resultados estadísticos de decisión para la hipótesis nula según el análisis ANOVA los cuales se presentan en la **Tabla 10** y **Tabla 11**.

En la **Tabla 10** se muestra los resultados de la media y desviación estándar de cada tratamiento de cerveza con hierbas aromáticas y cerveza estándar con lúpulo.

*Tabla 10. Media y desviación estándar de las variables apariencia, aroma, sabor y amargor.*

Muestras	Apariencia	Aroma	Sabor	Amargor
<b>M<sub>1</sub>(Blanco)</b>	3,7 ± 0,7	3,7 ± 0,9	3,4 ± 0,9	3,3 ± 1,1
<b>M<sub>2</sub>(2g)</b>	3,8 ± 0,9	3,6 ± 0,8	3,4 ± 0,9	3,2 ± 1,2
<b>M<sub>3</sub>(4g)</b>	4,2 ± 0,6	4,1 ± 0,9	3,8 ± 1,2	3,7 ± 0,9
<b>M<sub>4</sub>(6g)</b>	4,1 ± 0,8	3,8 ± 0,8	3,5 ± 1,0	3,2 ± 1,1

*Fuente: (Autor).*

En la **Tabla 11** se muestra los resultados del análisis de Varianza ANOVA, de las variables apariencia, aroma, sabor y amargor de cada tratamiento de cerveza con hierbas aromáticas y cerveza estándar con lúpulo.

*Tabla 11. Análisis de Varianza ANOVA de las variables apariencia, aroma, sabor y amargor.*

Variables	Grados de libertad	F	Probabilidad P	Valor crítico para F
<b>Apariencia</b>		2,03	0,11	2,68
<b>Aroma</b>		2,09	0,10	2,68
<b>Sabor</b>		1,29	0,28	2,68
<b>Amargor</b>		1,19	0,32	2,68
<b>Entre grupos</b>	3			
<b>Dentro de los grupos</b>	116			
<b>Total</b>	119			

*Fuente: (Autor).*

En el análisis de Varianza para las variables apariencia, aroma, sabor y amargor según los datos obtenidos en la **Tabla 11**, el valor p es  $> 0,05$  por lo tanto no se establece una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las cuatro muestras con un nivel de confianza del 95% para cada variable.

Asimismo el valor de F es  $<$  al valor crítico F entonces se acepta la hipótesis nula. De forma general según este análisis se puede decir que, el uso de hierbas aromáticas no tienen incidencia en la apreciación para los encuestados en las variables de apariencia, aroma, sabor y amargor. Tampoco se evidencian diferencias entre las cantidades de hierbas empleadas.

Asimismo, según el valor p indicado en la tabla ANOVA y los resultados de las comparaciones múltiples se basan en diferentes metodologías y ocasionalmente pueden producir resultados contradictorios. Si el valor p del ANOVA indica que no hay diferencias entre las medias mientras que la salida de las comparaciones múltiples indica que algunas medias son diferentes. En este caso, por lo general se puede confiar en la salida de las comparaciones múltiples (Minitab, 2022). Por lo tanto se procedió a realizar el análisis estadístico con la prueba de comparación de múltiples rangos por el método de Fisher.

### 3.3.1 Análisis de Apariencia

Según los resultados de la **Tabla 10**, **M<sub>3</sub>** con una calificación promedio de  $4,2 \pm 0,6$  alcanzó el valor más alto en apariencia cerveza elaborada con 4g de cada hierba aromática, seguida de **M<sub>4</sub>**, y **M<sub>2</sub>** con una calificación promedio de  $4,1 \pm 0,8$  y  $3,8 \pm 0,9$  respectivamente y **M<sub>1</sub>** con una calificación promedio de  $3,7 \pm 0,7$ , siendo este el valor más bajo, que corresponde a la cerveza estándar elaborada con lúpulo.

En la **Tabla 12** consta la prueba de múltiples rangos para la variable apariencia, es la comparación entre muestras para determinar que medias son significativamente diferentes entre sí. El asterisco “ \* ” significa, una diferencia significativa entre muestras.

Tabla 12. Prueba de múltiples rangos en la variable apariencia.

Contraste	Señal	Diferencia	+/- Limites
M <sub>1</sub> -M <sub>2</sub>		-0,1	0,408
M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	*	-0,46	0,408
M <sub>1</sub> -M <sub>4</sub>		-0,3	0,408
M <sub>2</sub> -M <sub>3</sub>		-0,36	0,408
M <sub>2</sub> -M <sub>4</sub>		0,2	0,408
M <sub>3</sub> -M <sub>4</sub>		0,16	0,408

Fuente: (Autor).

En la **Figura 8** se muestra el método empleado para discriminar entre las medias, es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para la variable apariencia.

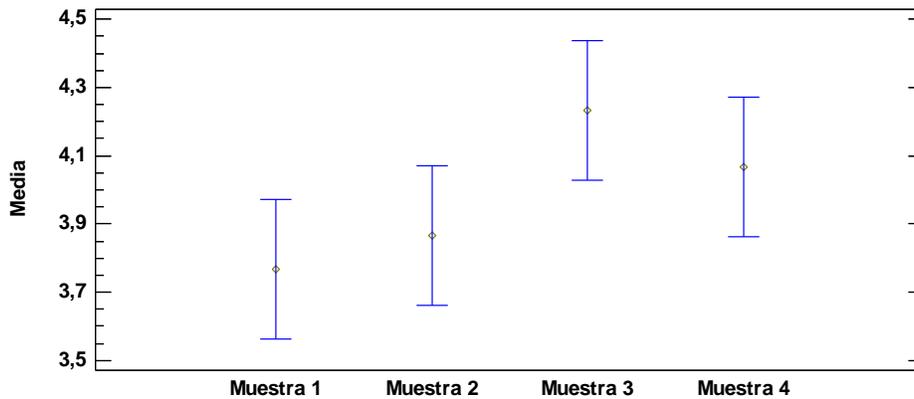


Figura 8. Media y el 95% de Fisher LSD en la apariencia.

Fuente: (Autor).

Con la prueba de múltiples rangos, para los tratamientos se obtiene que **M<sub>1</sub>** cerveza con lúpulo y **M<sub>3</sub>** cerveza con 4g de cada hierba aromática, son las muestras con diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Ya que como se observa **Figura 8**, las barras no se pueden solapar, al intentar sobre poner una sobre otra, con un riesgo del 5,0%.

Esto quiere decir que en la variable apariencia, el rango más alto de diferencia se encuentra entre las medias de **M<sub>1</sub>** cerveza con lúpulo con el valor más bajo de aceptación por parte de los encuestados y **M<sub>3</sub>** cerveza con 4g de cada hierba aromática, obteniendo el resultado más alto de la media en la aceptación sensorial.

## 3.3.2 Análisis de Aroma

Según los resultados de la **Tabla 10**, **M<sub>3</sub>** con una calificación promedio de  $4,1 \pm 0,9$  alcanzó el valor más alto en aroma, cerveza elaborada con 4g de cada hierba aromática, seguida de **M<sub>4</sub>**, y **M<sub>1</sub>** con calificación promedio de  $3,8 \pm 0,8$  y  $3,7 \pm 0,9$  respectivamente y **M<sub>2</sub>**, con una calificación promedio de  $3,6 \pm 0,8$ , es el valor más bajo, siendo la cerveza elaborada con 2g de cada hierba aromática, teniendo el valor más bajo de la media.

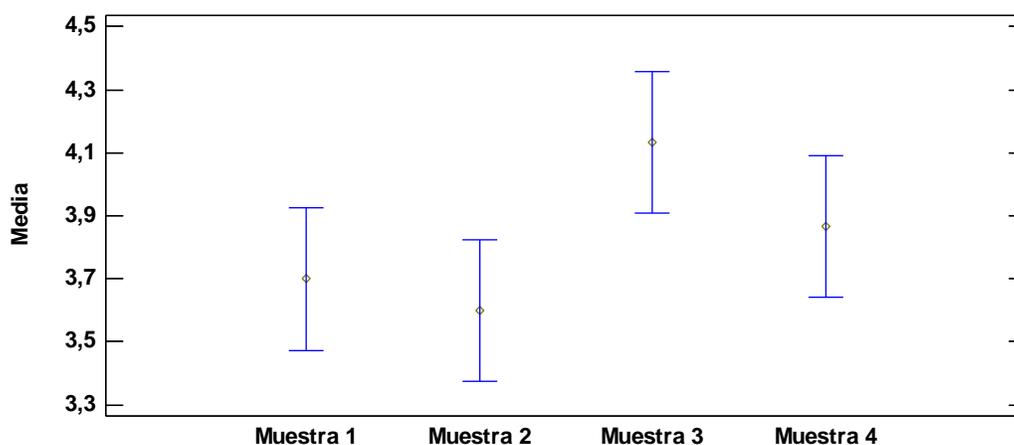
En la **Tabla 13** consta la prueba de múltiples rangos, para la variable aroma comparación entre muestras para determinar que medias son significativamente diferentes entre sí. El asterisco “\*” significa una diferencia significativa entre muestras.

*Tabla 13. Prueba de múltiples rangos en la variable aroma.*

Contraste	Señal	Diferencia	+/- Limites
M <sub>1</sub> -M <sub>2</sub>		0,1	0,45
M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>		-0,43	0,45
M <sub>1</sub> -M <sub>4</sub>		-0,16	0,45
M <sub>2</sub> -M <sub>3</sub>	*	-0,53	0,45
M <sub>2</sub> -M <sub>4</sub>		-0,26	0,45
M <sub>3</sub> -M <sub>4</sub>		0,26	0,45

*Fuente: (Autor).*

En la **Figura 9** se muestra el método empleado para discriminar entre las medias, es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para la variable aroma.



*Figura 9. Media y 95% de Fisher LSD del aroma.*

*Fuente: (Autor).*

Con la prueba de múltiples rangos, para los tratamientos se obtiene que **M<sub>2</sub>** cerveza con 2g de cada hierba aromática y **M<sub>3</sub>** cerveza con 4g de cada hierba aromática, son las muestras con diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Ya que como se observa en la **Figura 9** las barras no se pueden solapar, al intentar sobreponer una sobre otra, con un riesgo del 5,0%.

Esto quiere decir que en la variable aroma, el rango más alto de diferencia se encuentra entre las medias de **M<sub>2</sub>** cerveza con 2g de cada hierba aromática, con el valor más bajo de aceptación por parte de los encuestados y **M<sub>3</sub>** cerveza con 4g de cada hierba aromática, obtuvo la calificación más alta de la media por ende de aceptación sensorial.

### 3.3.3 Análisis del Sabor

Según los resultados de la **Tabla 10**, **M<sub>3</sub>** con una calificación promedio de  $3,8 \pm 1,2$  alcanzó el valor más alto en sabor, cerveza con 4g de cada hierba aromática, seguida de **M<sub>4</sub>**, con calificación promedio  $3,5 \pm 1,0$  por ultimo **M<sub>1</sub>** y **M<sub>2</sub>**, con la misma calificación promedio de  $3,4 \pm 0,9$  son los valor más bajos, cerveza con lúpulo y 2g de cada hierba aromática respectivamente.

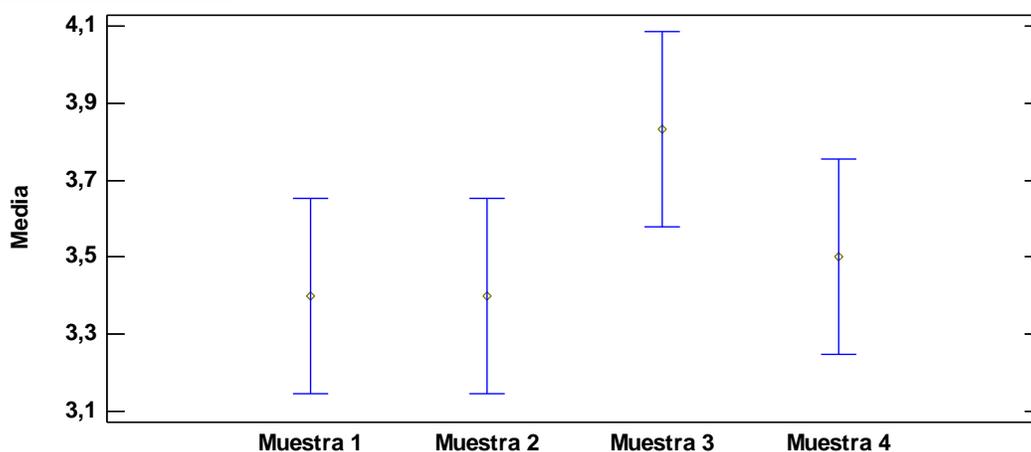
En la **Tabla 14** consta la prueba de múltiples rangos, para la variable sabor es la comparación entre muestras para determinar que medias son significativamente diferentes entre sí. Si se coloca el asterisco “ \* ” significa una diferencia significativa entre muestras

*Tabla 14. Prueba de múltiples rangos en la variable sabor.*

Contraste	Señal	Diferencia	+/- Limites
<b>M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub></b>		0	0,507
<b>M<sub>1</sub>-M<sub>3</sub></b>		-0,43	0,507
<b>M<sub>1</sub>-M<sub>4</sub></b>		-0,1	0,507
<b>M<sub>2</sub>-M<sub>3</sub></b>		-0,43	0,507
<b>M<sub>2</sub>-M<sub>4</sub></b>		-0,1	0,507
<b>M<sub>3</sub>-M<sub>4</sub></b>		0,33	0,507

*Fuente: (Autor).*

En la **Figura 10** se muestra el método empleado para discriminar entre las medias, es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para la variable sabor.



*Figura 10. Media y 95% de Fisher LSD del sabor.*

*Fuente: (Autor).*

Con la prueba de múltiples rangos, se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. Ya que como se observa en la **Figura 10** las barras al sobreponer una sobre otra, se pueden solapar. **M<sub>3</sub>** con 4g de cada hierba aromática es la barra con menor solapamiento y tiene la media más alta; con un riesgo del 5,0%.

### 3.3.4 Análisis de Amargor

Según los resultados de la **Tabla 10**, **M<sub>3</sub>** con una calificación promedio de  $3,7 \pm 0,9$  alcanzo el valor más alto en amargor, cerveza con 4g de cada hierba aromática, seguida de **M<sub>1</sub>**, con calificación promedio de  $3,3 \pm 1,1$  por último **M<sub>2</sub>** y **M<sub>4</sub>**, con una calificación promedio de  $3,2 \pm 1,2$  y  $3,2 \pm 1,1$  respectivamente son los valor más bajos, cerveza con 2g y 6g de cada hierba aromática respectivamente.

En la **Tabla 15** consta la prueba de múltiples rangos, comparación entre muestras para determinar que medias son significativamente diferentes entre sí. Si se coloca el asterisco “\*” significa una diferencia significativa entre muestras.

Tabla 15. Prueba de múltiples rangos en la variable amargor.

Contraste	Señal	Diferencia	+/- Limites
M <sub>1</sub> -M <sub>2</sub>		0,06	0,55
M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>		-0,36	0,55
M <sub>1</sub> -M <sub>4</sub>		0,1	0,55
M <sub>2</sub> -M <sub>3</sub>		-0,43	0,55
M <sub>2</sub> -M <sub>4</sub>		0,03	0,55
M <sub>3</sub> -M <sub>4</sub>		0,46	0,55

Fuente: (Autor).

En la **Figura 11** método empleado para discriminar entre las medias, para la variable amargor es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

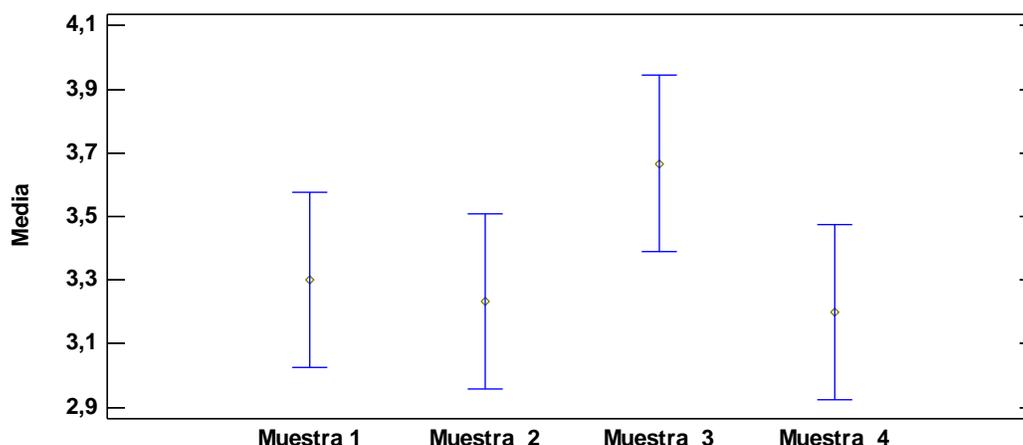


Figura 11. Media y 95% de Fisher LSD del amargor.

Fuente: (Autor).

Con la prueba de múltiples rangos, se obtuvo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras para la variable amargor. Ya que como se observa en la **Figura 11** las barras al sobreponer una sobre otra, se pueden solapar. **M<sub>3</sub>** con 4g de cada hierba aromática es la barra con menor solapamiento y tiene la media más alta; con un riesgo del 5,0%.

También en las encuestas se obtuvo algunos comentarios sobre el amargor, donde se explicaba por parte de los encuestados, que sentía una cerveza de menor amargor lo cual la hacía ser más atractiva para el paladar y ser de su preferencia en vez de una cerveza estándar con lúpulo. Según (Norte & Juan, 2017) en su investigación sobre el uso de alcachofa en sustitución del

lúpulo en la cerveza, género un descenso del amargor, pero esto generó una muy buena aceptación sensorial.

Entonces al finalizar el análisis global de los resultados, en las propiedades organolépticas en las variables de apariencia, aroma, sabor y amargor con la prueba de múltiples rangos por el método de Fisher, se encontró diferencias estadísticamente significativas en las variables de apariencia y aroma siendo para la primera entre las  $M_1$  (cerveza estándar con lúpulo) y  $M_3$  (cerveza con 4g de cada hierba aromática), y en la segunda variable entre  $M_2$  (cerveza con 2g de cada hierba aromática) y  $M_3$  (cerveza con 4g de cada hierba aromática) en los dos parámetros  $M_3$  tiene la media más alta, siendo esta la de mayor aceptación sensorial además como se muestra en la **Tabla 10**,  $M_3$  (cerveza con 4g de cada hierba aromática) es la muestra con la media de valor numérico más alto en todas las variables. Por lo cual se puede decir que es la muestra de mayor aceptación sensorial.

Existen evidencias de investigaciones del uso de otras hierbas en reemplazo al lúpulo que llegaron a tener buena aceptación sensorial. Como es el estudio de (Hayward et al., 2019) el realizó una cerveza con diente de león y obtuvo gran aceptación sensorial y una percepción de sabores más dulces y cítricos, que al usar el lúpulo. Asimismo (Naula & Rivera, 2019) documentaron el uso de plantas como el Ishipingo, que mostró similitudes con el lúpulo en la cerveza en el análisis organoléptico, además de aromas más dulces.

Igualmente los resultados de (Schuina et al., 2019) en su evaluación pueden hacer cerveza usando carqueja (planta medicinal) como sustituto del lúpulo, dando como resultado un producto de excelente calidad, con satisfactorias características fisicoquímicas y buena aceptación sensorial.

Por lo tanto el uso de hierbas para sustituir al lúpulo, es una opción bastante viable, obteniendo cervezas de muy buena calidad en cuanto a su aceptación sensorial.

### 3.3.5 Valor monetario y aceptación sensorial.

En la encuesta (Anexo 4) realizada se planteó la pregunta de que muestra fue de preferencia y el valor monetario que se le daría, los resultados se muestran en las gráficas circulares **Figura 12** y **Figura 13** respectivamente.

En la gráfica circular **Figura 12** se muestra el resultado, de preferencia que recibió cada cerveza elaborada según el número de encuestados.

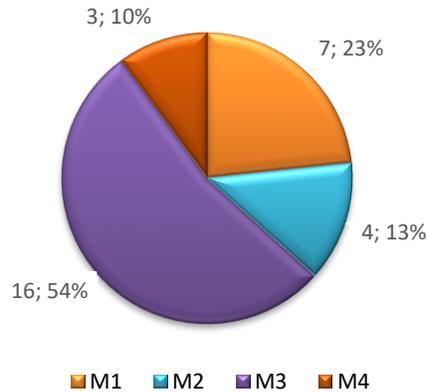


Figura 12. Preferencia de las muestras de cerveza.

Fuente: (Autor).

En las encuestas aplicadas según la **Figura 12** los catadores especificaron que **M<sub>3</sub>** con 4 g de cada hierba aromática elaborada, es la muestra de mayor agrado para su paladar, tuvo una aceptación por 16 participantes un 54%, seguido de **M<sub>1</sub>** cerveza con lúpulo con un número de 7 encuestados es el 23%, asimismo **M<sub>2</sub>** cerveza con 2g de cada hierba aromática 4 encuestados con un 13% y **M<sub>4</sub>** cerveza con 6g de cada hierba aromática con 3 encuestados con el 10%.

Por lo tanto queda concluido que según la catación realizada a los encuestados la cerveza de mayor aceptación sensorial fue **M<sub>3</sub>** elaborada con 4 g de cada hierba aromática.

En la gráfica circular **Figura 13** se muestra el resultado, del valor monetario que se le daría cada cerveza elaborada, según los encuestados.

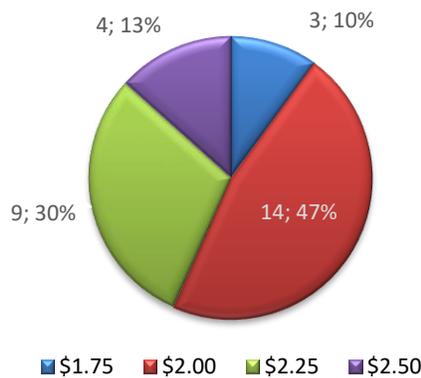


Figura 13. Valor monetario de la cerveza.

Fuente: (Autor).

Según las encuestas todos los participantes manifestaron, que si deseaban adquirir la cerveza; y de acuerdo a la **Figura 13** el valor monetario de mayor puntuación fue de \$2.00, con 14 participantes, siendo un 54%; seguido por \$2.25 con 9 participantes con un 30%. Lo cual son valores aceptables, puesto que en promedio son los costos que se encuentra en el mercado.

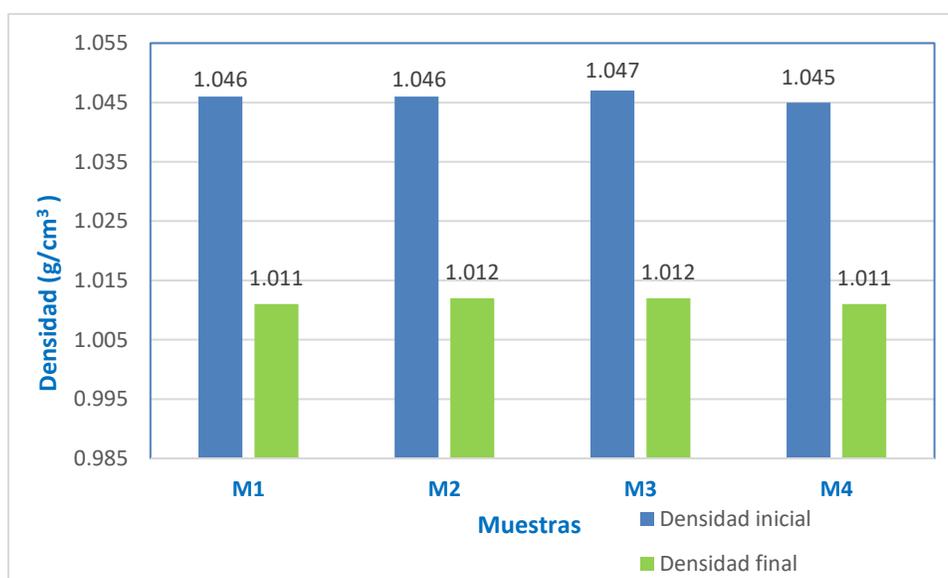
### 3.4 Propiedades físico-químicas

Después de haber realizado los diferentes análisis físico-químicos de cada tratamiento de cerveza artesanal se obtuvieron los siguientes resultados.

- **Propiedades en el proceso de elaboración.**

#### 3.4.1 Densidad

En la gráfica de barras **Figura 14** se muestra las densidades iniciales y finales, de la cerveza estándar con lúpulo y los tratamientos de cerveza con hierbas aromáticas.



**Figura 14.** Gráfica obtenida de la densidad inicial y densidad final de las cuatro muestras

*Fuente: (Autor).*

Como se observa en la gráfica de barras (**Figura 14**) los valores de las densidades iniciales y densidades finales, entre **M<sub>1</sub>** siendo el blanco **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, **M<sub>4</sub>** para los tres tratamientos con hierbas aromáticas no se obtienen cambios.

En la normativa NTE INEN 2262:2013, no se tienen valores en esta propiedad, por lo que la ficha del kit cervecero es la guía “La orden de la Cerveza” 2022 (Anexo 7) para una estilo de cerveza

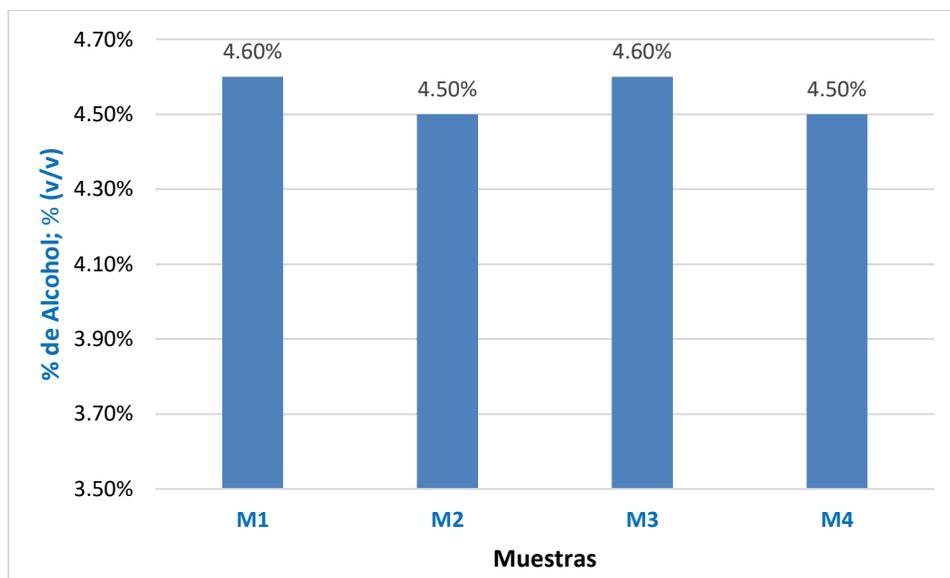
English Pale Ale la densidad se establece entre 1,046 g/cm<sup>3</sup> para la densidad inicial y 1,011 g/cm<sup>3</sup> para la densidad final. Entonces los valores obtenidos en todas las muestras se encuentran dentro de los rangos establecidos.

En base a los resultados obtenidos, y según (Suárez, 2013), la densidad es la cantidad de azúcar disuelta en un volumen de líquido. Por lo tanto, para la preparación de cerveza, se hacen a partir de almidones de la malta, los mismos son consumidos por la levadura para transformar el mosto en cerveza.

Por consiguiente, la densidad no se ve alterada, con el uso de hierbas aromáticas, ya que esta propiedad indica la cantidad de azúcares provenientes de la malta; y al elaborar cada cerveza se utilizó la misma malta, tanto para el uso lúpulo, como con hierbas aromáticas. Por lo tanto, debido a que se empleó la misma malta y en la misma cantidad en todos los tratamientos de cerveza, la densidad no se altera con el uso de hierbas aromáticas.

### 3.4.2 Contenido de Alcohol

En la gráfica de barras **Figura 15** se muestra el contenido de alcohol, de la cerveza estándar con lúpulo y los tratamientos de cerveza con hierbas aromáticas.



**Figura 15.** Gráfica obtenida del porcentaje de alcohol de las cuatro muestras.

Fuente: Autor.

Como se observa en la gráfica de barras (**Figura 15**) los valores del contenido de alcohol para **M<sub>1</sub>** siendo el blanco **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, **M<sub>4</sub>** los tres tratamientos con hierbas aromáticas, no hay cambios en sus resultados.

Los resultados obtenidos se justifican, de acuerdo a que como (Suárez, 2013) afirma que cuanto mayor es la densidad, mayor alcohol tendrá la cerveza y cuando menos denso sea, el contenido alcohólico será menor. Entonces el contenido alcohol tiene una relación directa con la densidad, por lo tanto como se observa en la gráfica de barras **Figura 14**, los valores obtenidos, en las densidades son muy similares entre las cuatro cervezas; siendo así se esperó obtener la misma relación, proporcionalmente al contenido de alcohol en cada muestra. Además (Schuinaa et al., 2020) en la elaboración de cerveza sustituyendo al lúpulo por Pau-tenente (planta medicinal) el contenido de alcohol, tampoco difirió significativamente entre las muestras analizadas.

Los valores establecidos por la normativa NTE INEN 2262:2013, del contenido de alcohol tienen un valor mínimo de 1,0 y un valor máximo de 10,0. Por lo que todos los tratamientos en estudio se encuentran dentro de la normativa. Por ende tienen un estándar de calidad apto para el consumo humano.

Entonces de acuerdo a todo lo mencionado anteriormente, la cerveza al ser elaborada con hierbas aromáticas no se ve afectada en su contenido de alcohol.

### 3.4.3 Carbonatación

La carbonatación se obtuvo mediante tablas (Anexo 5) a temperatura de 3°C y presión de 8 PSI, el valor es de 2,24 volúmenes de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>); entonces la cantidad de dióxido de carbono presente en la cerveza es equivalente a 2,24 litros de CO<sub>2</sub> en un litro de cerveza.

Los valores establecidos por la normativa NTE INEN 2262:2013, en la propiedad de carbonatación tienen un rango con un valor mínimo de 2,2 y un valor máximo de 3,5. Por lo tanto los datos obtenidos de esta propiedad, están dentro de la normativa. De modo que tienen un estándar de calidad para el consumo humano.

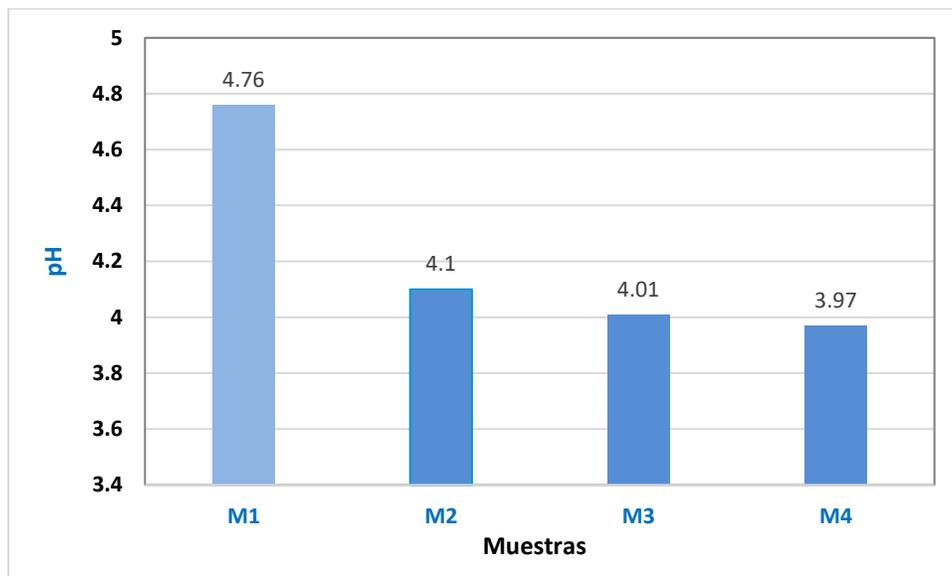
Asimismo se comparó de acuerdo al estilo de cerveza, como afirma (Oddone, 2022) cada tipo de cerveza existe un nivel de dióxido de carbono disuelto recomendado, en una Pale Ale son las de menos carbonatación con valores entre 1,7 - 2,3. Entonces según el estilo se obtuvo un valor de 2,24 muy cercano al sugerido.

Al ser una carbonatación forzada, el valor de esta propiedad no varía, por lo tanto son los mismos valores, en una cerveza estándar con lúpulo, como en los tratamientos de cerveza con hierbas aromáticas.

- **Propiedades medidas en el producto terminado.**

#### 3.4.4 pH

En la **Figura 16** se muestra la variación del pH en una cerveza estándar con lúpulo y los tratamientos de cerveza con hierbas aromáticas.



*Figura 16. Gráfica obtenida del pH de las cuatro muestras.*

*Fuente: (Autor).*

Según la gráfica de barras **Figura 16** se observa los cambios en el pH, para **M<sub>1</sub>** cerveza con lúpulo es de 4,76 un valor elevado en relación con los tres tratamientos con hierbas aromáticas **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, **M<sub>4</sub>** con valores de 4,1, 4,01 y 3,97 respectivamente. Y estas últimas tienen la tendencia a bajar mientras mayor es la concentración de hierbas aromáticas.

En investigaciones usando lúpulo junto con plantas aromáticas, se mencionó que el pH de la cerveza artesanal bajó, esto se debió a la producción de ácidos orgánicos como ácido láctico, propiónico y pirúvico (Suárez, 2013).

Los valores establecidos por la normativa NTE INEN 2262:2013, del pH deben tener un valor mínimo de 3,5 y un valor máximo de 4,8. Por lo tanto los datos obtenidos en la medición de esta

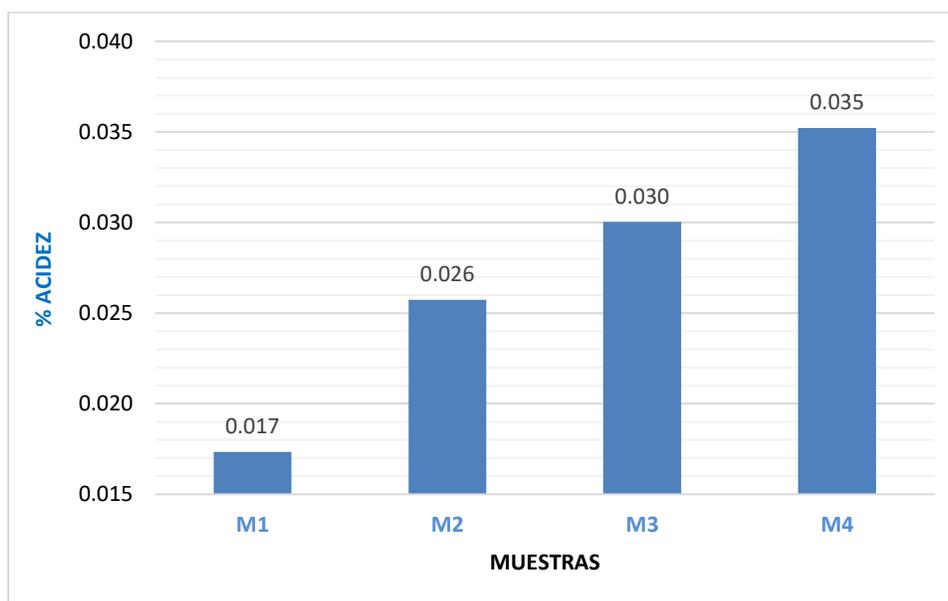
propiedad en cada tratamiento, están dentro de la normativa, Entonces al usar hierbas aromáticas en una cerveza artesanal, cumplen con el estándar de calidad para el consumo.

Dentro de los parámetros de calidad también mencionan (Tirado & Zalazar, 2018) que los valores de pH menores a 3,5 produce acidez y valores mayores de 4,8 provoca la activación de microorganismos. Por lo tanto según los valores de pH obtenidos la cerveza está libre de agentes que causen alteraciones en su sabor.

Entonces el pH de la cerveza de acuerdo a los resultados y análisis realizados, se evidencia variación de esta propiedad en relación de una cerveza con el lúpulo y usando hierbas aromáticas.

### 3.4.5 Acidez Total

En la gráfica de líneas **Figura 17** se muestra la variación de la acidez en una cerveza estándar con lúpulo y los tratamientos de cerveza con hierbas aromáticas.



**Figura 17.** Gráfica obtenida de la acidez en las cuatro muestras.

*Fuente: Autor.*

En el gráfico de barras **Figura 17** se observa la acidez expresada como % de ácido láctico, para **M<sub>1</sub>** cerveza estándar con lúpulo posee el valor más bajo de 0,017, en relación a los tratamientos con hierbas aromáticas **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, las cuales tienen una tendencia a subir al aumentar la concentración de hierbas aromáticas.

De acuerdo con la norma NTE INEN 2262:2013, la acidez total, expresada en ácido láctico (%m/m), establece, el valor máximo de 0,3%. Por lo tanto, los resultados obtenidos al medir esta propiedad en cada tratamiento están por debajo de este valor, lo cual está de acuerdo con la normativa.

Los resultados obtenidos se justifican, ya que la acidez está relacionado directamente con el pH (Á. P. Fuentes & Fuentes, 2014). Entonces como se observa en la gráfica de barras (**Figura 16**) del pH, la concentración de las muestras de hierbas aromáticas tienden a bajar cuando mayor es la concentración de las mismas, por lo tanto los valores obtenidos del % de acidez tienen a aumentar proporcionalmente al pH.

En la **Tabla 16** se detalló los resultados de las propiedades físico-químicas de color y turbiedad de cada tratamiento de cerveza artesanal. Siendo **M<sub>1</sub>** cerveza artesanal estándar con lúpulo, y **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, **M<sub>4</sub>** los tres tratamientos de cerveza con las hierbas aromáticas

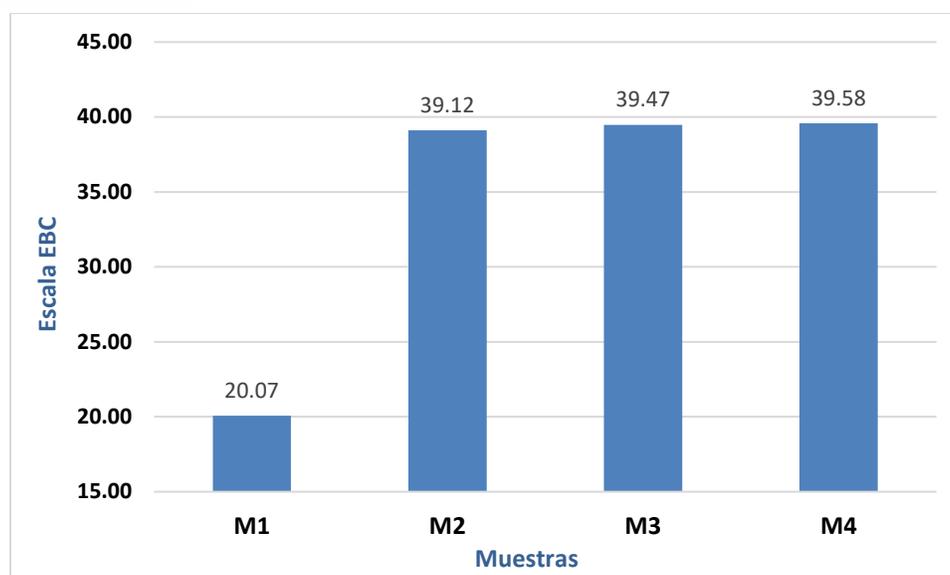
**Tabla 16.** Resultados de los análisis físico-químicos de Turbiedad y Color.

	Color	
	EBC	NTU
<b>M<sub>1</sub> (Estándar)</b>	20,07	61,6
<b>M<sub>2</sub> (2g)</b>	39,11	58,4
<b>M<sub>3</sub> (4g)</b>	39,47	77,8
<b>M<sub>4</sub> (6g)</b>	39,58	86,6

*Fuente:(Autor).*

### 3.4.6 Color.

En la gráfica de líneas **Figura 18** se muestra la variación del color en una cerveza estándar con lúpulo y los tratamientos de cerveza con hierbas aromáticas.



*Figura 18. Gráfica obtenida del color en escala EBC de las cuatro muestras.*

*Fuente: Autor.*

En el gráfico de barras (**Figura 18**) se observa los cambios en la variable color donde **M<sub>1</sub>** cerveza estándar con lúpulo es el valor más bajo con 20,07 en relación a los tratamientos con hierbas aromáticas **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, **M<sub>4</sub>** las cuales tienden tener una tendencia mínima a subir al aumentar la concentración de hierbas aromáticas.

De acuerdo al color se determina el estilo de cerveza artesanal que se elabora entonces con los valores obtenidos y de acuerdo a la escala de color EBC (Anexo 6) (Cerveceros, 2017), **M<sub>1</sub>** cerveza estándar con lúpulo es un estilo de cerveza artesanal Pale Ale roja, y **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, **M<sub>4</sub>**, cerveza con hierbas aromáticas es un estilo de cerveza artesanal Brown Ale roja. Esto se debe a que todos los elementos que se agregan a una cerveza influyen en su color. En esta propiedad tiene mayor influencia las maltas, más tostadas oscurecerán el color notablemente. Mientras que si se añade algún ingrediente especial, es probable que el color de la cerveza se distorsione los tonos al observarlo en la escala EBC (Cerveceros, 2020) por ende este es el factor por el cual se obtiene cervezas de un color más intenso al usar hierbas aromáticas.

Asimismo, **M<sub>1</sub>** cerveza con lúpulo difieren con **M<sub>2</sub>**, **M<sub>3</sub>**, **M<sub>4</sub>** cerveza con hierbas, en casi doble, pero en la **Figura 19** como se observa no es posible apreciar visualmente esta diferencia, simplemente se puede considerar, un estilo de cerveza roja en las cuatro muestras.



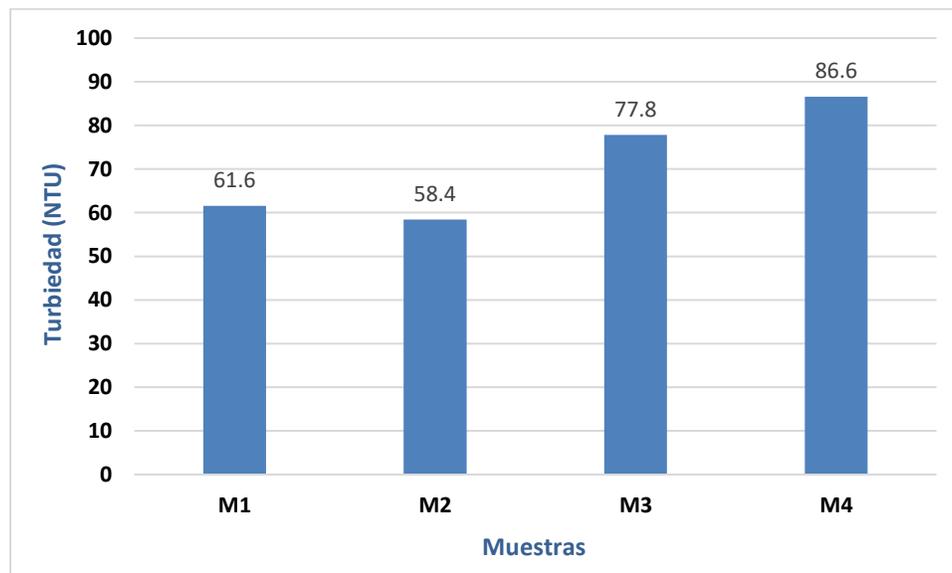
**Figura 19.** Observación del color de las cuatro muestras.

*Fuente: Autor.*

Entonces existen cambios en el color al usar hierbas aromáticas en una cerveza artesanal, en contraste con una cerveza estándar con lúpulo en la medición de esta propiedad, pero visualmente se observa el mismo resultado.

### 3.4.7 Turbiedad

En la gráfica de barras **Figura 20** se muestra la variación de la turbidez en una cerveza estándar con lúpulo y los tratamientos de cerveza con hierbas aromáticas.



**Figura 20.** Gráfica obtenida de la Turbidez para las cuatro muestras.

*Fuente: (Autor).*

En la gráfica de barras **Figura 20** se puede observar que **M<sub>1</sub>** cerveza con lúpulo tiene un valor de 61,6 NTU, independiente y **M<sub>2</sub> M<sub>3</sub> M<sub>4</sub>**, cerveza con hierbas aromáticas tienen una tendencia a crecer aumentar la concentración de hierbas aromáticas en la cerveza artesanal.

(Suárez, 2013) se refiere al hecho de que la turbidez en la cerveza es debido a la formación de complejos entre las proteínas y los polifenoles formadores de taninos, evidenciados por las partículas coloidales suspendidas. Por lo tanto la manzanilla al tener fenoles y polisacáridos generan un valor de turbidez mucho más alto, en **M<sub>4</sub>** cerveza 6g de cada hierba aromática. Por lo tanto existe influencia de la turbiedad en la cerveza con el uso de hierbas aromáticas.

### 3.5 Análisis microbiológico

La **Tabla 17** corresponde al resultado del análisis microbiológico (Anexo 6), realizado a la muestra tres.

*Tabla 17. Resultado del análisis microbiológico.*

	REQUISITO	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
<b>M<sub>3</sub>(4g)</b>	Mohos y Levaduras	NTE INEN 1529-10	UPC/cm <sup>3</sup>	10 ≤

*Fuente: (Autor).*

El valor establecidos por la normativa NTE INEN 2262:2013, de UPC/cm<sup>3</sup> de cerveza pasteurizada debe tener un valor máximo, menor a 10. Por lo tanto el valor obtenido es menor igual a 10, esto garantiza la inocuidad de la cerveza artesanal. Es decir es una cerveza apta para el consumo humano.

### 3.6 Evaluación del costo de hierbas aromáticas y del lúpulo

La **Tabla 18** corresponde a la comparación del costo requerido para la obtención de un volumen de cerveza artesanal de 4,5L utilizando hierbas aromáticas y el lúpulo.

Tabla 18. Comparación de los costos de materia prima.

Insumo	Cantidad	Valor unitario	Costo (\$)	
			M <sub>1</sub> (Blanco)	M <sub>3</sub> (4g)
Agua "Pure Water"	8L	0,26	2,08	2,08
Malta Pale Ale	900g	2,13	2,40	2,40
Malta Crystal	100g	2,27	0,28	0,28
Lúpulo Cascade	5g	0,05	0,25	0,00
Lúpulo East Kent Golding	10g	0,07	0,70	0,00
Cedrón	4g	0,0027	0,00	0,01
Hierba Luisa	4g	0,0027	0,00	0,01
Manzanilla	4g	0,0027	0,00	0,01
Levadura Safale Us-05	3g	0,44	1,32	1,32
Clarificante	1g	0,08	0,16	0,16
<b>Total</b>			<b>\$7,19</b>	<b>\$6,27</b>
			<b>\$7,19 - \$6,27 = \$0,92</b>	

*Fuente: (Autor).*

Al usar hierbas aromáticas en la obtención de 4,5L (volumen final promedio obtenido en la elaboración de cada tratamiento) en cerveza artesanal, se generó un ahorro de \$0,92. Por lo tanto en un litro el beneficio es de \$0,204. En una escala más grande de unos 1000L el beneficio es de \$204,00.

Se recalca también que el bajo costo de las hierbas en comparación con el lúpulo, es debido a que este último recién cosechado posee un 80% de agua, para evitar enmohecer requiere un proceso de secado con temperaturas controladas, después necesita ser comprimido en pellets y por último debe ser transportado en empaques aislados en condiciones de refrigeración (Kunze, 2006) para ser comercializado, todo este proceso que sufre el lúpulo hasta llegar a su destino para ser usado, con lleva un costo por ende un valor alto para adquirirlo.

## Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

Después de haber finalizado esta investigación sobre el "Estudio del reemplazo del lúpulo (*Humulus Lupulus*) mediante hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale" se concluye que:

Al realizar una revisión bibliográfica detallada para la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale reemplazando el lúpulo se eligió estas tres hierbas: Manzanilla, Cedrón y Hierba Luisa. La Manzanilla fue seleccionada para dar la característica de amargor, porque posee un principio amargo (ácido anthémico), también es antibacterial y anti fúngico por sus compuestos fenólicos. El Cedrón fue seleccionada para dar la característica del sabor por sus aceites esenciales como el citral, limoneno, linalol, cineol, terpineol, cariofileno, geraniol, verbenona, ácido tánico, timol, pinocembrina. Y la Hierba Luisa fue seleccionada para dar la característica del aroma por sus aceites esenciales limoneno, citral, geraniol, geranial, verbenona, aldehído y cetonas, mirceno, linalol, neral. En la obtención del producto final se obtuvo un rendimiento del 56,16% y un total de 13 botellas en presentación de 330ml por cada tratamiento.

En la evaluación sensorial, se valoró la apariencia, aroma, sabor y amargor. Donde en el análisis estadístico no presentaron diferencia estadísticamente significativa para la media entre ninguna de estas propiedades, lo que implica que el uso de hierbas aromáticas no influye en las cuatro propiedades. Esto quiere decir que organolépticamente tiene las mismas propiedades que una cerveza estándar y se puede reemplazar al lúpulo con estas hierbas aromáticas y tener una cerveza con sabor y aroma muy agradables. Además, según la media obtenida en el análisis estadístico  $M_3$  con 4g de manzanilla, 4g de cedrón y 4g de hierba luisa, obtuvo el valor el más alto de medias; asimismo la combinación de hierbas más agradable en apariencia, aroma, sabor y amargor, ya que fue la muestra señalada con el mayor número de preferencia por los participantes en las encuestas, por lo tanto es la muestra es la de mayor aceptación sensorial, y con mejores propiedades organolépticas para los consumidores.

Las propiedades físico-químicos de las cervezas elaboradas con hierbas aromáticas según los resultados obtenidos son aptas para el consumo humano según los requisitos establecidos por la norma técnica ecuatoriana, NTE INEN 2262:2013 para bebidas alcohólicas. Las propiedades como densidad, contenido de alcohol y carbonatación no se ven alteradas en la elaboración; con el uso de hierbas aromáticas a diferencia del pH, acidez, color y turbiedad tienden a variar con la concentración de hierbas aromáticas en su medición. El pH disminuye y el % de acidez aumenta a medida que se incrementa la concentración de hierbas aromáticas. Se obtienen un color mayor según su estilo de cerveza y la turbidez también tiende a aumentar cuando se aumenta la cantidad de hierbas aromáticas agregas en la cerveza artesanal. Y por último el análisis microbiológico realizado obtuvo un valor menor dentro de las especificaciones de estándares de calidad, establecidos por la normativa NTE INEN 2262:2013, garantiza la inocuidad de la cerveza artesanal, es decir apta para el consumo humano.

El costo por cerveza de 330ml de acuerdo a las encuestas fue de \$2.00 el cual es un valor competitivo en relación a lo que se puede encontrar en el mercado de cerveza artesanal. Además dentro del análisis de costos específicamente dentro de la materia prima se obtuvo una estimación menor usando hierbas aromáticas que al usar el lúpulo. Todo esto se debe a que es mucho más fácil y económico obtener hierbas aromáticas, que el lúpulo.

### Recomendaciones

Después de haber realizado el “Estudio del reemplazo del lúpulo (*Humulus Lupulus*) mediante hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale” se recomienda:

Experimentar combinaciones de mezclas de hierbas aromáticas cedrón, hierba luisa y manzanilla. A partir de la metodología establecida, es decir plantear nuevos niveles de concentración realizando variaciones en función de la propiedad organoléptica que se desee potenciar, ya que con las concentraciones obtenidas se obtuvo una buena aceptación sensorial.

En cuanto al análisis sensorial se evaluó con personas que consumían cerveza, pero para tener una mejor efectividad, se podría realizar con catadores entrenados que conozcan una gran variedad de cervezas. Ya que al cambiar algunos ingredientes los cambios podrían ser mejor identificados por catadores entrenados y poder tener sugerencia para impulsar la propiedades organolépticas de la cerveza.

### Bibliografía

Agnew, M. D. (2008). *Yeast and Other Fermentation Agents*.

<https://www.aperfectpint.net/Fermentation%20Agents.pdf>

Alarcón Restrepo, J. J. (2011). *Plantas aromáticas y medicinales Enfermedades de importancia y sus usos terapéuticos. Medidas para la temporada invernal*. Camilo Ernesto Vásquez González.

<https://www.ica.gov.co/getattachment/2c392587-f422-4ff5-a86f-d80352f0aa11/Plantas-aromaticas-y-medicinales-Enfermedades-de.aspx>

Albán, Y. G., & Caiza, C. A. (2020). *Evaluación de la incorporación de aguamiel de agave (*Agave americana* L.) y plantas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal*. [B.S. thesis]. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).

- Anibal, G. (2009). Interés Farmacobotánico de las "Manzanillas": principios activos, sustituyentes y estado taxonómico. *Acta ~ annacéutica Bonaerense*, 1(1), 49-52.
- Arukipa, V. (2010). *Manzanilla Triptico* | PDF | Plantas medicinales | Plantas.  
<https://es.scribd.com/document/383700229/Manzanilla-Triptico>
- Bhuvanewari, E., & Anandharamakrishnan, C. (2014). Heat transfer analysis of pasteurization of bottled beer in a tunnel pasteurizer using computational fluid dynamics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.03.004>
- Briggs, D. E., & Boulton, C. A. (2004). The chemistry of hop constituents. En *Brewing* (pp. 255-305). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781855739062.255>
- Brown, C. M., Campbell, I., & Priest, F. G. (2018). *Introducción a la Biotecnología*. Acribia.
- Brush Jara, D. A. (2019). *Estudio de factibilidad para la creación de la microempresa elaboradora de cerveza artesanal de sorgo la serrana sa en Guayaquil* [B.S. thesis]. Guayaquil: ULVR, 2019.
- Caira Caira, J., & Ramos Quispe, I. P. (2017). *Elaboración, caracterización y aceptabilidad de cerveza artesanal, utilizando la coca (Erythoxylum coca) como sustituto del lúpulo*.
- Calvillo, E. (2018). *Cerveza Artesanal*. 32.
- Cárdenas Villenas, G. E. (2009). *Optimización del proceso de secado de la manzanilla (matricaria chamonilla) y del toronjil (Melissa officinalis) con la Unión de Comunidades Indígenas y Campesinas de Juan Montalvo (UCICJUM)* [B.S. thesis]. QUITO/EPN/2009.
- Castorena-García, J., Juárez-Pérez, V., Cano-Hernández, M., Santiago-Santiago, V., & López-Mejía, O. (2020). Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar. *Conciencia Tecnológica*, 60.
- Cayambe, C. A., & Trujillo, L. G. (2021). *Elaboración de cerveza artesanal con sustitución parcial de cebada por banano (Musa Acuminata) y propuesta de aplicación en bebidas alcohólicas y no alcohólicas ecuatorianas* [B.S. thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.

- Cedeño Briones, G. J., & Mendoza Alonzo, J. A. (2016). *Evaluación fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa como adjunto y especies* [B.S. thesis]. Calceta: ESPAM.
- Cerna Castro, R. A. (2019, agosto 27). *Revista especializada en procesos industriales—Virtual Pro*. VirtualPro.co. <https://www.virtualpro.co/revista/cerveza/27>
- Cervecerero. (2020, julio 1). ¿Qué es la escala EBC en la cerveza? *Hacer Cerveza Artesanal*. <https://hacercervezaartesanal.com/escala-ebc-cerveza/>
- Cervecerero, L. M. del. (2017, abril 13). Carbonatar la cerveza en botella. *La Maltería del Cervecerero*. <https://www.lamalteriadelcervecero.es/carbonatar-la-cerveza-en-botella/>
- Coba, G. (2021, octubre 2). El número de marcas de cerveza artesanal crece un 20% en Ecuador. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/marcas-cerveza-artesanal-crecimiento-ecuador/>
- Com. (2022). *Carbonatacion-Forzada*. <https://capacitacioneselmolino.com/wp-content/uploads/2022/08/Carbonatacion-Forzada.pdf>
- Curay Lara, B. J. (2020). *Estudio de factibilidad para la implementación de una planta productora de cerveza artesanal con encapsulados de enterogermina® (Bacillus clausii), en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi* [B.S. thesis]. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Davis, P. (2006). *Aromaterapia de la A a la Z*. EDAF.
- Denby, C. M., Li, R. A., Vu, V. T., Costello, Z., Lin, W., Chan, L. J. G., Williams, J., Donaldson, B., Bamforth, C. W., Petzold, C. J., Scheller, H. V., Martin, H. G., & Keasling, J. D. (2018). Industrial brewing yeast engineered for the production of primary flavor determinants in hopped beer. *Nature Communications*, 9(1), 965. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03293-x>
- Domínguez, M. (2007). Guía para la evaluación sensorial de alimentos. *Instituto de Investigación Nutricional—IIN Consultora-AgroSalud*, 2-45.

Dromo. (2022, febrero 14). *Calcular rendimiento del equipo para hacer cerveza* [2023 ].

<https://cervezodromo.es/calculos-cerveceros/rendimiento-equipo-cerveza/>

Ferreya, L. (2014a). *Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales.*

Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <https://drive.google.com>.

Ferreya, L. (2014b). *Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales. Trabajo de Titulación.*

Fuentes, Á. P., & Fuentes, E. K. (2014). *Obtención de cerveza artesanal tipo Ale oscura utilizando un equipo biorreactor de nivel piloto.* [B.S. thesis].

Fuentes, T. (2015, agosto 26). > Historia de la Manzanilla y Beneficios. *Ecoherbes.*

<https://www.ecoherbes.com/es/historia-de-la-manzanilla/>

Galarza, A. E. (2018). *Elaboración de cerveza Amber Ale de alta fermentación saborizada y aromatizada con frutas y plantas aromáticas ecuatorianas* [B.S. thesis]. Quito: UCE.

Gonzales, J. (2020, marzo 13). ¿Cómo medir el alcohol en la cerveza? *Home Brew Crafter.*

<https://homebrewcrafter.com/como-medir-el-alcohol-en-la-cerveza/>

González, M. (2017). *Principios de Elaboración de las Cervezas Artesanales.* Lulu. com.

Guerberoff, G., Marchesino, M. A., Lopez, P. L., & Olmedo, R. H. (2020). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación. *Nexo agropecuario*, 8(1), 52-59.

Hach. (2017). *Medición de la turbidez total, permanente y fría de la cerveza.* <https://www.hach.com › asset-get.download.jsa>

Hayward, L., Wedel, A., & McSweeney, M. B. (2019). Acceptability of beer produced with dandelion, nettle, and sage. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 18, 100180.

<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100180>

Hough, J. S. (2000). *Biotechnología de la cerveza y de la malta*.

Hurtado, S. L. B. (2018). *Aplicación de hierbas aromáticas a cervezas artesanales para el desarrollo de recetas con*.

*Importbrew*. (2022).

[http://importbrew.datil.market/?fbclid=IwAR2EdngMYWa\\_Xc551amMpdsysgDel0tjBhZL7s\\_uyJ-2ATo-C9cS0PwqVKE](http://importbrew.datil.market/?fbclid=IwAR2EdngMYWa_Xc551amMpdsysgDel0tjBhZL7s_uyJ-2ATo-C9cS0PwqVKE)

Iturralde, E. (2022). *English Pale Ale—La Orden De La Cerveza*.

<https://laordendelacerveza.com/product/english-pale-ale/>

Jmgav. (2014, julio 15). La importancia de la química del agua en la elaboración de una buena cerveza.

*TRIPLENLACE*. <https://triplenlace.com/2014/07/15/la-importancia-de-la-quimica-del-agua-en-la-elaboracion-de-una-buena-cerveza/>

Kunze, W. (2006). *Tecnología para cerveceros y malteros* (Vol. 7). VLB Berlin Berlin.

Lira, F. (2021, septiembre 24). Tabla ANOVA en Excel: Cómo crearla e interpretarla. *Ninja Excel*.

<https://www.ninjaexcel.com/formulas-y-funciones-de-excel/tabla-anova/>

Loja, M. (2020). *Elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale utilizando almidón de achira (Canna indica), como reemplazo parcial de malta*. Recuperado el.

Machado, J. C., Faria, M. A., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2019). Hops: New Perspectives for an Old Beer Ingredient. En *Natural Beverages* (pp. 267-301). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816689-5.00010-9>

Mazza, A. (2022, abril 10). *La cerveza artesanal sube como la espuma en Cuenca—Diario El Mercurio* [El Mercurio]. <https://elmercurio.com.ec/2022/04/10/la-cerveza-artesanal-sube-como-la-espuma-en-cuenca/>

Medina, M. A. (2013). *Caracterización de cervezas de malta de maíz y de cebada basadas en su perfil sensorial, compuestos volátiles y capacidad antioxidante*.

- Minitab. (2022). *Uso de comparaciones múltiples para evaluar las diferencias en las medias de grupo* [Mtbtopic]. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/using-multiple-comparisons-to-assess-differences-in-means/>
- Montseny, C. del. (2015, diciembre 24). Las 7 diferencias entre la cerveza artesana y la industrial | Cerveza Artesana, Cerveza del Montseny. *Cervesa del Montseny - Cervesa Artesana*. <https://cervesamontseny.cat/es/las-7-diferencias-entre-la-cerveza-artesana-y-la-industrial/>
- Muñoz López de Bustamante, F. (2002). *Plantas medicinales y aromáticas: Estudio, cultivo y procesado*. Mundi-prensa.
- Naula, I. X., & Rivera, M. A. (2019). *Elaboración de cerveza artesanal con sustitución de lúpulo con plantas endémicas del Ecuador* [B.S. thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.
- Norte, V., & Juan, J. (2017). *Proceso de elaboración de cerveza enriquecida con alcachofa*.
- Nte Inen 2262. (2013). *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos*. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2262-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf)
- Oddone, S. (2022). *Carbonatación de Cerveza*. Editorial Autores de Argentina.
- Okafor, N., & Okeke, B. C. (2017). *Modern Industrial Microbiology and Biotechnology, Second Edition*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b22421>
- Ramírez, A., & Viveros, J. M. (2021). Brewing with *Cannabis sativa* vs. *Humulus lupulus*: A review. *Journal of the Institute of Brewing*, 127(3), 201-209. <https://doi.org/10.1002/jib.654>
- Ramos Tejada, S. de los Á. (2014). *Efecto antiinflamatorio tópico del extracto etanólico de *Aloysia triphylla* (Cedrón), en animales de experimentación*.

- Reinoso, M. (2022, agosto 27). *Las cervezas artesanales siguen creciendo en el Ecuador*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/cervezas-artesanales-siguen-creciendo-en-ecuador.html>
- Rodríguez, H. A. R. (2005). *Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecera Kunstmann S.A.*
- Rubio, M. (2004). Cultivo, industrialización y comercialización de la manzanilla (*Matricaria recutita* L.). *An SAIPA*, 9, 154-174.
- Sanz, C. A. (2019, septiembre 21). EBC, el sistema que nos ayuda a establecer el color de la cerveza. *Loopulo*. <https://loopulo.com/conocer/ebc-el-color-de-la-cerveza/>
- Schuina, G. L., Quelhas, J. O. F., Carvalho, G. B. M., & Del Bianchi, V. L. (2019). Use of carqueja (*Baccharis trimera* (Less.) DC. Asteraceae) as a total substitute for hops in the production of lager beer. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14730>
- Schuina, G. L., Quelhas, J. O. F., Castilhos, M. B. M. de, Carvalho, G. B. M. de, & Del Bianchi, V. L. (2020). Alternative production of craft lager beers using artichoke (*Cynara scolymus* L.) as a hops substitute. *Food Science and Technology*, 40(1), 157-161. <https://doi.org/10.1590/fst.35318>
- Schuina, G. L., Solis-Méndez, A., Molina-Quintero, M., Quelhas, J. O., Oliveiraa, M. D., & Del Bianchi, V. L. (2020). Application of Pau-tenente (*Quassia amara* L.) as Hop Replacement in Brazilian Low-bitter Beer. *Chemical Engineering*, 79.
- Soto Ortiz, R., Vega Marrero, G., & Tamajón Navarro, A. L. (2002). Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (caña santa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 7(2), 0-0.
- Suárez, M. (2013). *Cerveza: Componentes y propiedades*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Tirado, J. W., & Zalazar, G. M. (2018). *Banano (cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad físicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal* [B.S. thesis]. Calceta: ESPAM MFL.

Trujillo, D., Guijarro, C. P., & Quevedo, K. E. A. (2018). Concentración Económica en el Mercado

Cerveceros Ecuatorianos. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(25), 67-78.

Valverde, A. (2020). *Manual de análisis para el control de calidad de la cerveza en los laboratorios del*

*Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.*

Vara-Delgado, A., Sosa-González, R., Alayón-Recio, C. S., Ayala-Sotolongo, N., Moreno-Capote, G., &

Alayón-Recio, V. del C. (2019). Uso de la manzanilla en el tratamiento de las enfermedades

periodontales. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 23(3), 403-414.

Vélez-Gómez, J. M., Veloza, L. Á., & Sepúlveda, J. C. (2020). Plantas Medicinales. *Biotecnología y sus*

*aplicaciones en el sector salud*, 347.

Villate, J. E. (2006). *Tratamiento Estadístico de Análisis Sensoriales.*

Yubero, I. D. (2015). Cerveza. *Distribución y consumo*, 25(138), 45-55.

## Anexos

**Anexo A.** Factura de la compra en línea de materia prima y algunos materiales (kit cervecero, termómetro de cinta adhesiva y densímetro)

El pedido #5136 se realizó el 28 julio, 2022 y está actualmente Cancelado.

**Detalles del pedido**

Producto	Total
English Pale Ale × 1	\$18.00
Termómetro de cinta adhesiva LCD -Fermómetro × 3	\$12.00
Densímetro para cerveza y vino con escala de corrección × 1	\$18.00
<b>Subtotal:</b>	<b>\$48.00</b>
<b>Envío:</b>	<b>\$3.50</b> vía Precio Envío
<b>Método de pago:</b>	<b>Paymentez</b>
<b>Total:</b>	<b>\$51.50</b> (incluye \$5.14 Impuesto)

*Figura 21. Factura de compra de insumos he instrumentos.*

**Anexo B.** Facturas de compra de materia prima y algunos materiales (kit cervecero, termómetro de cinta adhesiva).



**COMERCIAL EL SUR S A**  
**1191756521001**  
 INARA 224-152 AV DE LOS FALTAS Y ATAHUAL  
 0979346409  
**LOJA**  
 4300000466 - DL362622 - T1  
**VISA**

TARJETA : 477044 XXXXXX X049                    V:XX/XX  
 LOTE# : 220801                                    REF : 9  
 ADQUIRIENTE:                                    PACIFICARD  
 FECHA : 01/08/2022                            HORA : 17:02:16

APROBACIÓN#: 249700

BASE CONSUMO TARIFA 12% :	US\$	\$ 26,19
BASE CONSUMO TARIFA 0% :	US\$	\$ 0,00
SUBTOTAL CONSUMOS :	US\$	\$ 26,19
IVA 12% :	US\$	\$ 3,14
<b>VR. TOTAL :</b>	<b>US\$</b>	<b>\$ 29,33</b>

**CAPTURA ELECTRONICA**  
**\* DATAFAST \***

DEBO Y PAGARE AL EMISOR INCONDICIONALMENTE Y SIN PROTESTO EL TOTAL DE ESTE PAGARE MAS LOS INTERESES Y CARGOS POR SERVICIO, EN CASO DE MORA PAGARE LA TASA MAXIMA AUTORIZADA PARA EL EMISOR.  
 DECLARO QUE EL PRODUCTO DE LA TRANSACCION NO SERA UTILIZADO EN ACTIVIDADES DE LAVADO DE ACTIVOS. FINANCIAMIENTOS DEL TERRORISMO Y OTROS DELITOS

NOMBRE: Sandra Rojas

X-----000000626-----

EL ESTABLECIMIENTO VERIFICA QUE LA FIRMA DEL CLIENTE ES AUTENTICA

*Figura 22. Factura de compra de insumos he instrumentos.*

**Anexo C.** Facturas de compra de instrumentos (Airlock, llenador de botella, tapas de botella).



**Importbrew**  
Equipos para cerveza artesanal

Importbrew  
Ochoa Guaraca Mario Esteban  
RUC 0104306642001  
Calle Vieja 8-40 y Armenillas  
Cuenca, Azuay  
mario.esteban.ochoa@gmail.com  
No obligado a llevar contabilidad

PAGADO

**Factura 001-002-000000178**  
Agosto 29, 2022

Autorización  
N° 2908202201010430664200120010020000001781106335717

Fecha: Ago. 30, 2022, 1:01 p.m.  
Ambiente: PRODUCCIÓN  
Clave de acceso:



2908202201010430664200120010020000001781106335717

---

**SANDRA ROJAS**  
CEDULA 0106534563  
rojassandra73@yahoo.es  
Calle Larga y Santa Teresa  
Tel. 0980842885

Forma de pago	Plazo	Monto
Sin utilización del sistema financiero	--	\$10.37

---

Cantidad	Código	Descripción	Precio unitario	Descuento	Total
1 und	AC067	Airlock de 3 piezas	\$2.94	\$0.00	\$2.94
100 und	IN003	Tapas de botella (Dorada)	\$0.022513	\$0.00	\$2.25
1 und	HMT011	Llenador de botellas tipo lapiz	\$4.07	\$0.00	\$4.07
Subtotal sin impuestos					\$9.26
Subtotal IVA 12%					\$9.26
Valor IVA 12%					\$1.11
Valor total					\$10.37

---

**Pagos**

Fecha de pago	Forma de pago	Notas	Monto
Ago. 29, 2022, 5:33 p.m.	Efectivo		\$10.37
<b>Total pagado</b>			<b>\$10.37</b>

**Figura 23.** Factura de compra de insumos he instrumentos.

Anexo D. Tabla de la composición y propiedades de las hierbas.

Tabla 19. Composición química y propiedades de cada hierba.

Hierba	Composición química	Propiedad
Lúpulo	<b>Compuestos amargos</b>	Amargor
	ácidos amargos $\alpha$ y $\beta$ .	
	<b>Aceites esenciales</b>	Sabor Aroma
	Monoterpeno, mirceno, sesquiterpenes, $\alpha$ -humuleno, $\beta$ -cariofileno, alcoholes, ácidos, cetonas, aldehídos Terpenos: linalol, farneseno, limoneno, pineno y geraniol	
Manzanilla	<b>Compuestos fenólicos</b>	Antioxidantes Antimicrobiológicas Estabilizadoras de espuma
	Flavonoides	
	<b>Compuesto amargo</b>	Amargor
Cedrón	principio amargo (ácido anthémico)	Amargor
	<b>Aceites esenciales</b>	
	Mirceno, 1,8-Cineol, Linalol, -Terpineol, Borneol, Pulegona, Ch-Azuleno, Cariofileno, Farneseno, Nerolidol, Oxido de Bisabolol, Farnesol	Antibacterial Antifúngica
	<b>Compuestos Fenólicos</b>	Antibacterial Antifúngica
Flavonoides, ácidos fenoles		
Hierba Luisa	<b>Aceites esenciales</b>	Sabor
	Citral, limoneno, linalol, cineol, terpineol, cariofileno, geraniol, verbenona, ácido tánico, timol, pinocembrina.	
Hierba Luisa	<b>Aceites esenciales</b>	Aroma
	Limoneno, citral, geraniol, geranial, verbenona, aldehído y cetonas, mirceno, linalol, neral	

Fuentes: (Machado et al., 2019), (T. Fuentes, 2015), (Rubio, 2004), (Anibal, 2009), (Cárdenas Villenas, 2009), (Vara-Delgado et al., 2019), (Alarcón Restrepo, 2011), (Davis, 2006), (Soto Ortiz et al., 2002), (Muñoz López de Bustamante, 2002).

Anexo E. Diagrama de procesos de la cerveza artesanal con hierbas aromáticas

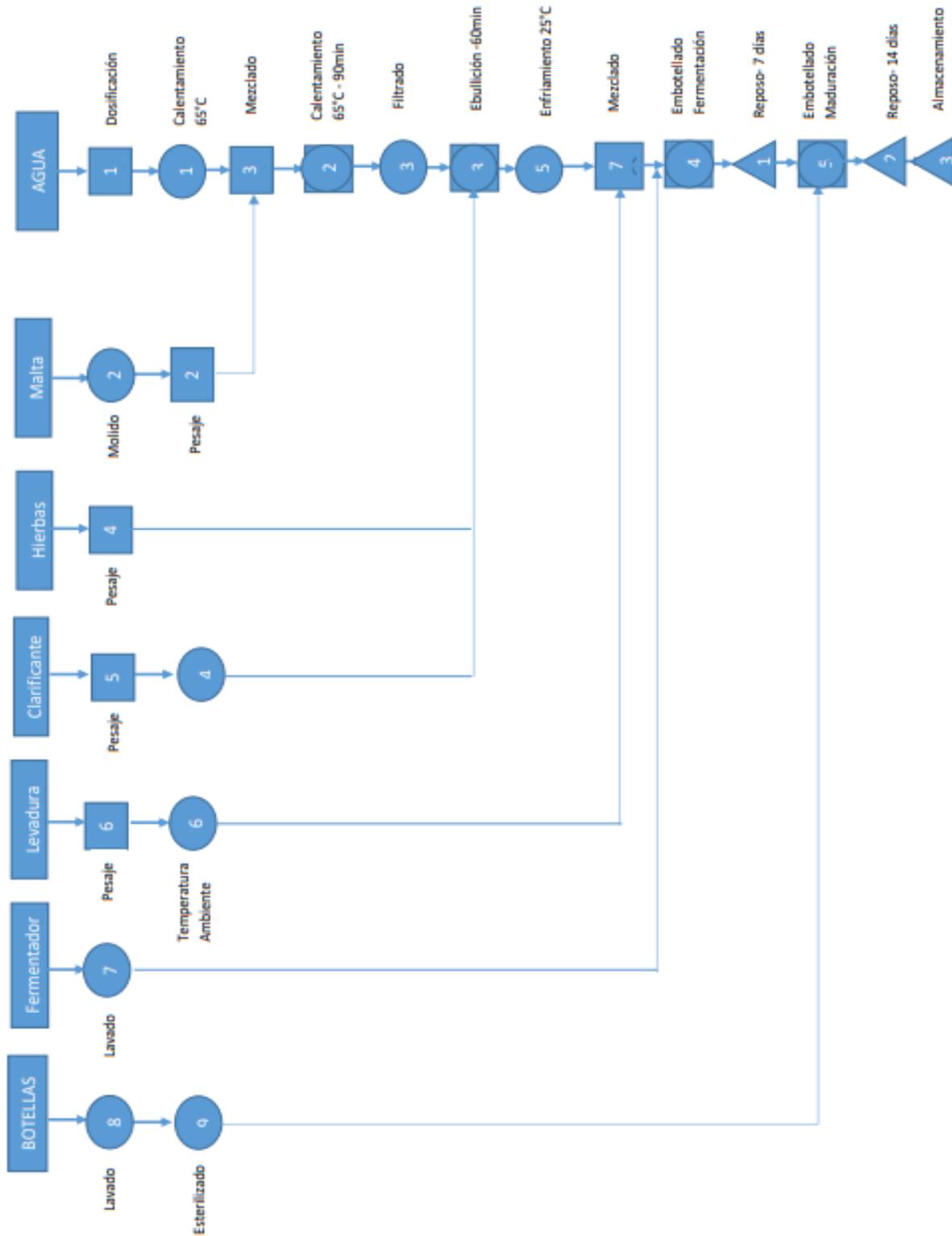


Figura 24. DPO de la cerveza artesanal con hierbas aromáticas.

Anexo F. Receta del kit cervecero.



## ENGLISH PALE ALE

**Grado**  
alcoholico 4.9%

\$14.99



**Categoría**

**CÓMPRALO  
AQUÍ**



Una English Pale Ale es un tipo de cerveza de origen inglés, de alta fermentación cuya característica principal, la que da nombre, es que se usa maltas pálidas para su elaboración.

(opcional ) cold crash, trasvasar a otro recipiente que funcione como madurador, y llevamos a refrigeración por 3 o 4 días.

Embotellado, agregar 6gr de azúcar por litro de cerveza, dejar al ambiente por 14 días.

### Ingredientes:

Maltas:

Pale Ale: 4500gr

Crystal : 500gr

Lúpulos:

Cascade: 20gr

East Kent Golding: 40gr

Levadura S-05: 11.5gr

Carragenina: 10gr

Densidad inicial: 1.046

Densidad final: 1.011

Grado alcohólico: 4.9%

### Receta:

Malta molida o triturada

Maceración a 65° por 90 minutos

Cocción por 60 minutos a 74°

3 adiciones de lúpulo

Cascade 20 gr al minuto 0

East Kent Golding 20 gr 45 minutos

East Kent Golding 20 gr 60 minutos

Carragenina (Claricante 10 gr) 20 minutos antes de finalizar la cocción.

Primera fermentación 7 días.



Esta receta fue suministrada por La Orden de la Cerveza\*. No se garantiza que se obtenga un resultado adecuado, pues depende de las condiciones tecnológicas y la preparación de la misma.

**Anexo G.** Encuesta realizada para el análisis sensorial.

**UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA**



La siguiente encuesta tienen como objetivo conocer la aceptación de “Estudio del reemplazo lúpulo (humulu lupulus) mediante hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale”, dirigida a personas mayores de 18 años y que consuman cerveza artesanal. En la presente encuesta se evaluará las diferentes muestras realizadas.

EDAD: \_\_\_\_\_ GÉNERO: MASCULINO \_\_\_\_\_ FEMENINO \_\_\_\_\_ OTROS \_\_\_\_\_

**A continuación, probaran 4 muestras de cerveza artesanal para llenar la encuesta. Primero debe limpiar su paladar con agua antes y después de probar cada muestra, e ir llenando cada casillero marcando con una X según su criterio.**

**1. Apariencia.**

Criterio	Valoración	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Me agrada mucho	5				
Me agrada	4				
Me agrada poco	3				
No me agrada	2				
Me desagrada	1				

**2. Aroma.**

Criterio	Valoración	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Me agrada mucho	5				
Me agrada	4				
Me agrada poco	3				
No me agrada	2				
Me desagrada	1				

**3. Sabor.**

Criterio	Valoración	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Me agrada mucho	5				
Me agrada	4				
Me agrada poco	3				
No me agrada	2				
Me desagrada	1				

**4. Amargor.**

Criterio	Valoración	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Me agrada mucho	5				
Me agrada	4				
Me agrada poco	3				
No me agrada	2				
Me desagrada	1				

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA



5. ¿Qué muestra le gusta más?

M1	
M2	
M3	
M4	

6. ¿Compraría este producto?

Sí

No

7. De la muestra que más le gusta. ¿Cuál es el valor monetario que le daría a esta cerveza artesanal en una presentación de 330ml?

- \$1.75
- \$2.00
- \$2.25
- \$2.50

8. Sugerencias:

.....  
.....  
.....

iiiGRACIAS POR SU TIEMPOiii

**Anexo H.** Tabla de presión vs temperatura para la carbonatación.

Temperatura		Presión (PSI)														
°F	°C	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
33	0,5	2,23	2,33	2,43	2,53	2,63	2,74	2,84	2,96	3,06	3,15	3,25				
34	1	2,18	2,28	2,38	2,48	2,58	2,69	2,79	2,9	3	3,09	3,19				
35	1,5	2,14	2,24	2,34	2,43	2,52	2,63	2,73	2,83	2,93	3,02	3,12	3,22			
36	2	2,09	2,19	2,29	2,38	2,47	2,57	2,67	2,77	2,86	2,96	3,05	3,15	3,24		
37	3	2,04	2,14	2,24	2,33	2,42	2,52	2,62	2,71	2,8	2,9	3,0	3,09	3,18	3,27	
38	3,5	2	2,1	2,2	2,29	2,38	2,48	2,57	2,66	2,75	2,85	2,94	3,03	3,12	3,21	
39	4	1,96	2,06	2,15	2,25	2,34	2,43	2,52	2,61	2,7	2,8	2,89	2,98	3,07	3,16	3,25
40	4,5	1,92	2,01	2,1	2,2	2,3	2,39	2,47	2,56	2,65	2,75	2,84	2,93	3,01	3,1	3,19
41	5	1,88	1,97	2,06	2,16	2,25	2,34	2,43	2,52	2,6	2,7	2,79	2,88	2,96	3,05	3,14

*Figura 25.* Tabla de volúmenes de CO<sub>2</sub> en función de la temperatura y presión en PSI.

*Fuente(Com, 2022).*

**Anexo I.** Escala de colores EBC

EBC	
Lager pálida	3,94 – 5,91
Weissbier	5,91 – 7,88
Witbier	7,88 – 9,85
Belgian Blond	11,82 – 17,73
Pale Ale	19,70 – 27,58
IPA	27,58 – 33,49
Mild	33,49 – 35,46
Brown ale	37,43 – 43,34
Black lager	43,34 – 59,10
Porter	59,10 – 68,95
Stout	68,95 – 78,80
Imperial Stout	>78,80



*Figura 26.* Escala en EBC para el color de la cerveza.

*Fuente:(Cervezero, 2020)*

Anexo J. Resultado del análisis microbiológico.

Página 1 de 1

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:**

Solicitado por: Srta. Sandra Rojas  
 Número de muestras: 1  
 Tipo de muestra: Cerveza Artesanal Pale Ale con hierbas aromáticas  
 Fecha de análisis: 05 al 12 de diciembre de 2022  
 Fecha de informe: 12 de diciembre de 2022  
 Muestra entregada en este laboratorio

Inspección de la muestra: Muestra en envase de vidrio, cantidad 330ml  
 Número de lote: No contiene

**INFORME DEL RESULTADOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Mohos y levaduras UPC/ cm <sup>3</sup>	10 ≤ UPC/cm <sup>3</sup>	NTE INEN 1 529-10

Valor del análisis: USD \$ 12,00  
 IVA 12% 1,44  
 Total a cancelar USD \$13.44  
 €

Bioquímico Analista

Anexo K. Etiqueta del panel principal y secundario.



Figura 27. Rotulado del panel principal de exhibición según la NTE INEN 1993:2016.

Fuente: (Autor).



Figura 28. Rotulado del panel secundario de exhibición según la NTE INEN 1993:2016

Fuente: (Autor).

## Anexo L. Evidencia fotográfica.

### Anexo 1. Elaboración de la cerveza

- **Materia prima y material utilizada.**



*Figura 29.* Clarificante Irish Moss y levadura US-05.



*Figura 30.* Malta Crystal y Malta Pale Ale.

- **Maceración:**



*Figura 31.* Calentamiento del agua



*Figura 32.* Prueba del Yodo.

- **Recirculado y lavado (Primera filtración):**



*Figura 33.* Lavado de los granos.



*Figura 34.* Recirculado de los granos.

- **Cocción:**



*Figura 35.* Cocción del mosto.



*Figura 36.* Adición de hierbas y clarificante.

- **Enfriamiento:**



*Figura 37.* Enfriamiento del mosto a 25°C.

- **Fermentación:**



*Figura 38.* Fase de adaptación en las primeras 24 horas.



*Figura 39.* Fase atenuante formación de Kreusen en la parte superior.

- **Clarificación:**



*Figura 40.* Enfriamiento por debajo de 10°C.



*Figura 41.* Sedimentos.

- **Carbonatación y embotellado:**



*Figura 42.* Equipos para carbonatación, barriles de acero inoxidable, tanque de CO<sub>2</sub> y llenador de botella.



*Figura 43.* Embotellado con la corchadora.

- **Pasteurización:**



*Figura 44.* Cálculo de la temperatura interna.

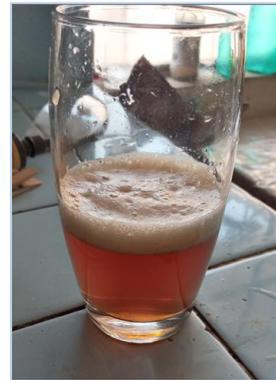


*Figura 45.* Pasteurización.

- **Almacenamiento:**

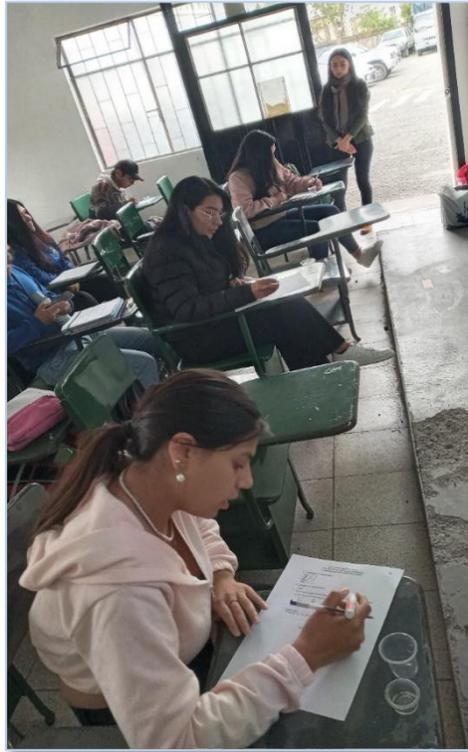


*Figura 46.* Cerveza terminada.



*Figura 47.* Un vaso de cerveza.

## Anexo 2. Encuestas del análisis sensorial



*Figura 48.* Catación por parte de los encuestados.



*Figura 49.* Catación por parte de los encuestados

## Anexo 3. Análisis físico-químico de las cervezas

- En la elaboración de la cerveza:

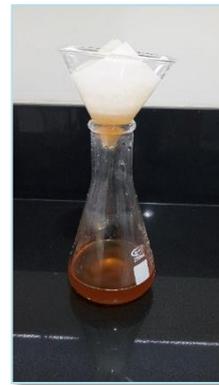


*Figura 50.* Medida de la densidad

- En el producto terminado.



*Figura 51.* Filtrado de la muestra



*Figura 52.* Eliminación de CO<sub>2</sub> por agitación magnética



*Figura 53.* Valoración de la muestra



*Figura 54.* Medición de muestras en el fotómetro



*Figura 55.* Enfriamiento de muestras para medir la Turbiedad.