



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“PRODUCCIÓN DE CERVEZA ESTILO INDIA PALE ALE CON
TRES CEPAS DE LEVADURAS *Saccharomyces cerevisiae*”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: NICOLE ESTEFANIA NARANJO OÑATE

DIRECTOR: Ing. BYRON LEONCIO DÍAZ MONROY, PhD

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Nicole Estefania Naranjo Oñate

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Nicole Estefania Naranjo Oñate, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

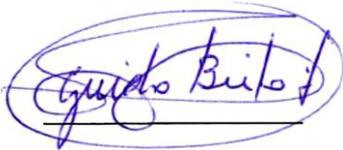
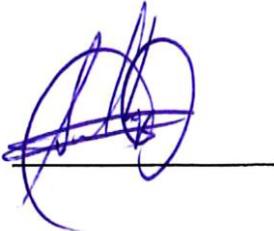
Riobamba, 12 de julio de 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Nicole Estefania Naranjo Oñate', written in a cursive style.

Nicole Estefania Naranjo Oñate
172375417-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, “**PRODUCCIÓN DE CERVEZA ESTILO INDIA PALE ALE CON TRES CEPAS DE LEVADURAS *Saccharomyces cerevisiae***”, realizado por la señorita: **NICOLE ESTEFANIA NARANJO OÑATE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Guido Gonzalo Brito Zuñiga PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-07-12
Ing. Byron Leoncio Díaz Monroy, PhD DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-07-12
BQF. Sandra Elizabeth López Sampedro, Mg ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-07-12

DEDICATORIA

La presente tesis le dedico a toda mi familia, principalmente a mi madre Gladis Oñate y mi padre Enrique Naranjo por apoyarme incondicionalmente con su cariño y protegerme a lo largo de mi etapa estudiantil en los momentos malos y menos malos, por inculcarme valores como la puntualidad, paciencia, responsabilidad, amor y respeto. A mi hermano Jhonathan por estar presente y brindarme su apoyo desde el principio hasta el final en mi formación académica y a mi hermana mayor Verónica por ser fuente de inspiración académica. A mi enamorado Abrahan por darme su apoyo en los momentos más estresantes a lo largo de la presente tesis y su amor incondicional. A mi compañera fiel de las noches de desvelo que no dejo que me sintiera sola y lleno mi vida de felicidad, Lunita.

Nicole

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermanos por ser pilar fundamental en mi etapa académica. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias y en especial a la carrera de Agroindustria por abrirme las puertas permitiendo mi formación académica. A mi director el Ing. Byron Leoncio Díaz Monroy, PhD y a mi asesora BQF. Sandra Elizabeth López Sampedro, Mg por guiarme en esta etapa y brindarme de su tiempo y sabiduría. Agradezco a la empresa Riobamba Brewing Company por darme la oportunidad de realizar mis prácticas y adquirir los conocimientos para emplearlos en el presente Trabajo de Integración Curricular.

Nicole

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Justificación	3
1.3.	Objetivos	3
1.3.1.	<i>Objetivo general</i>	3
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Cerveza.....	4
2.1.1.	<i>Historia</i>	4
2.1.2.	<i>Antecedentes en Ecuador</i>	4
2.1.3.	<i>Definición</i>	5
2.1.4.	<i>Diferencia entre cerveza artesanal e industrial</i>	5
2.2.	Materias primas principales.....	6
2.2.1.	<i>Malta</i>	6
2.2.2.	<i>Lúpulo</i>	6
2.2.3.	<i>Agua</i>	7
2.2.4.	<i>Clarificante Irish Moss</i>	7
2.2.5.	<i>Levadura</i>	8
2.2.5.1.	<i>Clasificación</i>	9
2.2.5.2.	<i>Usos</i>	9
2.2.5.3.	<i>Factores</i>	9
2.2.5.4.	<i>Ciclo de crecimiento</i>	10

2.2.5.4.1.	<i>Fase de latencia</i>	10
2.2.5.4.2.	<i>Fase exponencial</i>	10
2.2.5.4.3.	<i>Fase de deceleración</i>	10
2.2.5.4.4.	<i>Fase estacionaria</i>	11
2.2.5.5.	<i>Cepas de levaduras cerveceras</i>	11
2.2.5.6.	<i>Tipos de cepas cerveceras</i>	11
2.2.5.7.	<i>Propiedades de las cepas cerveceras</i>	12
2.3.	Fermentación	13
2.3.1.	Tipos de fermentación	14
2.3.1.1.	<i>Alta fermentación</i>	14
2.3.1.2.	<i>Baja fermentación</i>	14
2.4.	Elaboración de cerveza	14
2.4.1.	<i>Molienda</i>	14
2.4.2.	<i>Maceración</i>	14
2.4.3.	<i>Filtrado</i>	15
2.4.4.	<i>Cocción</i>	15
2.4.5.	<i>Fermentación</i>	16
2.4.7.	<i>Maduración y acondicionamiento</i>	17
2.5.	Cerveza tipo Ale	17
2.5.1.	<i>Cerveza estilo IPA</i>	17

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	19
3.1.	Localización y duración del experimento	19
3.2.	Unidades experimentales	19
3.3.	Materiales, equipos, reactivos y materia prima	19
3.3.1.	<i>Materiales</i>	19
3.3.2.	<i>Equipos</i>	20
3.3.3.	<i>Reactivos</i>	20
3.3.4.	<i>Materia Prima</i>	20
3.4.	Tratamientos y Diseño experimental	21
3.5.	Mediciones experimentales	22
3.5.1.	<i>Análisis fisicoquímico</i>	22
3.5.2.	<i>Análisis microbiológico</i>	22
3.5.3.	<i>Análisis organoléptico</i>	22
3.5.4.	<i>Análisis económico</i>	22

3.6.	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	22
3.7.	Procedimiento experimental	23
3.7.1.	<i>Recepción de la materia prima</i>	25
3.7.2.	<i>Pesaje</i>	25
3.7.3.	<i>Molienda</i>	25
3.7.4.	<i>Maceración</i>	25
3.7.5.	<i>Filtrado</i>	25
3.7.6.	<i>Cocción</i>	25
3.7.7.	<i>Enfriamiento</i>	26
3.7.8.	<i>Fermentación</i>	26
3.7.9.	<i>Maduración</i>	26
3.7.10.	<i>Carbonatación</i>	26
3.7.11.	<i>Embotellado</i>	26
3.8.	Metodología de evaluación	26
3.8.1.	<i>Preparación de la muestra</i>	26
3.8.2.	<i>Análisis fisicoquímicos</i>	27
3.8.2.1.	<i>Determinación de pH</i>	27
3.8.2.2.	<i>Determinación de acidez total</i>	27
3.8.2.3.	<i>Determinación de alcohol</i>	27
3.8.3.	<i>Análisis microbiológicos</i>	28
3.8.3.1.	<i>Recuento mohos y levaduras</i>	28
3.8.3.2.	<i>Recuento de aerobios mesófilos</i>	29
3.8.4.	<i>Análisis sensorial</i>	30
3.8.5.	<i>Análisis económico</i>	30

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	31
4.1.	Características fisicoquímicas	31
4.1.1.	<i>pH</i>	31
4.1.2.	<i>Acidez total (%)</i>	32
4.1.3.	<i>Contenido alcohólico (%)</i>	33
4.2.	Características microbiológicas	34
4.2.1.	<i>Mohos y levaduras (UPC/cm³)</i>	35
4.2.2.	<i>Aerobios mesófilos (UFC/cm³)</i>	36
4.3.	Características sensoriales	37
4.3.1.	<i>Color</i>	37

4.3.2.	<i>Aroma</i>	38
4.3.3.	<i>Sabor</i>	39
4.3.4.	<i>Apariencia</i>	40
4.3.5.	<i>Amargor</i>	40
4.4.	Análisis económico	41
4.4.1.	<i>Costos de producción (USD/L)</i>	41
4.4.2.	<i>Beneficio/Costo</i>	41

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1.	Conclusiones	43
5.2.	Recomendaciones	44

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Parámetros de calidad en la cebada	6
Tabla 2-2: Componentes relevantes en el lúpulo	7
Tabla 2-3: Clasificación de la levadura <i>Saccharomyces</i>	8
Tabla 2-4: Descripción general de K-97	11
Tabla 2-5: Descripción general de S-33.....	12
Tabla 2-6: Descripción general de S-04.....	12
Tabla 2-7: Características organolépticas de la cerveza IPA	18
Tabla 3-1: Esquema del Experimento.....	21
Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.....	22
Tabla 3-3: Formulación de la cerveza IPA con diferentes cepas de levaduras	23
Tabla 3-4: Escala de puntaje de la cerveza estilo IPA	30
Tabla 4-1: Características fisicoquímicas de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.....	31
Tabla 4-2: Características microbiológicas de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.....	34
Tabla 4-3: Análisis sensorial de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura. .	37
Tabla 4-4: Análisis económico de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Cepas cerveceras Ale.	12
Ilustración 2-2: Variación de aroma, sabor y amargor..	16
Ilustración 2-3: Sistema de carbonatación artesanal.	17
Ilustración 3-1: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la cerveza estilo Indian Pale Ale con tres cepas de levaduras <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	24
Ilustración 4-1: pH de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.	32
Ilustración 4-2: Acidez total de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura	33
Ilustración 4-3: Contenido alcohólico de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura	34
Ilustración 4-4: Presencia de mohos y levaduras de la cerveza IPA por efecto de levadura...	35
Ilustración 4-5: Presencia de aerobios mesófilos de la cerveza IPA por efecto de levadura...	36
Ilustración 4-6: Aceptabilidad del color en la cerveza IPA por efecto de los tipos levaduras ..	38
Ilustración 4-7: Aceptabilidad del aroma en la cerveza IPA por efecto de los tipos levadura ..	39
Ilustración 4-8: Aceptabilidad del sabor en la cerveza IPA por efecto de los tipos levaduras..	39
Ilustración 4-9: Aceptabilidad de la apariencia en la cerveza IPA por efecto de los tipos de levaduras	40
Ilustración 4-10: Aceptabilidad del amargor en la cerveza IPA por efecto de los tipos de levaduras	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ELABORACIÓN DE LA CERVEZA IPA CON DIFERENTES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA *Saccharomyces cerevisiae*.

ANEXO B: REQUISITOS DE LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA PARA CERVEZA

ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA CERVEZA IPA.

ANEXO D: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CERVEZA IPA.

ANEXO E: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL (PRUEBA DE ACEPTABILIDAD).

ANEXO F: ANÁLISIS SENSORIAL DE LA CERVEZA IPA.

ANEXO G: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE pH.

ANEXO H: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE ACIDEZ TOTAL.

ANEXO I: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE CONTENIDO ALCOHÓLICO.

ANEXO J: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS (UFC/ml).

ANEXO K: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE RECUENTO DE AEROBIOS MESÓFILOS (UFC/ml).

ANEXO L: RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE LA CERVEZA IPA

ANEXO M: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (COLOR)

ANEXO N: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (AROMA)

ANEXO O: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (SABOR)

ANEXO P: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (APARIENCIA)

ANEXO Q: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (AMARGOR)

RESUMEN

La producción de cerveza juega un papel significativo en el sector económico por la aceptación de los consumidores, con una amplia diversidad de cepas específicas para cada necesidad, creando nuevas ofertas para los consumidores, por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo producir cerveza estilo India Pale Ale (IPA) con tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (K-97, S-33 y S-04). Se realizó 3 tratamientos con 5 repeticiones aplicando un diseño completamente al azar, a través de las fórmulas empleadas para el estilo Inda Pale Ale, evaluándose características fisicoquímicas, características microbiológicas, así como sensoriales y económicas. En donde se determinó en las características fisicoquímicas que hubo diferencias significativas en los tratamientos, cumpliendo las tres cepas K-97, S-33 y S-04 con respecto al pH, acidez total, contenido alcohólico asemejándose a los requerimientos de la Norma INEN 2262. En el análisis microbiológico en cuanto al recuento de mohos y levaduras los resultados se reportaron que existen diferencias significativas por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y en el recuento de aerobios mesófilos no hay diferencias significativas. En el análisis sensorial se determinó color, aroma, sabor, apariencia y amargor, las cepas S-33 y S-04 obtuvieron mayor aceptación por parte de los panelistas con 4/5. En cuestión a lo económico los costos de producción fueron de \$6,05 por litro y beneficio/costo de \$1,32. En conclusión, la cepa de levadura que más se ajusta a las características específicas del estilo de cerveza IPA es la S-04 con su alto contenido de alcohol y amargor característico.

Palabras clave: <CERVEZA>, <INDIA PALE ALE>, <LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*)>, <CEPAS>, <AMARGOR>.

1028-DBRA-UPT-2024

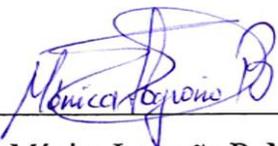
16-07-2024



ABSTRACT

Beer production plays a significant role in the economic sector due to consumer acceptance, with a wide diversity of strains specific to each need, creating new offerings for consumers. Therefore, this research aimed to produce India Pale Ale (IPA) beer using three *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains (K-97, S-33, and S-04). The methodology involved three treatments with five repetitions, applying a completely randomized design using formulas employed for the IPA style. The study evaluated physicochemical characteristics, microbiological characteristics, and sensory and economic aspects. The physicochemical analysis determined significant differences among the treatments, with all three strains (K-97, S-33, and S-04) meeting the requirements of the INEN 2262 standard concerning pH, total acidity, and alcohol content. The microbiological analysis revealed significant differences in the mold and yeast counts due to the different *Saccharomyces cerevisiae* strains, while no significant differences were observed in the mesophilic aerobic counts. The sensory analysis evaluated colour, aroma, flavour, appearance, and bitterness, with strains S-33 and S-04 receiving higher acceptance from the panellists, scoring 4/5. In the economic aspect, the production costs were \$6.05 per liter, with a benefit/cost ratio of \$1.32. Finally, the yeast strain that best fits the specific characteristics of the IPA beer style is S-04, due to its high alcohol content and characteristic bitterness.

Keywords: <BEER>, <INDIA PALE ALE>, <YEAST (*Saccharomyces Cerevisiae*)>, <STRAINS>, <BITTERNESS>.



Lic. Mónica Logroño B, Mgs.

0602749533

INTRODUCCIÓN

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es un microorganismo ampliamente utilizado que representa un grupo muy heterogéneo, con más de 1.500 especies de las cuales 300 tienen la capacidad fermentativa para la producción de alimentos fermentados, las levaduras se nutren de azúcares fermentables en el mosto produciendo alcohol etílico y CO₂. En la industria de bebidas alcohólicas dominan las levaduras del género *Saccharomyces* a causa de su poder fermentativo y su alta tolerancia al alcohol (Mesones, 2016, p. 18). Según (Palmer, 2017, p. 3) la fermentación alcohólica es el proceso de conversión de los azúcares de la malta donde la levadura lo convierte en etanol y dióxido de carbono.

La cerveza es una bebida alcohólica obtenida por la fermentación debido a la acción de levaduras, caracterizándose por un sabor amargo, que abarca aproximadamente un 90% de agua y una variada cantidad de especies con distintas propiedades que le confieren sus características sensoriales. Es uno de los productos más antiguos, que data aproximadamente del año 10.000 a.C. en Mesopotamia y Sumeria. Elaborado a partir de granos de cebada, fermentado y aromatizado con lúpulo, donde las características de los ingredientes repercuten en la calidad sensorial del producto final, caracterizándose por tener una elevada aceptación en el mercado, moviendo millones de dólares alrededor del mundo (Pérez, 2021, p. 2).

Siendo la más popular en la industria de bebidas alcohólicas, con un porcentaje del 55% después de otros licores. En Ecuador la industria cervecera nace en 1566, desde esos años ha crecido vigorosamente y hoy en día existen alrededor de 250 cervecerías artesanales registradas, sin embargo 98 están activas, cuyo principal consumo es en restaurantes, bares y discotecas. La producción artesanal de cerveza es de 6 millones de litros de cerveza anual de los cuales representa 25,5 millones de dólares, ayudando al crecimiento económico, teniendo aún un extenso mercado por explorar, donde el consumo promedio per cápita en Ecuador aumento a 39 litros por persona (Martínez, 2013, p. 9).

Nacido de la expansión comercial británica, el estilo de cerveza India Pale Ale se adaptó a las condiciones del viaje a la India por su mayor cantidad de lúpulo y alto contenido de alcohol, caracterizado por su especial amargor moderadamente fuerte gracias a una variedad de lúpulos, con un intenso aroma a lúpulo, florales, cítricos de color dorado ámbar rojizo y apariencia turbia (Strong *et al.*, 2011, p. 41).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La industria cervecera ha tomado tal importancia en el mundo, donde hasta el pueblo más pequeño se puede encontrar una cerveza autóctona. La producción de cerveza juega un papel significativo en el sector económico del Ecuador, a causa de la aceptación de los consumidores. La producción de cerveza en el mundo alcanza los 1900 millones de hectolitros teniendo a China posicionado en el primer lugar, siguiéndole Estados Unidos, Brasil y Alemania. La producción de cerveza artesanal en Ecuador ha alcanzado los 6,4 millones de litros al año, aumentando 36% contrastando con el año 2021, con un beneficio económico de \$25,5 millones (Trujillo et al., 2017, p. 2). Cervezas importadas como Heineken o Corona han ingresado al mercado de Ecuador, compitiendo con el líder cervecero del país que es Cervecería Nacional captando el 89% del mercado con sus marcas como Pilsener, Club y Dorada (Coba, 2023, p. 1).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es el microorganismo más empleado en el mundo de la cervecería, con una amplia variedad de cepas diferentes y específicas para cada necesidad, teniendo un continuo crecimiento en la industria, creando nuevas ofertas para los consumidores. Las levaduras son organismos eucariotas que obtienen energía a partir de glucosa, con una elevada capacidad fermentativa. Por esta razón, son de importancia en la industria cervecera por su rol primordial de fermentación generando etanol y dióxido de carbono, además, compuestos orgánicos que toman relevancia en el aroma y sabor de la cerveza. Además, la levadura tipo ale proporciona una capa superficial de espuma muy firme y espesa, originando una cerveza con buena persistencia en el paladar (Suárez et al., 2016, pp. 2-4). En base a lo mencionado, para la industria ecuatoriana “Brewing Company” en Riobamba, es importante evaluar la producción de cerveza tipo IPA a partir de las tres cepas para conocer cual da mejores parámetros más afines a las características que buscan en una cerveza. Se comparará la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (SafAle™ K-97) que se caracteriza por producir un sutil carácter de fermentación, frutal floral y equilibrado, con la capacidad de formar una espuma grande y firme. En cambio, la levadura (SafAle™ S-33) aporta una gran sensación en boca, siendo una cepa ideal para realzar expresiones afrutadas y lupuladas. Por otra parte, la levadura (SafAle™ S-04) produce notas frutales y florales equilibradas (Contreras, 2023, p. 1).

1.2. Justificación

La cerveza se ha posicionado en la actualidad como una de las principales bebidas consumidas en el mundo, además, es considerada la más popular después del té y el agua. Es un producto variado de diferentes características dependiente de parámetros como la materia prima, composición, proceso de elaboración. En la actualidad se la consume por varios motivos tanto en eventos sociales, familiares, por festejo de triunfos o fracasos.

El mercado en la industria cervecera es competitivo, por lo tanto, se volvió necesaria la innovación para crear nuevas tendencias con diferentes sabores y aromas. Se debe tomar en cuenta que para cada tipo de cerveza existe un tipo de levadura adecuada para su fermentación, además, de cumplir con las expectativas que desea cada empresa, teniendo en cuenta que a través de la historia se ha originado un importante consumo social. El consumo de cerveza puede ser beneficioso para la salud si se toma de forma moderada hasta tres vasos diarios.

El presente trabajo tiene como fin comparar diferentes cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de cerveza India Pale Ale para la empresa “Brewing Company” en Riobamba, Ecuador. Destacando los requisitos que debe cumplir y conociendo las características que brinda en el producto final cada cepa. Tomando en cuenta las transformaciones a lo largo del tiempo teniendo cada vez más mejoras para encontrar la mezcla perfecta que busca cada empresa tanto en sabor, apariencia y aromas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Producir cerveza estilo India Pale Ale (IPA) con tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (K-97, S-33 y S-04).

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de cervezas tipo IPA.
- Evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de la cerveza obtenida a base de las tres cepas de levadura.
- Determinar los costos de producción y su rentabilidad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cerveza

2.1.1. *Historia*

La cerveza es una bebida antigua la cual se elaboraba desde su origen a partir de trigo, los primeros en producirla fueron los sumerios, los cuales comercializaban a Egipto para manejar dolores de estómago y picaduras. Se disperso por Europa para ser servida en grandes celebraciones por las conquistas. En el siglo XI aparecieron pequeñas fabricas artesanales y en la edad media se fueron añadiendo diversos ingredientes hasta conseguir la calidad deseada, fueron los Monjes quienes lograron mejorar las características de la cerveza y fueron sustituyendo parcialmente la cebada por el trigo. En Alemania agregaron la destilación con marcas reconocidas hasta el día de hoy como belga Het Kapitell Pater y la irlandesa Guinness. Fue en el siglo XIX gracias a los hallazgos de Pasteur sobre la fermentación, que se le ha permitido crecer hasta la actualidad (Yubero, 2015, p. 3).

La cerveza fue empleada en ritos religiosos, así como funerarios, inicialmente las producciones eran obra exclusiva de mujeres, se fue expandiendo el comercio donde empezaron a participar hombres. Se encuentran escritos sobre cervezas rojas, negras y envejecidas destinadas a exportación para Egipto. Fue el imperio de Babilonia el que domino su técnica haciendo cambios significantes, aplicando el Código Hammurabi regularizando su elaboración, calidad, precios y consumo excesivo. Los egipcios empezaron a aprender de los sumerios y babilonios, cada ciudad tenía su peculiar elaboración, descubriendo que malteando la cebada resultaba de mejor calidad, retratada en el Museo Nacional El Cairo en una tabla (Yubero, 2015, p. 3).

2.1.2. *Antecedentes en Ecuador*

En la encuesta nacional de Ingresos y Gastos de Hogares indica que más de 900 000 ecuatorianos consumen alcohol y el 79,2% prefiere específicamente la cerveza. En los últimos años la cerveza artesanal ha tenido un boom siendo la novedad en Ecuador. Se fundó la primera cervecería de Ecuador conocida como “San Francisco” primera cerveza 100% ecuatoriana y en el año 1887 se fundó Cervecería Nacional. En cuestión a la cerveza artesanal en el año 2010 se empezó con la creación para el consumo propio, sin embargo, en 2013 se comenzó a comercializar, existiendo alrededor de 250 industrias artesanales según la Asociación de Cervecerías Artesanales (ASOCERV). En el año 2014 se comercializó 60000 litros mensuales de cerveza donde la mayoría

fueron ubicadas en Quito. Su contenido de alcohol puede ser entre 4 a 10%, sin embargo, puede llegar hasta un 30%. El más empleado no solo en Ecuador sino de manera mundial es el tipo “Lager” donde su fermentación es baja con un tiempo de 10 a 21 días, además, se utiliza el tipo “Ale” siendo de alta fermentación (Araujo, 2019, p. 21).

2.1.3. Definición

El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN 2262, 2013, p. 4) menciona que la cerveza es una bebida de moderado grado alcohólico, proveniente de un proceso fermentativo, con ayuda de levadura cervecera, en un mosto producido con agua de propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas adecuadas.

La cerveza es una bebida alcohólica elaborada con ingredientes como malta de cebada, lúpulo, agua y la levadura puede ser de fermentación baja o alta. También puede tener variaciones en la malta como el trigo o granos de cereales crudos. Además, de diversos cambios en su materia prima dependiendo la normativa permitida en cada país (Albarracín, 2020, p. 9).

Según (Simonazzi, 2009, p. 5) la cerveza es una fermentación obtenida por cereales que poseen almidón, mayormente por cebada malteada dándole sabor con ayuda del lúpulo, al contrario de Japón y Corea donde se lo elabora con arroz.

2.1.4. Diferencia entre cerveza artesanal e industrial

En cuestión a la materia prima fundamental se utilizan los mismos básicos (Cebada malteada, agua, lúpulo, levadura), sin embargo, existe diferencia en la cantidad que se aplica por cada litro de agua, por parte de la cerveza artesanal se utiliza una mayor cantidad de ingredientes, mientras que en la cerveza industrial se emplean aditivos y más cereales para brindar mayor cuerpo, pero disminuyendo su calidad, así mismo, emplean arrocillo para acortar costos. La cerveza artesanal sigue su particular receta y les da más prioridad a las propiedades organolépticas (Martínez, 2013, pp. 8-9).

La cerveza artesanal es considerada más sana comparada a la industrial esto por no contener productos químicos y más nutritiva al ser en base a la cebada, además, no es pasteurizada conservando sus características nutricionales. (Martínez, 2013, pp. 8-9).

Otra diferencia en las cervecerías industriales es su poca variedad debido a la producción de cantidades masivas de productos iguales, al contrario de los cerveceros artesanales los cuales tendrán una mayor libertad para experimentar. Uno de los principales obstáculos que tienen los cerveceros artesanales son los impuestos debido a la falta de producción de malta y lúpulo, están

presentes aranceles altos para su importación (Jaramillo, 2018, p. 50).

2.2. Materias primas principales

2.2.1. Malta

La malta consiste en un germinado controlado con el objetivo de obtener un complejo enzimático que se encarga de degradar el almidón a azúcares fermentables, los cuales utilizarán las levaduras para la obtención de etanol, además de que ablandan el grano ayudando a liberar azúcares. La más empleada es la cebada teniendo ventajas en cuanto a otros cereales, debido al control que se puede tener en el proceso de germinación y las características organolépticas que tendrá la cerveza (Albarracín, 2020, p. 9).

Son semillas de cereales que se germinan, la mayoría de la malta para cerveza se elabora a partir de semillas de cebada (*Hordeum vulgare*), se emplea el trigo para ciertos estilos, ocasionalmente se utiliza avena, centeno, sorgo, entre otros. Fuente de almidón y también proporciona enzimas para descomponer el almidón en azúcares que puedan fermentarse (Barth, 2013, p. 17).

Existen dos tipos de cebada: cebada cervecera y de dos carreras. El grano contiene tres partes, cáscara, germen y endospermo. Luego de realizar la cosecha, se limpian y secan hasta tener una humedad del 12%, después se guardan en un tiempo de seis semanas para la germinación. Durante tres días se produce el remojo a una temperatura de 15 °C donde los granos germinarán cuando la humedad llegue a un 35%. Cuando son adecuadas las condiciones el germen libera ácido giberélico las cuales activan las enzimas que van a degradar a las proteínas y al almidón a formas más sencillas de metabolizar (Suárez, 2013, p. 8).

Tabla 2-1: Parámetros de calidad en la cebada

Parámetros	%
Tamaño	>2,5 mm
Contenido de proteína cruda	<11,5%
Contenido de extracto	>80%
Vitalidad germinativa	>96%

Fuente: (Eblinger & Narzib, 2009, pp. 177-220)

2.2.2. Lúpulo

Las flores de lúpulo se utilizan para dar sabor a la cerveza, existe una variedad de lúpulos con nombres como “Cascade” todos dan amargor, pero cada una con un sabor diferente, se utiliza

algunas mezclas de variedades de lúpulo. Por sus propiedades antimicrobianas ayuda a la calidad y estabilidad de la cerveza, además, contribuye a la filtración del mosto, retención de la espuma. Para su uso existen diversas formas como en flores desecadas, trituradas y prensadas (Barth, 2013, p. 153).

Se secan las flores hasta que tengan un 10% de humedad y se almacenan a temperaturas muy bajas. Posee propiedades como el amargor que será equilibrado con el dulzor de la malta, los polifenoles reaccionan con las proteínas despreciables y las convierte en insolubles permitiendo su filtrado. Depende la clase de lúpulo y el tiempo que se agregue en el proceso pueden contribuir tanto en el sabor como aroma. Entre los componentes más importantes se encuentran las resinas, aceites esenciales, taninos o polifenoles. Las resinas contribuyendo al amargor, formación de espuma y conservación (Suárez, 2013, pp. 10-11).

Tabla 2-2: Componentes relevantes en el lúpulo

Compuesto	Composición en materia seca (%)
Aceites	0,6 – 2,8
Resinas	2,2 – 11,5
Proteína	13 – 22
Fibra	11 – 19
Polifenoles	4,5 – 16
Minerales	8 – 12
Lípidos y ceras	>3,4

Fuente: (Eblinger & Narzib, 2009, pp. 177-220).

2.2.3. Agua

Es la base para la producción de la cerveza, según las características de la misma se obtiene distintos tipos de cerveza, por su variedad de sales y minerales, debe tener un tratamiento adecuado, es decir, potable, pura y libre de patógenos. Siendo el mayor componente de la cerveza de un 85 a 92%, influyendo en las características sensoriales. El calcio será indispensable para las actividades enzimáticas para favorecer la transformación y floculación de la levadura. El magnesio empleado como un nutriente para las levaduras y el cloruro en cantidades bajas destaca el dulzor de la malta (Rodríguez, 2021, p. 13).

2.2.4. Clarificante Irish Moss

La turbidez se presenta por tres causas principales como la existencia de materia vegetal, condensación por efecto del frío de proteínas y desarrollo de bacterias contaminantes. Irish Moss

llamado musgo irlandés tiene la función de actuar como un aglutinador y ayuda a precipitar las proteínas que se encuentran suspendidas, el cual se lo agrega durante la cocción actúa sobre las moléculas proteicas enlazándose con las cargas positivas generando su precipitación (González, 2017, pp. 122-123).

2.2.5. *Levadura*

Se descubrió la levadura en el año 1680 por Anton van Leeuwenhoek y 150 años más tarde Charles Cagniard informó que son las responsables de la fermentación alcohólica. Las levaduras son organismos anaeróbicos facultativos, eucariótico, con las condiciones óptimas respecto al pH son de 4.5 a 6, ideal para fermentación alcohólica sin oxígeno y mediante azúcares, produciendo alcohol. De forma esférica, elipsoides, ovoideas o alargadas. Pertenecen a la familia de Saccharomycetaceae, del género *Saccharomyces*, en el mundo cervecero se emplea dos levaduras la *Saccharomyces pastorianus* y *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales se reproducen por medio de gemación. Se identifica morfológicamente por medio de observación microscópica y macroscópica, presentando colonias lisas, planas, húmedas o cremosas, con colores desde blanco a colores azules verdosos. Microscópicamente se observa su forma ovalada, elíptica y cilíndrica. La reproducción se da en medios de cultivo que incluyan acetato de potasio, glucosa y agua.

Tabla 2-3: Clasificación de la levadura *Saccharomyces*

Reino	Fungi
División	Eumycota
Subdivisión	Ascomicotyna
Clase	Hemiascomycetes
Orden	Endomycetales
Familia	Saccharomycetaceae
Género	<i>Saccharomyces</i>

Fuente: (Albarracín, 2020, p. 12)

En la levadura *Saccharomyces* una célula madre va a dar lugar a la formación de yemas en diferentes puntos así produciendo en cada uno sólo una célula hija, en cambio en *Rhodotorula* y *Cryptococcus* sus brotes se producen desde un solo punto (Carrillo & Audisio, 2007, p. 40).

Existen distintas formas y tamaños en levaduras aproximadamente entre 1 a 9 µm de ancho y de largo entre 2 a 20 µm, sin embargo, dependerá de la edad y especie. Puede ser levaduras secas, es decir, deshidratadas en forma de gránulos los cuales se encuentran latentes hasta recibir las condiciones adecuadas y las levaduras frescas son millones de estas prensadas que suelen ser

manipuladas genéticamente produciendo una fermentación rápida (Briseño, 2013, p. 1).

2.2.5.1. Clasificación

- **Levaduras industriales:** Microorganismos con mayor importancia, debido a que por medio de distintas cepas se pueden transformar los azúcares en alcohol etílico. Se encuentran en la elaboración de cerveza, alcohol industrial, vinagre, vino, panificación y alimento animal por su contenido alto en proteína. Las especies empleadas son la *Saccharomyces ellipsoideus* en el vino, *Saccharomyces cerevisiae* con la cerveza y panificación, *Schizosaccharomyces sp* para producir alcohol industrial (Coronel, 2015, pp. 22-23).
- **Levaduras naturales o salvajes:** Originarios de otra fuente no empleada en las industrias por no ser de un cultivo puro, encontradas en las uvas y más frutas, denominadas levaduras salvajes, producen fermentaciones del mosto, destacando el género *Klockera*. Capaces de transformar azúcares hasta el 6% de alcohol, además, se producen grandes cantidades de acidez volátil por ello no son muy empleadas (Coronel, 2015, pp. 22-23).

2.2.5.2. Usos

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es ampliamente utilizado en las industrias alimentarias de repostería, bebidas y panificación. La producción de levadura es alta en países como Estados Unidos y Brasil debido a su proceso fermentativo produciendo alcohol. En el campo de investigación se presentan líneas que buscan una selección que ayuden a aportar aromas específicos. También es empleada en productos cosméticos gracias a que sus células ayudan a la regeneración, cicatrización de la piel. Para la producción de cerveza se realiza por fermentación alcohólica por medio de levaduras *Saccharomyces*, perteneciendo 10 especies como *S. pastorianus*, *S. cerevisiae*, *S. paradoxus*, *S. bayanus*, *S. mikatae*. Se menciona a *Saccharomyces cerevisiae* como la más destacada por su gran tolerancia para vivir y crecer en distintos ambientes, características organolépticas, tolerancia al etanol. El etanol proveniente se utiliza en la producción de algunas bebidas alcohólicas, así como el vino, la sidra, la cerveza, el cava. Sin embargo, en la actualidad se comienza a recopilar también etanol por medio de la fermentación a nivel industrial a gran escala para ser usado como biocombustible (Araujo, 2019, pp. 16-17).

2.2.5.3. Factores

- **Presión osmótica:** Proceso osmótico, el estrés osmótico puede menorar el volumen celular, la viabilidad celular y la velocidad de fermentación.

- **Temperatura:** Las altas temperaturas menoran el contenido de proteínas, aminoácidos libres y produce rigidez de la membrana. En cambio, con temperaturas bajas crean un estado de latencia en la célula (Suárez et al., 2016, pp. 23-24).
- **Luz:** Es maligno para los microorganismos que carecen de clorofila, o cualquier otro pigmento.
- **pH:** El pH ideal para el desarrollo está entre 4 a 5. Las levaduras pueden soportar medios ácidos comparado a otros microorganismos sobresaliendo de los procesos industriales manteniendo controlado de bacterias que pueden alimentarse del sustrato que van a emplear en la fermentación (Suárez et al., 2016, pp. 23-24).

2.2.5.4. *Ciclo de crecimiento*

La duración de cada fase de crecimiento va a depender del sustrato, el estado que se encuentra la levadura y los nutrientes, los microorganismos necesitan mínimo 15% de contenido de agua para el desarrollo, además de su temperatura en caso de la *Saccharomyces* su temperatura optima es entre 25 – 30°C (Heredia & Kwok, 2015, pp. 29-30).

2.2.5.4.1. *Fase de latencia*

La levadura comienza a aclimatarse al ambiente, adaptándose a la temperatura, pH, concentración de azúcares. Su duración dependerá de las condiciones del medio y la edad. En la primera fase no existirá una producción de metabolitos que sean de interés.

2.2.5.4.2. *Fase exponencial*

Conocida también como fase logarítmica donde el sustrato es asimilado e inicia el proceso de fermentación donde el mosto es convertido en etanol, en la que hay un rápido crecimiento y multiplicación constante y máxima, presentando la mayor viabilidad. La fermentación etanólica es en el cual los hidratos de carbono son metabolizados con el fin de tener como producto final etanol (CH₃-CH₂-OH), dióxido de carbono (CO₂) y ATP siendo un proceso anaeróbico. Además, por la liberación de calor se da la formación de metabolitos importantes en el aroma y sabor de la cerveza (Heredia & Kwok, 2015, pp. 29-30).

2.2.5.4.3. *Fase de deceleración*

Se observa que comienza a disminuir el crecimiento celular, debido al agotamiento de los nutrientes en el medio o por el aumento de metabolitos inhibidores de crecimiento.

2.2.5.4.4. Fase estacionaria

Se alcanza a la fase estacionaria donde no hay crecimiento porque habrá una alta concentración de residuos y deficiencia de nutrientes. Los microorganismos permanecen constantes. El etanol y dióxido de carbono en las levaduras cerveceras actúan como tóxicos. Ocurre autólisis donde la liberación de enzimas se encargará de degradar el interior de las células provocando así su muerte (Heredia & Kwok, 2015, pp. 29-30).

2.2.5.5. Cepas de levaduras cerveceras

El género *Saccharomyces* proveniente del latín “hongo del azúcar” ha tomado relevancia en la industria de bebidas alcohólicas, conduciendo a la investigación de propiedades genéticas entendiendo de una mejor manera el proceso de la fermentación. Es por ello que en el mundo cervecero se emplea mayormente la especie del género *Saccharomyces* por su alta capacidad fermentativa, donde va a existir distintas cepas cada cual con distinta tolerancia al etanol. Es por ello que, entre mayor resistencia de alcohol, las células morirán en menor cantidad en la fermentación y resultarán cervezas con un mayor contenido alcohólico. Las cepas más utilizadas en la producción de cerveza pueden emplear distintos hidratos de carbono como nutriente tales como la glucosa, maltosa, galactosa, rafinosa, fructosa y maltotriosa, con la diferencia que en las cepas lager tiene la capacidad de fermentar melibiosa (Ferreira & Vicente, 2014, p. 24).

En 1883, se consiguió aislar una cepa pura por Emil Christian Hansen, a partir de ello se dividieron en dos clases: *Saccharomyces carlsbergensis* o también se les llama *Saccharomyces cerevisiae uvarum* empleada para fermentación baja y *Saccharomyces cerevisiae* para fermentación alta.

2.2.5.6. Tipos de cepas cerveceras

- ***Saccharomyces cerevisiae* K-97:** Tipo Ale alemana la cual permite producir una capa superficial de espuma densa y estable, para crear bajas concentraciones de ésteres. Por ayuda de su perfil de atenuación bajo produce cervezas con gran persistencia en paladar. Presenta carácter frutal y floral equilibrado.

Tabla 2-4: Descripción general de K-97

Ésteres totales	Alcoholes totales	Atenuación aparente	Floculación	Tolerancia al alcohol
Medio	Medio	80 - 84 %	Alta	9 – 11 %

Fuente: (Fermentis, 2023, p. 1).

- **Saccharomyces cerevisiae S-33:** Contiene un perfil de sabores neutros, variedad frutal, cervezas con buena resistencia en el paladar, pero provoca una turbidez cuando se re suspende la cerveza.

Tabla 2-5: Descripción general de S-33

Ésteres totales	Alcoholes totales	Atenuación aparente	Floculación	Tolerancia al alcohol
Medio	Medio	68 - 72 %	Baja	9 – 11 %

Fuente: (Fermentis, 2023, p. 1).

- **Saccharomyces cerevisiae S-04:** Posee una rápida capacidad fermentativa, con una formación de sedimento compacto para ayudar a la claridad de la cerveza, es recomendada para ales y adaptada para fermentación en tanques cilíndrico – cónicos y también en barriles. Con notas frutales y también florales, para cervezas con alto contenido de lúpulo (Fermentis, 2023, p. 1).

Tabla 2-6: Descripción general de S-04

Ésteres totales	Alcoholes totales	Atenuación aparente	Floculación	Tolerancia al alcohol
Bajo	Medio	74 – 82 %	Alta	9 – 11 %

Fuente: (Fermentis, 2023, p. 1).



Ilustración 2-1: Cepas cervceras Ale

Fuente: (Fermentis, 2023, p. 1).

2.2.5.7. Propiedades de las cepas cervceras

- **Ésteres totales:** Los ésteres constituyen el grupo de compuestos que influyen a las propiedades sensoriales del producto final. Formados durante la fermentación primaria relacionada al crecimiento de las levaduras. Donde el etil hexanoato y el etil octanoato son de gran relevancia para cervezas balanceadas respecto a perfiles aromáticos. La cerveza contiene más de 100 ésteres distintos, siendo los más relevantes los generados por las levaduras por

medio de su metabolismo secundario, importantes en las cervezas del tipo Ale aportando aromas y sabores. Determinados ésteres en concentraciones altas aportan sabores y aromas no deseados. Por ende, los niveles de estos compuestos deben estar dentro de los límites de concentración, para evitar desequilibrios que den lugar a cervezas con características sensoriales indeseables (Loviso & Libkind, 2018, p. 439).

- **Atenuación aparente:** Se refiere al porcentaje de azúcares del mosto que se extraen de la malta en el proceso de maceración, consumidos por la levadura y transformados en alcohol y CO₂ por medio de la fermentación. Cada levadura posee su propio valor de atenuación y su forma de medirlo es mediante la densidad del mosto y densidad final al acabar la fermentación (Ferreira & Vicente, 2014, p. 26).
- **Floculación:** Es el comportamiento de la levadura cada una posee diferentes niveles de floculación dependiendo de cada cepa con mayor o menor tendencia a sedimentar en la fermentación, donde las partículas quedan en suspensión agrupándose a partículas de mayor tamaño una de baja floculación quedara suspendida por más tiempo dando una cerveza más turbia y distinto sabor. Una levadura que posee alta floculación se asienta más rápido, resultando una cerveza más clara con sabores limpios (Loviso & Libkind, 2018, p. 439).

2.3. Fermentación

La producción de etanol se efectúa por medio de la vía glucolítica donde se emplea como sustrato azúcares como la glucosa y transformándolos a etanol, dióxido de carbono y energía produciendo 2 mol de ATP por cada mol de glucosa, la cual consumen los propios microorganismos, además de producir otros metabolitos tales como ácido láctico, glicerol y ácido succínico, sin embargo, se encuentran en cantidades pequeñas. También existen producción de aldehídos, alcoholes secundarios y ésteres, involucrados en las características organolépticas. La fermentación de la levadura se la produce en condiciones anaeróbicas, pero si hay presencia de oxígeno realiza una respiración aerobia sin producir alcohol, es por ello que en la industria del alcohol se lo debe realizar en ausencia de oxígeno (Mencia & Pérez, 2016, p. 1).

El acetaldehído se empleará como aceptor de hidrógeno, además, la glucosa se transformará por medio de la glucólisis a piruvato el cual mediante la enzima piruvato descarboxilasa se descarboxila a acetaldehído. Finalmente, la enzima alcohol deshidrogenasa se encarga de transformar el aldehído en etanol. La fermentación alcohólica tiene el objetivo de proporcionar energía anaeróbica a los microorganismos unicelulares, obteniendo energía para sobrevivir. Por lo general las levaduras y bacterias que producen fermentación se encuentran en los cereales y frutas (Zúñiga, 2013, p. 1).

En el mosto se encuentran presentes azúcares como la fructosa, glucosa, maltosa, dextrinas, maltotriosa y sacarosa siendo la principal fuente de carbono. El glucógeno es la fuente de carbohidrato de reserva que se produce en las últimas fases. Las levaduras al mismo tiempo que crecen producen otros metabolitos como es el ácido láctico, ácido succínico y glicerol. En el metabolismo se producen aldehídos, alcoholes secundarios o superiores y ésteres, de relevancia para las características organolépticas de la cerveza (Suárez, 2013, p. 15).

2.3.1. Tipos de fermentación

2.3.1.1. Alta fermentación

Se maceran los mostos por infusión con un contenido bajo de proteína, la fermentación principal se realiza a 18 – 24°C de 3 a 4 días, lo cual favorecerá la creación de ésteres dando notas frutales, sin embargo, también se produce subproductos no deseados. Empieza a enfriarse a las 72 horas siendo en las 10 últimas horas la fermentación baja, donde la levadura flota en la superficie. Por ejemplo: Ale, Stout, Altbier, Kolsch y Porter.

2.3.1.2. Baja fermentación

Se maceran los mostos por infusión escalonada con un contenido alto en proteínas, la fermentación principal se encuentra entre 7 – 14°C en un tiempo de 3 a 5 días para la primera fermentación, ocurre reducción de la temperatura dando la fermentación secundaria lentamente, pero teniendo de resultado un sabor más limpio, sin embargo, las temperaturas bajas producirán diacetilo, es decir, el aroma y sabor de caramelo o mantequilla indeseable. Por ejemplo: Pilsen, Bock y Dortmunder (Suárez, 2013, p. 16).

2.4. Elaboración de cerveza

2.4.1. Molienda

El proceso empieza con la ruptura del grano malteado debido a que el endospermo amiláceo debe hidratarse posteriormente, no debe ser una molienda excesiva que produzca harina dificultando el filtrado ni quedar granos enteros donde no podría ingresar el agua al grano (Ferreya & Vicente, 2014, p. 31).

2.4.2. Maceración

Las técnicas más comunes es la infusión agregándole agua a la malta a una temperatura de 65 a

75°C con una relación de 3 a 1. Donde se obtendrá la mayor cantidad de azúcares extraídos. Ocurre diferentes reacciones como la degradación de almidón, proteínas y hemicelulosas. Al momento que se calienta el almidón en el agua empieza la gelatinización. Un factor importante es el pH que suele declinarse en la maceración, se realizan a un pH de 5,2 – 5,4. Si el pH se reduce excesivamente se reduce la productividad del extracto, además, los iones de calcio presentes en el agua agilizan la separación del mosto y floculación de las levaduras produciendo una cerveza más clara.

- ✓ **Maceración simple:** Se lo realiza con un solo rango de temperatura entre 65 y 68 °C en un tiempo de una hora.

2.4.2.1. Maceración escalonada

Se trata de una maceración en varias etapas, con rangos de temperaturas diferentes para permitir activar distintas enzimas específicas, donde las principales son:

- ✓ **Proteasas:** En un rango de 45 a 57 °C durante unos 15 o 30 minutos, rompiendo así las cadenas de proteínas liberando nitrógeno asimilable para la levadura.
- ✓ **Beta-amilasas:** Con un rango entre 60 y 65 °C con un tiempo de 30 minutos, degradando las cadenas de almidón, se liberan cantidades de maltosa (azúcar fermentable).
- ✓ **Alfa-amilasas:** Encargado de romper las cadenas interiores del almidón, con un rango de 67 a 75 °C y un tiempo de 45 a 60 minutos (González, 2017, p. 105).

2.4.3. Filtrado

Se extrae partículas en suspensión, se separa el mosto del bagazo. En este proceso se pierde el 2% del mosto, líquido rico en nutrientes y azúcares (Poveda, 2021, p. 34).

2.4.4. Cocción

En este proceso se hierve el mosto por una hora ocurriendo cambios como la inactivación de enzimas en la malta originando una desnaturalización de enzimas, ocurre una esterilización del mosto donde no sobreviven los microorganismos a 100 °C con excepciones de bacterias termófilas, sin embargo, la cerveza no es un medio de crecimiento adecuado. Se produce la extracción e isomerización derivados del lúpulo en donde el amargor dependerá de los llamados alfa ácidos los cuales son insolubles en agua, sin embargo, en la cocción se isomerizan a iso-alfa ácidos solubles. Dependerá de la cantidad de lúpulo, concentración de alfa ácidos en el lúpulo. El

amargor se calcula a través de grados IBU (International Bitterness Unit) siendo un mg de iso-alfa ácido por cada litro de cerveza (Kunze, 2006, p. 322).

En la cocción además ocurre coagulación de la proteína, en la etapa de ebullición es importante por la eliminación de la proteína de alto peso, no se logran eliminar en la fermentación, por lo tanto, sería un problema de clarificación. Las proteínas que logran sobrevivir acortaran el tiempo de conservación de la cerveza. Algunas proteínas son necesarias para producir retención de espuma. La producción de compuestos que atribuyen al sabor, aroma y color ocurre en la ebullición, aumentando el color por el pardeamiento no enzimático.

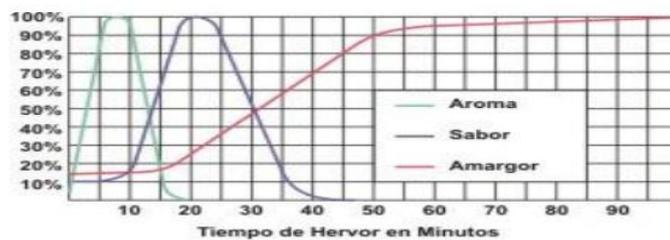


Ilustración 2-2: Variación de aroma, sabor y amargor.

Fuente: (Kunze, 2006, p. 322).

Comienza a aumentar la densidad del mosto por la evaporación de agua. También permitirá eliminar sustancias que poseen azufre mejorando el sabor del producto final. El mosto deberá enfriarse rápidamente y manipularse con cuidado evitando contaminaciones (Kunze, 2006, p. 322).

2.4.5. Fermentación

El mosto será inoculado con levaduras tipo ale (fermentación alta) o lager (fermentación baja), se procede a cerrar para agotar el oxígeno. Si se inocula con levaduras de fermentación alta deberá ser de 18 °C durante un tiempo de 7 a 10 días. Si es levadura de fermentación baja la temperatura deberá ser en un rango de 8 y 13 °C y el tiempo de duración será de 14 a 21 días. Donde las levaduras ale darán notas frutadas y las levaduras lager sabores más secos (Ferreira & Vicente, 2014, p. 37).

2.4.6. Carbonatación

Por medio de disolución de CO₂ conocido como carbonatación forzada, es decir se disuelve el gas carbónico por medio de un cilindro dispensador. Es un proceso lento donde al estar presente el CO₂ con una alta presión al tanque de carbonatación disolviéndose en la cerveza (González, 2017, p. 132).

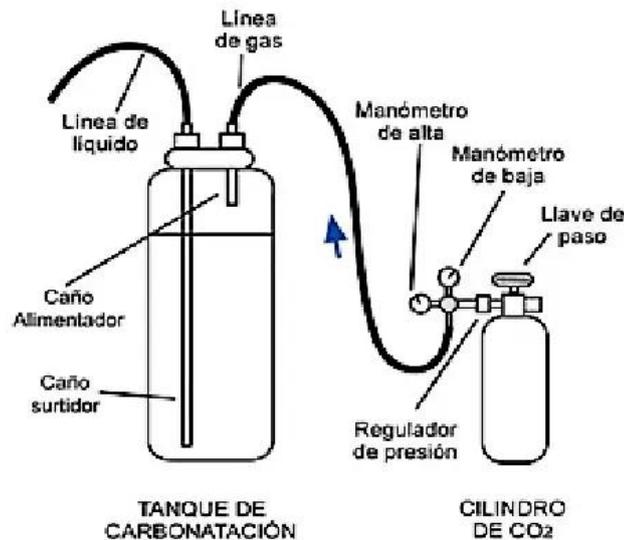


Ilustración 2-3: Sistema de carbonatación artesanal

Fuente: (González, 2017, p. 60)

2.4.7. *Maduración y acondicionamiento*

Proceso por el cual la cerveza elaborada (cerveza verde) se encuentra en reposo para equilibrar sus atributos y eliminar compuestos creadores de aspereza como algunos aldehídos. Se realiza la extracción de las levaduras que sedimentan, después se pone el líquido resultante a 0 °C para armonizar aromas y sabores, además, que las levaduras con las proteínas que están suspensión se coloquen en el fondo. Se completa en un tiempo de dos semanas o menos efectuando una segunda fermentación por la levadura que queda. El dióxido de carbono producido se disuelve en la cerveza. La cerveza es filtrada para luego ser envasada (Ferreira & Vicente, 2014, p. 37).

2.5. Cerveza tipo Ale

En el proceso de fermentación emplea temperaturas altas de 20 °C y las levaduras quedan suspendidas en la parte superior del tanque, se utiliza la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, aportando mayor aroma afrutado, de color oscura o dorada, espuma ligera y un amargor más intenso. Posee una fermentación rápida y su consumo es cuando finaliza la maceración base, se fermenta a un rango de 18° - 24°C en un tiempo de 4 a 6 días. Este tipo de cerveza posee una mayor turbidez esto porque la levadura queda en suspensión, además, las levaduras de alta fermentación no fermentan algunos azúcares por ello presentará un dulzor característico (Black, 2022, p. 18).

2.5.1. *Cerveza estilo IPA*

El origen de la cerveza estilo IPA fue en el siglo XVIII por la comercialización inglesa hacia la

India. En Inglaterra estaban encantados por la Pale Ale floreciendo el color ámbar y espuma blanca. Los ingleses que se encontraban en la India no lograban beber la cerveza de su país debido a que llegaba en malas condiciones por la temperatura brusca y el largo viaje a 20.000 km de distancia. Donde los cerveceros George Hodson y Samuel Allsop crearon una cerveza que soportara el viaje, aumentando una gran cantidad de lúpulo y con mayor contenido de alcohol, por falta del conocimiento de la pasteurización y refrigeración, optaron por incrementar el amargor y el contenido alcohólico (Fernández, 2017, p. 1). Conocida como India Pale Ale, moderadamente fuerte, final seco con un aroma y sabor lupulado, con características mencionadas a continuación:

Tabla 2-7: Características organolépticas de la cerveza IPA

Aroma	Moderadamente – alto a lúpulo, son típicos los aromas florales, especiado o cítrico a naranjas naturales, es aceptable el aroma frutal de baja a moderadamente.
Apariencia	Con un rango de dorado a ámbar oscuro, espuma moderada de color blanquecino y pueden ser turbias.
Sabor	A lúpulo es de medio a alto muy pronunciado, con un amargor moderado, el sabor tiene que ser similar al aroma de lúpulo, además, el sabor de la malta deber tener características a pan con una frutalidad de baja a media, debe ser amargo, pero sin ser áspero.
Sensación en Boca	Sin astringencia del lúpulo, carbonatación moderada a alta, sensación de sequedad.

Fuente: (Strong *et al.*, 2011, p. 41)

India Pale Ale es una cerveza ale por lo que se producen con ayuda de levaduras de alta fermentación, se destaca por emplear el método dry hopping siendo esencial para una IPA asegurando aromas. En el siglo XIX fue empleado para preservar la cerveza a través del viaje en barco hacia la India. Consistiendo en agregar lúpulos en la cerveza fría durante la fermentación (Suárez, 2013, p. 12).

Mayor cantidad de lúpulo funcionando contra las bacterias que afectan a la cerveza acidificándola y superior contenido alcohólico para persuadir los microbios. Se hizo reconocida siendo adoptada por diversas cervecerías produciéndola en América (Fernández, 2017, p. 1).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización y duración del experimento

El lugar donde se elaboró la cerveza fue en la empresa Brewing Company RBC. S.A.S. ubicada en la avenida Juan Larrea 15-34, ciudad de Riobamba, provincia del Chimborazo.

Con respecto a los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología y Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Av. Panamericana Sur km 1 ½, con una duración de 9 semanas.

3.2. Unidades experimentales

Cada unidad experimental tuvo un volumen de 3L, donde se realizó la comparación de 3 tratamientos con distintas cepas de levaduras, con 5 repeticiones, por lo tanto, se realizó 15 unidades experimentales, dando un total de 45 L.

3.3. Materiales, equipos, reactivos y materia prima

3.3.1. *Materiales*

- ❖ Mandil
- ❖ Guantes
- ❖ Mascarilla
- ❖ Cofia
- ❖ Jarras plásticas
- ❖ Probeta
- ❖ Balón de destilación
- ❖ Botellas de vidrio
- ❖ Erlenmeyer
- ❖ Tubos
- ❖ Gradillas
- ❖ Vaso de precipitación
- ❖ Balón volumétrico
- ❖ Pipeta

- ❖ Placas Petri

3.3.2. Equipos

- ❖ Balanza analítica
- ❖ Agitador Vortex
- ❖ Bureta
- ❖ Termómetro
- ❖ Densímetro
- ❖ Autoclave
- ❖ Contador de colonias
- ❖ Refractómetro
- ❖ Trampa tipo Kjeldahl
- ❖ Condensador vertical
- ❖ Molino
- ❖ Macerador
- ❖ Calentador HLT
- ❖ Hervidor BrewZilla
- ❖ Olla de cocción
- ❖ Fermentador
- ❖ Balanza plataforma
- ❖ Refrigerador
- ❖ Potenciómetro
- ❖ Embotellador

3.3.3. Reactivos

- ❖ Solución buffer
- ❖ Hidróxido de sodio
- ❖ Solución de fenoltaleína
- ❖ Agar SLD
- ❖ Agar PCA

3.3.4. Materia Prima

- ❖ Malta Pale Ale

- ❖ Malta Munich Tipo 1
- ❖ Malta Wheat Ale
- ❖ Agua Splendor
- ❖ Levadura *Saccharomyces cerevisiae* (K-97)
- ❖ Levadura *Saccharomyces cerevisiae* (S-33)
- ❖ Levadura *Saccharomyces cerevisiae* (S-04)
- ❖ Lúpulo Cascade
- ❖ Irish Moss
- ❖ Lúpulo US Amarillo

3.4. Tratamientos y diseño experimental

Se produjeron cerveza estilo India Pale Ale con tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* K-97, S-33 y S-04 con 5 repeticiones, por lo tanto, se realizó 15 unidades experimentales, donde se aplicó un diseño completamente al Azar (DCA), cuyo modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}: Valor estimado de la variable

μ: Media general

T_i: Efecto de la cepa de levadura sobre el producto final

E_{ij}: Error experimental

Tabla 3-1: Esquema del experimento

Tratamientos	Código	Nº Repe.	TUE*	Total (L)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (K-97)	T1	5	3	15
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S-33)	T2	5	3	15
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S-04)	T3	5	3	15
Total				45

*TUE: Tamaño de la unidad experimental, (3L)

Realizado por: (Naranjo, 2024)

3.5. Mediciones experimentales

3.5.1. Análisis fisicoquímico

- ❖ pH
- ❖ Acidez total %
- ❖ Grados de alcohol %

3.5.2. *Análisis microbiológico*

- ❖ Mohos y levaduras (UPC/cm³)
- ❖ Aerobios mesófilos (UFC/cm³)

3.5.3. *Análisis organoléptico*

- ❖ Color
- ❖ Olor
- ❖ Sabor
- ❖ Apariencia
- ❖ Amargor

3.5.4. *Análisis económico*

- ❖ Costo de producción (USD/L)
- ❖ Rentabilidad (Beneficio/costo)

3.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Los análisis experimentales se aplicaron en cumplimiento de la norma ecuatoriana NTE INEN 262.

- ❖ Se empleó estadística descriptiva.
- ❖ Se realizó un análisis de varianza mediante un ADEVA y una separación de medias con prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).
- ❖ Prueba de Kruskal Wallis, usando una escala hedónica.

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	14
Tratamientos	2
Error	12

Realizado por: (Naranjo, 2024)

3.7. Procedimiento experimental

En la siguiente tabla se puede observar las formulaciones empleadas para cada tratamiento para la elaboración de la cerveza estilo India Pale Ale con tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* basada en 3L.

Tabla 3-3: Formulación de la cerveza IPA con diferentes cepas de levaduras

Tipos de Cepas	K-97	S-33	S-04	%
Agua	5,24 L	5,24 L	5,24 L	82,87
Malta Pale Ale	920,3 g	920,3 g	920,3 g	14,55
Malta Munich Tipo 1	53,6 g	53,6 g	53,6 g	0,85
Malta Wheat Ale	81,5 g	81,5 g	81,5 g	1,29
Lúpulo Cascade	10,01 g	10,01 g	10,01 g	0,16
Lúpulo Amarillo	16,38 g	16,38 g	16,38 g	0,26
Levadura	1.15 g	1.15 g	1.15 g	0,02
Total				100 %

Realizado por: (Naranjo, 2024)

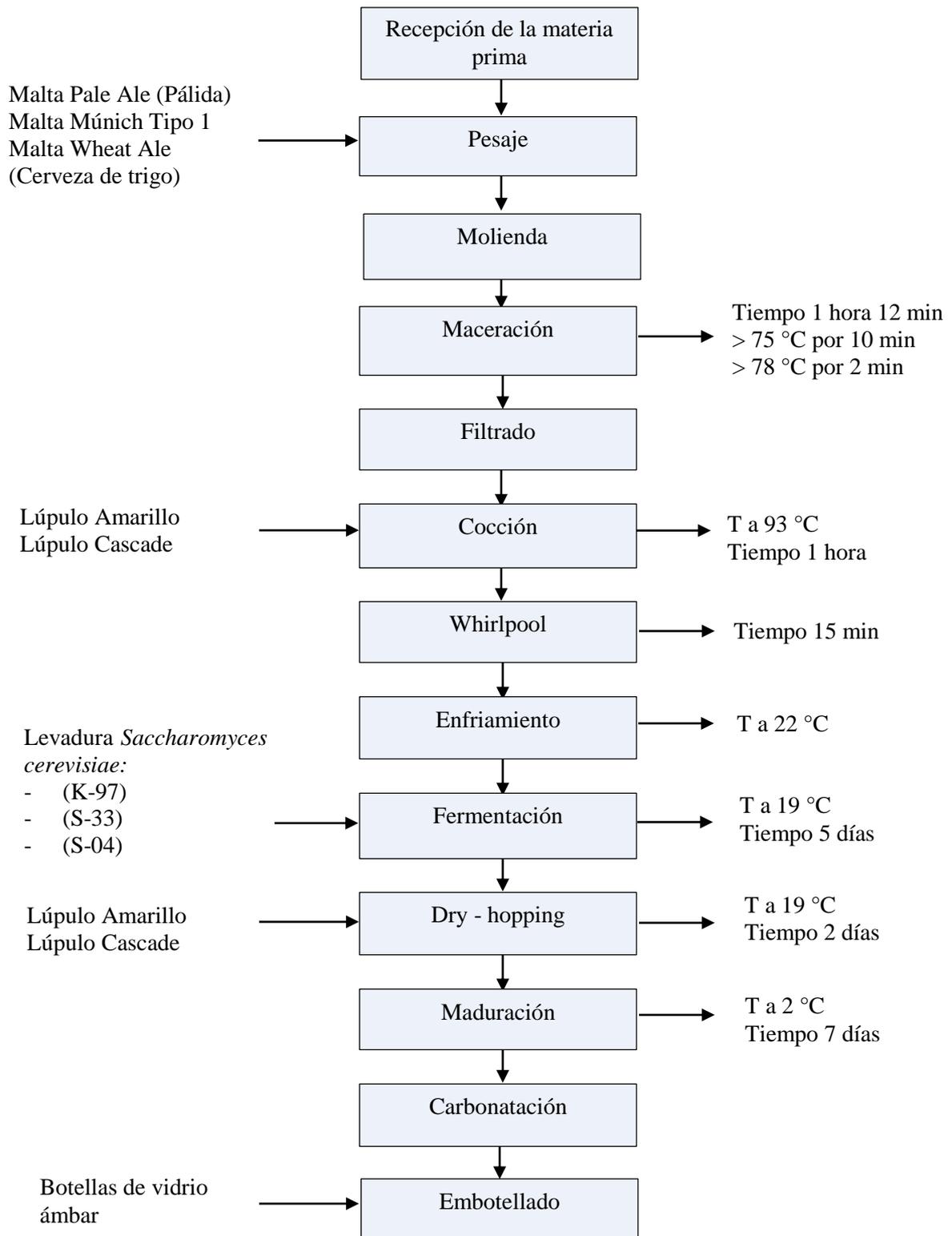


Ilustración 3-1: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la cerveza estilo India Pale Ale con tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

3.7.1. Recepción de la materia prima

Primer paso en el inicio de la producción es la recepción y el correcto almacenamiento con temperatura y humedad adecuada de las maltas y los lúpulos.

3.7.2. Pesaje

Se realizó el pesaje de las siguientes maltas:

- **Malta Pale Ale:** Para cervezas ligeras de alta fermentación, con notas de pan y toques a frutos secos.
- **Malta Munich Tipo 1:** Ideal para estilos de cerveza con colores más profundos, sensorialmente con aroma de caramelo y pan.
- **Malta Wheat Ale:** Base ideal para cervezas de alta fermentación de trigo ligero (Weyermann, 2023, p. 1).

3.7.3. Molienda

Es la trituración sin llegar a pulverizarse, para desintegrar el endospermo exponiendo al proceso enzimático en el macerado.

3.7.4. Maceración

Se calienta agua a 80 °C agregando la malta molida revolviendo, al ser estilo IPA se da una maceración escalonada donde se tomará seis temperaturas las 4 primeras cada 15 min dando, la quinta temperatura será tomada con un intervalo de 10 min con una temperatura mayor a 75°C y la última debe ser mayor a 78°C durante 2 minutos dando así un tiempo de 1 hora con 12 minutos, maximizando así la transformación de azúcares.

3.7.5. Filtrado

Separando la parte líquida (mosto) de la parte sólida (bagazo). El bagazo obtenido es empleado como alimento para animales.

3.7.6. Cocción

El mosto se lleva a cocción, cuando llega a ebullición 93°C se agregó el primer lúpulo amarillo, pasado un tiempo de 45 minutos se colocó el clarificante Irish Moss dejándolo por 5 minutos para agregar el lúpulo cascade y lúpulo amarillo en un intervalo de 10 minutos dando un total de

cocción de 1 hora, para luego realizar Whirlpool durante 15 minutos.

3.7.7. Enfriamiento

Debe estar en una temperatura de 22 °C y debe ser de manera inmediata para evitar contaminaciones.

3.7.8. Fermentación

Se inoculó con la levadura donde se empleó las diferentes cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* K-97, S-33 y S-04. Por cada litro utilizamos 0,42 g de levadura, empezando la fermentación con un tiempo de 5 días, transcurrido ese tiempo se realiza Dry-hopping que consiste en añadir lúpulo al fermentador después de la fermentación. Dejamos descansar durante 2 días con una temperatura de 19 °C a 22 °C, interviniendo tres factores importantes como temperatura, oxígeno y alimento.

3.7.9. Maduración

Pasa a maduración durante un tiempo de 7 días a una temperatura de 2 °C, con una segunda fermentación, refinando el sabor.

3.7.10. Carbonatación

Se le agrega CO₂ a presión disuelto en la cerveza por medio de un cilindro dispensador, a una temperatura de 34 °F.

3.7.11. Embotellado

Sanitizar botellas, llenar y sellar para su conservación, el color de las botellas debe ser oscuro porque los rayos ultravioletas pueden afectar el sabor y color.

3.8. Metodología de evaluación

3.8.1. Preparación de la muestra

- Se empezó desgasificando la cerveza por medio de agitación.
- Debe estar a una temperatura de 20 °C a 25 °C y si contiene partículas en suspensión se filtra con ayuda de papel filtro.

3.8.2. Análisis físicoquímicos

Para la comprobación de los análisis físicos químicos de la cerveza estilo India Pale Ale con tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, se basa en la NTE INEN 2 262 a cerca de bebidas alcohólicas haciendo referencia a la cerveza.

3.8.2.1. Determinación de pH

Se empleo la norma (NTE INEN 2325, 2002, p. 2) para la medición del pH.

- ❖ Se realizó la calibración del potenciómetro con solución Buffer de pH 7,0 y de pH 4,0.
- ❖ Se efectuó por duplicado en la misma muestra.
- ❖ En un vaso de precipitación se colocó aproximadamente 100 cm³ de cerveza.
- ❖ Introducir los electrodos del medidor en el vaso de precipitación y leer.

3.8.2.2. Determinación de acidez total

Basada en la norma sobre la determinación de la acidez total (NTE INEN 2323, 2002, pp. 3-4) por el método por titulación con fenolftaleína.

- ❖ Ebullición 250 cm³ de agua destilada durante 2 minutos en Erlenmeyer.
- ❖ Se agregó con ayuda de una pipeta 25 cm³ de cerveza, continuando el calentamiento durante un minuto, retirar del calor, agitar y enfriar.
- ❖ Se colocó 0,5 cm³ de solución indicadora de fenolftaleína, agregar lentamente hidróxido de sodio 0,1 N.
- ❖ Continuar hasta observar un color rosado y leer la bureta el volumen de solución empleada.

Cálculos

Acidez como porcentaje de ácido láctico por medio de la siguiente ecuación:

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

3.8.2.3. Determinación de alcohol

Se realizó por medio del método volumétrico basándose en la (NTE INEN 2322, 2002, pp. 1-2) para la determinación de alcohol.

- ❖ Se procedió a pipetear 100 cm³ de cerveza desgasificada, se colocó dentro del balón de destilación y se agregó 50 cm³ de agua.

- ❖ Se conectó el balón al equipo de destilación y con ayuda de un balón volumétrico de 100 cm³ con la función de recibir el destilado, rodeado de hielo.
- ❖ El agua de refrigeración del condensador no debe superar los 25 °C, destilando 96 cm³ con un tiempo de 30 a 60 minutos con velocidad uniforme.
- ❖ Se mezcló ajustando a 20 °C y se completó el volumen con agua destilada.
- ❖ Se determinó la gravedad específica por medio del método picnométrico.
- ❖ Leer en la tabla correspondiente los gramos de alcohol por 100 cm³.

3.8.2.3.1. *Determinación de la gravedad específica*

Se determino por medio del método picnométrico descrito en la (NTE INEN 2322, 2002, p. 12).

- ❖ Se pesó el picnómetro seco y sin contenido.
- ❖ Se llenó con agua destilada y se pesó ajustando el volumen.
- ❖ Se vertió el agua destilada y se procedió a colocar la muestra de cerveza obtenida en la destilación.
- ❖ Finalmente, se pesó y realizó los cálculos mediante la ecuación.

Cálculos

$$\text{Gravedad específica} = \frac{mc - mo}{ma - mo}$$

Donde:

mo = Masa al vacío del picnómetro

mc = Masa con la muestra de cerveza

ma = Masa con el agua destilada del picnómetro

3.8.3. *Análisis microbiológicos*

3.8.3.1. *Recuento mohos y levaduras*

Basándose en la (NTE INEN 1529-10, 2013, pp. 2-3) sobre el recuento en placa por siembra en profundidad de mohos y levaduras viables.

- ❖ Se realizó por duplicado empleando una pipeta se coloca 1 cm³ de las diluciones decimales en la placa Petri.
- ❖ Se agregó 20 cm³ de agar SLD fundido y templado a 45 °C.
- ❖ El inóculo de siembra mezclar con el medio de cultivo, haciéndolo girar 5 veces en sentido de las agujas del reloj y 5 veces al lado contrario.

- ❖ Dejar solidificar el agar e incubarlas durante 5 días, con una temperatura de 22 °C a 25 °C.
- ❖ En un tiempo de dos días de incubación, se comprueba si se ha formado las primeras colonias de levaduras (redondas, cóncavas, estrelladas, harinosas o cremosas).
- ❖ El micelio aéreo de los mohos cubre la superficie de la placa. Se contó las colonias de levaduras y mohos.

Cálculos

$$N = \frac{\text{Número total de colonias contadas}}{\text{Cantidad total de muestra sembrada}}$$

$$N = \frac{\Sigma c}{V (n_1 + 0,1n_2)d}$$

Donde:

Σc = Suma de las colonias en todas las placas.

V = Volumen del inóculo que fue sembrado.

n_1 = Número de placas de la primera dilución.

n_2 = Número de placas de la segunda dilución.

d = Dilución que se obtuvieron los primeros recuentos.

3.8.3.2. Recuento de aerobios mesófilos

Aplicando de referencia la (NTE INEN 1529-5, 2006, pp. 2-3) para la determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.

- ❖ En las cajas Petri se colocó 1 cm³ de cada dilución, usando una pipeta diferente.
- ❖ Verter 20 cm³ de agar para recuento en placa PCA, debe estar fundido y templado a una temperatura de 45 °C.
- ❖ Se mezcló el inóculo de siembra con el medio de cultivo, con 5 movimientos en vaivén para la izquierda y 5 veces a la derecha.
- ❖ Solidificar e incubarlas a temperatura de 30 °C durante 48 a 75 horas.
- ❖ Con ayuda de un contador de colonias, se contó las colonias formadas en el medio.

Cálculos

$$N_E = \frac{\Sigma c}{V \times n \times d}$$

Donde:

Σc = Suma de las colonias contadas en las placas.

V = Volumen inoculado en cada caja Petri.

n = Número de placas seleccionadas

d = Factor de dilución

3.8.4. *Análisis sensorial*

Para la evaluación sensorial de la cerveza estilo India Pale Ale se lo realizó con jueces afectivos para el nivel de aceptación de la cerveza con diferentes cepas de levaduras con 40 panelistas no entrenados, evaluando 4 atributos sensoriales como color, olor, sabor y apariencia. Se empleó una escala hedónica con puntuación de 1 al 5, siendo 1 la menor calificación y 5 la mejor.

Tabla 3-4: Escala de puntaje de la cerveza estilo IPA

Nivel	Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho
Puntaje	5	4	3	2	1

Realizado por: (Naranjo, 2024)

3.8.5. *Análisis económico*

Se evaluó los costos de producción (USD/L) de la cerveza, teniendo en cuenta la materia prima, mano de obra, costos indirectos de fabricación y su rentabilidad (Beneficio/costo).

3.8.5.1. *Costos de producción*

$$\text{Costo de producción} = \frac{\text{Total de egresos}}{\text{Cantidad de litro de cerveza IPA}}$$

3.8.5.2. *Beneficio/Costo*

$$\text{Beneficio/Costo} = \frac{\text{Total de ingresos}}{\text{Total de egresos}}$$

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Características fisicoquímicas

Las características fisicoquímicas obtenidas de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura se observan en la tabla 4-1.

Tabla 4-12: Características fisicoquímicas de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Variables	Tipos de cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>			E.E.	Prob.	CV
	K-97	S-33	S-04			
pH	5,34 a	5,0 b	5,24 a	0,03	<0,0001	1,41
Acidez Total (%)	0,27 b	0,59 a	0,30 b	0,02	<0,0001	10,36
° Alcohólico (%)	6,12 b	5,41 c	6,77 a	0,06	<0,0001	2,37

E.E: Error estándar

Prob. > 0,05: No hay diferencias significativas (ns)

Prob. < 0,05: Hay diferencias significativas (*)

Prob. < 0,01: Hay diferencias altamente significativas (**)

Medias con una letra diferente difieren estadísticamente, de acuerdo con la prueba de Tukey

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.1.1. pH

La cerveza estilo India Pale Ale, presentaron valores de pH que difieren significativamente ($P < 0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* utilizadas, por cuanto al emplearse la cepa S-33 la cerveza presentó un pH de 5,0 a diferencia de la utilización de las cepas S-04 y K-97, que presentaron pH entre 5,24 y 5,34 como se observa en la ilustración 4-1, lo que pone de manifiesto lo señalado por (Kunze, 2006, pp. 83-84) en su libro “Tecnología para cerveceros y malteros” donde se indica que un pH alto va a dar una buena isomerización no obstante con un pH bajo el amargor es más equilibrado, respuesta que se consiguió al utilizar la cepa S-33. De acuerdo con la (NTE INEN 2262, 2013, p. 5) en requisitos fisicoquímicos, menciona que el rango del pH es de 3,5 a 5,0, donde la cepa S-33 se encuentra dentro del rango establecido.

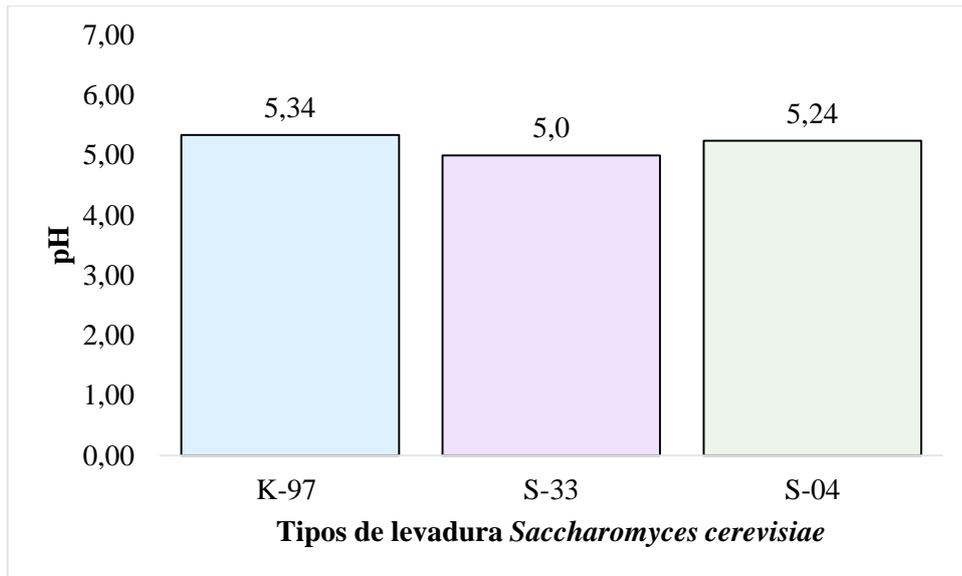


Ilustración 4-1: pH de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

Según (Rodríguez, 2021, pp. 173-176) en su estudio sobre “Cerveza artesanal” empleando la cepa *Lachancea thermotolerans* obtuvo en el estilo Brown ale un pH de 3,8, sin embargo, en el estilo IPA presentó un rango de pH del 4,1 a 4,7, indicando la diferencia entre estilos teniendo un aumento en el estilo IPA. Por otro lado, (Zúñiga, 2021, p. 21) menciona en su trabajo sobre cervecería artesanal IPA un pH entre 4 y 5 utilizando la levadura tradicional *Saccharomyces cerevisiae* S-04. El pH asciende debido a factores en la elaboración de la cerveza como las sales disociadas y compuestos orgánicos del agua, malta y lúpulo, las cuales van a ser divididas en iones aumentando el pH.

4.1.2. Acidez total (%)

La acidez total expresada como ácido láctico obtenida de la cerveza estilo India Pale Ale, se observan que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, donde al emplear la cepa S-33 se obtuvo una acidez de 0,59 % difiriendo estadísticamente con las cepas K-97 y S-04 teniendo de acidez 0,27 y 0,30% siendo estadísticamente iguales. La (NTE INEN 2262, 2013, p. 5) sobre cerveza menciona que la acidez total de la cerveza debe ser máximo 0,3%, por lo tanto la cepa K-97 y S-04 se encuentran dentro del rango permitido, a excepción de la cepa S-33 que sobrepasa el límite como se observa en la ilustración 4-2.

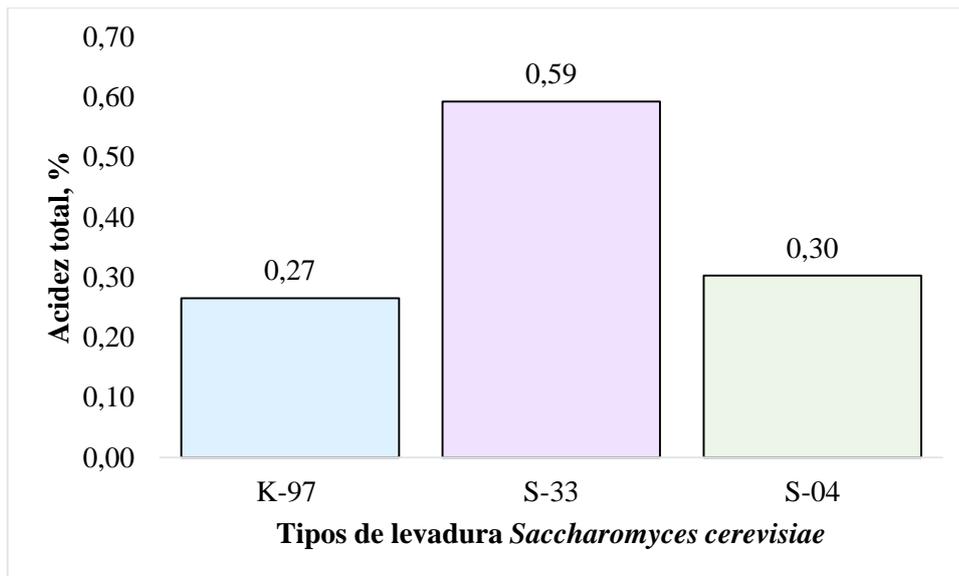


Ilustración 4-2: Acidez total de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

Los resultados obtenidos coinciden con el estudio de (Guerrero, 2022, p. 28) sobre la elaboración de cerveza artesanal IPA con un rango de 0,21 a 0,30 empleando la cepa S-04. (Kunze, 2006, pp. 83-84) en su libro nos menciona que el valor se puede modificar por los iones del agua empleada y el lúpulo los cuales ciertos iones pueden aumentar la acidez y disminuir el pH como ocurre con la cepa S-33 o neutralizar la acidez y aumentar el pH.

4.1.3. Contenido alcohólico (%)

Al respecto del contenido alcohólico según los resultados obtenidos, se reportaron que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, teniendo en la cepa S-33 un contenido alcohólico de 5,41 %, siguiéndole la cepa K-97 con 6,12 % y finalmente la cepa S-04 con un alto contenido de 6,77%, siendo estadísticamente diferentes como se observa en la ilustración 4-3. El contenido de alcohol va a depender de la levadura utilizada y la atenuación aparente que posea, es decir, la de menor % de alcohol es la cepa S-33 la cual tiene una atenuación aparente de 68 – 72%, siguiéndola K-97 con una atenuación de 80 – 84% y el más alto contenido S-04 con la atenuación aparente de 74 – 82%. La atenuación de cada cepa de levadura es el % de azúcares convertidos en alcohol en la fermentación, es decir, entre más porcentaje de atenuación aparente más porcentaje de grado alcohólico.

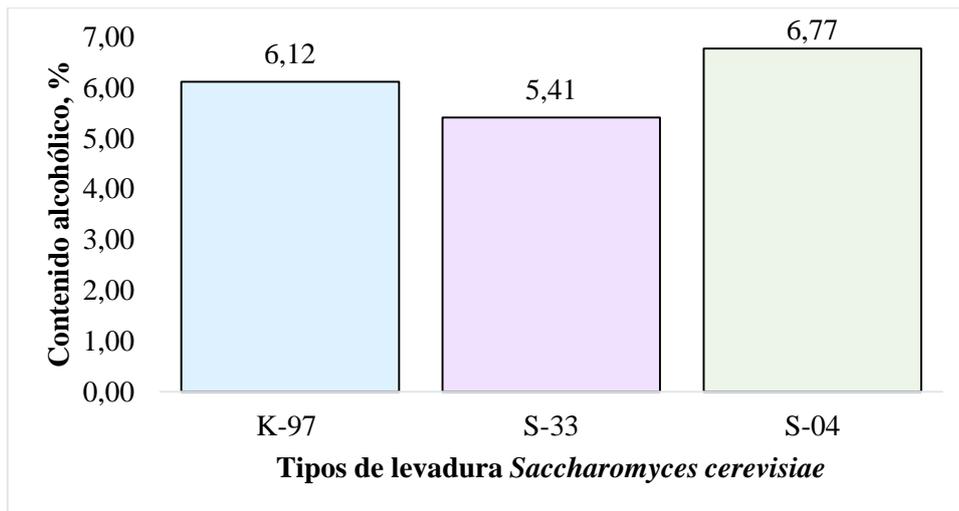


Ilustración 4-3: Contenido alcohólico de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

Según la guía Beer Judge Certification Program de (Strong *et al.*, 2011, p. 25) el estilo IPA debe tener una graduación alcohólica de 5,5 – 7,5 %, por lo tanto, los resultados de las cepas K-97 y S-04 obtenidos entran en el rango mencionado. Además, (Oddone, 2022, p. 94) especialista en fermentaciones industriales nos menciona que el estilo IPA debe tener un rango de contenido alcohólico entre 5,5 – 7,5% estando dentro del rango para ser estilo IPA. Igualmente se encuentra dentro de lo permitido en la (NTE INEN 2262, 2013, p. 5) donde indican un mínimo de 1,0% y máximo 10,0% de contenido alcohólico.

4.2. Características microbiológicas

Las características microbiológicas obtenidas de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura se observan en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Características microbiológicas de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura

Variables	Tipos de cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>			E.E.	Prob.	CV
	K-97	S-33	S-04			
Mohos	y	1,08 x 10 ⁵ b	2,64 x 10 ⁵ a	1,2 x 10 ⁵ b	18973,67	25,87
Levaduras					0,0001	
UPC/cm ³		1,08 x 10 ⁵ a	1,92 x 10 ⁵ a	1,8 x 10 ⁵ a	26381,81	36,87
Aerobios mesófilos					0,0898	

E.E: Error estándar

Prob. > 0,05: No hay diferencias significativas (ns)

Prob. < 0,05: Hay diferencias significativas (*)

Prob. < 0,01: Hay diferencias altamente significativas (**)

Medias con una letra diferente difieren estadísticamente, de acuerdo con la prueba de Tukey

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.2.1. Mohos y levaduras (UPC/cm³)

Al respecto del conteo de mohos y levaduras los resultados obtenidos en la cerveza estilo India Pale Ale, se reportaron que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, donde al emplear la cepa S-33 se obtuvo $2,64 \times 10^5$ a diferencia de la utilización de las cepas K-97 y S-04 obteniendo $1,08 \times 10^5$ y $1,2 \times 10^5$, observándose en la ilustración 4-4.

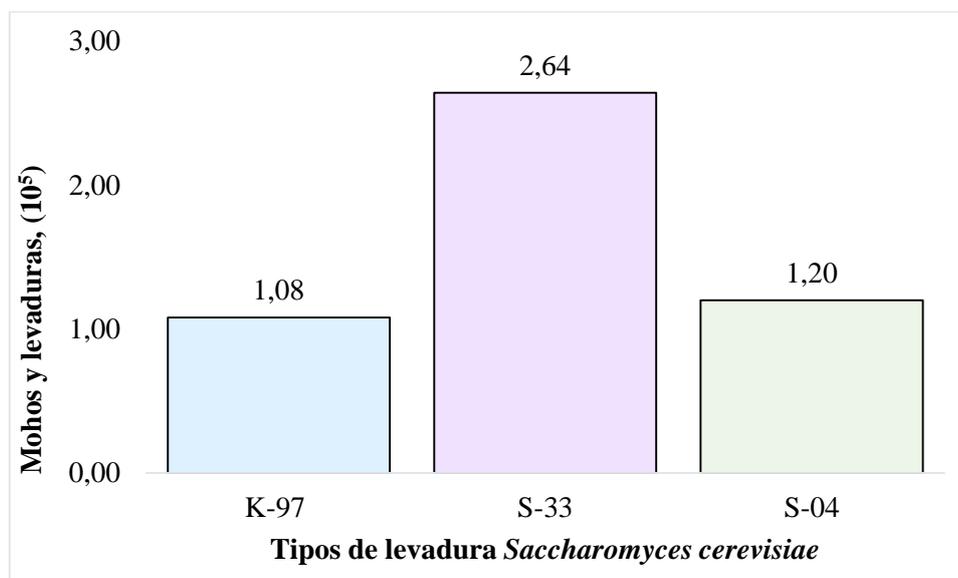


Ilustración 4-4: Presencia de mohos y levaduras de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

(Castro, 2018, p. 53) reporta un recuento de mohos y levaduras con $4,6 \times 10^5$ UPC/cm³, siendo mayores a los resultados obtenidos, al igual que (Fuentes & Fuentes, 2014, p. 63) menciona en su trabajo de cerveza artesanal tipo Ale empleando la cepa S-04 que obtuvo $1,4 \times 10^6$, sin embargo, no hay una normativa que especifique un control de microorganismos en la cerveza artesanal debido a que en la (NTE INEN 2262, 2013, p. 5) solo hace referencia a una cerveza pasteurizada. Por el motivo

de que es una cerveza artesanal no se garantiza un proceso estable resultando un mayor recuento de microorganismos.

Así mismo, las diferentes cepas empleadas difieren en el amargor, haciendo que sea más turbia, debido a que cada tipo de cepa posee un limitado poder de floculación dificultando que sedimente correctamente al fondo así complicando su remoción. Es por ello, que al emplear la cepa S-33 se tiene un mayor contenido de levaduras y mohos siendo que una de las características de este tipo de cepa es una baja floculación, al contrario de las otras dos cepas K-97 y S-04 que tienen una floculación alta y se observa una menor cantidad en el conteo.

4.2.2. Aerobios mesófilos (UFC/cm³)

En lo que se refiere al recuento de aerobios mesófilos los resultados obtenidos en la cerveza estilo India Pale Ale, se observan que no hay diferencias significativas ($P > 0,05$), tanto para la cepa K-97, S-33 y S-04 reportando resultados de $1,08 \times 10^5$, $1,92 \times 10^5$ y $1,8 \times 10^5$ UFC/cm³, siendo los tres tratamientos iguales estadísticamente, como se observa en la ilustración 4-5.

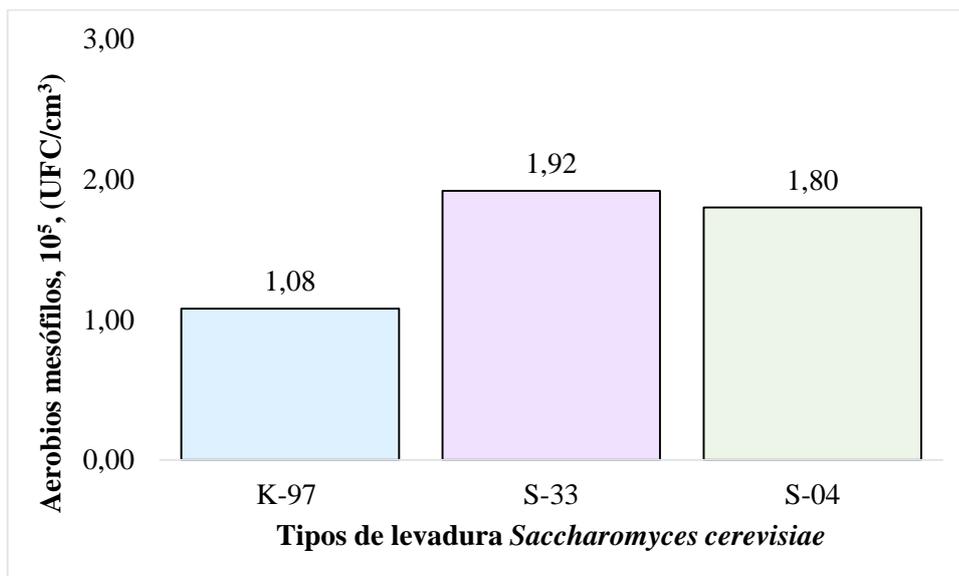


Ilustración 4-5: Presencia de aerobios mesófilos de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

Empleado para indicador de calidad sanitaria de la cerveza, tanto de la materia prima como de las condiciones de producción y almacenamiento. Según la norma de Nicaragua (NTON 03 038, 2007, p.1) sobre cerveza nos menciona que el rango máximo para el recuento de microorganismos mesófilos es de $1,0 \times 10^2$ UFC/cm³, por lo que los resultados no se encuentran en lo permitido siendo altos, debido a diferentes factores como al ser cerveza artesanal puede reflejarse por la

falta de pasteurización y filtración antes del embotellado aumentando el recuento. Sin embargo, no hay una normativa específica para cerveza artesanal, debido a la variabilidad que posee. No obstante, en el estudio de “Evaluación de calidad e inocuidad de la cerveza artesanal IPA” de (Castro, 2018, p. 51) obtienen $3,9 \times 10^5$ UFC/cm³ siendo mayor a comparación de los resultados.

4.3. Características sensoriales

El análisis sensorial se realizó en base a una escala hedónica de aceptabilidad de 5 puntos a 40 panelistas no entrenados utilizando la prueba de Kruskal – Wallis, obteniendo los siguientes resultados en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Análisis sensorial de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Variables	Tipos de cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>			H.cal	Prob.
	K-97	S-33	S-04		
Color	4,00	4,00	4,00	2,56	0,2414
Aroma	4,00	4,00	4,00	0,85	0,6033
Sabor	2,50	3,00	3,00	4,87	0,0730
Apariencia	4,00	4,00	4,00	3,99	0,1049
Amargor	3,00	3,00	3,00	1,01	0,5846

Prob. > 0,05: No hay diferencias significativas (ns)

Prob. < 0,05: Hay diferencias significativas (*)

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.3.1. Color

En el color de la cerveza estilo India Pale Ale, se reportaron que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, donde las cepas K-97, S-33 y S-04 tuvieron una calificación en la escala de 4/5 significando “me gusta moderadamente” la cual se puede observar en la ilustración 4-6. Los colores de la cerveza estilo IPA van del dorado a un ámbar oscuro, donde la cepa K-97 tenía un color dorado, en comparación a la cepa S-04 la cual tenía un color más oscuro y pálido, sin embargo, fueron aceptadas por los panelistas.

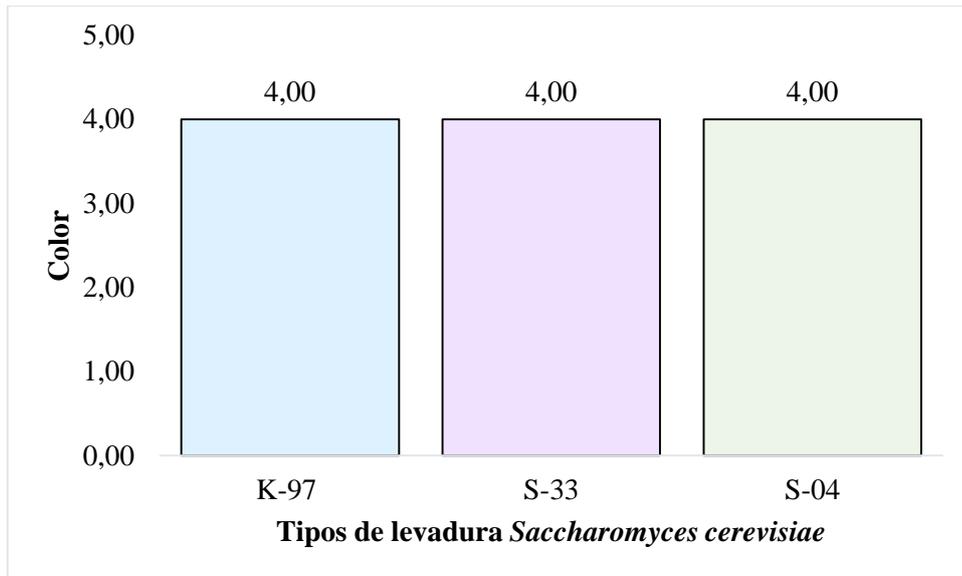


Ilustración 4-6: Aceptabilidad del color en la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.3.2. Aroma

En la prueba de aceptabilidad sobre el aroma se reportaron que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, teniendo respectivamente las tres cepas empleadas en la cerveza IPA una calificación de 4/5 significando “me gusta moderadamente”, es decir, fueron aprobadas con respecto al aroma por parte de los panelistas, pese a ello cada tipo de cepa brinda distintos aromas donde la cepa K-97 presenta carácter floral, la S-33 realza expresiones afrutadas y la cepa S-04 se caracteriza por producir notas frutales equilibradas, además que al ser cerveza estilo IPA el aroma a lúpulo es moderadamente alto y un suave aroma a alcohol.

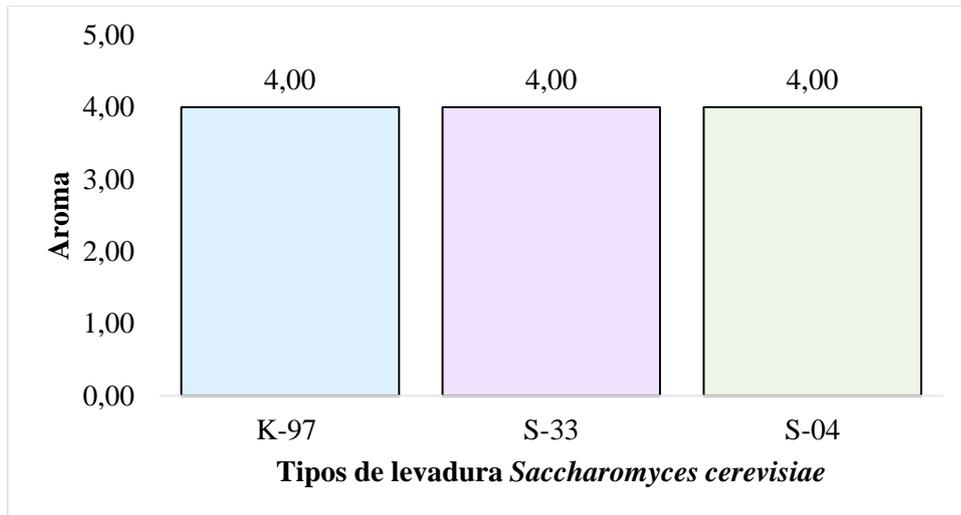


Ilustración 4-7: Aceptabilidad del aroma en la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.3.3. Sabor

En el análisis sensorial del sabor de la cerveza estilo India Pale Ale no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) donde los tratamientos S-33 y S-04 tuvieron una calificación de 3/5 siendo “ni me gusta ni me disgusta”, que podemos observar en la ilustración 4-8. El sabor particular del estilo IPA es a lúpulo con un amargor característico del estilo, lo que a los panelistas no les agrada.

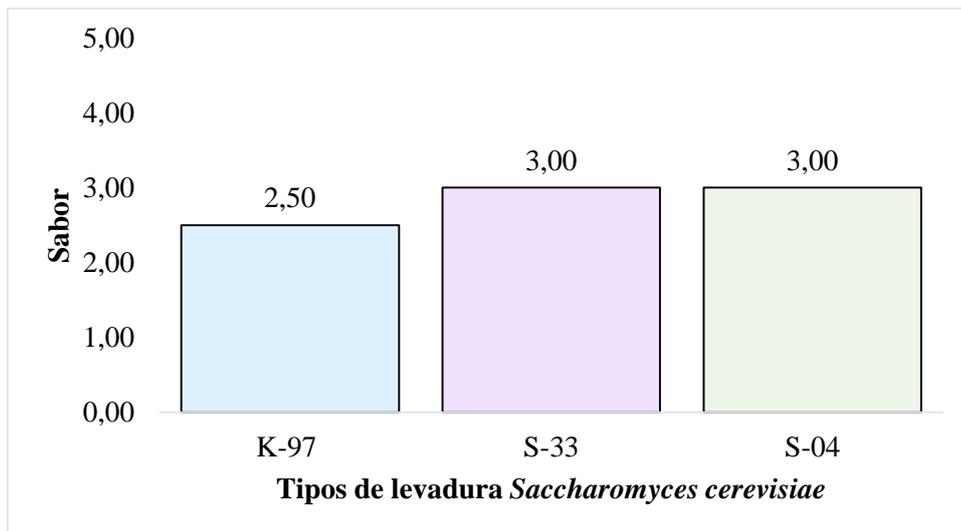


Ilustración 4-8: Aceptabilidad del sabor en la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.3.4. Apariencia

La apariencia no presenta diferencias significativas ($P>0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Teniendo en la cepa K-97, S-33 y S-04 una calificación de 4/5 significando “me gusta moderadamente”. El estilo India Pale Ale se caracteriza por incluir en su proceso la etapa de dry-hopping creando cervezas más turbias y una espuma resistente y blanquecina, cada cepa tiene su característica especial donde la cepa K-97 tiene una floculación más alta, por lo tanto, tendrá una cerveza más clara, además, la cepa S-33 forma una neblina polvorienta y una baja floculación, la cepa S-04 crea cervezas con mayor claridad.

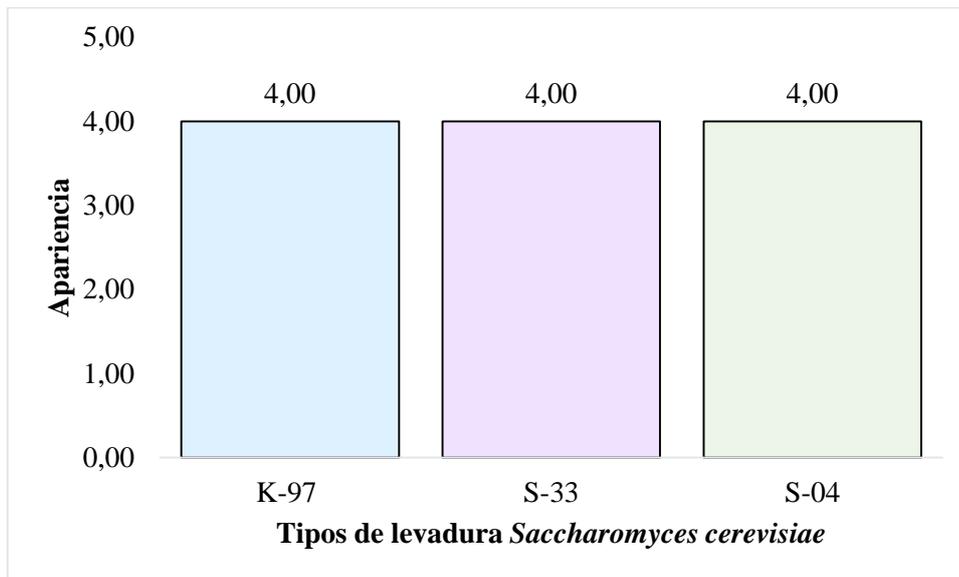


Ilustración 4-9: Aceptabilidad de la apariencia en la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.3.5. Amargor

Con respecto al amargor en el análisis sensorial de la cerveza estilo India Pale Ale con diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, se reportaron que no existen diferencias significativas ($P>0,05$), teniendo en las tres cepas empleadas en la cerveza IPA una calificación de 3/5 significando “ni me gusta ni me disgusta” como se observa en la ilustración 4-10. En cuestión al amargor, es un atributo que no fue de agrado por parte de los panelistas, sin embargo, esta es una característica especial de este estilo de cerveza por su mayor cantidad de lúpulo en el proceso a pesar de que la malta realiza un equilibrio en el fuerte del lúpulo.

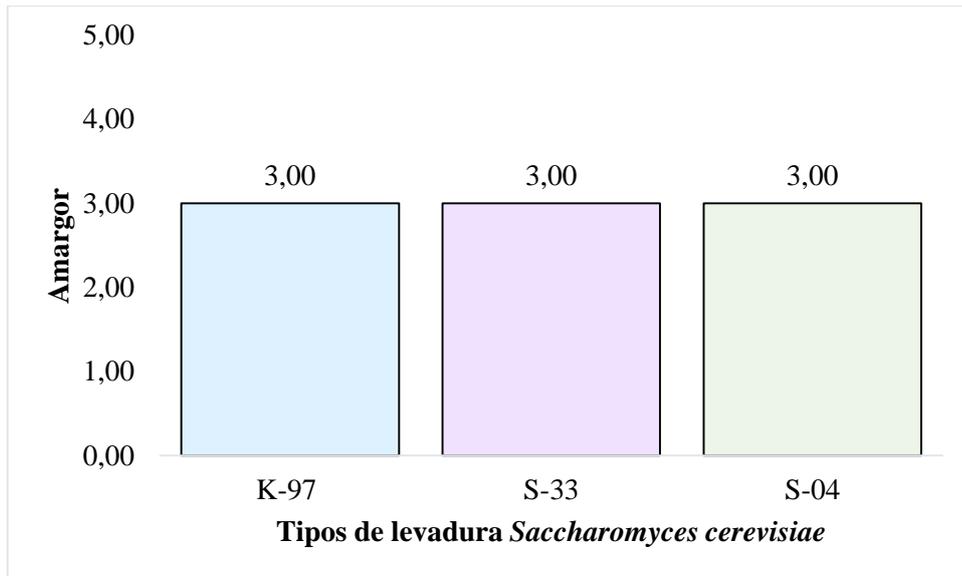


Ilustración 4-14 Aceptabilidad del amargor en la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Realizado por: (Naranjo, 2024)

4.4. Análisis económico

4.4.1. Costos de producción (USD/L)

Los costos de producción para la cerveza IPA con tres cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* poseen menos variación en costos al ser la misma formulación con cambio de diferentes cepas de levaduras, por lo tanto, solo tendrá cambio el precio de las levaduras. Considerando los costos directos de producción como la materia prima y costos indirectos de producción, se realizó el cálculo para un litro de cerveza, donde, aunque no hay un cambio drástico en el costo, si tiene un cambio, donde la cepa S-33 es de menor costo con \$6,01, siguiéndole la cepa S-04 con \$6,04 y K-97 con mayor costo de producción por litro a \$6,05.

4.4.2. Beneficio/Costo

Según, el beneficio/costo de 30%, varía dependiendo el tipo de cepa de levadura. Debido al costo de producción menor de \$6,01 con la cepa S-33 el beneficio/costo es mejor teniendo \$1,32, en comparación con las cepas K-97 y S-04 que tienen un beneficio/costo de \$1,31 por su mayor costo de producción. Los ingresos son mayores a los costos, por lo tanto, los tres tratamientos son rentables, representado en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: Análisis económico de la cerveza IPA por efecto de los tipos de cepas de levadura.

Costos directos de producción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Tipos de cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
				K-97	S-33	S-04
Materia Prima						
Malta Pale Ale	Kg	0,9203	2,15	1,98	1,98	1,98
Malta Munich Tipo 1	Kg	0,0536	1,65	0,09	0,09	0,09
Malta Wheat Ale	Kg	0,0815	2,29	0,19	0,19	0,19
Agua Splendor	L	5,24	0,25	1,31	1,31	1,31
Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (K-97)	Kg	0,00115	384	0,44		
Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S-33)	Kg	0,00115	269		0,31	
Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S-04)	Kg	0,00115	357			0,41
Lúpulo Cascade	Kg	0,01001	48	0,48	0,48	0,48
Lúpulo Amarillo	Kg	0,01638	53	0,87	0,87	0,87
Costos indirectos de producción						
Botellas de vidrio	300 ml	10	0,2	2,00	2,00	2,00
Mano de obra	Hora/Día	4	2,65	10,60	10,60	10,60
Energía	Kw/h	2	0,1	0,20	0,20	0,20
TOTAL DE EGRESOS	\$			18,15	18,02	18,12
Cantidad de producto	L			3	3	3
Costo de Producción	USD/L			6,05	6,01	6,04
Precio de la cerveza	USD/L			7,90	7,90	7,90
Utilidad				1,85	1,89	1,86
TOTAL DE INGRESOS				23,70	23,70	23,70
BENEFICIO/COSTO				1,31	1,32	1,31

Realizado por: (Naranjo, 2024)

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se comparó tres cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de cerveza tipo India Pale Ale, donde las tres cepas K-97, S-33 y S-04 se asemejan a los requerimientos fisicoquímicos establecidos en la Norma INEN 2262-2013 sobre cerveza. Sin embargo, la cepa S-04 sobresale en comparación con las otras cepas cerveceras, además, la cepa que más se ajusta a las propiedades del estilo IPA tanto en el alto contenido alcohólico y su característico amargor.
- Al evaluar las características fisicoquímicas de la cerveza se reportó que existen diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) tanto en el pH con un rango de 5,0 a 5,34, acidez total de 0,27 a 0,59% y un contenido alcohólico de 5,41° a 6,77°, en cuestión a lo microbiológico en los mohos y levaduras hay diferencias altamente significativas con un rango de $1,08 \times 10^5$ – $2,64 \times 10^5$ UPC/cm³, en cambio, en el recuento de aerobios mesófilos no hay diferencias significativas ($P > 0,05$) por efecto de las diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Por otro lado, las características organolépticas tuvieron buena aceptación en los atributos de color, aroma y apariencia, teniendo mayor aceptación por parte de los panelistas con las cepas S-33 y S-04.
- Se determinó los costos de producción de los tres tratamientos con diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* donde con la cepa S-33 generó el menor costo de producción de \$6,01 por litro de cerveza y un beneficio/costo de \$1,32, siguiéndole la cepa cervecera S-04 con un costo de producción de \$6,04 y beneficio/costo de \$1,31, resultando rentable cualquier tratamiento.

5.2. Recomendaciones

- Promocionar la cerveza estilo India Pale Ale (IPA) con el empleo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* S-04, debido a que se acerca más a las características especiales del estilo mencionado tanto en el alto contenido alcohólico, pH, acidez total y amargor.
- Realizar más investigaciones sobre diferentes estilos de cerveza como Lambic, Trapense y Bock para satisfacer las nuevas demandas de los consumidores.
- Hacer un análisis sensorial con panelistas entrenados en cerveza artesanal para medir los diferentes atributos correctamente.
- Continuar con estudios de la cerveza tipo IPA, con adiciones de pulpa de fruta o el tipo de lúpulo empleado para rebajar mínimamente el amargor de la cerveza.

GLOSARIO

India Pale Ale (IPA): Estilo de cerveza de Inglaterra, con una alta graduación alcohólica, con un amargor esencial del estilo y aromas altos de lúpulos usados antiguamente para su conservación durante el transporte hacia la India (Fernández, 2017, p. 1).

Lúpulo: Flor *Humulus lupulus* ingrediente aportador de amargor y aroma, además, posee acción antibacteriana, generalmente empacadas al vacío para la conservación de su frescura en forma de flor desecada, pellets y extractos (González, 2017, pp. 75-77).

Turbidez: Precipitación formado por proteína – tanino, presencia de compuestos suspendidos como sustancias coloidales (Villalpanda et al., 2013, p. 2).

Cepa: Diferente variante en la misma especie de levadura, con diferentes propiedades como la capacidad fermentativa, sedimentación, toleración al alcohol, ésteres totales, entre otros, influyendo en las propiedades de la cerveza (López, 2016, p. 110).

Atenuación: Medida para conocer la efectividad de la levadura, siendo el porcentaje de azúcares totales que se encuentran en el mosto, donde la levadura va a transformarlos en alcohol y dióxido de carbono en el proceso de fermentación (González, 2016, p. 1).

Whirlpool: Significa torbellino es el proceso donde se coloca el mosto después de la cocción y se realiza un flujo rotatorio creando un remolino causando que sedimente el lúpulo formando en el centro un cono (Kunze, 2006, p. 383).

Dry Hopping: Método donde se añade lúpulo seco en el fermentador días después de la fase de fermentación primaria cuando ha finalizado para asegurar aromas intensos característica especial del estilo IPA (Suárez, 2013, p. 12).

Floculación: Comportamiento de la levadura en la fermentación, cuando tiene baja floculación quedará suspendida por más tiempo, aparentando una cerveza más turbia y con alta floculación asentándose más rápido aclarando la cerveza (Cuellar, 2016, p. 1).

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALBARRACÍN TORRES, Katty.** Estudio de parámetros para la propagación de las cepas de levadura cervecera *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces carlsbergensis* para la fabricación de cerveza artesana [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). S.l.: E.T.S.I. Industriales (UPM). Madrid - España. 2020. págs. 9-12. [Consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <https://oa.upm.es/63464/>.
2. **ANAYA, Villalpanda; et al.** "Influencia del campo magnético estático en la turbidez de la cerveza de alta gravedad". *Brazilian Journal of Food Technology* [en línea], 2013, (Brasil), vol. 16, [Consulta: 26 junio 2024]. ISSN 1981-6723. DOI 10.1590/S1981-67232013005000032. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/4DtFzFdNS6SLKQ7kvqm8V7n/>.
3. **ARAUJO, María.** Aprovechamiento de residuos de una cervecería artesanal como insumo para la industria de la panificación. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). S.l.: Quito: Universidad de las Américas, 2019. págs. 12-16 [Consulta: 24 junio 2024]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10705>.
4. **BARTH, Roger.** *The Chemistry of Beer*. S.l.: Owl's Nest Publishing, 2013, págs. 37-39. ISBN 978-0-9847950-3-1.
5. **BLACK, Andres.** Análisis de las condiciones de fermentación en la producción de cervezas tipo lager y ale. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Técnica de Machala. Machala-Ecuador. 2022. pág. 18. [Consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18464>.
6. **BRISEÑO, Kasandra.** *Tipos de Levaduras*. [blog]. Scribd, 2013. [Consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/133653353/TIPOS-levaduras>.
7. **CARRILLO, Leonor & AUDISIO, Carina.** *Manual de microbiología de los alimentos*. San Salvador de Jujuy: Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Agrarias, 2007, pág. 40.
8. **CASTRO ARTEAGA, Evelyn Michelle.** Evaluación de la calidad e inocuidad por contaminación con ocratoxina a de la cerveza artesanal expendida en bares de la ciudad de Cuenca. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas. Cuenca - Ecuador. 2018 págs. 51-52. [Consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29444>.

9. **COBA, Genesis.** *Aumenta la producción de cerveza artesanal en Ecuador. Primicias*, 2023. [blog]. [Consulta: 24 junio 2024]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/cerveza-artesanal-produccion-ecuador/>.
10. **CONTRERAS, Eduardo.** *SafAle™ K 97 Levadura Fermentación*. Scribd, 2023. [en línea]. [consulta: 24 junio 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/649237279/TDS-ES-SafAle-K-97>.
11. **CORONEL Navarro.** Aislamiento e identificación de taxa de levaduras presentes en el fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum*) con capacidad fermentativa y resistencia alcohólica [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). 2015. [Consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8867>.
12. **CUELLAR, Luis.** *Qué significa floculación en la levadura, y porqué es importante saberlo / Cómo hacer cerveza artesanal en casa*. [blog]. 2016. [Consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: <https://www.cerveza-artesanal.co/que-significa-floculacion-en-la-levadura-y-porque-es-importante-saberlo/>.
13. **EBLINGER, Michael; et al.** *Beer*. Germany: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2009, págs. 177-221.
14. **FERMENTIS.** *Fermentis by Lesaffre K.-97*. [blog]. Alemania: 2023. [Consulta: 8 septiembre 2023]. Disponible en: <https://fermentis.com/en/>.
15. **FERMENTIS.** *Fermentis by Lesaffre S-04*. [blog]. Alemania: 2023. [Consulta: 8 septiembre 2023]. Disponible en: <https://fermentis.com/en/>.
16. **FERMENTIS.** *Fermentis by Lesaffre S-33*. [blog]. Alemania: 2023. [Consulta: 8 septiembre 2023]. Disponible en: <https://fermentis.com/en/>.
17. **FERNÁNDEZ ALCÓN, Francisco Martos.** Registro y diseño de un centro de producción de cerveza IPA [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Politécnica de Valencia, Ingeniería Agroalimentaria. Valencia - España. 2017. págs. 1-2. [Consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/87074>.
18. **FERREYRA, L. & VICENTE, A.** Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires - Argentina. 2014. págs. 24-37. Disponible en: <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final->

Leonel-Ferreyra-.pdf.

19. **FUENTES RUANO, Á.P. & FUENTES RUANO, E.K.** Obtención de cerveza artesanal tipo Ale obscura utilizando un equipo biorreactor de nivel piloto. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). 2014. [consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4089>.
20. **GONZALEZ, Carlos.** *Atenuación cervecera*. [blog]. Madrid, 2010. [Consulta: 02 febrero 2010]. Disponible en: <https://aetcm.es/wp-content/uploads/2021/02/ATENUACION-CERVECERA.pdf#:~:text=A%20trav%C3%A9s%20de%20un%20simple,el%20dato%20de%20ATENUACION%20APARENTE.&text=Esta%20atenuaci%C3%B3n%20corresponde%20al%20porcentaje,alcohol%20y%20gas%20carb%C3%B3nico>.
21. **GONZÁLEZ, Marcos.** *Principios de Elaboración de las Cervezas Artesanales*. North Carolina: S.l.: Lulu.com, 2017, págs. 60-132. ISBN 978-1-365-74267-5.
22. **GUERRERO SUMBA, Freddy Alexis.** Elaboración de cerveza artesanal con pulpa de naranjilla (*solanum quitoense lam.*) y maracuyá (*pasiflora edulis*). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera Agroindustrial. Riobamba - Ecuador. 2022. págs. 28-29. [consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10061>.
23. **HEREDIA PEÑAFIEL, K.E. & KWOK TACAN, E.C.** Aislamiento e identificación de las taxa de levaduras presentes en el fruto de taxo (*Passiflora mollissima*), con capacidad fermentativa y resistencia alcohólicas [En línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). S.l.: s.n. 2015. [Consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9052>.
24. **JARAMILLO, Paula.** "Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien". *Empresarial I*, vol. 1, n° 269, (2018), (Ecuador). pág. 51.
25. **KUNZE, Wolfgang.** *Tecnología para cerveceros y malteros*. S.l.: VLB Berlin, 2006, págs. 322-329.
26. **LÓPEZ HIERRO, Javier.** *Las cervezas en la gastronomía del siglo XXI*. Madrid Prólogos, presidente de la Real Academia de Gastronomía. S.l.: Lectura Plus, 2016, págs. 110-111. ISBN 978-84-08-16364-0.
27. **LOVISO, C.L. & LIBKIND, D.** "Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres". *Revista Argentina de Microbiología* [En

línea], vol. 50, no. 4, (2018). pág. 51. [consulta: 25 junio 2024]. ISSN03257541. DOI 10.1016/j.ram. 2017.11.006. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754117301864>.

28. **MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, Jorge.** Plan de negocio para la apertura de una planta embotelladora de cerveza artesanal en la ciudad de Quito. [en línea], (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. 2013. págs. 8-9. [consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/15902>.
29. **MENCIA SÁNCHEZ, Gustavo Alfredo & PÉREZ GALLEGOS, Ricardo Daniel.** Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 2016. pág. 1 [Consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5772>.
30. **MESONES, Boris.** *Manual Práctico del Cervecerero*. Madrid - España: CerveArt, 2016, pág.18.
31. **NTE INEN 2262.** *Bebidas alcohólicas cerveza requisitos*. [En línea]. 2013. [consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/413226720/Nte-Inen-2262-1Cerveza>.
32. **NTE INEN 1529-5.** *Control microbiológico de los alimentos determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. Rep.* [En línea]. 2006. S.l.: s.n. Disponible en: <https://ia802906.us.archive.org/16/items/ec.nte.1529.5.2006/ec.nte.1529.5.2006.pdf>.
33. **NTE INEN 1529-10.** *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad* [En línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: <https://ia801900.us.archive.org/5/items/ec.nte.1529.10.1998/ec.nte.1529.10.1998.pdf>.
34. **NTE INEN 2322.** *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de Alcohol* [En línea]. 2002. S.l.: s.n. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.2325.2002/page/n3/mode/1up>.
35. **NTE INEN 2323.** *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de la acidez total* [En línea]. 2002. S.l.: s.n. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.2323.2002/page/n3/mode/1up>.
36. **NTE INEN 2325.** *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación del pH*. [En línea]. 2002. S.l.: s.n. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.2325.2002/page/n3/mode/1up>.

- 37. NTON 03 038.** *Norma técnica obligatoria nicaragüense de bebidas fermentadas. Cervezas. Especificaciones.* [En línea]. 2007. S.l.: s.n. Disponible en: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/0/28CDFCF6A1727DFE062575E7005A515D?OpenDocument>.
- 38. ODDONE, Sebastián.** *Grupo de estilos 3: Británicas y Americanas.* [blog]. Argentina: Escuelas y estilos cerveceros, 2022. Disponible en: <https://capacitacioneselmolino.com/wp-content/uploads/2022/03/Escuelas-y-Estilos-Grupo-de-Estilos-3-Britanicas-y-Americanas.pdf>.
- 39. PALMER, John.** *How To Brew.* Estados Unidos - Michigan: The Real Beer Page, 2017, pág. 9.
- 40. PÉREZ, Ramiro.** "Industria cervecera artesanal en Quito y la transformación de bagazo de la cerveza en harina". *Revista Conectividad*, vol. 2, n°. 1, (2021), (Ecuador). pág. 60. ISSN 2806-5875.
- 41. POVEDA HERNÁNDEZ, Jessica.** Evaluación de una cerveza artesanal tipo ale a base de frutos secos con una base de malta de caramelo con un banco de 10 litros. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Fundación Universidad de América. Bogotá-Colombia. 2021. pág. 35. [Consulta: 2021-02-10]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8684/1/6151566-2021-2-IQ.pdf>.
- 42. RODRIGUEZ-SAAVEDRA, Magaly.** Cerveza artesanal: innovaciones biotecnológicas en cervecería y sobre su impacto en la microbiota y salud intestinal. [En línea], (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid. Madrid-España. 2021. págs. 30-31. [consulta: 25 junio 2024]. DOI 10.13039/501100011033. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/263763>.
- 43. SIMONAZZI, Analía.** *Cerveza.* S.l. Buenos Aires - Argentina: Cid Editor apuntes, 2009, pág. 5.
- 44. STRONG, Gordon & ENGLAND, Kristen.** *Guía de Estilos de Cerveza.* Chicago - Estados Unidos. s.l. : BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM, 2015, págs. 40 - 42 . ISBN 978-1-938469-18-3.
- 45. SUÁREZ DÍAZ, María.** Cerveza, componentes y propiedades [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Oviedo. Oviedo-España. 2013. pág. 16. [consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/19093>.

46. **SUÁREZ MACHÍN, Caridad; et al.** "Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol". *Redalyc*, vol. 50, n° 1, (2016), (Cuba), págs. 2-8.
47. **TRUJILLO SANDOVAL, Danny; et al.** "Concentración Económica en el Mercado Cervecerero Ecuatoriano". *Revista Ciencia Unemi* [en línea], vol. 10, n°. 25, [consulta: 24 junio 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661258007/movil/>.
48. **WEYERMANN.** *Productos cervecera*. [blog]. Alemania: 2023. [consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: <https://www.weyermann.de/en-gb/home/>.
49. **YUBERO DÍAZ, Ismael.** *Alimentos con historia Cerveza*. [En línea], vol. 3, no. 1, (2019) Disponible en: https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2023/02/08_Alimentos-con-Historia.-Cerveza.pdf.
50. **ZÚÑIGA FERNÁNDEZ, Paula.** Diseño y dimensionamiento de una cervecera artesanal con una capacidad de 16.000l / semana en Salamanca. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Qupimica y Tecnología de los alimentos. Madrid - España. 2021. pág. 21. [Consulta: 26 junio 2024]. Disponible en: https://oa.upm.es/69770/1/TFG_PAULA_ZUNIGA_FERNANDEZ.pdf.
51. **ZÚÑIGA ORELLANA, Miguel.** Proceso productivo para la elaboración de cerveza artesanal tipo Ale [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador. 2013. pág. 1. [consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3264>.



ANEXOS

ANEXO A: ELABORACIÓN DE LA CEVERZA IPA CON DIFERENTES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA *Saccharomyces cerevisiae*.



Pesaje maltas



Molienda



Maceración



Filtrado



Pesaje lúpulos



Cocción



Inoculación de la levadura



Fermentación



Dry- hopping



Maduración



Embotellado



Refrigeración

ANEXO B: REQUISITOS DE LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA PARA CERVEZA
2262-2013

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos

REQUISITOS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	METODO DE ENSAYO
Contenido alcohólico a 20° C	% (v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Acidez total, expresado como ácido láctico	% (m/m)	-	0,3	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volúmenes de CO ₂	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	-	3,5	4,8	NTE INEN 2325

TABLA 2. Requisitos microbiológicos

REQUISITOS	UNIDAD	Cerveza pasteurizada		METODO DE ENSAYO
		MÍNIMO	MÁXIMO	
Microorganismos Anaerobios	ufc/cm ³	-	10	NTE INEN 1 529-17
Mohos y levaduras	up/cm ³	-	10	NTE INEN 1 529-10

ANEXO C: ANÁLISIS FISIQUÍMICO DE LA CERVEZA IPA.



Determinación de pH



Preparación de muestra



Determinación de acidez



Contenido alcohólico



Destilación



Gravedad específica con picnómetro

ANEXO D: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CERVEZA IPA.



Preparación de agar



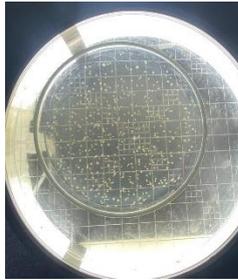
Esterilización en autoclave



Diluciones 10⁻³



Siembra



Conteo



ANEXO E: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL (PRUEBA DE ACEPTABILIDAD).



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE AGROINDUSTRIA



FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL
 “PRODUCCIÓN DE CERVEZA ESTILO INDIA PALE ALE CON TRES
 CEPAS DE LEVADURAS *Saccharomyces cerevisiae*”

FECHA:

INSTRUCCIONES:

Se le presenta a usted 3 muestras de cerveza estilo IPA con tres cepas de levaduras diferentes, considerando que este estilo destaca por su amargor. Por favor inicie la degustación y seleccione el nivel de agrado en base a la escala mostrada. Coloque el puntaje que usted considere adecuado para evaluar los atributos de cada muestra.

Para limpiar el paladar entre muestra y muestra consumir la galleta.

PUNTAJE	ESCALA
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

CÓDIGO	COLOR	AROMA	SABOR	APARIENCIA	AMARGOR
352					
281					
427					

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

ANEXO F: ANALISIS SENSORIAL DE LA CERVEZA IPA.



ANEXO G: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE pH.

Tipos de cepas de levadura	Repeticiones					Promedio
	I	II	III	IV	V	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>						
K-97	5,3	5,4	5,4	5,3	5,3	5,34
S-33	4,9	5,0	5,0	5,0	5,1	5,00
S-04	5,2	5,3	5,3	5,3	5,1	5,24
Promedio						5,19
Coefficiente de variación						1,41

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	15	0,83	0,80	1,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,31	2	0,15	28,63	<0,0001
Tipo de cepa	0,31	2	0,15	28,63	<0,0001
Error	0,06	12	0,01		
Total	0,37	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12322

Error: 0,0053

gl: 12

Tipo de cepa	Medias	n	E.E.	
K-97	5,34	5	0,03	A
S-04	5,24	5	0,03	A
S-33	5,00	5	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO H: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE ACIDEZ TOTAL.

Tipos de cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Repeticiones					Promedio
	I	II	III	IV	V	
K-97	0,28	0,20	0,25	0,31	0,29	0,27
S-33	0,55	0,58	0,64	0,54	0,65	0,59
S-04	0,33	0,29	0,32	0,28	0,30	0,30
Promedio						0,39
Coefficiente de variación						10,36

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez total	15	0,94	0,93	10,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,32	2	0,16	98,69	<0,0001
Tipo de cepa	0,32	2	0,16	98,69	<0,0001
Error	0,02	12	1,6E-03		
Total	0,34	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06770

Error: 0,0016

gl: 12

Tipo de cepa	Medias	n	E.E.	
S-33	0,59	5	0,02	A
S-04	0,30	5	0,02	B
K-97	0,27	5	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO I: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE CONTENIDO ALCOHÓLICO.

Tipos de cepas de levadura	Repeticiones					Promedio
	I	II	III	IV	V	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>						
K-97	6,24	6,04	6,16	6,02	6,14	6,12
S-33	5,74	5,40	5,26	5,26	5,40	5,41
S-04	6,60	6,88	6,82	6,88	6,68	6,77
Promedio						6,10
Coefficiente de variación						2,37

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido Alcohólico	15	0,95	0,94	2,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,63	2	2,31	110,79	<0,0001
Tipo de cepa	4,63	2	2,31	110,79	<0,0001
Error	0,25	12	0,02		
Total	4,88	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24381

Error: 0,0209

gl: 12

Tipo de cepa	Medias	n	E.E.	
S-04	6,77	5	0,06	A
K-97	6,12	5	0,06	B
S-33	5,41	5	0,06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO J: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS (UPC/cm³).

Tipos de cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Repeticiones					Promedio
	I	II	III	IV	V	
K-97	6x10 ⁴	1,8x10 ⁵	1,2x10 ⁵	6x10 ⁴	1,2x10 ⁵	1,08x10 ⁵
S-33	2,4x10 ⁵	3x10 ⁵	2,4x10 ⁵	2,4x10 ⁵	3x10 ⁵	2,64x10 ⁵
S-04	6x10 ⁴	1,2x10 ⁵	1,8x10 ⁵	1,2x10 ⁵	1,2x10 ⁵	1,2x10 ⁵
Promedio						1,64x10 ⁵
Coeficiente de variación						25,87

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mohos y Levaduras	15	0,78	0,74	25,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7536000000	2	3768000000	20,93	0,0001
Tipo de cepa	7536000000	2	3768000000	20,93	0,0001
Error	2160000000	12	180000000		
Total	9696000000	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=71586,29377

Error: 1800000000

gl: 12

Tipo de cepa	Medias	n	E.E.	
S-33	264000,00	5	18973,67	A
S-04	120000,00	5	18973,67	B
K-97	108000,00	5	18973,67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO K: ESTADÍSTICO, ANÁLISIS DE VARIANZA DE RECUENTO DE AEROBIOS MESÓFILOS (UFC/cm³).

Tipos de cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Repeticiones					Promedio
	I	II	III	IV	V	
K-97	6x10 ⁴	1,2x10 ⁵	1,8x10 ⁵	1,2x10 ⁵	6x10 ⁴	1,08x10 ⁵
S-33	1,2x10 ⁵	2,4x10 ⁵	2,4x10 ⁵	1,8x10 ⁵	1,8x10 ⁵	1,92x10 ⁵
S-04	1,8x10 ⁵	3x10 ⁵	1,2x10 ⁵	1,2x10 ⁵	1,8x10 ⁵	1,8x10 ⁵
Promedio						1,6x10 ⁵
Coeficiente de variación						36,87

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aerobios mesófilos	15	0,33	0,22	36,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20640000000	2	10320000000	2,97	0,0898
Tipo de cepa	20640000000	2	10320000000	2,97	0,0898
Error	41760000000	12	3480000000		
Total	62400000000	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=99536,70218

Error: 3480000000

gl: 12

Tipo de cepa	Medias	n	E.E.	
S-33	192000,00	5	26381,81	A
S-04	180000,00	5	26381,81	A
K-97	108000,00	5	26381,81	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO L: RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE LA CERVEZA IPA

Tipo de cepa	Panelista	Color	Aroma	Sabor	Apariencia	Amargor
K-97	1	3	4	2	3	1
K-97	2	4	4	3	4	4
K-97	3	4	2	2	4	3
K-97	4	5	4	2	4	2
K-97	5	5	4	3	5	4
K-97	6	5	4	2	2	4
K-97	7	5	5	3	3	2
K-97	8	5	5	3	4	2
K-97	9	5	4	4	4	4
K-97	10	5	4	2	5	2
K-97	11	2	2	2	4	2
K-97	12	3	4	1	4	5
K-97	13	3	2	3	4	3
K-97	14	3	4	3	4	2
K-97	15	5	4	4	5	3
K-97	16	1	1	1	4	5
K-97	17	5	5	3	5	1
K-97	18	5	5	4	5	4
K-97	19	5	3	2	3	2
K-97	20	5	4	3	4	4
K-97	21	5	4	3	5	4
K-97	22	4	5	2	5	3
K-97	23	4	5	2	4	2
K-97	24	3	4	2	4	2
K-97	25	4	5	2	5	3
K-97	26	4	2	1	3	1
K-97	27	4	4	1	4	1
K-97	28	4	4	3	5	2
K-97	29	5	4	3	5	3
K-97	30	4	4	5	4	3
K-97	31	5	4	2	5	2
K-97	32	3	4	3	4	2
K-97	33	4	4	2	4	2
K-97	34	4	4	1	4	5
K-97	35	4	5	1	4	2
K-97	36	4	4	3	5	3
K-97	37	5	3	3	4	2
K-97	38	4	3	3	4	3
K-97	39	4	4	2	3	3
K-97	40	5	3	3	4	4
S-33	1	2	4	2	3	1
S-33	2	5	5	5	5	5

S-33	3	4	5	3	4	3
S-33	4	5	5	4	5	3
S-33	5	5	5	4	5	4
S-33	6	5	3	3	2	3
S-33	7	5	5	3	4	2
S-33	8	5	4	2	3	1
S-33	9	4	4	4	4	3
S-33	10	5	5	3	5	3
S-33	11	3	3	3	4	3
S-33	12	2	3	1	2	4
S-33	13	4	4	3	4	2
S-33	14	4	4	3	4	3
S-33	15	5	5	5	5	4
S-33	16	5	1	1	5	3
S-33	17	5	5	4	5	2
S-33	18	5	5	2	3	2
S-33	19	3	4	5	3	4
S-33	20	5	5	3	5	3
S-33	21	4	5	3	4	3
S-33	22	3	3	3	4	4
S-33	23	4	5	3	4	2
S-33	24	3	5	2	2	3
S-33	25	5	3	3	5	3
S-33	26	3	4	1	3	1
S-33	27	5	5	1	3	1
S-33	28	5	4	1	5	2
S-33	29	4	3	4	3	4
S-33	30	3	3	2	3	3
S-33	31	4	2	3	4	1
S-33	32	5	4	3	4	3
S-33	33	3	3	4	4	4
S-33	34	3	4	3	4	3
S-33	35	4	3	2	3	2
S-33	36	4	4	3	4	3
S-33	37	3	4	3	4	4
S-33	38	4	4	3	4	2
S-33	39	4	3	2	3	3
S-33	40	3	4	3	3	4
S-04	1	5	5	3	4	2
S-04	2	2	4	1	2	1
S-04	3	4	3	2	4	4
S-04	4	3	4	2	3	3
S-04	5	5	4	4	5	4
S-04	6	3	4	4	4	2
S-04	7	5	5	4	4	5

S-04	8	5	4	4	4	4
S-04	9	5	5	5	5	5
S-04	10	4	4	1	4	1
S-04	11	4	4	4	5	4
S-04	12	4	3	1	4	4
S-04	13	5	4	4	5	3
S-04	14	2	4	2	3	3
S-04	15	5	5	4	4	4
S-04	16	4	4	1	1	1
S-04	17	4	5	3	3	4
S-04	18	4	4	3	3	2
S-04	19	3	4	2	3	2
S-04	20	3	4	3	3	2
S-04	21	4	5	4	4	3
S-04	22	5	4	2	5	2
S-04	23	3	5	2	3	2
S-04	24	5	4	3	3	5
S-04	25	2	4	3	4	3
S-04	26	3	4	1	2	1
S-04	27	3	3	1	3	1
S-04	28	3	4	1	3	1
S-04	29	2	3	1	2	1
S-04	30	5	4	5	5	5
S-04	31	2	3	4	2	4
S-04	32	4	4	4	4	4
S-04	33	4	5	4	5	4
S-04	34	4	4	4	4	4
S-04	35	5	5	4	5	4
S-04	36	4	5	4	5	2
S-04	37	4	4	3	4	3
S-04	38	5	4	4	3	4
S-04	39	3	4	4	4	4
S-04	40	3	3	3	4	3

ANEXO M: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (COLOR)

Variable	Tipos de cepas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Color	K-97	40	4,15	0,95	4,00	2,56	0,2414
Color	S-33	40	4,05	0,93	4,00		
Color	S-04	40	3,80	1,02	4,00		

ANEXO N: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (AROMA)

Variable	Tipos de cepas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Aroma	K-97	40	3,83	0,96	4,00	0,85	0,6033
Aroma	S-33	40	3,98	0,97	4,00		
Aroma	S-04	40	4,10	0,63	4,00		

ANEXO O: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (SABOR)

Variable	Tipos de cepas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Sabor	K-97	40	2,48	0,93	2,50	4,87	0,0730
Sabor	S-33	40	2,88	1,07	3,00		
Sabor	S-04	40	2,95	1,26	3,00		

ANEXO P: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (APARIENCIA)

Variable	Tipos de cepas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Apariencia	K-97	40	4,13	0,72	4,00	3,99	0,1049
Apariencia	S-33	40	3,83	0,90	4,00		
Apariencia	S-04	40	3,68	1,02	4,00		

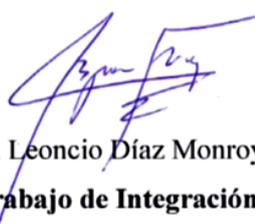
ANEXO Q: PRUEBA KRUSKAL WALLIS (AMARGOR)

Variable	Tipos de cepas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Amargor	K-97	40	2,78	1,12	3,00	1,01	0,5846
Amargor	S-33	40	2,83	1,01	3,00		
Amargor	S-04	40	3,00	1,30	3,00		



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 29/ 07 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Nicole Estefania Naranjo Oñate
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Agroindustria
Título a optar: Ingeniera Agroindustrial
 Ing. Byron Leoncio Díaz Monroy, PhD. Director del Trabajo de Integración Curricular
 BQF. Sandra Elizabeth López Sampedro, Mg Asesora del Trabajo de Integración Curricular