



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del
título de Ingeniera
Agroindustrial.

Proyecto de Investigación

EVALUACIÓN DEL MALTEADO Y FERMENTACIÓN EN EL PROCESO DE
CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE, UTILIZANDO EL SORGO (*Sorghum vulgare*)
COMO MATERIA PRIMA

Autora

Sheyling Alexis Segobia Muñoz

Directora del proyecto de investigación

Ing. MSc. Azucena Bernal Gutiérrez

Quevedo – Ecuador

2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Segobia Muñoz Sheyling Alexis**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Segobia Muñoz Sheyling Alexis

C.C. # 095363300-5



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **MSc. Azucena Elizabeth Bernal Gutiérrez**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Sheyling Alexis Segobia Muñoz, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“EVALUACIÓN DEL MALTEADO Y FERMENTACIÓN EN EL PROCESO DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE, UTILIZANDO EL SORGO (*Sorghum vulgare*) COMO MATERIA PRIMA”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

MSc. Azucena Elizabeth Bernal Gutiérrez
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

MSc. Azucena Elizabeth Bernal Gutiérrez

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del proyecto de investigación cuyo tema es **“EVALUACIÓN DEL MALTEADO Y FERMENTACIÓN EN EL PROCESO DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE, UTILIZANDO EL SORGO (*Sorghum vulgare*) COMO MATERIA PRIMA”**, presentado por la estudiante **SEGOBIA MUÑOZ SHEYLING ALEXIS**, egresada de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Académico de la Facultad Ciencias de la Ingeniería que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles originalidad de similitud con 2 %, de trabajo investigativo.

URKUND	
Documento	TESIS_SEGOBIA_URKUND_7DIC2019.docx (D60508396)
Presentado	2019-12-07 16:21 (-05:00)
Presentado por	sheyling.segobia2014@uteq.edu.ec
Recibido	abernal.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Mostrar el mensaje completo
	2% de estas 30 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

Valido este documento para que la mencionada estudiante de la carrera siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el reglamento.

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente;

MSc. Azucena Elizabeth Bernal Gutiérrez
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DEL MALTEADO Y FERMENTACIÓN EN EL PROCESO
DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE, UTILIZANDO EL SORGO (*Sorghum
vulgare*) COMO MATERIA PRIMA”**

Presentado al Consejo Académico de Facultad de Ciencias de la Ingeniería como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial.

Aprobado por:

Ing. MSc. Flor Marina Fon Fay
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. MSc. Gina Guapi Álava
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. MSc. José Villarroel Bastidas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR
2019

AGRADECIMIENTO

A mis padres Alberto y Carmen, por su instrucción, soporte y abnegación durante estos 23 años de mi vida, logrando así efectuar mi sueño de profesionalizarme.

A mis abuelos Washington y Martha, mis tíos y demás familiares por su incesante apoyo, cariño y enseñanza.

A mis hermanos, Alberto, Ashley y Christopher, mis primas y primos por su apoyo, la unión y el fortalecimiento de este lazo que tenemos.

A mis dos personas favoritas de este mundo, Joselyn y Dara, mis dos grandes amigas que me han respaldado y alentado durante todos estos años.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por su acogida; a mis docentes por impartir sus conocimientos y confianza durante el trayecto de mi formación académica.

A la MSc. Azucena Bernal, mi estimada directora de proyecto de investigación por su perenne colaboración y orientación para lograr esta meta.

Sheyling Alexis Segobia Muñoz

DEDICATORIA

En símbolo de gratificación a todos los que me apoyaron a cumplir este logro.

A mi amado Richard Parker, siempre en mi memoria y corazón.

Sheyling Alexis Segobia Muñoz

RESUMEN

Este proyecto de investigación se enfoca en la elaboración de una cerveza artesanal en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, utilizando la cebada y el sorgo como cereales malteados; debido a su alto contenido de almidón y propiedades nutricionales, adicionando pulpa de maracuyá; con el objetivo de innovar e incursar en el mercado mediante la elaboración de esta bebida alcohólica. Además de evaluar su contenido alcohólico, pH, acidez y turbidez que garanticen la calidad del producto. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial A*B. Los factores estudiados fueron: Factor A (porcentaje de sorgo – porcentaje de cebada) y Factor B (porcentaje de pulpa de maracuyá), correspondiendo a 9 tratamientos con 2 réplicas, generando 18 unidades experimentales. El estudio se realizó mediante ADEVA y pruebas de TUCKEY, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS; y para el tratamiento de las diferencias significativas de los niveles se aplicó la prueba de Tukey. Es así como se logra evidenciar diversas incidencias durante el proceso de obtención de la cerveza de sorgo, tales como la influencia en el tiempo de remojo, el rango de humedad y la temperatura propicia para la germinación y luego de adicionar la malta pale ale y la fruta; consultando la apreciación sensorial del producto.

Palabras claves: bebida alcohólica, lúpulo, levadura, maduración.

ABSTRACT

This research project focuses on the production of a craft beer at the State Technical University of Quevedo, using barley and sorghum as malted cereals; due to its high starch content and nutritional properties, adding passion fruit pulp; with the aim of innovating and entering the market through the elaboration of this alcoholic beverage. In addition to assessing its alcohol content, pH, acidity and turbidity that guarantee product quality. A completely randomized experimental block design with factorial arrangement A * B was used. The factors studied were: Factor A (percentage of sorghum - percentage of barley) and Factor B (percentage of passion fruit pulp), corresponding to 9 treatments with 2 replicates, generating 18 experimental units. The study was conducted using ADEVA and TUCKEY tests, using the STATGRAPHICS statistical software; and for the treatment of significant differences in levels, the Tukey test was applied. This is how various incidents can be evidenced during the process of obtaining sorghum beer, such as the influence on soaking time, the humidity range and the temperature conducive to germination and after adding pale ale malt and fruit; consulting the sensory appreciation of the product.

Key words: alcoholic beverage, hop, yeast, maturation

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO	iii
DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de la investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Diagnóstico	5
1.1.3. Pronóstico	5
1.1.4. Formulación del problema.....	5
1.1.5. Sistematización del problema	5
1.2. Justificación	6
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4. Hipótesis	7
1.5. Variables de estudio	8
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1. Marco teórico	10
2.1.1. Historia	10
2.1.2. Tipos de cerveza por su fermentación.....	11
2.1.2.1. Cervezas de alta fermentación.....	11
2.1.2.2. Cervezas de Baja fermentación	12
2.1.2.3. Cervezas de fermentación espontánea	13

2.1.3. Estilos de cerveza.....	14
American Lager.....	14
Brown Ale.....	14
Golden Ale.....	15
India Pale Ale (IPA).....	15
Vienna.....	15
Brown Ale.....	15
Porter.....	15
Stout.....	15
Las lambic jóvenes.....	16
Las Gueuze.....	16
Las Faro.....	16
Las lámbicas de frutas.....	16
Las Sour Ales americanas de fermentación espontánea.....	16
2.1.4. Proceso de elaboración de cerveza artesanal.....	17
Malteado.....	17
Molienda y Maceración.....	17
Cocción.....	17
Fermentación.....	17
Maduración.....	17
Embotellado.....	18
2.1.5. Fundamentos y componentes de la cerveza.....	19
2.1.6. Desarrollo del sabor de la cerveza.....	21
2.1.7. Variación del color de la cerveza.....	27
2.1.8. Sorgo.....	30
2.1.9. Tipos de Sorgo.....	30
2.1.10. Composición del sorgo.....	32
2.1.11. Elaboración de Cerveza y Fermentación a base de sorgo.....	32
2.1.12. Malta de Sorgo.....	33
2.1.13. Propiedades funcionales de la cerveza de sorgo.....	33
2.1.14. Características que identifican a la bebida fermentada de sorgo.....	34
2.1.15. <i>Passiflora edulis flavicarpa</i> (Maracuyá amarillo).....	35
2.2. Marco Conceptual.....	36

2.3.	Marco referencial	38
2.3.1.	Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>)	38
2.3.2.	Producción de bebidas usando sorgo malteado como materia prima para enfermos celíacos	38
2.3.3.	Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo	39
2.3.4.	Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo udg-110 en la elaboración de bebidas para enfermos celíacos	40
CAPÍTULO III		42
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		42
3.1.	Localización	43
3.2.	Tipo de investigación	43
3.2.1.	Experimental	43
3.2.2.	Analítica	43
3.2.3.	Bibliográfica	44
3.3.	Métodos de investigación	44
3.3.1.	Método inductivo	44
3.3.2.	Método deductivo	44
3.4.	Planteamiento del diseño experimental	44
3.4.1.	Características del experimento	45
3.4.2.	Variables de estudio	45
3.3.3.	Características del experimento	46
3.3.4.	Variables de estudio	46
3.4.	Materiales y Equipos	47
3.5.	Recursos y presupuestos	48
3.6.	Descripción del proceso del malteado del sorgo	49
3.7.	Descripción del proceso de cerveza artesanal de sorgo	50
3.8.	Análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal aplicados a los diversos tratamientos	52
CAPÍTULO IV		54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		54
4.1.	Resultados y discusión	55
4.1.1.	Análisis de Varianza para las variables de estudio	55
4.2.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0.05$) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos de la malta de sorgo	59

4.3.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0.05$) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal tipo ale ...	61
4.4.	Resultados del análisis organoléptico de los tratamientos.....	67
4.5.	Balance de materia para la elaboración de cerveza artesanal	71
4.5.1.	Balance materia para el malteado del sorgo	71
4.5.2.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de malta de sorgo	72
4.5.3.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de sorgo + 50 % de jugo de maracuyá.....	73
4.5.4.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de sorgo + 25 % de jugo de maracuyá.....	74
4.5.5.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de 50 % sorgo + 50 % malta pale ale.....	75
4.5.6.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (50 % sorgo + 50 % malta pale ale) y 50 % de jugo de maracuyá.....	76
4.5.7.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (50 % sorgo + 50 % malta pale ale) y 25 % de jugo de maracuyá.....	77
4.5.8.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (75 % sorgo + 25 % malta pale ale)	78
4.5.9.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (75 % sorgo + 25 % malta pale ale) + 50 % de jugo de maracuyá	79
4.5.10.	Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (75 % sorgo + 25 % malta pale ale) + 50 % de jugo de maracuyá	80
CAPÍTULO V.....		81
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN		81
5.1.	Conclusiones	82
5.2.	Recomendaciones.....	83
CAPÍTULO VI		84
BIBLIOGRAFÍA		84
5.3.	Bibliografía	85
CAPÍTULO VII.....		89
ANEXOS.....		89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutritivo de 0.01 kg de jugo de maracuyá amarillo	35
Tabla 2. Plan Experimental para el acondicionamiento del sorgo para el malteado ..	44
Tabla 3. Interacción de factores	45
Tabla 4. Plan experimental para la elaboración de la cerveza tipo ale de sorgo	45
Tabla 5. Interacción de factores	46
Tabla 6. Materiales	47
Tabla 7. Equipos e Instrumentos.....	47
Tabla 8. Recursos y presupuestos utilizados en la investigación	48
Tabla 9. Análisis de Varianza para Humedad	55
Tabla 10. Análisis de Varianza para Grado de germinación	56
Tabla 11. Análisis de Varianza para pH	56
Tabla 12. Análisis de Varianza para Turbidez	57
Tabla 13. Análisis de Varianza para Grado alcohólico	57
Tabla 14. Análisis de Varianza para Acidez	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados de las diferencias de las medias entre el Tiempo de remojo del sorgo (24 y 32 horas) de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$). 1. Humedad; 2. Grado de germinación.	59
Gráfico 2. Resultados de las diferencias de las medias entre la Temperatura de germinación del sorgo (24 y 32 horas) de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$). 1. Humedad; 2. Grado de germinación	60
Gráfico 3. Resultados de las diferencias de las medias entre el % de sorgo + % de malta pale ale de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) pH; turbidez; grado alcohólico; acidez.	61
Gráfico 4. Resultados de las diferencias de las medias entre el % de jugo de maracuyá de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) pH; turbidez, grado alcohólico, acidez	62
Gráfico 5. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto al pH.....	63
Gráfico 6. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto a la acidez.....	64
Gráfico 7. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto a la turbidez.....	64
Gráfico 8. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto al grado alcohólico.....	66
Gráfico 9. Resultados del análisis organoléptico correspondiente a la característica de Aroma.....	67
Gráfico 10. Resultados del análisis organoléptico correspondiente a la característica de Sabor.....	68
Gráfico 11. Resultados del análisis organoléptico correspondiente a la característica de Color	69
Gráfico 12. Resultados de la aceptabilidad general correspondiente de cada uno de los tratamientos	70

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“EVALUACIÓN DEL MALTEADO Y FERMENTACIÓN EN EL PROCESO DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE, UTILIZANDO EL SORGO (Sorghum vulgare) COMO MATERIA PRIMA”,			
Autor:	Segobia Muñoz Sheyling Alexis			
Palabras clave:	bebida alcohólica	lúpulo	levadura	maduration
Fecha de publicación:	05-12-2019			
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2019.			
	<p>RESUMEN: Este proyecto de investigación se enfoca en la elaboración de una cerveza artesanal en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, utilizando la cebada y el sorgo como cereales malteados; debido a su alto contenido de almidón y propiedades nutricionales, adicionando pulpa de maracuyá; con el objetivo de innovar e incursar en el mercado mediante la elaboración de esta bebida alcohólica. Además de evaluar su contenido alcohólico, pH, acidez y turbidez que garanticen la calidad del producto. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial A*B. Los factores estudiados fueron: Factor A (porcentaje de sorgo – porcentaje de cebada) y Factor B (porcentaje de pulpa de maracuyá), correspondiendo a 9 tratamientos con 2 réplicas, generando 18 unidades experimentales. El estudio se realizó mediante ADEVA y pruebas de TUCKEY, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS; y para el tratamiento de las diferencias significativas de los niveles se aplicó la prueba de Tukey. Es así como se logra evidenciar diversas incidencias durante el proceso de obtención de la cerveza de sorgo, tales como la influencia en el tiempo de remojo, el rango de humedad y la temperatura propicia para la germinación y luego de adicionar la malta pale ale y la fruta; consultando la apreciación sensorial del producto.</p> <p>ABSTRACT: This research project focuses on the production of a craft beer at the State Technical University of Quevedo, using barley and sorghum as malted cereals; due to its high starch content and nutritional properties, adding passion fruit pulp; with the aim of innovating and entering the market through the elaboration of this alcoholic beverage. In addition to assessing its alcohol content, pH, acidity and turbidity that guarantee product quality. A completely randomized experimental block design with factorial arrangement A * B was used. The factors studied were: Factor A (percentage of sorghum - percentage of barley) and Factor B (percentage of passion fruit pulp), corresponding to 9 treatments with 2 replicates, generating 18 experimental units. The study was conducted using ADEVA and TUCKEY tests, using the STATGRAPHICS statistical software; and for the treatment of significant differences in levels, the Tukey test was applied. This is how various incidents can be evidenced during the process of obtaining sorghum beer, such as the influence on soaking time, the humidity range and the temperature conducive to germination and after adding pale ale malt and fruit; consulting the sensory appreciation of the product.</p>			
Descripción:	hojas: 44 dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>			

INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida alcohólica fermentada a base de cereales malteados, lúpulo y levadura. En la actualidad a nivel mundial, muchos de los elaboradores de cervezas artesanales recurren en añadir nuevos aditivos a la mezcla, o cereales poco convencionales, dando origen a cervezas con frutas, con chiles picantes, ahumadas, entre otras innovaciones; a la vez modificando de manera superficial la definición del producto, pero manteniendo su característica de origen. Respecto al proceso de elaboración es una habilidad que se ha desarrollado desde tiempos remotos, posicionando de tal forma a una gran pluralidad de procesos que se distinguen por las técnicas aplicadas durante la elaboración, originando dos clasificaciones de cerveza, las cervezas industriales y cervezas artesanales.

Una de las grandes complejidades del mercado de la cerveza artesanal en el Ecuador es que no existe una definición concreta. Por comparación, la asociación de cerveceros artesanales en EEUU, conocida en inglés como Brewer's Association, define al cervecero artesanal como a) pequeño, y lo define por una producción menor a seis millones de barriles anuales; b) independiente, que significa que menos de 25% de la cervecería puede ser controlada por una compañía industrial, y c) tradicional, con ingredientes innovadores y puros. En el Ecuador, aunque no existe una definición legal, sí hay varios entendimientos comunes entre cerveceros. Lo primero que destaca a las cervezas artesanales de las industriales son los ingredientes. [1]

En donde la disparidad está en la financiación en el proceso de manufactura, en las utilidades y la demanda en el mercado, posicionando a la cerveza industrial con mayor venta a nivel global sobre la cerveza artesanal. Las cervecerías industriales emplean otros cereales, como arrozillo y maíz, para reducir costos y aumentar sus volúmenes de producción. Por el contrario, las cervecerías artesanales no hacen uso de ningún componente adjunto, a excepción que sea para otorgar un sabor o aroma distintivo.

Por consiguiente, en esta evaluación se atribuye al uso de cereales no usuales en nuestra región, en este caso el sorgo; que mediante la operación de malteado se logra obtener la germinación del grano, con la finalidad de acelerar las enzimas que transformarán los almidones en azúcares para realizar una cerveza artesanal a la que se le incluya un sabor frutal, tropical y refrescante, otorgado por la maracuyá, permitiendo de esta manera ofrecer una bebida atrayente al consumidor.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En el Ecuador el mercado de la cerveza artesanal es reciente en su producción y comercialización; debido a que las regulaciones, impuestos y permisos resultan exagerados para este tipo de producción, no hace diferenciación entre las economías de escala y los volúmenes de ventas, por lo cual es un obstáculo para los emprendedores microcerveceros debido a que esta especialización genera un muy alto valor agregado para sus consumidores, y requiere de inversiones muy específicas y de costes que no tiene la estandarización.

Otra de las barreras más evidentes es la competencia en el mercado de cervezas, dominado por grandes monopolios con bajos costos de producción y de venta que son imposibles de competir. Las dos principales cerveceras en el mundo son las multinacionales SABMiller, dueña de Cervecería Nacional S. A., y reconocida principalmente por las marcas Corona y Pilsener, y AB InBev, con su subsidiaria Ambev Ecuador, reconocida principalmente por las marcas Brahma y Budweiser [1].

Según Jaramillo, P. (2016) menciona que “el principal obstáculo que enfrentan los cerveceros artesanales son los altos costos de los impuestos. En el Ecuador no se produce malta, lúpulo ni cebada cervecera, y existen aranceles altos para importar estos materiales primordiales para la producción de cerveza” [1]. Debido a la similitud de propiedades de la cebada y el sorgo, puede ser otra alternativa en reemplazo para la producción de cerveza artesanal.

1.1.2. Diagnóstico

La población ecuatoriana consume por costumbre la cerveza tradicional, pues las grandes empresas cerveceras han planteado campañas de promoción y precios accesibles al consumidor; caso contrario es lo que sucede con la cerveza artesanal, pues no hay amplio conocimiento sobre ella y su consumo se limita únicamente a quienes saben sobre sus características y aceptan pagar un precio mayor al de las cervezas tradicionales. Sin embargo se debe resaltar que la cerveza artesanal es una propuesta emprendedora, que posibilita incursionar en el mercado productivo y poco a poco lograr que se conozca como una alternativa de gran calidad en el consumo de cerveza.

1.1.3. Pronóstico

Cabe destacar que para el éxito del proceso éste debe ser llevado a cabo bajo estrategias que ayuden a que el producto sea aceptado y llegue al paladar y memoria del grupo de personas consumidoras de bebidas alcohólicas, debido a que el producto es muy difícil de replicar por las grandes industrias, se debe crear mercado y enfocar la distribución directamente al cliente final o sitios especializados para no entrar en competencia directa con las empresas ya posicionadas.

1.1.4. Formulación del problema

- ¿Cómo influye el malteado del sorgo (*Sorghum vulgare*) en la fase fermentativa para el proceso de elaboración de la cerveza tipo ale?

1.1.5. Sistematización del problema

- ¿Cuál es la influencia del tiempo en el acondicionamiento de la materia prima dentro del remojo en la fase de malteado?
- ¿Qué efecto causarían las condiciones de temperatura en la germinación del sorgo?
- ¿Cómo se lograría mejorar los extractos fermentables del mosto de sorgo?
- ¿Cuál es el rendimiento del proceso de cerveza artesanal tipo ALE a partir del sorgo?

1.2. Justificación

Con la realización de este proyecto, se espera obtener una alternativa no tradicional en la elaboración de cerveza artesanal, la misma que presenta una producción creciente en ciertas ciudades del país, siendo normalmente elaborada mediante la mezcla de varios cereales como cebada, maíz, arroz entre otros. Sin embargo, existen otras materias primas que se pueden utilizar tales como patata, malanga, quinua, centeno, y el sorgo; estas opciones deben ser consideradas para realizar los correspondientes procesos y verificar si resultan aceptables por los consumidores y rentables para los productores.

El sorgo se constituye como una alternativa potencial para la fabricación de alimentos dirigidos a la alimentación humana, debido a que resiste zonas agroecológicas caracterizadas por la escasez de precipitaciones y por la sequía, donde es inadecuada la producción de otros cereales. Adicionalmente, tolera el calor y la salinidad mejor que el maíz, y puede crecer en una amplia variedad de suelos con un aporte limitado de nutrientes [2].

Otra característica fundamental del sorgo es que posee un alto contenido de vitaminas del complejo B, hierro, fósforo, calcio, zinc, carbohidratos, y fibras insolubles lo cual lo convierte en una alternativa de dieta para las personas con problemas de digestión. Así mismo, al no contener gluten, es una opción para que las personas celíacas puedan consumir una clase de granos; al poseer la propiedad de absorción de cierta cantidad del azúcar que ingerimos, es recomendado que lo consuman los enfermos diabéticos, ya sea como bebida o alimento.

Al ser el sorgo un grano similar a la cebada pero del cual resulta menos costosa su producción; y al ser factible encontrarlo en cultivos en nuestro país en zonas tales como Manabí, Los Ríos, Santa Elena; aunque no se ha fomentado su producción en grandes masas, se puede utilizar dentro de la elaboración de productos que lo incluyan, como en el caso de la cerveza artesanal, buscando a la vez que sea del agrado de quienes gustan de éste tipo de productos, incluso con aditamentos de frutas como la maracuyá, u otros.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar el malteado y la fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer la influencia del tiempo de 24 horas y 32 horas en el acondicionamiento de la materia prima dentro del remojo en la fase de malteado.
- Valorar qué efectos causarían las condiciones de temperatura de 25 °C y 40 °C en la germinación del sorgo.
- Contrastar la malta pale ale y el jugo de maracuyá para mejorar las características de la cerveza artesanal tipo ale.
- Determinar el rendimiento del proceso de cerveza artesanal tipo ale a partir del sorgo.

1.4. Hipótesis

a. Hipótesis Nula

- **H₀:** La fase de malteado no depende de la influencia del tiempo en el acondicionamiento del sorgo.
- **H₀:** El acondicionamiento para la germinación y el malteado del sorgo no influye en el proceso de elaboración de cerveza artesanal.
- **H₀:** La adición de la malta pale y el jugo de maracuyá no influyen en las características físicas, químicas y sensoriales del producto final.

b. Hipótesis Alternativa

- **H_a:** La fase de malteado depende de la influencia del tiempo en el acondicionamiento del sorgo.

- **Ha:** El acondicionamiento para la germinación y el malteado del sorgo influye en el proceso de elaboración de cerveza artesanal.
- **Ha:** La adición de la malta pale y el jugo de maracuyá influyen en las características físicas, químicas y sensoriales del producto final.

1.5. Variables de estudio

Variable independiente

- Tipos de cereales: cebada y sorgo
- Pulpa de maracuyá

Variable dependiente

- Malteado y fermentación

Indicadores

- grado de germinación del sorgo
- porcentaje de humedad del sorgo
- tiempo de remojo del sorgo para el malteado
- pH
- acidez
- grado alcohólico
- turbidez

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Historia

La cerveza es uno de los productos más antiguos de la civilización. Los historiadores creen que ya existía en Mesopotamia y Sumeria en el año 10.000 a.C. En 1981 se encontró una tablilla de piedra que describe un tipo de cerveza elaborada en Babilonia en el 6.000 a.C. En la antigüedad, los chinos también elaboraban cerveza, del mismo modo que las civilizaciones precolombinas de América, que utilizaban maíz en lugar de cebada. De manera similar, en la antigua Britania se elaboraba cerveza a base de trigo malteado antes de que los romanos introdujeran la cebada [3].

La materia prima principal en la elaboración de la cerveza es la cebada; se sabe que la existencia de este cereal se remonta a tiempos tan antiguos como el 3.000 a.C. Como la cebada se cultiva mejor que la uva en climas fríos, los países nórdicos como Alemania o Inglaterra favorecieron la producción de cerveza frente a la del vino, y estas regiones se convirtieron en renombradas productoras de cervezas. En efecto, la producción de cerveza se tomó muy en serio, tanto allí como en el Nuevo Mundo, donde esta bebida era uno de los componentes principales de la dieta de los primeros colonos [3].

Las primeras cervezas se elaboraban utilizando el cereal disponible en la región, por lo que cada pueblo poseía una bebida con características organolépticas diferentes. Por ejemplo, en la Mesopotamia utilizaban trigo y mijo; sorgo en África; arroz en China y Japón y maíz en América. En su "Historia Natural", Plinio el Viejo en el año 100 d.C., relata que algunas tribus germánicas recogían tablones curvos de madera y los unían con aros de metal, creando así la versión más antigua del barril de cerveza [3].

Hasta el año 1.400 los ingredientes principales de la cerveza eran la cebada malteada, el agua y la levadura. Se añadía romero y tomillo con el doble propósito de añadirle sabor y evitar que la cerveza se descompusiera. Esta cerveza era turbia y contenía muchas proteínas y glúcidos, lo cual la convertía en una bebida muy nutritiva, que consumían tanto los campesinos como la nobleza [3].

Se cree que en el siglo XV se descubrió una nueva versión de cerveza. Los mercaderes de Flandes y Holanda introdujeron el lúpulo en su elaboración, lo cual le daba cierto sabor amargo. La variedad que contenía lúpulo se denominó "cerveza" y la que carecía de este ingrediente, "ale". En la Edad Media los monjes europeos además de salvaguardar el saber

literario y científico resguardaron el arte de elaboración de la cerveza. Ellos refinaron el proceso prácticamente hasta la perfección, e institucionalizaron el uso del lúpulo por su sabor y sus propiedades como conservante. El arraigo y preferencia de esta bebida fue tan grande, que en 1516 las autoridades bávaras bajo la administración de Guillermo VI, introdujeron las leyes de pureza de la cerveza [3].

Las mismas restringían las materias primas aptas para su elaboración a cebada malteada (malta), agua y lúpulo. A esta “receta original” sólo le faltaba un componente en su descripción para hacerla completa, el agregado de levadura. A finales del siglo XVII en Alemania se publica la obra "Zymotechnica Fundamentalis", que fue el primer intento en tratar de construir una teoría científica que explique el proceso de la fermentación [3].

En 1.680 el científico holandés Antón van Leeuwenhoek detecta por primera vez las células individuales de levaduras al observarlas en el microscopio. Sin embargo, hubo que esperar a Luís Pasteur para que se diera el paso final. Hasta entonces, los productores de cerveza dependían de la levadura natural que transportaba el aire para que se produjese la fermentación. Al demostrar que la levadura es un microorganismo vivo, Pasteur hizo posible el control preciso de la transformación del azúcar en alcohol. La producción de cerveza se tomó muy en serio tanto en el Viejo como en el Nuevo Mundo, a tal punto que esta bebida era uno de los componentes principales de la dieta de los primeros colonos [3].

2.1.2. Tipos de cerveza por su fermentación

2.1.2.1. Cervezas de alta fermentación

Las levaduras que llevan a cabo el proceso de fermentación en este tipo de cervezas pertenecen a la especie *Saccharomyces Cerevisiae*. Estas levaduras tienden a subir a la zona superior de los tanques de fermentación, cercana a la superficie, como si fueran a flotar, de ahí que sean denominadas de “alta fermentación” o “top fermentation” en inglés. Estas levaduras se encuentran cómodas realizando su cometido a temperaturas comprendidas entre los 15 °C y los 25 °C [4].

Estas cervezas también reciben el nombre de “ale”, independientemente del color, graduación alcohólica, y país de procedencia. Se caracterizan por lo general, por ser más sabrosas, complejas y aromáticas que las cervezas de baja fermentación, siendo frecuentes por ejemplo, la presencia de ésteres de levadura que producen una amplia gama de matices

afrutados tanto en el aroma como en el sabor. Este tipo de cervezas ha sido el más extendido a través de los siglos, y hasta la llegada de la cerveza Pilsen, han sido las cervezas más consumidas y comercializadas en todo el mundo, siendo especialmente populares en el Reino Unido y en Bélgica, donde continúan siendo cervezas que gozan de gran aceptación [4].

Hay un mayor número de estilos de cervezas de alta fermentación, que de baja fermentación. Dentro de esta amplia variedad de estilos, se suele establecer una clasificación en función de su procedencia, coincidiendo con los países que históricamente han sido considerados como principales productores de cerveza. De Bélgica tenemos, por ejemplo, las Witbier, las Saison, las Belgian Strong Ale o las Cervezas de Abadía, con sus sabrosas Dobles, Triples y Cuádruples. En Alemania tenemos, por otra parte, las Altbier, las Weizen de Baviera o las Berliner Weisse, entre otros. Gran Bretaña a su vez ha contribuido a enriquecer el mundo de la cerveza con un buen número de estilos de alta fermentación como, por ejemplo, las Mild, las Bitter, las Pale Ale, las Brown Ale, las IPA, las Stouts o las Porter, entre otros [4].

2.1.2.2. Cervezas de Baja fermentación

Estas cervezas son fermentadas por un tipo particular de levaduras pertenecientes a la familia *Saccharomyces Carlsbergensis*, que tienden a descender hasta depositarse en el fondo de los tanques de fermentación, de ahí el nombre de “baja fermentación” o “bottom fermentation” en inglés. Estas levaduras fermentan a bajas temperaturas, entre 4°C y 9°C a diferencia de las de alta fermentación. Dado que en realidad, las levaduras actúan en todo el mosto, siendo puristas, sería más correcto utilizar el término “fermentación en frío” que “baja fermentación” [4].

Las cervezas de baja fermentación también son denominadas de forma genérica “lager”, palabra que procede del vocablo alemán, “lagern” que quiere decir almacenar. Ello se debe a que las lager, tras finalizar el proceso de la primera fermentación, pasan a ser almacenadas en tanques de maduración en frío (cerca de 0 °C), donde se dejan reposar durante varias semanas o incluso meses en algunos casos. Este proceso fue descubierto de modo accidental por los monjes de los monasterios de Baviera que producían cerveza en el siglo XVI, cuando comenzaron a guardar sus cervezas en profundas cuevas, a bajas temperaturas que les permitía almacenar las cervezas durante largos periodos de tiempo [4].

Las lager se caracterizan por lo general por ser cervezas elegantes, de aromas limpios y acentuados carbónicos, aunque también hay lagers que atesoran una gran complejidad y singularidad. Y en contra de la creencia popular no siempre son pálidas, ya que también existen lagers de tonos oscuros. A pesar de que la tradición cervecera en la producción de lagers comienza en el siglo XVI, no es hasta el siglo XIX, y más adelante en el siglo XX, con la invención de los mecanismos de refrigeración industrial, cuando viven su mayor momento de esplendor, conquistando el mercado en todo el mundo [4].

Este dominio de la lager es consecuencia de la aparición del estilo Pilsen en la ciudad de Plzen (Rep. Checa) en 1842, la primera cerveza de baja fermentación dorada y transparente de la historia, cuyo aspecto atractivo y delicado sabor consiguió conquistar al público. La región productora de lagers por excelencia se sitúa precisamente en centroeuropa, siendo Alemania y la República Checa los principales países abanderados. Con el paso del tiempo, ha sido el estilo más reproducido e imitado en la industria cervecera mundial [4].

Aunque el número de estilos de cervezas de tipo lager es inferior al de las cervezas de tipo ale, la variedad es notable, siendo la mayoría de ellos procedentes de Alemania y Rep. Checa, los grandes especialistas. Entre estos estilos podemos encontrar: Las Pilsen, las Helles, las Dortmunder Export, las Märzen, las Bock, las Doppelbock, las Eisbock, o las Schwarzbier [4].

2.1.2.3. Cervezas de fermentación espontánea

Son probablemente las cervezas más desconocidas por el gran público, son las más especiales e interesantes gracias a su particular proceso de fermentación. Como su propio nombre indica, se trata de cervezas donde la fermentación se produce de forma natural y espontánea, sin necesidad de inocular la levadura en el mosto, ya que el proceso es llevado a cabo por levaduras silvestres que se encuentran en el aire, en contacto con el mosto contenido en las cubas de fermentación abiertas utilizadas para la elaboración de este tipo de cervezas. Las levaduras que intervienen en la fermentación de este tipo de cervezas pertenecen a la familia de los *Brettanomyces*, también denominadas de forma abreviada Brett [4].

Este tipo de cervezas contiene un porcentaje de malta de trigo combinada con malta de cebada, y en algunas ocasiones también incluyen diferentes frutas como ingredientes, en especial cereza o frambuesa. Desde el punto de vista sensorial son cervezas caracterizadas por una marcada e intensa acidez y abundantes notas agrias. Estas cervezas también

reciben la denominación de lámbicas, por extensión fonética del nombre de la localidad belga llamada Lembeek, que se encuentra en el corazón de la región geográfica de donde proceden, en el Brabante Flamenco, en las proximidades de Bruselas [4].

Al margen de estas grandes tres familias existen algunas cervezas que pertenecen a estilos híbridos o mixtos que comparten al mismo tiempo procedimientos en su elaboración propios de cervezas de alta fermentación y de baja fermentación o de fermentación espontánea, como por ejemplo las Kölsch alemanas que fermentan empleando levaduras ale, pero que posteriormente experimentan un periodo de acondicionamiento en frío [4].

O también el caso de las Oud Bruin flamencas, que se trata de un estilo muy particular de cervezas obtenidas como resultado de la mezcla de cervezas de alta fermentación jóvenes y de maltas tostadas que fermentan en cubas abiertas, con otras más añejas, que han estado madurando en barrica durante largos periodos de tiempo. La mezcla, que contiene levaduras silvestres, desarrolla una segunda fermentación prolongada seguida por un periodo de maduración en barrica, generando notas ácidas y lácticas, con toques asidrados. Estas excepciones sin embargo suelen ser asimiladas a las cervezas de alta fermentación con objeto de simplificar y normalizar la agrupación de las cervezas en estas tres grandes familias [4].

2.1.3. Estilos de cerveza

American Lager

Originaria de Estados Unidos, esta cerveza que se elabora con maltas pálidas, levaduras de fermentación de fondo y lúpulo escaso, tiene un sabor refrescante, chispeante y de amargor ligero. Surgió en el siglo XIX inspirada en la exitosa Pilsner de manos de los migrantes europeos [5].

Brown Ale

Se trata de un estilo originario de Reino Unido difícil de definir, ya que evoluciona de forma constante por sus largos años de olvido. Se elabora con levaduras Ale y maltas de tostado medio, de ahí su gusto dulce y terminación seca. El lúpulo suele ser discreto y aportar referencias florales [5].

Golden Ale

Norteamericana de inspiración inglesa, esta cerveza es elaborada con levaduras de superficie y maltas de tostado ligero. Es común adicionar frutas, hierbas, miel o especias en la última etapa para lograr un sabor más complejo. Suele ser refrescante, armoniosa y con aromas maltosos [5].

India Pale Ale (IPA)

Fue diseñada en 1790 en Reino Unido, para resistir los largos viajes hasta la India. Está hecha a base de maltas tostadas ligeras con una buena selección de lúpulo y agua con cal para evitar el crecimiento de microorganismos. Su sabor es balanceado, con un amargo intenso muy refrescante [5].

Vienna

El sabor muy característico de las maltas vienna y su color ámbar la hacen una cerveza muy especial. Aunque ha evolucionado desde su creación en Austria hace casi 200 años, esta Lager conserva sus sabores tostados y una baja evidencia de lúpulo, así como ligero acento a caramelo [5].

Brown Ale

Se trata de un estilo originario de Reino Unido difícil de definir, ya que evoluciona de forma constante por sus largos años de olvido. Se elabora con levaduras Ale y maltas de tostado medio, de ahí su gusto dulce y terminación seca. El lúpulo suele ser discreto y aportar referencias florales [5].

Porter

Esta cerveza robusta y de sabor medio-intenso, es una Ale elaborada a base de maltas oscuras que regala aromas a panadería y algo de chocolate, o acentos a caramelo. Fue creada en Reino Unido durante el s. XVIII para complacer a los portadores de mercancías, de allí su nombre [5].

Stout

Es una Ale de maltas oscuras a la que se le pueden agregar cereales como avena, e ingredientes como cacao o café. Su nombre quiere decir “robusta”, debido a que el amargor y el alcohol son evidentes, así como una clara referencia al café. Se trata de la evolución comercial de la Porter [5].

Las lambic jóvenes

De carácter desafiante y difícil, se caracterizan por su singular acidez y sequedad, que puede recordar a la sidra. Según envejecen desarrollan una serie de matices afrutados y terrosos que le permiten incrementar su complejidad. Son usadas como base para el desarrollo de otras cervezas lámbicas [4].

Las Gueuze

Conocidas con el sobrenombre de “champagne de Bruselas” son el resultado de la mezcla de lambics más jóvenes con otras lambics más añejas, que han estado madurando durante al menos un año en barrica. La mezcla permite una segunda fermentación debido a la presencia de azúcares fermentables en la lambic joven. Como consecuencia estas cervezas desarrollan un nivel de carbónico notable, resultando espumosas y burbujeantes [4].

Las Faro

Son el resultado de la mezcla de diferentes variedades de lambic a las que se además se les añade azúcar, para facilitar una segunda fermentación, que es detenida mediante una pasteurización posterior que permite que no se haya consumido todo el azúcar. Como consecuencia ofrece una mezcla de notas acéticas y dulces [4].

Las lámbicas de frutas

Son resultado de mezclar lambics por lo general jóvenes, con fruta como, por ejemplo: cerezas (llamadas popularmente kriek), o frambuesas, entre otras. La presencia de la fruta en la barrica donde maduran estas cervezas, proporciona nuevos azúcares que posibilitan una segunda fermentación. El resultado son cervezas de marcado acento afrutado, donde la acidez se ve contrarrestada por el dulzor de la fruta [4].

Las Sour Ales americanas de fermentación espontánea

Algunos productores de craft beers en los Estados Unidos han comenzado a elaborar cervezas utilizando levaduras salvajes para llevar a cabo la fermentación, y usando barriles de madera para la maduración, que han logrado un gran éxito de público y crítica [4].

2.1.4. Proceso de elaboración de cerveza artesanal

Malteado

Los granos de cereal, normalmente de trigo o cebada, aunque se pueden utilizar de cualquier tipo, se sumergen en agua para que comiencen a germinar y secarse con aire caliente poco después. Dependiendo del grado de tostado conseguiremos maltas más claras u oscuras, que aportarán el color de la cerveza [6].

Molienda y Maceración

El cereal se muele y mezcla con agua a temperatura adecuada para extraer el azúcar del grano y obtener así un mosto dulce. El agua es el ingrediente mayoritario con más de un 90% del producto, por lo que la duración y temperatura durante el proceso influirá bastante en el tipo de cerveza final y su 'bebestibilidad' o consumo placentero [6].

Cocción

El mosto se pone a hervir con el objetivo de eliminar las bacterias que hayan podido aparecer durante el proceso, y es justo en este momento cuando se añade el lúpulo, ingrediente que aportará el aroma y amargor deseado. La duración del proceso de cocción depende de cada receta, pero se suele prolongar algunas horas [6].

Fermentación

El resultado pasa al fermentador, donde se añade la levadura. Sus enzimas transforman los azúcares de mosto en alcohol y marcan el perfil de la cerveza. Si la fermentación se produce a alta temperatura dará como resultado una cerveza de tipo Ale o de 'alta fermentación', mientras que, si se produce a baja temperatura, obtendremos una cerveza de tipo Lager o 'baja fermentación' [6].

Maduración

Finalizada la fermentación primaria, la mayoría de las células de levadura se ha inactivado y se ha depositado en fondo del fermentador. Con el tiempo, esa levadura inactiva, comenzará a excretar más aminoácidos y ácidos grasos, para luego morir dejando sabores y aromas similares a la grasa, la carne o la goma, bien característicos de la autólisis [7].

En determinadas condiciones, la levadura que aún permanece activa procesará también algunos de los componentes de ese sedimento añadiendo otros sabores extraños. Por todo eso, no se aconseja dejar un tiempo prolongado (más de 3 semanas) el mosto fermentado

en contacto con el barro del fermentador primario y es importante también, eliminar el sedimento que se forma durante el acondicionamiento [7].

Tradicionalmente, lo que se hace, es trasvasar la cerveza a otro recipiente intentando separarla de todos los sólidos decantados en la fermentación, para luego dar comienzo a la maduración. Si bien las grandes cervecerías y una parte importante de cerveceros caseros siguen haciéndolo de esta manera, las microcervecerías y los brewpub tienden a utilizar fermentadores cilindro-cónicos o unitanque en los que la fermentación y maduración son casi un proceso continuo y donde, la levadura depositada se va extrayendo, a medida que se acumula, por una válvula en la parte inferior del cono del recipiente [7].

El acondicionamiento o maduración es una tarea que debe realizar la levadura, por eso la cerveza transferida desde el fermentador debe contar con un pequeño porcentaje (1.1%) de extracto fermentable y una cantidad óptima de levaduras en suspensión (1 ± 4 millones de cel/ml). Por lo tanto, la elección de la cepa de levadura es importante y debe hacerse no sólo pensando en sus cualidades fermentativas, sino que también, hay que tener en cuenta el posterior proceso de maduración [7].

Con una cepa de baja floculación, la cerveza trasvasada contendría demasiadas células de levadura, la fermentación secundaria se produciría demasiado rápido, pero la clarificación sería más difícil debido a que la levadura tardaría más en decantar. Por el contrario, con una cepa de alta floculación, se transferiría muy poca levadura del fermentador al madurador y la fermentación secundaria no se llegaría a completar a menos que, de algún modo, se la fomente con el agregado de más fermentables o volviendo a airear la cerveza con los riesgos que esto último representa [7].

El líquido resultante se mantiene un tiempo en un tanque de maduración, donde reposa en frío para que el sabor y los aromas logrados durante el proceso se estabilicen y el producto final mantenga el carácter deseado [6].

Embotellado

La cerveza procede a envasarse en botellas de vidrios, y luego se almacena en refrigeración [6].

2.1.5. Fundamentos y componentes de la cerveza

La cerveza es una bebida fermentada típica y tradicional de nuestra dieta mediterránea, puede estar relacionada con esparcimiento y ocio, pero en estos últimos 20 años se ha demostrado, mediante numerosas investigaciones biomédicas, que la ingesta moderada es beneficiosa para la salud. Esta bebida, de baja graduación alcohólica (4°–5°), no contiene grasas, su aporte calórico es moderado (45 kcal/100 ml) y contiene numerosas vitaminas hidrosolubles y fibra, además de minerales, pero con baja concentración de sodio [8].

Uno de los principales investigadores sobre la cerveza, el Prof. y Dr. Anton Piendl, así como el Dr. Javier Posada, experto de la Escuela de Cerveza y Malta¹, destaca los componentes positivos para la salud [8]:

Lúpulo: la cerveza es la única bebida que contiene lúpulo, un sedante suave y un amargor estimulante del apetito. En las flores femeninas del lúpulo están las denominadas glándulas de lupulina, una resina de color amarillento, extraída de los pétalos, que durante el proceso de elaboración de la cerveza se transforma en sustancias amargas. Esta resina contiene ácidos alfa y beta, polifenoles y aceites esenciales, constituyentes naturales que confieren a la cerveza algunas de sus propiedades saludables [8].

Lúpulo Cascade: variedad aromática de origen americano, particularmente popular dentro de la industria cervecera artesanal de los EEUU. Aunque sigue siendo muy popular, en un tiempo prevaleció tanto que definía el sabor de la cerveza de micro cervecería americana [9].

El Cascade fue desarrollado por el Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA) en Corvallis, Oregon, e introducido en 1971. Fue la primera variedad aromática desarrollada por el programa de cultivo de lúpulo de la USDA [9].

Tiene un nivel de bajo a moderado de alfa-ácidos (4.5%-7%) y un rango medio en contenido de aceites (0.7-1.4ml/100g) [9].

Proviene de una recolección de semillas de polinización abierta de 1956, su linaje incluye las variedades Fuggle, la rusa Serebrianka y una masculina desconocida. Originalmente se buscaba que fuera parecida a la variedad aromática Hallertauer Mittelfrüh, importada de Alemania. Su nivel de alfa y beta-ácidos es similar al de esta variedad alemana, diferenciándose por algunos factores cualitativos. Sus conos son medianos y compactos y su lupulina de color amarillo [9].

El Cascade es muy resistente al moho, especialmente el rizoma, pero moderadamente susceptible en su etapa como cono y hoja. Madura tanto temprana como tardíamente y está muy bien adaptado a las condiciones de Washington y Oregon, pero se cultiva mayoritariamente en Washington. En 1975 el Cascade comportó el 13.3% del total del lúpulo cosechado en los EEUU [9].

Tiene un excelente potencial de rendimiento, pero su estabilidad durante el almacenamiento es muy pobre. Por lo tanto, los paquetes de Cascade deberían dejarse enfriar después del embalaje, antes de ser almacenados en frío. Es una variedad muy versátil y se utiliza tanto para amargar como para aromatizar. Este lúpulo se puede usar para elaborar casi cualquier estilo de cerveza. Los cerveceros suelen tener esta planta en sus jardines. Una de sus particularidades es su rápido crecimiento, es una variedad muy resistente. Su aroma se describe como floral y cítrico, con notas de pomelo y agujas de pino [9].

Malta: proporciona a la cerveza los carbohidratos, minerales, elementos trazas y los ácidos orgánicos y vitaminas importantes para la vida [8].

Agua: es el mayor y más importante componente de la cerveza, con 92 g/100 g. El poder refrescante de la cerveza se debe tanto a su alto contenido en agua como a los minerales que contiene [8].

Contenido de calorías: cada 100 ml de cerveza contiene entre 30 y 40 kcal [8].

Compuestos proteínicos: la cerveza es realmente pobre en contenido proteínico; sin embargo, contiene los 20 aminoácidos esenciales y muchos no esenciales [8].

Minerales y elementos trazas: la cerveza contiene más de 30 minerales entre elementos trazas, la mayoría de estos se origina en la cebada malteada. Un litro de cerveza satisface casi la mitad de las necesidades diarias de magnesio de un adulto, y un 40 y un 20 respectivamente, de las necesidades diarias de fósforo y potasio. Así, al ser rica en potasio y baja en sodio, es una bebida diurética [8].

Vitaminas: la cerveza contiene todas las vitaminas importantes del grupo B, además de las vitaminas A, D y E. Por ejemplo, con 1 l de cerveza se cubre el 35% de la necesidad diaria de vitamina B6, el 20% de la B2 y el 65% de la B3 niacina. Un litro de cerveza contiene cerca de 210 mg de vitaminas y de compuestos similares [8].

Gas carbónico: la cerveza contiene aproximadamente 0,5 g de CO₂ por 100 g de cerveza, lo que proporciona una característica refrescante. Además, el gas carbónico favorece la circulación sanguínea de la mucosa bucal, promueve la salivación, estimula la formación de ácido en el estómago y acelera el vaciamiento del estómago, todo ello favorable para una buena digestión [8].

2.1.6. Desarrollo del sabor de la cerveza

El desarrollo del sabor es considerado, por lo general, la consecuencia más importante de la guarda y acabado de una cerveza. Dicha etapa se ha vuelto cada vez más importante a medida que se ha ido incrementando la tendencia a producir cervezas más livianas, en las cuales los umbrales de detección de los compuestos no deseados son menores. Sin embargo, en cervezas más fuertes la presencia de concentraciones elevadas de otros compuestos de sabor (propios del estilo) logra enmascarar algunos aromas y sabores no deseables [7].

La industria cervecera de nuestros días ha dedicado grandes esfuerzos en investigar la maduración del sabor de la cerveza durante la guarda. Químicamente se han desarrollado técnicas para analizar la mayoría de los compuestos importantes de sabor que nos han permitido confiar en los resultados del laboratorio antes que en las pruebas de degustación para seguir la evolución de una guarda. Se han llegado a identificar cientos de compuestos químicos en la cerveza. Algunos de ellos aumentan durante la guarda, otros disminuyen y otros permanecen inalterados [7].

Puesto que la mayoría de los compuestos que intervienen en la maduración del aroma y gusto de la cerveza son el resultado del metabolismo de la levadura, se entiende el papel principal que desempeña ésta en todo el proceso [7].

Acetaldehído: El acetaldehído, junto con otros compuestos del grupo carbonilo, es el responsable de los sabores a hierba, a manzana verde, áspero, y ajerezado en la cerveza inmadura. Es un producto de la metabolización de los hidratos de carbonos, llevada a cabo en fermentación primaria, que termina reduciéndose en etanol. En caso de sufrir una oxidación se convierte en ácido acético y luego, por reacción enzimática, se reduce a etanol en la etapa final de la segunda fermentación alcohólica. La formación de acetaldehído se ve favorecida generalmente por condiciones de alto metabolismo, unido a un bajo crecimiento. Los factores que fomentan una superproducción de este compuesto pueden ser:

- Las temperaturas de fermentación más cálidas ($> 8^{\circ}\text{C}$)
- Una tasa alta de inoculación.
- La mala aireación del mosto
- Fermentación bajo presión
- Agitación en la fermentación
- Aireaciones excesivas en los trasvases.

La elección de una cepa de levadura adecuada es importante para lograr una producción lo más baja posible y, al igual que con las dicetona vecinales, una buena salud y una suficiente cantidad de células en la maduración reabsorberá correctamente el acetaldehído y producirá etanol.

El zinc parece ser un cofactor en la conversión del acetaldehído a etanol, por lo que se requiere la presencia de cierta cantidad de este metal para la conversión. El zinc es un oligoelemento que se encuentra en la malta y el agua y que también se lixivia de los metales utilizados en la fabricación de equipos cerveceros tradicionales, tales como cobre y latón. De hecho, cuando los cerveceros cambiaron a sistemas de elaboración de la cerveza de acero inoxidable, la deficiencia de zinc se convirtió en un problema en sus fermentaciones. Algunos cerveceros corrigen este inconveniente colgando, simplemente, un pedazo de cobre o latón dentro de la caldera o el tanque de fermentación. Para los cerveceros caseros, esto no debería ser un problema a menos que quieran replicar su levadura y usarla repetidamente a lo largo de muchas generaciones. Cada inóculo fresco debería tener disponible suficiente zinc dentro de las células de levadura.

Compuestos Sulfurosos: Para poder sintetizar proteínas, la levadura necesita compuestos sulfurosos que normalmente se encuentran en el mosto, o bien son producto del propio metabolismo, como ser el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el dióxido de azufre (SO_2) y el sulfuro de dimetilo (DMS). Estos compuestos no son absorbidos por la levadura.

El sulfuro de hidrógeno (H_2S) es un problema que afecta en mayor medida a las cervezas de estilo lager, las levaduras Ale producen pequeñas cantidades de H_2S así que esto no suele ser un problema.

La levadura, mientras produce ciertos aminoácidos, toma iones de sulfato del agua y los convierte en sulfito que luego liberará de la célula. El sulfuro de hidrógeno es una molécula altamente volátil, responsable del olor a huevo podrido en la cerveza verde y es el único de los compuestos sulfurados que puede ser eliminado durante la maduración, venteadándolo junto con el exceso de CO₂ generado en ese proceso.

El dióxido de azufre (SO₂) también se encuentra presente en la cerveza, pero su escasa concentración (<10 ppm) hace que no tenga una influencia significativa en el sabor y el aroma de la mayoría de las cervezas.

El sulfuro de dimetilo (DMS) proviene mayoritariamente de un precursor existente en la malta. Hay quienes afirman que, en pequeñas concentraciones, contribuye positivamente al conjunto sabor-aroma de la cerveza, pero en concentraciones más elevadas aporta un sabor y un aroma distintivos que recuerdan al del maíz o al de verduras cocidas y se considera un defecto [7].

Volátiles: Son compuestos de fácil evaporación que, al separarse de la cerveza, contribuyen a crear su aroma. Alcoholes superiores (fuseles), ácidos grasos y ésteres son parte de ellos. De todos los fuseles, el alcohol amílico es el único que puede aumentar su concentración cuando la guarda es prolongada [7].

Los ésteres son compuestos químicos que aportan tanto aroma como sabor. En su justa medida, le aportan a la cerveza perfiles florales o frutales que la favorecen, en especial en los estilos ales. En concentraciones altas dejan de ser agradables generando aromas como a solventes o a quitaesmalte de uñas [7].

La cantidad de ésteres producidos dependerá principalmente de la temperatura de fermentación y de la cepa de levadura usada y se verá favorecida por cualquier situación de estrés que esta última sufra. Una oxigenación deficiente del mosto, una tasa de inoculación baja o cambios bruscos de temperatura pueden ser algunas de esas situaciones estresantes. Durante la guarda su concentración puede aumentar en la medida que aumente, también la cantidad de etanol [7].

No Volátiles: La cerveza contiene, además, otros compuestos no volátiles que complementan su sabor. Entre ellos podemos encontrar aminoácidos, nucleótidos, ácidos orgánicos, fosfatos inorgánicos y otros iones. Algunos de éstos se producen en la

fermentación y otros son liberados posteriormente por la levadura cuando su membrana celular se hace más permeable [7].

Autólisis de la Levadura: El sabor de la cerveza también puede ser influenciado por la autólisis de la levadura. Se conoce como “autólisis de la levadura” al proceso de disolución de las células moribundas o muertas llevado a cabo por sus propios sistemas enzimáticos. Los productos de este proceso pasan al medio (la cerveza) y se traducen en aromas y sabores desagradables (amargo, a soja, caldoso, a carne, a grasa o a desagüe). Normalmente la autólisis se produce cuando no hay más fermentables que procesar o bien con temperaturas elevadas. Es un problema para cualquier fabricante de cerveza, particularmente para los que elaboran lagers que intentan acelerar la maduración a temperaturas más altas ($> 14^{\circ}\text{C}$) [7].

Dejar la cerveza en expuesta a grandes cantidades de células de levadura inactivas o moribundas por períodos largos (más de una semana) después de que la fermentación primaria se ha completado, sin ninguna refrigeración o trasvase a otro recipiente para la maduración secundaria, es casi seguro que causará este problema. Lo mismo ocurrirá si se envasa la cerveza con demasiada levadura en suspensión [7].

Carbonatación: El nivel de CO_2 disuelto en la cerveza después de una fermentación normal es de entre 1,2 y 1,7 volúmenes, dependiendo de la temperatura. Esta cantidad de gas, es la que la cerveza puede mantener en solución, sin que se le aplique una presión superior y sin que se varíe la temperatura de fermentación. Es conveniente saber que un volumen de gas disuelto en un líquido se refiere a que el gas y el líquido ocupan, por separado, el mismo volumen, es decir que cuando decimos que una cerveza está carbonatada con un volumen de CO_2 , estamos diciendo que un litro de esa cerveza contiene disuelto un litro de CO_2 [7].

La ley que regula la cantidad de gas que entrará en solución es la ley de Henry, que establece que la concentración de un gas ligeramente soluble en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas. (Si un recipiente contiene más de un tipo de gas, cada uno ejerce su propia presión en el envase). En nuestro caso, el gas es CO_2 , el líquido es la cerveza y la presión parcial es igual a la presión total en el interior del recipiente de maduración. Cuanto mayor es la presión a la que se guarda la cerveza, más CO_2 permanecerá en solución [7].

La solubilidad en dióxido de carbono también está influenciada por la temperatura. Una cerveza más fría permitirá que más CO₂ permanezca en solución, por lo tanto, una Lager retendrá más CO₂ (más carbonatación natural) que una Ale británica debido a la diferencia, que ya conocemos, en las temperaturas que fermentan y maduran cada una. Por lo tanto, la carbonatación en la cerveza es un acto de equilibrio entre la temperatura y la presión. En general, cuanto menor sea la temperatura y cuanto mayor sea la presión, más gas CO₂ permanecerá en solución. Para envasar una cerveza terminada es habitual elevar el nivel de CO₂ obtenido en la fermentación, llevándolo a 2,4 y 2,8 volúmenes [7].

Carbonatación Natural: Esta es la forma clásica, y se consigue cerrando herméticamente el recipiente en donde la cerveza madura para que el CO₂ generado en una segunda fermentación no escape y se disuelva en el líquido saturándolo. Para eso se transfiere la cerveza del fermentador al tanque de almacenamiento (barril, Cornelius, una lata o botella) con 1,0 a 1,5 ° Plato de extracto fermentable residual. La fermentación que se produce genera suficiente CO₂ para carbonatarla a 2,8 volúmenes sin elevar la presión del tanque por encima de 15 psi (1 Bar) [7].

Esto sólo funciona alrededor de los 4.4 °C y sólo la levadura lager fermenta a esa temperatura. Si esta técnica se utiliza en Ales, la temperatura de fermentación será mayor (10-16 °C), por lo tanto, será necesario un recipiente que soporte una presión de cercana a los 30 psi (2 Bar). La cerveza, a esa presión, no puede servirse bien, por lo que necesitará ser refrigerada antes de servirla. Esta técnica es mucho más fácil de controlar en un barril donde el exceso de presión, si se desarrolla, puede ventilarse. En la botella, en cambio, es más complicado, ya sea que sólo una vez abierta se sabe si el nivel de CO₂ es correcto o no [7].

Carbonatación Forzada Esta es una técnica que se realiza inyectando CO₂ en la cerveza para que disuelva en la misma gracias a la manipulación de la temperatura y la presión. Las grandes cerveceras recolectan el CO₂ generado durante la fermentación principal, lo procesan para refinarlo y lo licúan para luego devolverlo a la cerveza [7].

Estabilidad coloidal: Algunas veces hemos notado que cuando tomamos una cerveza brillantemente cristalina del lugar donde fue madurando y la ponemos en la heladera, se vuelve turbia. Esto se debe a ciertos compuestos presentes en la cerveza que forman un precipitado sólido cuando se enfría. Esta bruma se conoce como “chill haze” (neblina fría) y que se forma cuando los compuestos extraídos de la malta y el lúpulo, conocido como

polifenoles o taninos, se combinan químicamente con los polipéptidos formadores de proteínas. Los métodos de lagering tradicionales producían este fenómeno para luego permitir que dichos sólidos se asienten. Cerveceros modernos tratan cerveza con productos químicos absorbentes, tales como sílica gel o PVPP, que eliminan o bien la proteína de proteína o el polifenol, o ambos. Muchos cerveceros caseros simplemente conviven con la neblina [7].

La eliminación de los causantes del “chill haze” se traduce en una mejora de la estabilidad física de la cerveza, y para ello se emplean un número de métodos que forman parte de lo que se conoce a menudo como “chillproofing.” Este proceso utiliza agentes químicos que eliminan selectivamente las proteínas perjudiciales, manteniendo aquellas responsables de la espuma de la cerveza y la sensación en la boca. Cada uno de estos agentes tiene sus pros y sus contras, y en muchos casos se utilizan en combinación, para adaptarse a los requisitos y limitaciones propias de la planta cervecera [7].

Las enzimas proteolíticas: se preparan a partir de papaína o pepsina y actúan sobre las proteínas degradándolas a moléculas más pequeñas [7].

El ácido tánico: se utiliza tradicionalmente para eliminar el material que produce la niebla y todavía se emplea en Alemania [7].

Taninos hidrolizables: también se utilizan para precipitar las proteínas. Las cervezas tratadas con taninos hidrolizables muestran una excelente estabilidad coloidal, así como valores de claridad aceptables [7].

Silica Gels: Los geles de sílice son chillproofers eficaces que eliminan las proteínas de alto peso molecular responsables de la formación de turbidez sin detrimento de la estabilidad de la espuma [7].

Bentonita: Es un aluminosilicato insoluble que también se puede utilizar como un adsorbente de proteínas, pero tiene muchas desventajas [7].

Polivinilpolipirrolidona (PVPP): se utiliza para absorber materiales polifenólicos. Parte del éxito PVPP como un estabilizador de la cerveza proviene del hecho de que imita la acción de las proteínas mediante la combinación con polifenoles, pero en mayor magnitud [7].

Polifenoles: el contenido, del orden de 150–153 mg/l, es relativamente alto. Los polifenoles, que tienen poder antioxidante, son efectivos contra las enfermedades óseas, y circulatorias y el cáncer [8].

2.1.7. Variación del color de la cerveza

En la elaboración casera o artesanal de cerveza es muy común que haya variaciones de color, de un batch a otro, usando la misma receta. Se estima que una variación, entre lote y lote, de un 5 % en la escala Lovibond está dentro de una gama aceptable. Nunca debemos tomar como referencia la cantidad de grados Lovibond que difieren, sino que, lo que debemos tener presente es el porcentaje de variación. Una diferencia de 5-10 °L entre dos partidas de una cerveza roja de 40°L calculados no se consideraría probablemente un problema, pero en una cerveza rubia de 6 °L la misma diferencia no se vería muy bien. Los cambios en color pueden alertar a menudo al cervecero de la existencia de una cierta irregularidad en el proceso, aun cuando otros aspectos estén perfectamente en línea [10].

Para el cervecero casero promedio las variaciones de color no deberían representar un problema, pero lo es para las grandes cervecerías comerciales que necesitan mantener un mismo color entre batch y batch y es por eso que para lograrlo suelen utilizar agentes colorantes, entre otras técnicas [10].

Factores que intervienen en la variación del color de la cerveza

Materias primas: normalmente los cereales adjuntos contribuyen poco o nada en el color y es la malta la que hace casi todo el trabajo. Actualmente, sin embargo, con las prácticas modernas de malteado y especialmente en el caso de los cerveceros que han pactados con sus proveedores parámetros específicos para sus maltas, es muy difícil que las diferencias del color se puedan atribuir a diferentes partidas de granos, pero muy de vez en cuando puede ser que suceda [10].

Procesos: algún problema con el color puede ocurrir si durante el proceso de elaboración se dan algunas de las siguientes condiciones [10]:

En el macerado:

- Una excesiva cantidad de agua al inicio del macerado puede representar un problema, pero, un defecto en la corrección del agua tanto en la preparación del empaste como en el sparging suele tener más influencia [10].

- Una alcalinidad mayor (pH más alto) en el agua favorecerá la extracción de pigmentos de la malta logrando colores más profundos [10].
- En esta etapa, el tiempo es también un posible factor que afecta el color de la cerveza. Cuanto más largo es el tiempo de macerado más oscuro será el color obtenido [10].
- Durante el proceso de decocción, cuando hervimos una parte del mosto del macerado, destruimos enzimas y caramelizamos aportando color. Si realizamos una decocción doble o triple, en cada uno de los pasos iremos sumando cada vez más color al mosto [10].

En el Hervor: en este paso se debe prestar atención desde el comienzo. Cuando llenamos la olla de hervor inyectamos oxígeno en el mosto produciendo la oxidación de los azúcares. Cuando la cantidad de oxígeno es considerable el mosto tiende a oscurecerse [10].

Hirviendo, el mosto se oscurece debido principalmente a una reacción química llamada Maillard. Durante este proceso los azúcares como la maltosa y la glucosa se combinan con aminoácidos, que en su mayoría provienen de la malta y en menor medida de los lúpulos, reaccionando y formando melanoidina, terminando en lo que conocemos como caramelización. Cuanto más se calienta el mosto, más caramelización se consigue y más se colorea [10].

Aquí también entra en juego el pH del agua porque cuanto más alto éste sea más favorecida se verá la caramelización. Nuevamente las aguas más alcalinas aportarán más color. Debemos remarcar que si el hervor es realizado a fuego lento la formación de los turbios (fríos y calientes) será incompleta y quedarán en suspensión muchos elementos colorantes en el mosto final. Por último, durante la ebullición se obtiene un cierto color de los lúpulos utilizados que dependerá mucho del estado de los mismos [10].

En la Fermentación: la materia proteínica producida durante la formación de los turbios calientes y fríos está llena de partículas colorantes. Durante la fermentación, todos estos sólidos suspendidos en el mosto tienden a decantar, depositándose en el fondo del fermentador junto con la levadura floculada. De esta manera habrá una reducción del color. También se sabe que el color cambia en forma diferente dependiendo de la cepa de levadura usada [10].

En el Filtrado: el efecto del filtrado sobre el color de la cerveza se da básicamente por la reducción de la turbidez. El contacto prolongado con los materiales altamente adsorbentes

tales como carbón activado y ciertos agentes de precipitación, sumado al uso de filtros de placa y diatomeas, tienden a aligerar el color de la cerveza [10].

En el Acondicionamiento y almacenamiento: probablemente la fluctuación más grande del color de la cerveza ocurre durante el proceso de almacenamiento de la cerveza. Se debe fundamentalmente a la oxidación del mosto, a períodos de almacenamiento no uniformes y a controles de temperatura incorrecto que oscurecen la cerveza [10].

En el Envasado: una de las posibles causas que pueden variar el color de la cerveza son los residuos químicos que se depositan en los envases cuando son lavados. Restos de álcalis (amoníaco, soda cáustica, etc.) tienden a oscurecer la cerveza. En la pasteurización la cerveza normalmente se oscurece por el efecto de caramelización de ciertos azúcares residuales pero algunas stouts con grandes cantidades de caramelo demuestran una disminución de su color gracias a la precipitación del caramelo [10].

2.1.8. Sorgo

Sorgo, también llamado mijo grande, mijo indio, milo, durra, orshallu, planta de cereales de la familia de la hierba (Poaceae) y sus semillas de almidón comestibles. La planta probablemente se originó en África, donde es un importante cultivo alimentario, y tiene numerosas variedades, incluyendo sorgo de grano, utilizado para alimentos; sorgo de hierba, cultivado para heno y forraje; y broomcorn, utilizado para hacer escobas y cepillos. En la India el sorgo es conocido como jowar, cholam o jonna, en África Occidental como maíz de Guinea, y en China como kaoliang. El sorgo es especialmente apreciado en las regiones cálidas y áridas por su resistencia a la sequía y al calor [11].

El sorgo es una hierba fuerte y generalmente crece a una altura de 0,6 a 2,4 metros (2 a 8 pies), a veces alcanzando hasta 4,6 metros (15 pies). Los tallos y las hojas se recubren con una cera blanca, y la médula, o porción central, de los tallos de ciertas variedades es jugosa y dulce. Las hojas son de unos 5 cm (2 pulgadas) de ancho y 76 cm (2,5 pies) de largo. Las minúsculas flores se producen en panojas que van desde sueltos a densos; cada racimo de flores lleva 800 a 3000 granos. Las semillas varían ampliamente entre diferentes tipos en color, forma y tamaño, pero son más pequeñas que las del trigo [11].

El sorgo es de menor calidad que el maíz. Es alto en carbohidratos, con 10 por ciento de proteína y 3,4 por ciento de grasa, y contiene calcio y pequeñas cantidades de hierro, vitamina B1 y niacina. Para el consumo humano, el grano sin gluten suele ser molido en una comida que se convierte en gachas, panes planos y pasteles. El sabor fuerte característico puede reducirse mediante la transformación. El grano también se utiliza en la fabricación de aceite comestible, almidón, dextrosa (un azúcar), pasta, y bebidas alcohólicas. Los tallos se utilizan como forraje y materiales de construcción. Los sorgos dulces, o sorgos, se cultivan principalmente en los Estados Unidos y África meridional para forraje y para la fabricación de jarabe, y a veces se utilizan en la producción de alcohol etílico para biocombustible [11].

2.1.9. Tipos de Sorgo

El sorgo posee una gran versatilidad de uso y de adaptación a diferentes condiciones de suelo, clima y tecnología. Por eso, para lograr su máximo aprovechamiento, es fundamental conocer sus requerimientos de nutrientes y agua, ajustar la densidad y fecha de siembra óptima según zona, fecha de siembra, manejo en la protección del cultivo, productividad de los diferentes híbridos, entre otros factores. A su vez, para optimizar la

utilización del sorgo en la alimentación animal, tanto en cantidad como en calidad, no sólo debemos conocer el potencial productivo y el comportamiento fisiológico, sino que además se debe tener en cuenta la calidad para obtener el mayor valor nutritivo, necesario para calcular las raciones y la necesidad o no de complementarlo con otro tipo de alimentos [12].

Un punto fundamental a tener en cuenta para conseguir un bajo costo de la ración es prever con anterioridad el uso que se le dará al mismo, ya que un manejo diferenciado según tipo de sorgo, permite atender los requerimientos del cultivo según sus especificaciones (selección del lote, fecha de siembra, distanciamiento entre líneas, fertilización), logrando que el cultivar seleccionado exprese al máximo su potencial, con la consecuente disminución en el costo de la ración. La elección de sorgos y la forma de utilización de los mismos (en pie verde, diferido, ensilado, o grano) va a depender del tipo de sistemas de producción al que estemos apuntando: cría, recría, engorde, así como a las categorías que lo utilizarán. Se presentan a continuación las características de cada tipo de sorgo [12].

Granífero

Los sorgos del tipo graníferos son utilizados para aportar energía en los sistemas de engorde intensivo, para suplementación estratégica. Para la elección del híbrido es fundamental tener en cuenta su adaptación a la zona, largo del ciclo, fecha de siembra, necesidad de producir rastrojo de cobertura, fecha probable de cosecha, etc. Otras alternativas de destino son: exportación directa de granos, industrias de alimentos balanceados, alimentación para aves o panificados para alimentación humana, en donde la calidad del grano de sorgo será diferente para cada tipo de demanda [12].

El sorgo granífero tiene un potencial enorme como participante en la producción de alimentos y bebidas para el ser humano. Galletitas, pastas, sorgos inflados, aperitivos, embutidos, están siendo elaborados hoy día a partir de este grano y que, por no tener prolaminas, lo hacen apto para el consumo por parte de los celíacos [13].

La incorporación al mercado de los híbridos sin taninos condensados, ha permitido obtener la calidad necesaria. La harina que se obtiene es elegida porque no imparte colores inusuales a los alimentos, y tampoco transmite sabores fuertes pudiendo, por estas razones, ser preferida a la obtenida con el maíz [13].

Dentro de las ventajas para la salud humana, el grano de sorgo ofrece alto contenido en fibra insoluble y, proteínas y almidón de lenta digestión, por lo que es muy ventajosa para

personas con problemas de diabetes. Además, el sorgo posee ácido fólico y fitatos, que tienen un efecto positivo sobre el cáncer además de regular el incremento de las moléculas de glucosa en el torrente sanguíneo luego de una ingesta [13].

2.1.10. Composición del sorgo

Almidón: el contenido medio de almidón es del 64,00% siendo la temperatura de gelatinización entre 68 /78°C. La relación de amilosa y amilopectina es de 20/80 respectivamente. Contiene pequeñas cantidades de mono, disacáridos y oligosacáridos [14].

Proteínas: comparado con otros cereales, el contenido proteico es menor y está entre 8-12%, siendo deficiente en lisina, no posee gluten [14].

Lípidos: tiene un bajo contenido de lípidos 3,7%, los ácidos grasos que aporta son poliinsaturados [14].

Vitaminas: contiene vitaminas del grupo B, en especial niacina [14].

Minerales: contiene zinc, calcio, magnesio, sodio y potasio [14].

2.1.11. Elaboración de Cerveza y Fermentación a base de sorgo

Durante la Segunda Guerra Mundial, la escasez de los productos elaborados con maíz y arroz ocasionó que la industria cervecera usara otros cereales (Davis et al. 1944). El consumo de los productos de sorgo molido seco para la elaboración de cerveza llegó a las 70.800 toneladas en 1946 (Nakayama, 1946). Al finalizar la guerra, los fabricantes de cerveza volvieron a usar los materiales que estaban más acostumbrados y, temporalmente, el interés en la elaboración de cerveza con sorgo fue desapareciendo. En los últimos años, varias fábricas de cerveza volvieron a usar granos de sorgo en la fabricación [15].

El consumo actual supera las 2.300 toneladas mensuales (Anón, 1968). Con las pruebas piloto de elaboración de cerveza y el gran uso de plantas, se probó que la cerveza que se fabrica con granos de sorgo es totalmente equivalente en análisis químico, sabor y estabilidad a las que se fabrican con otros complementos (Stewart y Hahn, 1965). La composición promedio de estos granos sobre una base de sustancia seca es la siguiente: humedad (11,7%), aceite (0,73%) y extracto (91,4%) (Hahn, 1966) [15].

El sorgo no requiere procedimientos de manejo o cocido especial en la fabricación de cerveza y se adapta a todos los estilos de complementos de fabricación de la misma. En la

molienda seca de sorgo se deben usar técnicas especiales para preparar los granos para que cumplan con los requisitos estrictos de elaboración de cerveza. Además, la selección de los granos es un factor importante, ya que no todos los tipos de sorgo son igualmente adecuados para elaborar cerveza (Nakayama 1963) [15].

2.1.12. Malta de Sorgo

El sorgo granífero malteado se usa como alimento en muchas partes del mundo (Aucamp et al. 1961). Uno de sus mayores usos es en la cerveza de Kaffir, la bebida tradicional de los habitantes de Bantu en el Sur de África (Novellie, 1968). Esta bebida tiene un sabor agrio muy rico y la consistencia de una sopa espesa. El contenido de alcohol oscila entre 2 y 4% por peso y es particularmente una buena fuente de vitaminas del grupo B (Schwartz, 1956). La cerveza de Kaffir se produce al pisar, agriar y convertir una mezcla de sorgo granífero malteado y no malteado. Se consume en un estado activo de fermentación [15].

Las técnicas modernas de malteado que se usan para la cebada, se aplican para el sorgo granífero (Novellie 1962). Para un desarrollo óptimo del poder diastático, se requiere una temperatura entre 25 °C y 35 °C y riego durante la germinación. La malta de sorgo es rica en alfa-amilasa con sólo de 18 a 39% de actividad sacarifica por su beta-amilasa (Novellie, 1960). Esta característica es especialmente buscada por la malta para destilación [15].

2.1.13. Propiedades funcionales de la cerveza de sorgo

La cerveza de sorgo contiene algunos componentes que son de suma importancia, tales como:

Vitaminas: contiene vitaminas del grupo B, tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina, biotina, cianocobalamina y niacina. También contiene mesoinositol y ácido fólico. Estos compuestos provienen del sorgo malteado. Las vitaminas ayudan a regular el metabolismo teniendo efecto sobre músculos, nervios y glándulas [14].

Ácido fólico: es fundamental para el mantenimiento de la vida celular, para el crecimiento y formación de nuevos tejidos. Regula la homocisteína, factor de riesgo de enfermedades cardiovasculares [14].

Polifenoles: antioxidantes naturales, participan en la protección contra enfermedades cardiovasculares y en reducción de los fenómenos oxidativos [14].

Fibra: la fibra soluble contenida en la bebida fermentada de sorgo evita el tránsito lento y contribuye a disminuir la hipercolesterolemia [14].

Maltodextrinas: carbohidratos complejos de absorción lenta, utilizados como fuente de energía [14].

2.1.14. Características que identifican a la bebida fermentada de sorgo

Color: es determinado por el color del sorgo malteado, el cual se transmitirá a la bebida fermentada. El sorgo malteado después de la etapa de secado, puede obtenerse sorgo malteado claro, dorado o chocolate [14].

Turbidez: la bebida fermentada de sorgo debe ser transparente y brillante, la turbidez puede estar causada tanto por los materiales utilizados, como deficiencias en el proceso de producción. Un filtrado ineficiente del mosto después de macerar puede generar turbidez por partículas en suspensión. Se debe recircular el mosto hasta obtener un filtrado cristalino. Durante la ebullición (agregado de lúpulo) por períodos muy cortos produce turbidez debido a que no precipitan las proteínas. El crecimiento de levaduras naturales y el crecimiento de bacterias lácticas son causas de turbidez [14].

Retención de espuma: alto contenido de proteínas favorece la retención de espuma en el producto final [14].

Carbonatación: la espuma característica al servir la bebida fermentada se debe al desprendimiento de anhídrido carbónico, retenido por dextrinas y proteínas [14].

Cuerpo: el cuerpo de la bebida fermentada está dada por la cantidad de dextrinas, las cuales son controladas en el proceso propuesto por la porción de sorgo tratado con alfa amilasa sin agregado de glucoamilasa al sorgo no malteado [14].

Sabor dulce: el sabor dulce se debe a las dextrinas, las cuales se regulan con la cantidad de sorgo que se trata solamente con alfa amilasa. Además, la variable elegida de todas las probadas, se usa una levadura de alta resistencia al alcohol. Aunque se usen mostos de alta densidad y contenido de azúcar, estas serán fermentadas [14].

Sabor amargo: el sabor amargo de esta bebida fermentada de sorgo proviene de la cantidad, calidad y especie de lúpulo utilizado durante la ebullición del mosto filtrado. Los alfa ácidos del lúpulo durante la ebullición de mosto se isomerizan, siendo estos productos los responsables del sabor amargo [14].

Grado alcohólico: la cantidad y tipos de alcoholes producidos dependen de los azúcares fermentables del mosto, la cepa de levadura usada y la temperatura de fermentación. Los

azúcares fermentables serán controlados por cantidad de sorgo malteado, tiempo y temperatura de la acción de la glucoamilasa en esta porción de sorgo. Además, se usa una levadura de vinos a una temperatura de fermentación de 20°C [14].

Aspectos nutricionales: valor energético cada 100 mililitros de cerveza de sorgo aporta aproximadamente 47,5 Kcal aportados por el contenido de alcohol y su extracto seco residual, formado principalmente por hidratos de carbono y proteínas. Este producto aporta la mayoría de los minerales y vitaminas del grupo B riboflavina, piridoxina, niacina y ácido fólico. Tiene un bajo contenido en sodio, proteínas y calcio. La presencia de fibras solubles, facilita el tránsito intestinal y debido a la relación potasio/sodio le confiere un efecto diurético [14].

2.1.15. *Passiflora edulis flavicarpa* (Maracuyá amarillo)

El fruto es una baya, de forma globosa u ovoide, con un diámetro de 0.04 – 0.08 m y de 0.06 – 0.08 m de largo, la base y el ápice son redondeados, la corteza es de color amarillo, de consistencia dura, lisa y cerosa, de unos 0.003 m de espesor; el pericarpio es grueso, contiene de 200-300 semillas, cada una rodeada de un arilo (membrana mucilaginosa) que contiene un jugo aromático en el cual se encuentran las vitaminas y otros nutrientes. Un fruto maduro está constituido proporcionalmente así, cáscara 50-60 %, jugo 30-40 % y semilla 10-15% [16].

Tabla 1. Valor nutritivo de 0.01 kg de jugo de maracuyá amarillo

Componente	Cantidad
Valor energético	78 calorías
Humedad	85%
Proteínas	0.8%
Grasas	0.6 g
Hidratos de carbono	2.4 g
Fibra	0.2 g
Cenizas	Trazas
Calcio	5.0 mg
Hierro	0.3 mg
Fósforo	18.0 mg
Vitamina A activa	684 mg
Tiamina	Trazas
Riboflavina	0.1 mg
Niacina	2.24 mg
Ácido ascórbico	20 mg
Fuente: García, M. (2002)	

2.2. Marco Conceptual

Cerveza: La cerveza es una bebida alcohólica que se produce a partir de la germinación de granos de cereales que se fermentan en agua. Por lo general la cerveza se elabora con granos de cebada, una planta que pertenece al grupo familiar de las gramíneas. El almidón de estos granos es fermentado en agua con levadura. El líquido luego suele aromatizarse con lúpulo [17].

Lúpulo: *Humulus lupulus L.*, es una especie dioica de la familia de las *Cannabaceae* brota anualmente a partir de una cepa enterrada y cuya vida media útil es de 12 a 15 años. Desde el punto de vista de la producción industrial, solamente se cultivan los pies femeninos [18].

Lúpulo Cascade: derivado de una cruce entre Fuggles y el Lúpulo Ruso Serebrianker. El aroma resultante es de fuerza media y muy distintivo, posee toques florales, a especias y cítricos, con un suave toque a uvas. El lúpulo Cascade puede ser usado para agregar sabor y aroma, así como amargor, es adecuado para todo tipo de Ales y es típico de American Pales. Aunque también es utilizado algunas Lagers [18].

Levadura: Una levadura es una clase de hongo unicelular que puede reproducirse por división o gemación. De formato ovoide, las levaduras establecen cadenas y generan enzimas que pueden descomponer los azúcares y otros cuerpos orgánicos en sustancias más sencillas [19].

Whirlfloc: Es un carragenano de alto peso molecular, extraído de las algas rojas marinas (*Rhodophyceae*) y manufacturado exclusivamente como un agente clarificante para mosto. Acelera la formación de una densa capa de sedimento, ahorrando tiempo, aumentando la cantidad de mosto claro que se puede recuperar y dando como resultado una cerveza más brillante y clara [14].

Malteado: Es el proceso por el cual se obtiene la malta. Básicamente, el proceso de germinación del grano se interrumpe dando paso a los procesos de secado y tostado. [20]

Maceración: El concepto se emplea para nombrar al proceso y la consecuencia de macerar: dejar un sólido sumergido en un líquido con el objetivo de ablandarlo o de separar sus elementos solubles [21].

Clarificación: Proceso de separación de pequeñas cantidades de sólido suspendidas en un líquido por filtración o por centrifugación [22].

Maracuyá: El maracuyá es una planta trepadora, vigorosa, leñosa, perenne, con ramas hasta de 20 metros de largo, presenta tallos verdes, acanalados y glabros, presentan zarcillos axilares que se enrollan en forma de espiral y son más largos que las hojas [23].

Ácidos Alfa: Familia de resinas presentes en el lúpulo conocidas como humulonas que son responsables de su amargor y sus propiedades antibacterianas. Se miden a partir del porcentaje de su presencia en el lúpulo, lo que a su vez implicará mayor o menor amargor. Bajo: 2 a 4%, medio: 5 a 7%, alto: 8 a 14%. Estas resinas son luego transformadas por temperatura (isomerización) durante el proceso de ebullición del mosto [24].

Actividad Diastática: Es la medida analítica del poder de la malta y otros granos en convertir el almidón en azúcar y es expresada en grados Lintner [24].

Adjunto: Es un material fermentable, habitualmente es la fuente del almidón no malteado, utilizado como un sustituto de los cereales tradicionales, para hacer la cerveza más ligera o más barata [25].

Alcalinidad: Término usado para definir el pH de una sustancia. Las que son alcalinas tienen un pH más alto que el promedio, por lo que serían lo contrario de las ácidas, cuyo pH es más bajo que el promedio [26].

Alcohol: Serie de compuestos químicos orgánicos esenciales para la producción de cerveza. Se obtienen tras el proceso de fermentación y la actuación de la levadura sobre los azúcares de los cereales malteados [26].

Ale: Cervezas de alta fermentación, por oposición a las lager de baja fermentación [27].

Amargor: El amargor es la propiedad organoléptica del sabor elemental de sustancias como la quinina, algunos otros alcaloides o la cafeína, cuya degustación produce un sabor que se puede considerar desagradable. En la cerveza viene dado en su mayoría por los ácidos alfa fenólicos contenidos en el lúpulo [28].

Fermentación: es el proceso catabólico responsable, bajo condiciones de anaerobiosis (ausencia de oxígeno), de la degradación de la materia orgánica. Se clasifica atendiendo a la naturaleza del sustrato y productos finales (fermentación láctica, pútrida, acética) [29].

Fermentación alcohólica: Es una biorreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono [30].

2.3. Marco referencial

2.3.1. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*)

El sorgo se utiliza no solo en piensos compuestos, sino también con fines industriales, se utiliza de la misma forma que el maíz. Se caracteriza por la producción de, aceites comestibles, almidón, miel dextrosa, dextrosa y bebidas, tanto como en la producción de cerveza, bebidas y colorantes locales, cosméticos, papel, productos farmacéuticos, mermeladas, café, entre otros (Saucedo, 2008); también, las panículas se aprovechan para la elaboración de escobas o se queman para adquirir cenizas con altos niveles de potasio [31].

De los tallos de esta planta se pueden obtener otros productos, como jarabes y azúcares. La producción de etanol constituye una fuente alternativa para la obtención de energía a partir de este cultivo. La harina de sorgo es pobre en gluten, pero es más blanca y nutritiva que la del mijo; con ella se fabrican tortas y galletas, que sirven de base en la alimentación humana, ya sea sola o asociada al maíz o al mijo. En la India, China y algunas regiones de África, el sorgo constituye un elemento muy importante. El grano se come quebrándolo y cocinándolo en la misma forma que el arroz, o moliéndolo para obtener harina y elaborar pan sin levadura [31].

2.3.2. Producción de bebidas usando sorgo malteado como materia prima para enfermos celíacos

En el caso del sorgo malteado en etapa de remojo hubo un período de más de 48 horas, durante el cual se observó la germinación de las plumillas en la mayoría de los granos con un contenido de humedad de 38,7%, que es levemente menor al indicado para la cebada, aunque en investigaciones preliminares arrojó una humedad del 45% y un tiempo de 60 horas, para la primera bandeja utilizada para germinar malta ligera, el tiempo de germinación fue de 62 horas y para la segunda bandeja para malta caramelo de 86 horas. [32].

La etapa terminó cuando brotaron las raicillas o plumillas y estas alcanzaron las $\frac{3}{4}$ partes y el doble del tamaño del grano respectivamente. El poder germinativo (granos germinados/100 granos totales) fue de 71,04% y de 76,13% para la malta clara y caramelo. No hay grandes diferencias en el poder germinativo con un día de diferencia en la germinación, entre una y otra malta, los resultados son superiores e inferiores a los reportados en otros experimentos realizados y lo que se pide para la malta, debido a la calidad del grano, ya que en este experimento la humedad en el remojo quedó por debajo de la reportada para la cebada [32].

En la caracterización hecha por los autores en estudios preliminares a esta malta y a las materias primas, la proteína bruta fue de 11,05%. El secado se realizó colocando las maltas en bandejas, en una estufa de aire de tiro inducido, realizando el secado de forma escalonada respecto a la temperatura, con el objetivo de garantizar que no se destruyeran las enzimas y así evitar la vitrificación del grano, como se plantea por (Llorca, 2003). Para la Malta Clara, la temperatura de comienzo fue de 50 °C cambiando a las cuatro horas a 60 °C, el proceso se detuvo cuando la malta alcanzó un por ciento de humedad de 4,70 % (inferior al 5% que se establece para la malta de cebada), para la Malta Caramelo el rango de variación de temperaturas fue con el tiempo entre 65 y 100 °C [32].

2.3.3. Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo

El cultivo de sorgo es una cosecha multianual tolerante a la sequía que es económicamente viable. Por lo tanto, las importaciones de cebada se reducen significativamente. Además, las cervezas de sorgo son ricas en calorías, vitaminas B, aminoácidos esenciales y minerales; por ende, la reconstrucción propuesta es una solución ideal para la economía de cualquier país productor de sorgo. Por otro lado, las restricciones presentadas se eliminan al describir las etapas de malteado y macerado. La fuerza diastática de la malta de sorgo mejora, especialmente la actividad de la β -amilasa cuando los granos se diluyen en una etapa de remojo en una solución alcalina al 0,1%. La conversión efectiva de los fragmentos de almidón por la levadura en azúcares fermentables se logra mediante la adición de enzimas exógenas o procesos de maceración en tres pasos que maximizan la hidrólisis del mosto. Además, para mejorar los extractos fermentables de mosto de sorgo, se propone utilizar una mezcla de malta de cebada (30-40%) y sorgo (60-70%) con maceración o añadiendo zumos de frutas. Por otro lado, el contenido de ácidos α y β de las flores de lúpulo ayuda a suprimir las bacterias y mantener la estabilidad de la espuma [33].

2.3.4. Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo udg-110 en la elaboración de bebidas para enfermos celíacos

El malteado es un proceso que se aplica a los granos de cereales que atraviesan por fases de maceración, germinación y secado (Molinari et al., 2018); sin minimizar el nivel de clasificación (Demuyakor, Ohta, 1992; Agu, Palmer, 1996). La malta se utiliza como principal materia prima para la producción de maltina, whisky y cerveza. El sorgo sin maltear carece de α - y β -amilasa, por lo que el malteado es necesario para lograr estas enzimas (Tokpohozin et al., 2018), aunque se deben buscar parámetros de calidad para reemplazar completamente el sorgo por malta de cebada, que sean consistentes con los existentes de la cebada que es una materia prima utilizada en las cervecerías [34].

Clasificación del grano: Esta etapa es primordial para que el grano no presente una elevada carga microbiana, por lo que hay que controlar la cantidad de proteínas y la humedad [34].

Etapa de remojo: El propósito del remojo es que los granos absorban suficiente agua en condiciones aeróbicas, para lo cual se sumergen los granos en agua hasta alcanzar un nivel de humedad en el rango del 40 al 45%, como se indica para la malta de cebada. Remojar el grano en agua se considera generalmente la fase más importante del proceso de malteado (French y McRuer, 1990) [34].

Etapa de germinación: El objetivo es promover el crecimiento y desarrollo del germen del grano para lograr la modificación necesaria del grano y el desarrollo de enzimas. Para desarrollar una buena fuerza diastática, se recomienda la germinación de los granos de sorgo a temperaturas entre 25 y 30 ° C (Reyes, 2013) [34].

Etapa de secado: El objetivo es eliminar la humedad, evitar un mayor crecimiento y modificación, obtener un producto estable que pueda ser almacenado y transportado, retener las enzimas y así evitar la vitrificación del grano; además de desarrollar y mejorar propiedades como el sabor y el color, eliminar los sabores no deseados, suprimir la formación de compuestos químicos no deseados y secar los brotes para eliminarlos. La duración obedece del tipo de malta y se debe lograr un contenido de humedad por debajo del 5% (Gallardo et al., 2013) [34].

La calidad de la malta es adecuada si tiene: buena modificación del endospermo, bajo contenido en proteínas, alto contenido en extractos y azúcares reductores y alta capacidad enzimática. De hecho, el contenido de azúcar y el límite de descomposición del mosto son

parámetros importantes para la calidad de la malta, aunque un límite alto de descomposición no significa necesariamente que el almidón se haya modificado lo suficiente durante el malteado. Es significativo para la calidad de la malta que presente una modificación buena y regular a fin de romper las barreras físicas y lograr suficiente movilidad y efecto enzimático [34].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en el taller Agroindustrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada vía a Santo Domingo km 1^{1/2}, en el Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos; mientras que los respectivos análisis se realizaron en los laboratorios de Suelos y Química del Campus “La María”, km 7 vía Quevedo- El Empalme.

El tipo de sorgo utilizado como materia prima para el proceso de elaboración de la cerveza artesanal fue el sorgo híbrido granífero Malón producido por Argenetics Semillas; cultivado y cosechado en la Hacienda Montelia S.A, ubicada cerca de Zapotal en la Península, provincia de Santa Elena.

La malta pale ale, levadura Windsor, lúpulo cascade, clarificante whirfloc, y la dextrosa monohidratada fue provisto por la Casa del Lúpulo ubicado en la Av, 1C NE, cerca del Riocentro Norte, en la ciudad de Guayaquil y las maracuyás se obtuvo en el mercado de la ciudad de Ventanas.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Experimental

En esta investigación se aplicó 2 arreglos factoriales AxB, siendo el primero para la fase del malteado, con dos niveles en el factor A (Tiempo de remojo del sorgo), dos niveles en el factor B (Temperatura para la germinación). El segundo arreglo factorial AxB fue para la elaboración de la cerveza artesanal, con tres niveles en el factor A (% de sorgo + malta pale ale), tres niveles de (% de jugo de maracuyá); se utilizó la prueba Tukey aplicando el software estadístico STATGRAPHICS para diagnosticar los efectos entre cada uno de los tratamientos y niveles en cada fase respectiva.

3.2.2. Analítica

Comprende en la lectura y explicación de los valores obtenidos en cada uno de los respectivos análisis definiendo las condiciones óptimas para el proceso de elaboración de cerveza, e identificando el comportamiento de la fermentación y el resultado en el producto final.

3.2.3. Bibliográfica

Consistió en la revisión de material bibliográfico tales como artículos científicos, libros, portales de cervezas certificados, manuales, y normas técnicas.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método inductivo

Mediante este método se realiza la aplicación de diversos procesos, análisis y comparaciones de cada uno de las materias primas que intervienen en la elaboración de la cerveza artesanal, que conlleva desde el malteado hasta su resultado como producto final; que permiten llegar a conclusiones sobre la investigación planteada.

3.3.2. Método deductivo

Se basó en los fundamentos de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262 (2013-11), mediante la cual se establecen disposiciones y requisitos generales a tomarse en cuenta para la manufactura del producto.

3.4. Planteamiento del diseño experimental

A continuación, en la tabla 2 se muestra el diseño del experimento que se ejecutó para el malteado del sorgo; y en la tabla 3 sus respectivas interacciones.

Tabla 2. Plan Experimental para el acondicionamiento del sorgo para el malteado

Factor A: Tiempo de remojo del sorgo	Factor B: Temperatura para la germinación del sorgo
a0: 24 horas	b0: 25 °C
a1: 32 horas	b1: 40 °C

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Tabla 3. Interacción de factores

	Tratamiento	Descripción
1	a0b0	24 horas + 25 °C
2	a1b0	32 horas + 25 °C
3	a0b1	24 horas + 40 °C
4	a1b1	32 horas + 40 °C

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

3.4.1. Características del experimento

Tratamientos: 4

Repeticiones: 2

Unidades experimentales: 8

3.4.2. Variables de estudio

Las variables a estudiar son las siguientes:

- Porcentaje de humedad luego del secado
- Grado germinación

En la tabla 4 se presenta el plan experimental que se aplicó en la elaboración de la cerveza artesanal tipo ale de sorgo.

Tabla 4. Plan experimental para la elaboración de la cerveza tipo ale de sorgo

Factor A: % de Sorgo + malta pale ale	Factor B: % de jugo de maracuyá
a0: 100% - 0%	b0: 0%
a1: 50% - 50%	b1: 50%
a2: 75% - 25%	b2: 25%

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

En la tabla nº5 se visualiza la interacción de los factores AxB generando los respectivos tratamientos a ejecutar en la evaluación de la cerveza artesanal tipo ale a partir del sorgo.

Tabla 5. Interacción de factores

Tratamiento	Descripción
1 a0b0	100% sorgo + 0% malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
2 a1b0	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
3 a2b0	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
4 a0b1	100% sorgo + 0% malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
5 a1b1	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
6 a2b1	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
7 a0b2	100% sorgo + 0% malta pale ale + 25% jugo de maracuyá
8 a1b2	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá
9 a2b2	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

3.3.3. Características del experimento

Tratamientos: 9

Repeticiones: 2

Unidades experimentales: 18

3.3.4. Variables de estudio

Las variables a estudiar son las siguientes:

- Contenido alcohólico
- Acidez total
- pH
- Turbidez

3.4. Materiales y Equipos

En la tabla 6 y 7 se mencionan todos los materiales y equipos que se utilizaron durante el proceso de elaboración de la cerveza artesanal.

Tabla 6. Materiales

Insumos	Reactivos
Agua	Hidróxido de Sodio 0.1N
Lúpulo Cascade	Fenolftaleína
Malta pale ale	Agua destilada
Sorgo	Alcohol al 70 %
Jugo de maracuyá	
Clarificante Whirfloc	
Levadura Windsor	
Dextrosa monohidratada	

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Tabla 7. Equipos e Instrumentos

Equipos	Instrumentos
Fermentadores	Vaso de precipitación 50ml
Refrigeradora	Probeta
Cocina empotrada	Alcoholímetro
Licuada	pHmetro
Molino de acero de inoxidable	Balanza analítica
Secador industrial	Balanza digital
Horno	Termómetro
	Embudo
	Cedazo
	Envases de vidrio 300ml
	Tapadora metálica italiana
	Ollas de aluminio
	Chapas
	Manguera plástica
	Jarra Graduada
	Malla de nylon
	Recipientes de aluminio
	Globos de látex

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

3.5. Recursos y presupuestos

Cabe agregar en la tabla 8 los recursos y presupuestos utilizados dentro del proyecto, para estimar los gastos durante la elaboración de la cerveza artesanal.

Tabla 8. Recursos y presupuestos utilizados en la investigación

Equipos	Cantidad	Valor
Fermentadores	18 unidades	\$7,20
Lúpulo Cascade	3 onz	\$9,00
Malta pale ale	5kg	\$13,00
Sorgo	5kg	\$10,00
Maracuyá	16 unidades	\$2,00
Clarificante Whirfloc	2 pastillas	\$3,00
Levadura Windsor	1 frasco	\$7,50
Dextrosa monohidratada	1kg	\$3,00
Termómetro digital	1	\$15,60
Balanza digital	1	\$18,90
Tapadora metálica italiana	1	\$27,50
Alcoholímetro	1	\$15,00
Botellas de 330 ml x27u	1 caja	\$10,80
Recipientes de aluminio	12	\$3,00
Manguera plástica	4 metros	\$1,20
Globos de látex	12 unidades	\$2,50
Agua	4 bidones	\$6,00
VALOR TOTAL		\$155,20

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

3.6. Descripción del proceso del malteado del sorgo

- **Pesado y limpieza**

Se pesó 50 gramos de sorgo, seleccionando los granos viables y extrayendo los granos partidos.

- **Remojo**

En esta etapa se sumergió los granos del sorgo en agua a temperatura ambiente por 24 y 32 horas en recipientes de plástico de 32 onzas, donde el agua se cambió regularmente cada 7 horas y agitando levemente para estimular la oxigenación del grano y evitar que el embrión se ahogue; el remojo consiste en aumentar el contenido de humedad del grano.

- **Determinación de humedad luego del remojo**

Se pesó los granos luego de verter el agua, y se calculó el porcentaje de humedad de cada muestra mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad: } \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

- **Germinación**

Se sometió los granos de sorgo a la germinación en cámaras de incubación a 25°C y 40°C cubiertos durante 3-7 días controlando el brote del grano; se separó 100 granos de cada tratamiento para la determinación del grado de germinación. A todos los recipientes se les aplicó agua mediante un rociador para mantener el contenido de humedad inicial.

- **Determinación del grado de germinación del grano de sorgo**

Se contó el número de granos germinados, donde se presencié el brote de la radícula. Para calcular este porcentaje se aplicó la respectiva fórmula:

$$\% \text{ grado de germinación: } \frac{\text{granos germinados}}{100 \text{ granos totales}}$$

- **Secado**

El secado de la malta de sorgo se realizó en el secador industrial a temperatura a 50 °C para detener el crecimiento del embrión.

- **Desgerminación**

Se procedió a retirar y desechar las radículas de los granos germinados para la posterior molienda.

3.7. Descripción del proceso de cerveza artesanal de sorgo

- **Pesado y Molienda**

Se pesó 2kg de malta sorgo y 2kg de malta pale ale, procediendo a moler los granos con la finalidad de romper la cáscara del grano y separarlo del endospermo, para que se trituren y queden expuestos al proceso enzimático que se llevó a cabo en la maceración.

Después del molido de la malta, se distribuyó la proporción de malta de sorgo y cebada para los 9 tratamientos, establecido en el diseño experimental.

- **Maceración de la malta sorgo**

Se calentó 2 litros de agua potable en una olla de acero inoxidable a 72 °C, agregando lentamente estas proporciones a cada respectivo tratamiento:

- ✓ 175 gramos de malta de sorgo
- ✓ 131,25 gramos de malta sorgo y 43,75 malta pale ale
- ✓ 87,50 gramos de malta sorgo y 87,50 malta pale ale

Y removiéndolo para evitar la formación de grumos; se mantuvo entre 66-69 °C durante 60 minutos, produciendo una proporción normal de azúcares fermentables.

- **Cocción**

Se calentó el mosto hasta alcanzar la ebullición, retirando la espuma (contiene proteína). Se agregó 8 gramos de lúpulo dividido en tres tiempos, tomando como cuenta regresiva desde el inicio del hervor.

- **Enfriado**

Se enfrió el mosto hasta alcanzar una temperatura de 20 °C aplicando manualmente la técnica Whirlpool, que consiste en crear un remolino, acumulando las partículas y los sólidos del mosto en el centro del recipiente.

- **Filtrado**

Se realizó el filtrado del mosto utilizando una malla para la retención de las micropartículas disueltas.

- **Fermentación**

En esta operación consiste verter las diversas proporciones de mosto en los fermentadores añadiendo las levaduras; que convertirá los azúcares del mosto en alcohol, se almacenó a 15 °C durante 5 días.

- **Maduración**

Una vez finalizada la fase de fermentación se realizó el cambio de fermentador, con la finalidad de descartar toda la cama de levaduras que se formó en el fermentador dejando reposar el mosto antes de su embotellado. Esta operación duró alrededor de una semana, almacenada a refrigeración lo cual ayuda a la clarificación del líquido.

En esta fase se agrega la proporción de jugo de maracuyá a la cerveza, se agregó de la siguiente manera:

- ✓ 50% de jugo de maracuyá a los tratamientos a0b1, a1b1, a2b1
- ✓ 25% de jugo de maracuyá a los tratamientos a0b2, a1b2, a2b2

- **Envasado**

Se realizó en botellas de vidrio de 330 mL, previamente sometidas a la esterilización; luego se llenó todos los envases y se mantuvo en refrigeración.

3.8. Análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal aplicados a los diversos tratamientos

▪ pH

Se utilizó 100 mL de cada tratamiento en un vaso de precipitación, introduciendo el pHmetro en la muestra y alrededor de varios segundos se obtuvo el valor.

▪ Turbidez

Se llenó el envase del 2100AN TURBIDIMETER con la muestra de cerveza a 20 °C de cada respectivo tratamiento, y se agitó para así poder desgasificar la cerveza. A continuación, se introdujo el envase dentro del equipo oprimiendo “Enter”, durante 60 segundos de la lectura se obtuvo el resultado expresado en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

▪ Acidez

Se midió 10 ml de la muestra, y se adicionó 50 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 500ml acompañado de 3 gotas de fenolftaleína.

Se utilizó hidróxido de sodio al 1 % para la titulación, luego de añadir este reactivo se procede a agitar el matraz hasta que se presencie una coloración rosada.

Luego se procedió a calcular la acidez expresada como % de ácido láctico mediante esta fórmula:

$$\text{Acidez (\% ácido láctico)} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N * PE}{V_m} * 100$$

Donde:

V_{NaOH} : Volumen consumido de la muestra

N_{NaOH} = Normalidad de la solución (0.1)

PE= Peso equivalente del ácido acético (0.009)

V_m = Volumen de la muestra

- **Grado alcohólico**

Se utilizó una probeta en la cual se adicionó 100 mL de cada tratamiento de cerveza, y se introdujo el alcoholímetro dejando que éste flote en el centro, y así se realizó la lectura de la graduación alcohólica.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión

4.1.1. Análisis de Varianza para las variables de estudio

En la tabla n° 9 y se presenta los análisis de varianza con respecto a la humedad del grano de sorgo para el malteado.

Tabla 9. Análisis de Varianza para Humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tiempo de remojo del sorgo	5,78	1	5,78	5,32	0,1044
B: Temperatura para la germinación	8,82	1	8,82	8,12	0,0652
C: Repetición	1,62	1	1,62	1,49	0,3093
INTERACCIONES					
AB	56,18	1	56,18	51,70	0,0555
RESIDUOS	3,26	3	1,08667		
TOTAL (CORREGIDO)	75,66	7			

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

A través de los resultados obtenidos se determinó que no existe diferencia significativa en cuanto al Factor A (Tiempo de remojo del sorgo), Factor B (Temperatura para la germinación), ni en la interacción A*B; y repeticiones.

En la tabla n° 10 se detalla los análisis de varianza del grado de germinación del grano del sorgo para el malteado.

Tabla 10. Análisis de Varianza para Grado de germinación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tiempo de remojo del sorgo	2,0	1	2,0	0,07	0,8135
B: Temperatura para la germinación	12,5	1	12,5	0,41	0,5656
C: Repetición	12,5	1	12,5	0,41	0,5656
INTERACCIONES					
AB	312,5	1	312,5	10,36	0,0486
RESIDUOS	90,5	3	30,1667		
TOTAL (CORREGIDO)	430,0	7			

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

En cuanto para el Factor A (Tiempo de remojo del sorgo), Factor B (Temperatura para la germinación), interacción A*B y repeticiones no se encontró diferencia significativa.

A continuación, se manifiesta en la tabla n° 11 los respectivos análisis de varianza de pH de la cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima.

Tabla 11. Análisis de Varianza para pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (%Sorgo+malta pale ale)	0,493011	2	0,246506	36,56	0,0001
B:Factor B (% de jugo de maracuyá)	3,21308	2	1,60654	238,25	0,0001
C:Repetición	0,000355556	1	0,000355556	0,05	0,8241
INTERACCIONES					
AB	0,0627222	4	0,0156806	2,33	0,1440
RESIDUOS	0,0539444	8	0,00674306		
TOTAL (CORREGIDO)	3,82311	17			

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Por medio de los análisis de varianza obtenidos, se refleja diferencia significativa en el Factor A (% Sorgo + % malta pale ale), Factor B (% de jugo de maracuyá) e interacción A*B, excepto en repeticiones que no se encontró diferencia significativa.

En la tabla n° 12 se plasma los datos obtenidos del análisis de varianza de la turbidez de la cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima.

Tabla 12. Análisis de Varianza para Turbidez

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (%Sorgo+malta pale ale)	32,0992	2	16,0496	83,18	0,0001
B:Factor B (% de jugo de maracuyá)	3,51848	2	1,75924	9,12	0,0086
C:Repetición	0,0636056	1	0,0636056	0,33	0,5817
INTERACCIONES					
AB	12,146	4	3,0365	15,74	0,0007
RESIDUOS	1,54364	8	0,192956		
TOTAL (CORREGIDO)	49,371	17			

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Se encontró diferencia significativa en el Factor A (% Sorgo + % malta pale ale), Factor B (% de jugo de maracuyá), interacción A*B; en cuanto a las repeticiones no se encontró diferencia significativa.

En la siguiente tabla n° 13 se acontece los datos del análisis de varianza del grado alcohólico de la cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima.

Tabla 13. Análisis de Varianza para Grado alcohólico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (%Sorgo+malta pale ale)	3,42333	2	1,71167	62,24	0,0001
B:Factor B (% de jugo de maracuyá)	2,23	2	1,115	40,55	0,0001
C:Repetición	0,005	1	0,005	0,18	0,6811
INTERACCIONES					
AB	7,42667	4	1,85667	67,52	0,0001
RESIDUOS	0,22	8	0,0275		
TOTAL (CORREGIDO)	13,305	17			

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Correspondiente a los resultados obtenidos del análisis de varianza del grado alcohólico se determina que existe diferencia significativa en el Factor A (% Sorgo + % malta pale ale),

Factor B (% de jugo de maracuyá), interacción A*B; en cuanto a las repeticiones no se encontró diferencia significativa.

Los datos obtenidos del análisis de varianza de acidez de la cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima, se describe en la tabla n° 14.

Tabla 14. Análisis de Varianza para Acidez

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (%Sorgo+malta pale ale)	0,0400871	2	0,0200435	1180,27	0,0001
B:Factor B (% de jugo de maracuyá)	0,000811418	2	0,000405709	23,89	0,0004
C:Repetición	0,0000576022	1	0,000057602 2	3,39	0,1028
INTERACCIONES					
AB	0,0148068	4	0,00370169	217,97	0,0001
RESIDUOS	0,000135858	8	0,000016982 2		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0558987	17			

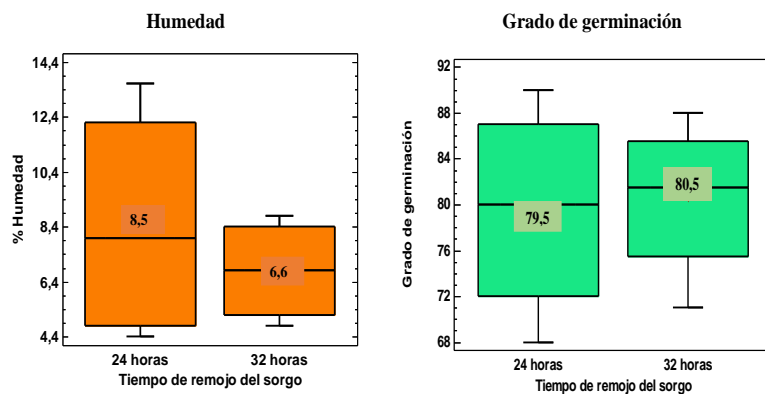
Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Se determinó diferencia significativa en el Factor A (% Sorgo + % malta pale ale), Factor B (% de jugo de maracuyá), interacción A*B; en cuanto a las repeticiones no se encontró diferencia significativa.

4.2. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0.05$) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos de la malta de sorgo

A continuación, en los gráficos 1 y 2 se presentan los resultados de las diferencias de las medias entre el Tiempo de remojo y el Grado de germinación.

Gráfico 1. Resultados de las diferencias de las medias entre el Tiempo de remojo del sorgo (24 y 32 horas) de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$). 1. Humedad; 2. Grado de germinación.



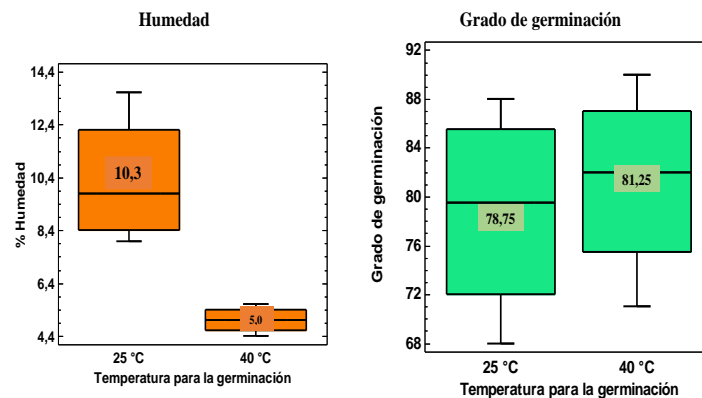
En el gráfico 1 no se observó diferencia significativa en el porcentaje de humedad del sorgo luego del secado, donde el tiempo de remojo del grano a 24 horas presentó el valor de 8,50 (a0), seguido del tiempo de remojo del grano a 32 horas que obtuvo un valor de 6,8 (a1). Tampoco se encontró diferencia significativa entre las medias del grado de germinación con valores de 79,50 (a0) y 80,50 (a1).

(French y McRuer, 1990) expresaron que “al transcurrir el tiempo de remojo del grano, este crece a causa de la absorción del agua, razón de la cual el objetivo primordial es alcanzar un porcentaje de humedad inicial en un intervalo de 40 – 45 % que es lo que reporta para la malta de cebada” [34]. Dado a que, en este proceso del acondicionamiento, radica que el grano de sorgo de paso a la germinación, consistiendo en el crecimiento del embrión y el desarrollo de las enzimas alfa y beta amilasas, las cuales son requeridas en el malteado; siendo así que durante el secado en se obtengan humedades inferiores al 5% para continuar con la maceración en la elaboración de la cerveza.

Para lograr un contenido de humedad por debajo del 5%, esto dependerá del tipo de malta que se desea obtener, y el tiempo de secado que se aplicará; el objetivo en cuanto al secado es eliminar el exceso de humedad, evitar un mayor crecimiento y modificación, para

obtener un producto seguro que se pueda almacenar y transportar, preservar las enzimas y así evitar la vitrificación del grano, conjuntamente desarrollar y mejorar propiedades como el sabor y color, eliminar los sabores no deseados e impedir la formación de compuestos químicos no deseados y secar los brotes para eliminarlos [34].

Gráfico 2. Resultados de las diferencias de las medias entre la Temperatura de germinación del sorgo (24 y 32 horas) de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$). 1. Humedad; 2. Grado de germinación

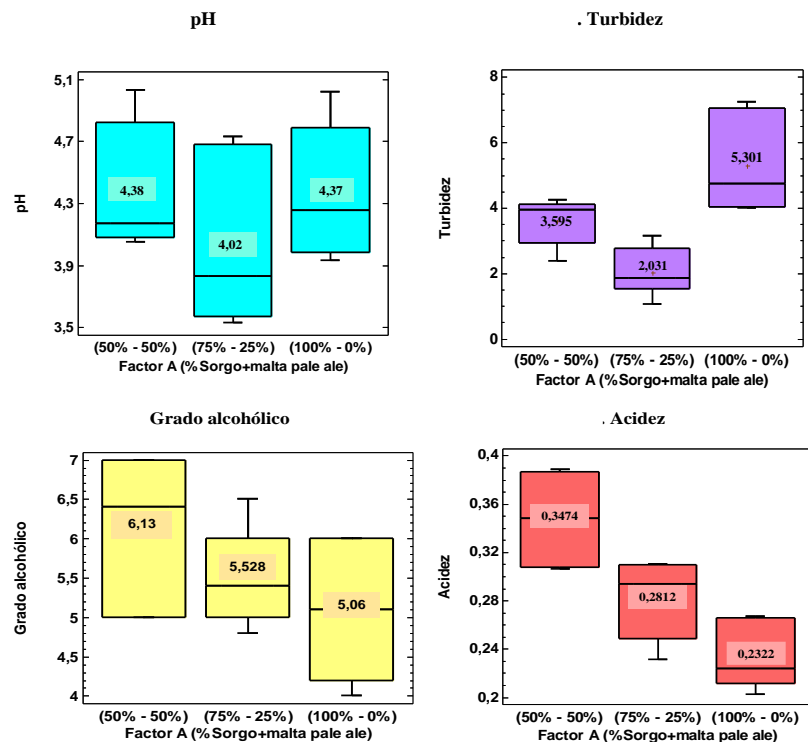


Se observó en el gráfico 2 que no existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad del sorgo luego del secado, teniendo como valor alto 8,70 (b0) y el más bajo 6,60 (b1); mientras que en el grado de germinación del sorgo no se observó diferencia significativa y presentó valores de 78,75 (b0) y 81,25 (b1).

Reyes Fuentes 2013, señaló que “el objetivo es fomentar el desarrollo y crecimiento del embrión del grano para conseguir la modificación requerida del grano y desarrollo de las enzimas”. Se sugiere la germinación del sorgo a 25 y 30 °C para el desarrollo de un buen poder diastásico [34]. De acuerdo a lo mencionado por Palmer et al. 1989 quienes señalaron que “la germinación involucra el brote de raicillas de las semillas hasta llegar a las enzimas adecuadas que degradan el almidón”, por otra parte (Antonio-Estrada et al., 2009), señalaron que en la germinación se logran obtener alfa-amilasas y la beta-amilasas, enzimas diastasas que degradan el almidón de los granos [32]. Por consiguiente, se pretende encontrar un método que dé mayor rendimiento en el brote del grano para el malteado, optimizando tiempo y recursos, con la finalidad de que la malta cumpla con los parámetros de adecuación para la posterior fermentación.

4.3. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0.05$) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal tipo ale

Gráfico 3. Resultados de las diferencias de las medias entre el % de sorgo + % de malta pale ale de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) pH; turbidez; grado alcohólico; acidez.



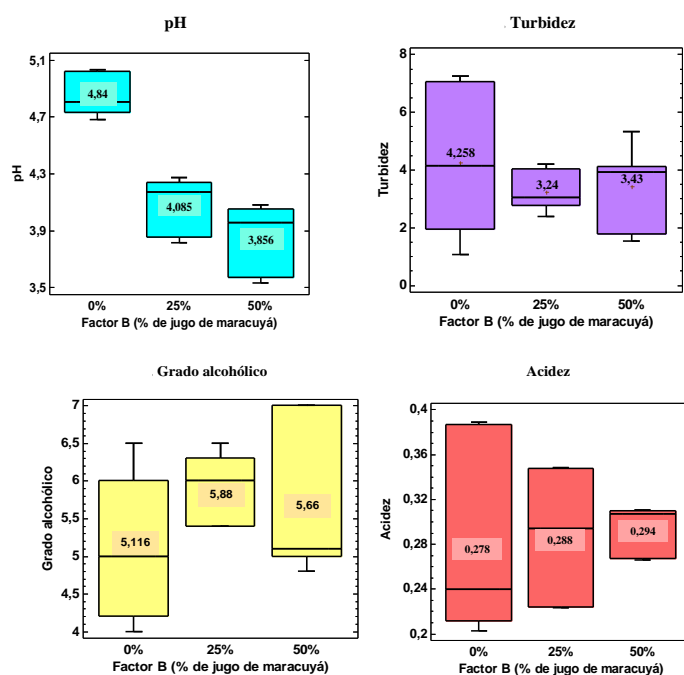
En el gráfico 3 se mostró en el pH diferencia significativa, ubicando el valor más alto 4,38 para a1 (50 % de sorgo + 50 % malta pale ale) y el valor más bajo 4,02 se encontró en a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale). En cuanto a la turbidez el valor más alto 5,30 se obtuvo en a0 (100 % de sorgo) y como valores más bajos se posicionó 3,595 en a1(50 % de sorgo + 50 % malta pale ale) y 2,031 en a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale).

Se evidenció diferencia significativa en el grado alcohólico de la cerveza, donde el valor más alto fue de 6,13 para a1 (50 % de sorgo + 50 % malta pale ale); y los valores más bajos para a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale) con 5,528 y 5,06 para a0 (100 % de sorgo); estos valores presentados dependen de la proporción de los carbohidratos presentes en cada uno de los cereales utilizados influenciados por la acción de la levadura Windsor que puede fermentar cervezas de hasta un 9 % de volumen de alcohol; para “Novellie 1960, la malta de sorgo es rica en alfa-amilasa con solo de 18 a 39 % de actividad sacarífica por su beta-amilasa; debido a que esta es una característica primordial para la

destilación” [15]. Asimismo, (Vicente, 2013) manifiesta que la cantidad y el tipo de alcoholes producidos están sujetos de los azúcares fermentables en el mosto, la temperatura de fermentación y levadura utilizada; estos azúcares fermentables estarán controlados por la cantidad, el tiempo y la temperatura de acción de la glucoamilasa del sorgo malteado [14].

En cuanto a la acidez total, expresado como ácido láctico; en a0 (100 % de sorgo + 0 % malta pale ale) se obtuvo un valor de 0,2322 y para a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale) fue de 0,2812 los cuales están dentro de los parámetros establecidos por la NTE INEN 2262:2013, en donde indica que la acidez total máxima es de (0,3); tomando en cuenta que en a1 (50 % de sorgo + 50 % malta pale ale) presenta un valor mínimamente superior de 0,3474, no obstante este valor no implica un riesgo en la salud de los consumidores.

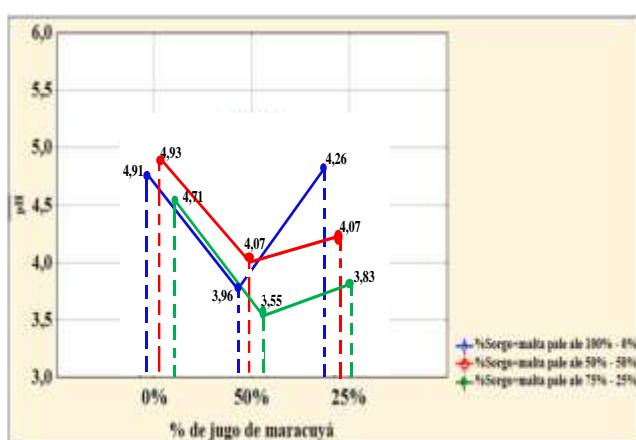
Gráfico 4. Resultados de las diferencias de las medias entre el % de jugo de maracuyá de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) pH; turbidez, grado alcohólico, acidez



Tal como se mostró en el gráfico 4 la diferencia significativa del pH, ubicando el valor más alto 4,84 para b0 (0%), y el más bajo 3,856 en b1 (50%). Seguidamente en la turbidez el valor más alto 4,258 fue en b0 (0%) y como valor más bajo se posicionó 3,43 en b2 (25%); en este punto influye el filtrado y la adición del clarificante para la apreciación de la cerveza.

Se demostró la diferencia significativa en el grado alcohólico de la cerveza artesanal tipo ale, colocándose como el valor más alto 5,88 en b2 (25%); y los valores más bajos 5,66 para b1 (50%) y 5,116 en b0 (0%); de acuerdo a lo estipulado por la NTE INEN 2262:2013 no se demostró que en estos niveles sobrepasen el rango máximo permitido. En cuanto a la acidez total en el b1 (50%) se obtuvo un valor de 0,294 y en b0 (0%) fue de 0,278; podemos afirmar que están dentro de los parámetros establecidos por la NTE INEN 2262:2013.

Gráfico 5. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto al pH

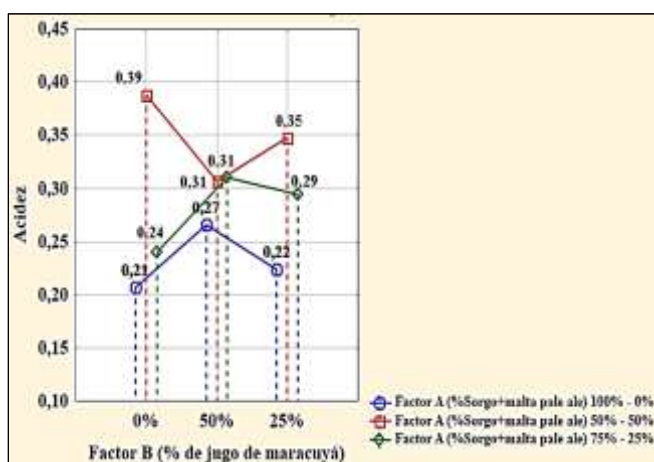


En el gráfico 5 la interacción A*B se presenció en base al análisis de pH, obteniéndose como valor más alto en a1b0 (4,93) y a0b0 (4,91) los cuales superan mínimamente el rango máximo permitido por la NTE INEN 2262:2013; mientras que el valor más bajo (3,55) corresponde a la interacción a2b1 (75% de sorgo + 25%

de malta pale ale + 50% de jugo de maracuyá); los rangos encontrados se asemejan con el promedio de pH de la cerveza obtenido por (Luján Corro & Vásquez Villalobos, 2010) que fue de 3,9013 el cual se apega dentro de la Norma Técnica de Cerveceros Latinoamericanos, que indica que el pH debe estar entre los valores de 3,0 a 4,80 [35].

(Suárez Díaz, 2013) menciona que el pH es un elemento de suma importancia en la fermentación, ya que proporciona control contra la contaminación bacteriana, a su vez el crecimiento de levadura, la velocidad de fermentación y la producción de alcohol; el cambio de pH durante la fermentación se debe a la conversión de aminoácidos debido a la pérdida de nitrógeno, que se convierte en ácidos, lo que conduce a una disminución del pH [36].

Gráfico 6. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto a la acidez

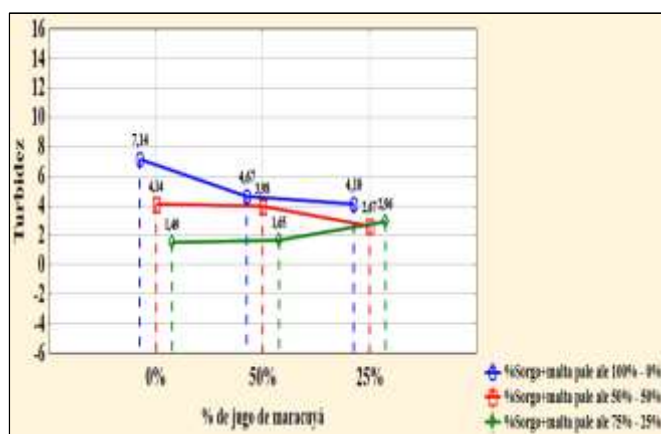


En el gráfico 6 se presencié la interacción de los factores A*B en base al análisis de acidez, obteniéndose como valor más alto 0,39 en la interacción a1b0 (50% de sorgo + 50% malta pale ale + 0% de jugo de maracuyá);

Mientras que el valor más bajo 0,21 corresponde a la interacción (100% de sorgo + 0% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá). Notablemente en el análisis de acidez, se obtuvo resultados entre 0,21 hasta 0,39, se tomó en cuenta que el valor máximo permitido por la norma es 0,30 (INEN, 2013).

En el estudio sobre la elaboración de cerveza amber ale de alta fermentación saborizada y aromatizada con frutas y plantas aromáticas ecuatorianas por (Galarza Vera, 2018), señaló que obtuvo valores en los que sobrepasó el rango permitido por la NTE INEN 2262:2013 y sustenta que debido a la presencia de bacterias lácticas, el porcentaje de acidez de las formulaciones supera el límite máximo establecido en la norma [37]. Mientras que (García Garibay et al., 2004) indican que el ácido láctico se emplea para conservar los alimentos, por lo que no incide de manera negativa para la salud de los consumidores [38].

Gráfico 7. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto a la turbidez



Se refleja en el gráfico 7 la interacción A*B en función de la turbidez, obteniéndose como valor más alto 7,14 en la interacción a0b0 (100% de sorgo + 0% de jugo de maracuyá); mientras que el valor más bajo 1,49 corresponde a la interacción a2b0 (75% de sorgo + 25% de malta pale ale + 0% de jugo de maracuyá). En lo que concierne a los valores de referencia, no existe en la NTE INEN

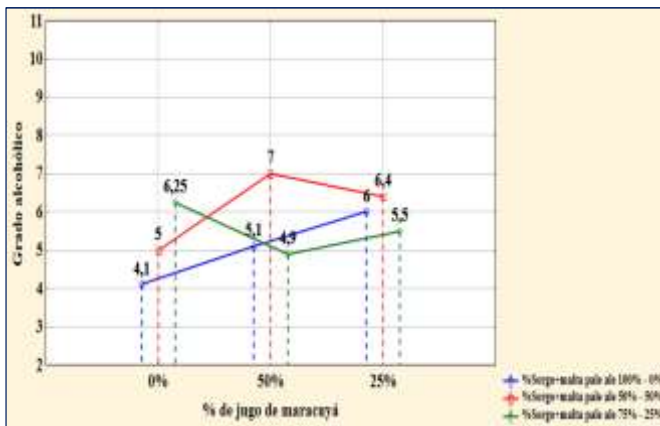
2262:2013 valor alguno que nos indique los rangos mínimo y máximo relativo a la

turbidez, por consiguiente no se puede indicar si los valores obtenidos están dentro o no de un rango establecido; cabe enfatizar que la presencia de sólidos en suspensión en las muestras podría afectar a la apreciación visual del consumidor debido a la tonalidad y apariencia que esta puede representar. La turbidez de la cerveza se da como consecuencia de los taninos que son encontrados en las cáscaras del grano y en cuanto a la proteasa que están en el endospermo [10].

(Vicente, 2013) menciona que una bebida de sorgo fermentada debe ser clara y brillante, y la turbidez puede deberse tanto a los materiales utilizados como a los defectos de fabricación. La filtración ineficaz del mosto después del macerado puede provocar turbidez debido a las partículas en suspensión; para lo cual se debe recircular el mosto hasta obtener un filtrado cristalino. En cuanto a la ebullición (adicionado de lúpulo) durante períodos de tiempo muy cortos, se produce turbidez porque las proteínas no precipitan. Además una de las causas de la turbidez se debe al crecimiento de bacterias lácticas y levaduras naturales [14].

En referencia a lo publicado por (Gigliarelli, 2016) señaló que con una cepa de floculación baja, la cerveza transferida contendrá demasiadas células de levadura, la fermentación secundaria será demasiado rápida, pero la clarificación será más difícil ya que la levadura tardará más en decantarse. En cambio, con una cepa de floculación alta, se transferirá muy poca levadura del fermentador al madurador, y la fermentación secundaria no se completará a menos que se agreguen otros materiales fermentables o retornando aire a la cerveza, lo cual implica también un riesgo esta última acción [10]. Por esta razón, con el objeto de obtener una cerveza clarificada se optó por la adición del Whirfloc para flocular las proteínas y polifenoles, en tal sentido perfeccionar la claridad de la cerveza y su estabilidad luego del envasado.

Gráfico 8. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A*B de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) respecto al grado alcohólico



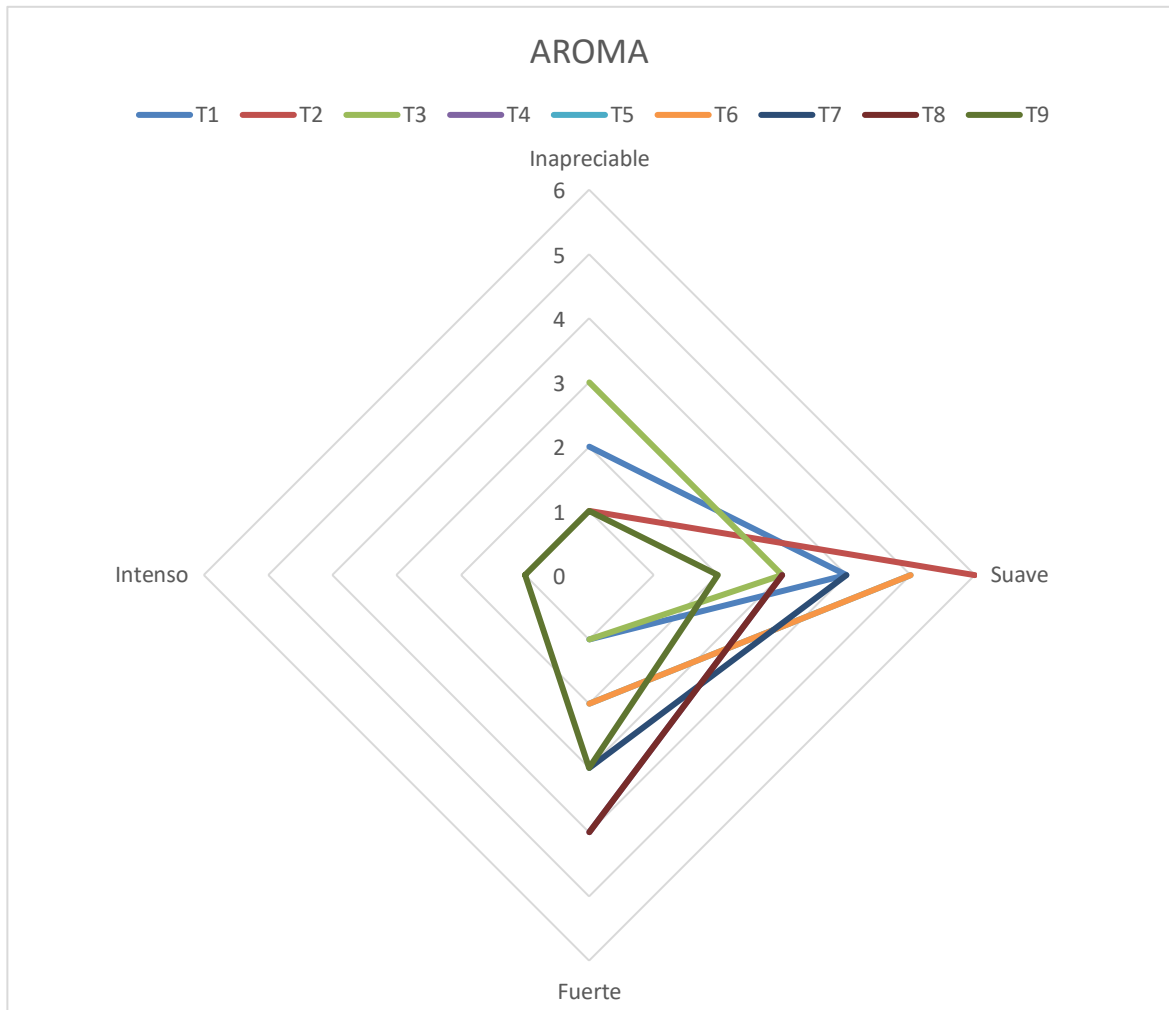
En el gráfico 8 se refleja la interacción de los factores A*B en función del grado alcohólico, obteniéndose como valor más alto 6,40 en la interacción a1b2 (50% de sorgo + 50% malta pale ale + 50% de jugo de maracuyá); mientras que el valor más bajo 5,0 corresponde a la

interacción a1b0 (50% de sorgo + 50% de malta pale ale + 0% de jugo de maracuyá).

Por consiguiente, en los valores presentados en la respectiva interacción, se demostró que los 9 tratamientos se rigen dentro del rango establecido 2,0 – 5,0 por la NTE INEN 2262:2013. De allí se destacó el poder de la levadura Windsor British Style Beer Yeast en la fase de fermentación de la combinación del (50% de malta de sorgo y 50% malta pale ale), sumado un 50% de jugo de maracuyá; se obtuvo de esta manera un grado alcohólico de (7,0), tomando en consideración que en este proceso se obtuvo un extracto fermentable característico de una Pale Ale o Bitter, y cumple con los atributos que requiere una cerveza de dicho estilo.

4.4. Resultados del análisis organoléptico de los tratamientos

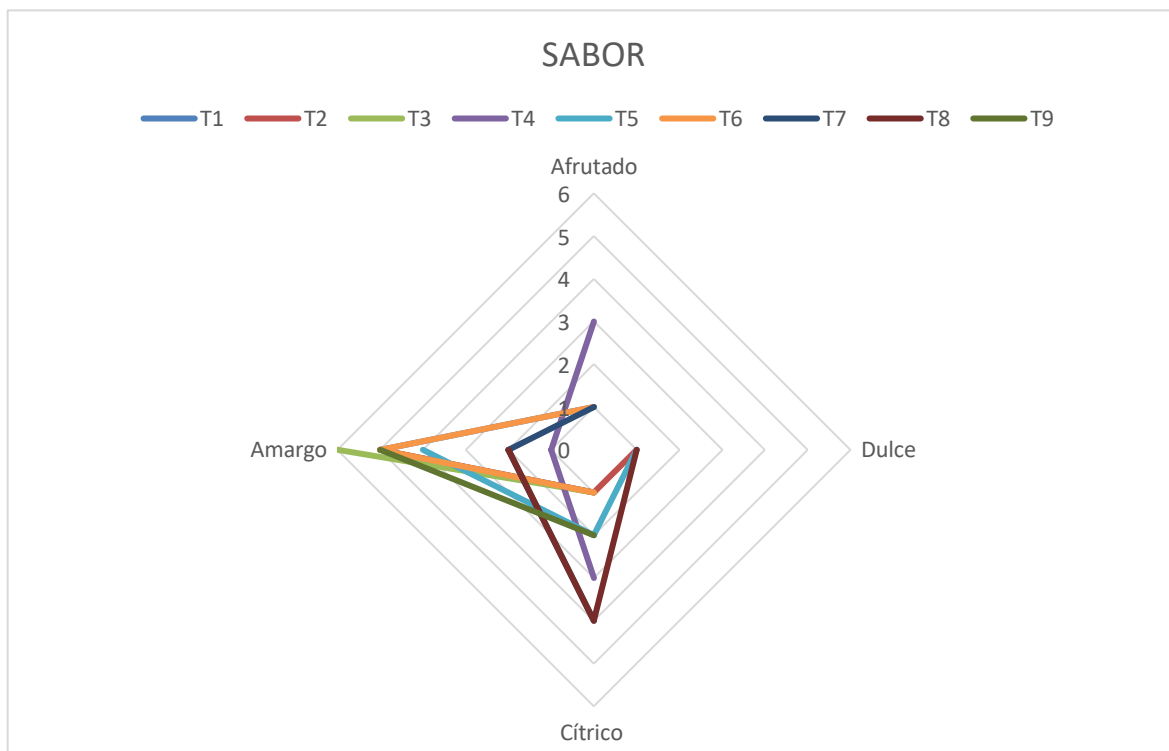
Gráfico 9. Resultados del análisis organoléptico correspondiente a la característica de Aroma



Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Interpretación: De acuerdo a las características del Aroma, los datos más altos fueron: como Inapreciable fue catalogado el T3 (75% sorgo + 25% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá) por 3 personas; Suave fue el T2 (50% sorgo + 50% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá) por 6 veces; El T8 (50% sorgo + 50% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá) y el T4 (100% sorgo + 0% malta pale ale + 50% jugo de maracuyá) por 4 ocasiones fue catalogado Fuerte, mientras que el T9 (75% sorgo + 25% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá) por 1 vez fue considerado Intenso.

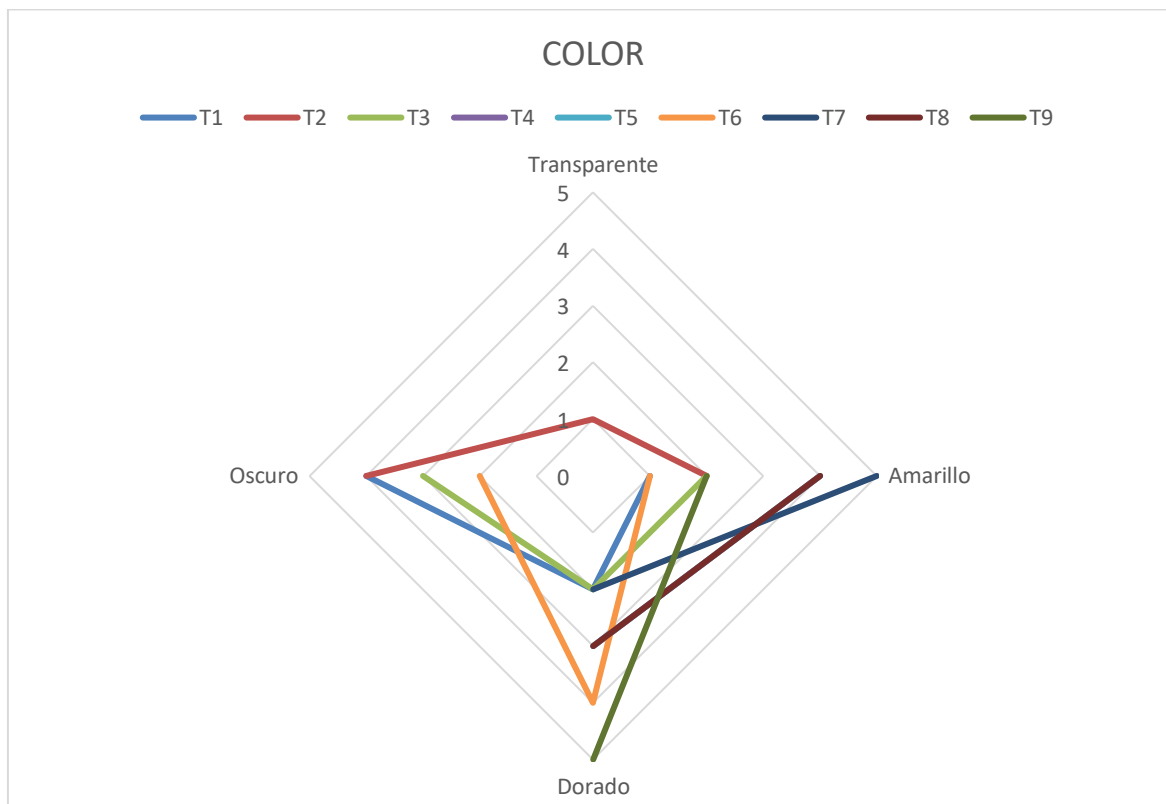
Gráfico 10. Resultados del análisis organoléptico correspondiente a la característica de Sabor



Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Interpretación: En cuanto a las características del Sabor, los datos más altos fueron: como Afrutado fue catalogado el T4 (100% sorgo + 0% malta pale ale + 50% jugo de maracuyá) por 3 veces; Dulce fue el T2 (50% sorgo + 50% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá), T5 (50% sorgo + 50% de malta pale ale + 50% jugo de maracuyá) y T8 (50% sorgo + 50% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá) por 1 vez c/u; El T8 fue catalogado Cítrico por 4 ocasiones, mientras que el T9 (75% sorgo + 25% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá) resultó ser el más amargo por 6 ocasiones.

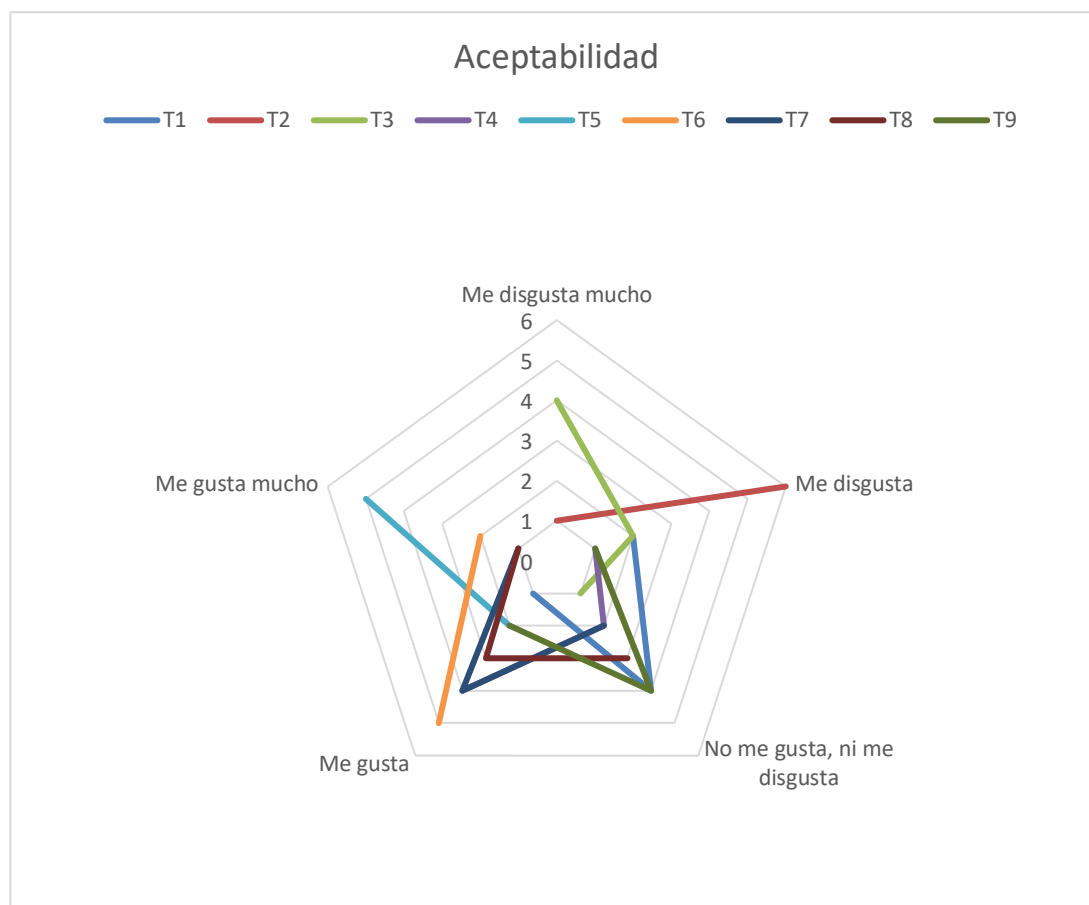
Gráfico 11. Resultados del análisis organoléptico correspondiente a la característica de Color



Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Interpretación: Según las características del Color, los datos más altos fueron: Transparente fue catalogado el T2(50% sorgo + 50% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá) por 1 vez; Amarillo fue el T7 (100% sorgo + 0% malta pale ale + 25% jugo de maracuyá) por 5 oportunidades; como Dorado fue catalogado el T9(75% sorgo + 25% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá) por 5 ocasiones, mientras que el T1 (100% sorgo + 0% malta pale ale + 0% jugo de maracuyá) y el T4 (100% sorgo + 0% malta pale ale + 50% jugo de maracuyá) fueron considerados Oscuro por 4 ocasiones c/uno.

Gráfico 12. Resultados de la aceptabilidad general correspondiente de cada uno de los tratamientos



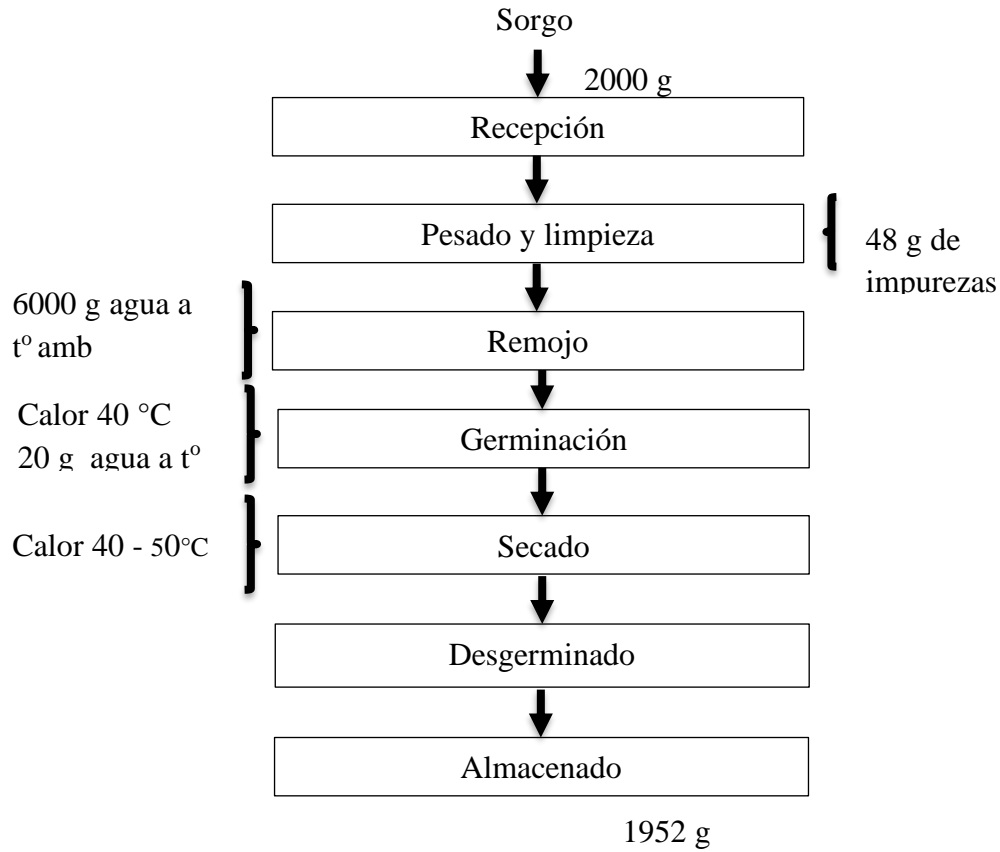
Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Interpretación: De acuerdo al criterio de aceptabilidad de los encuestados, se obtuvo los siguientes datos: Como Me disgusta mucho fue considerado el T3 por 2 ocasiones; Me disgusta recayó por 4 veces en el T2; como No me gusta, ni me disgusta fue considerado en igual medida el T1 y el T4 por 4 ocasiones c/uno; Me gusta fue considerado el T7 por 4 ocasiones; al T5 se considera como Me gusta mucho por 5 veces.

Como puede inferirse en los resultados obtenidos mediante la escala hedónica para la aceptabilidad después de la degustación de la cerveza, el personal evaluador indicó, en mayor escala al T3 en la categoría 1 (me disgusta mucho), el T2 se posicionó en la categoría 2 (me disgusta), T1 y T4 obtuvieron la mayor puntuación en la categoría 3 (ni me gusta, ni me disgusta), en cuanto a T5 y T6 promedian un mayor favoritismo entre las categoría 4 (me gusta) y 5 (me gusta mucho), siendo T5 el que observa mayor puntuación en la categoría de mayor aceptabilidad. Se debe indicar que los T7, T8, T9 se encontraron promediado entre las categorías 3 (ni me gusta, ni me disgusta) y 4 (me gusta). Véase en el anexo 6.

4.5. Balance de materia para la elaboración de cerveza artesanal

4.5.1. Balance materia para el malteado del sorgo



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo) sobre el peso de salida (malta de sorgo).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

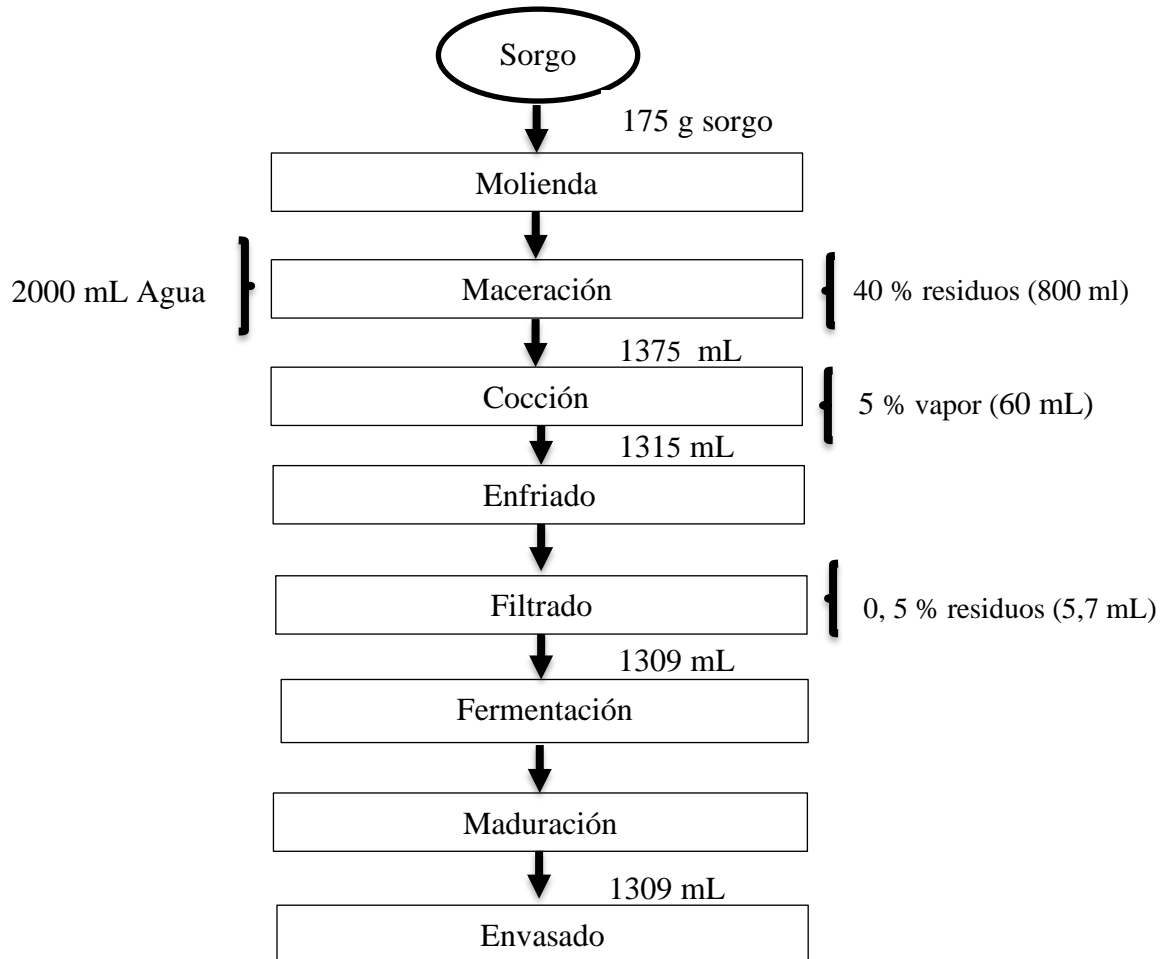
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1952 \text{ g}}{2000 \text{ g}} * 100\%$$

$$R = 97,6 \%$$

4.5.2. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de malta de sorgo



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

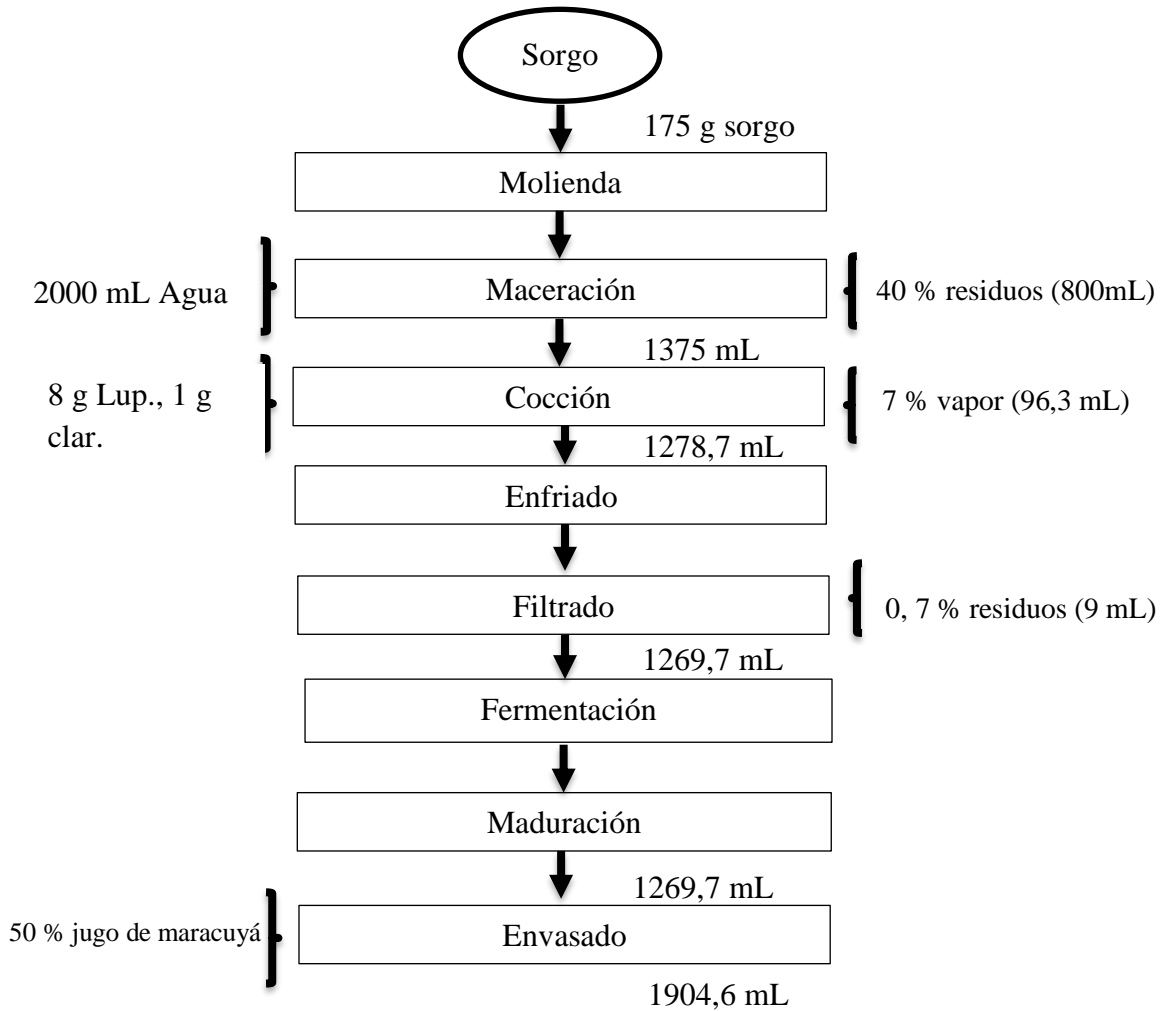
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1309 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 60,2 \%$$

4.5.3. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de sorgo + 50 % de jugo de maracuyá



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada, jugo de maracuyá) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

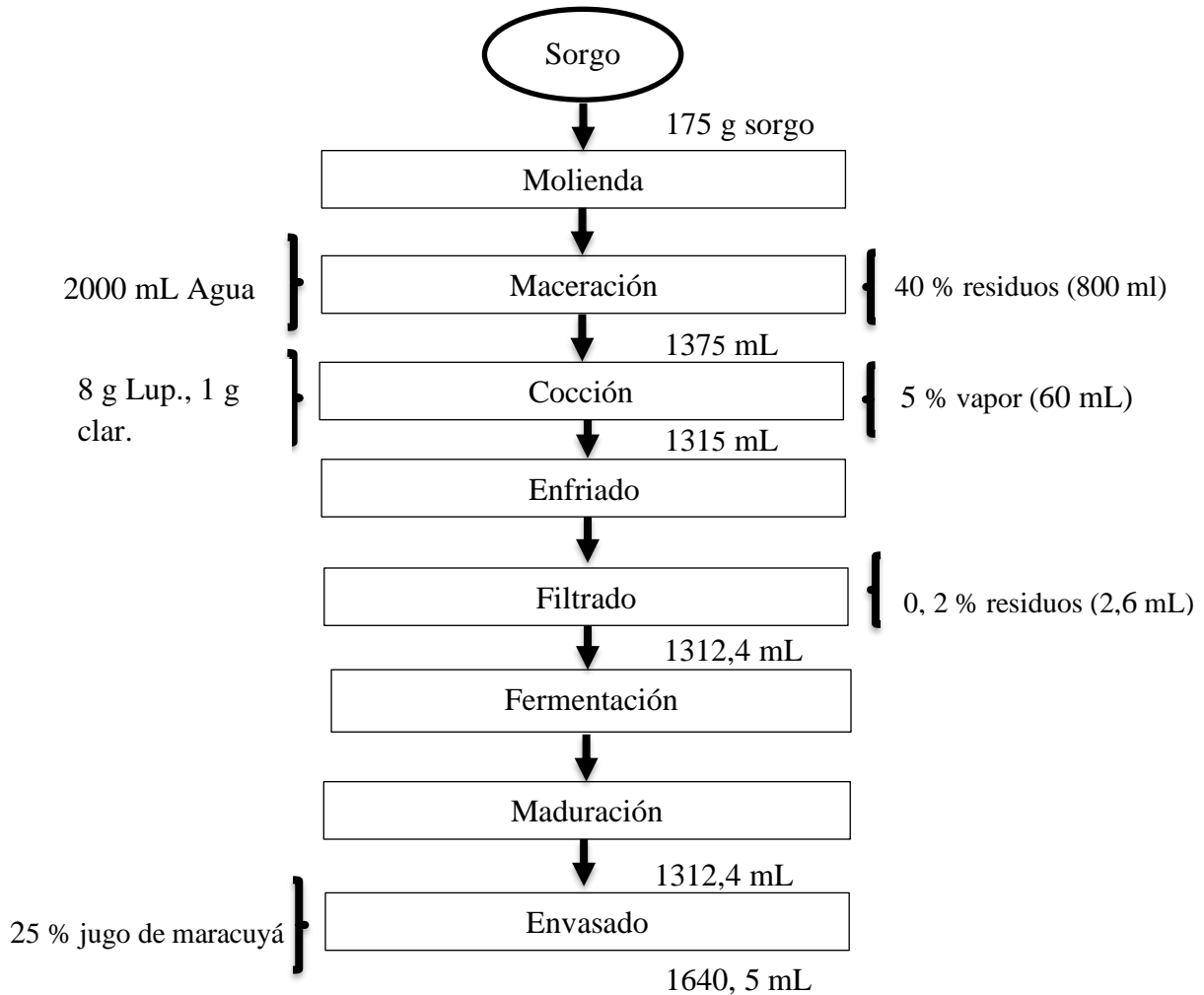
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1904,6 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 87,6 \%$$

4.5.4. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de sorgo + 25 % de jugo de maracuyá



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada, jugo de maracuyá) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

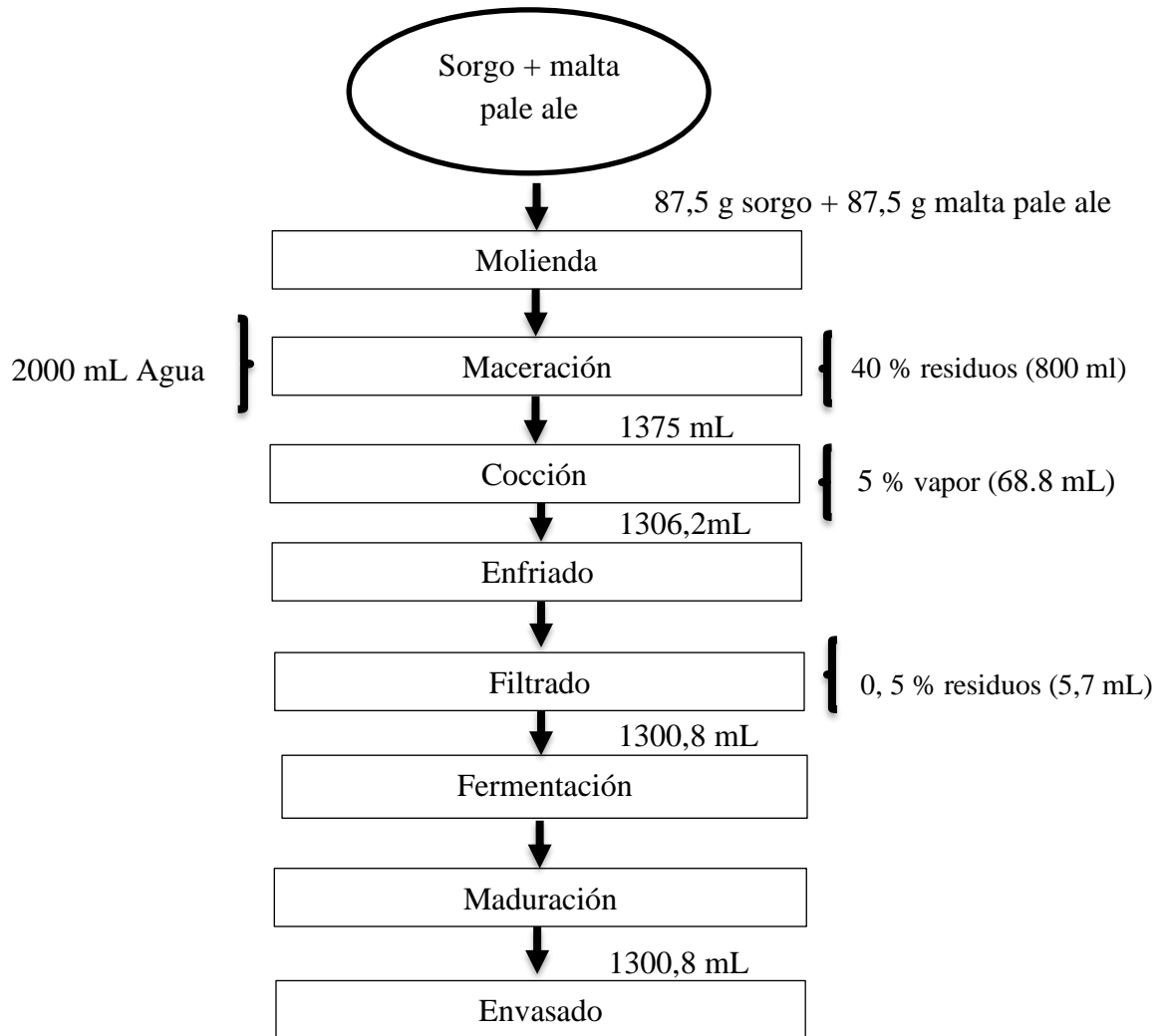
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1640,5 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 75,4 \%$$

4.5.5. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de 50 % sorgo + 50 % malta pale ale



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, malta pale ale, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

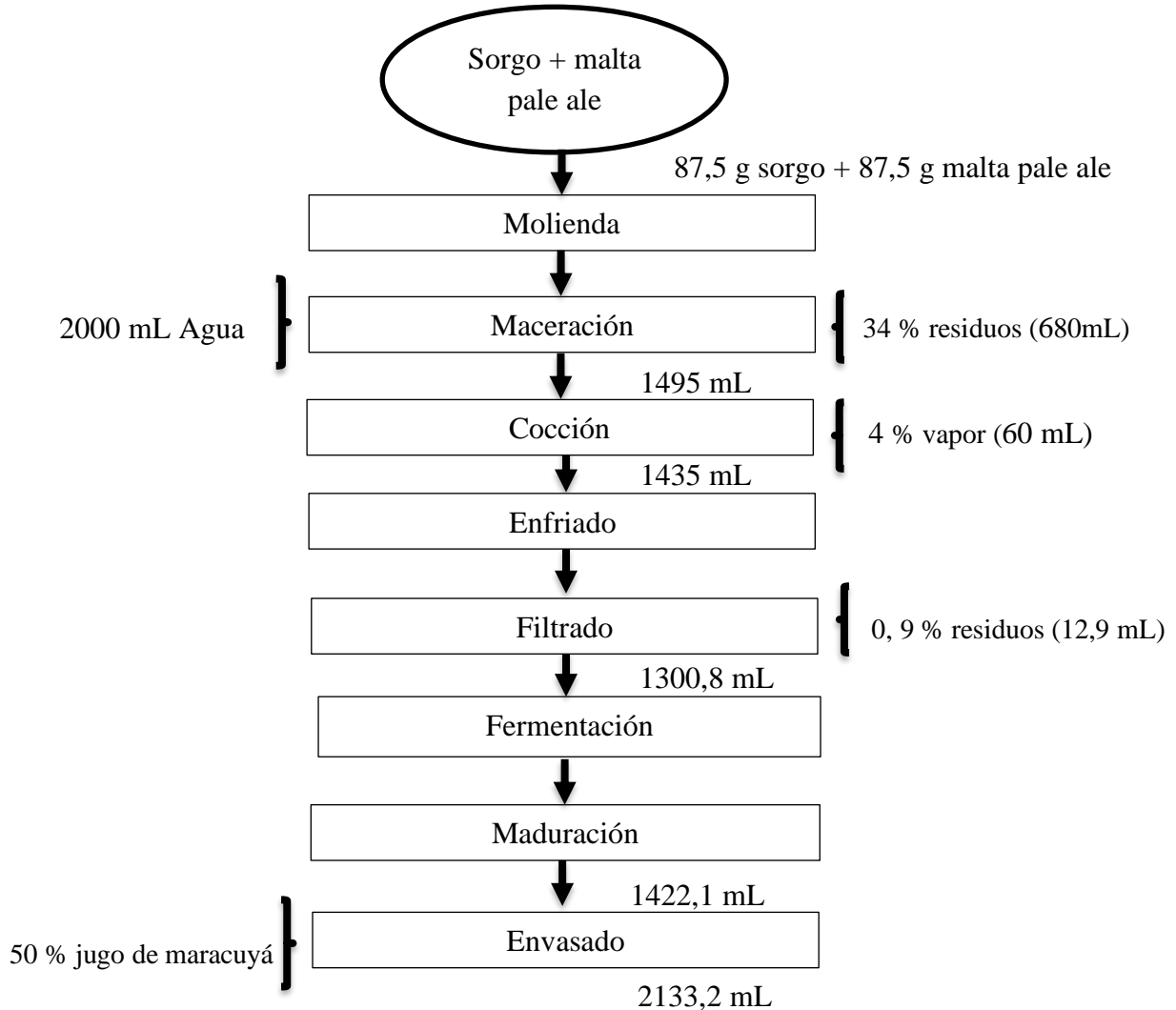
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1300,8 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 59,8 \%$$

4.5.6. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (50 % sorgo + 50 % malta pale ale) y 50 % de jugo de maracuyá



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, malta pale ale, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada, jugo de maracuyá) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

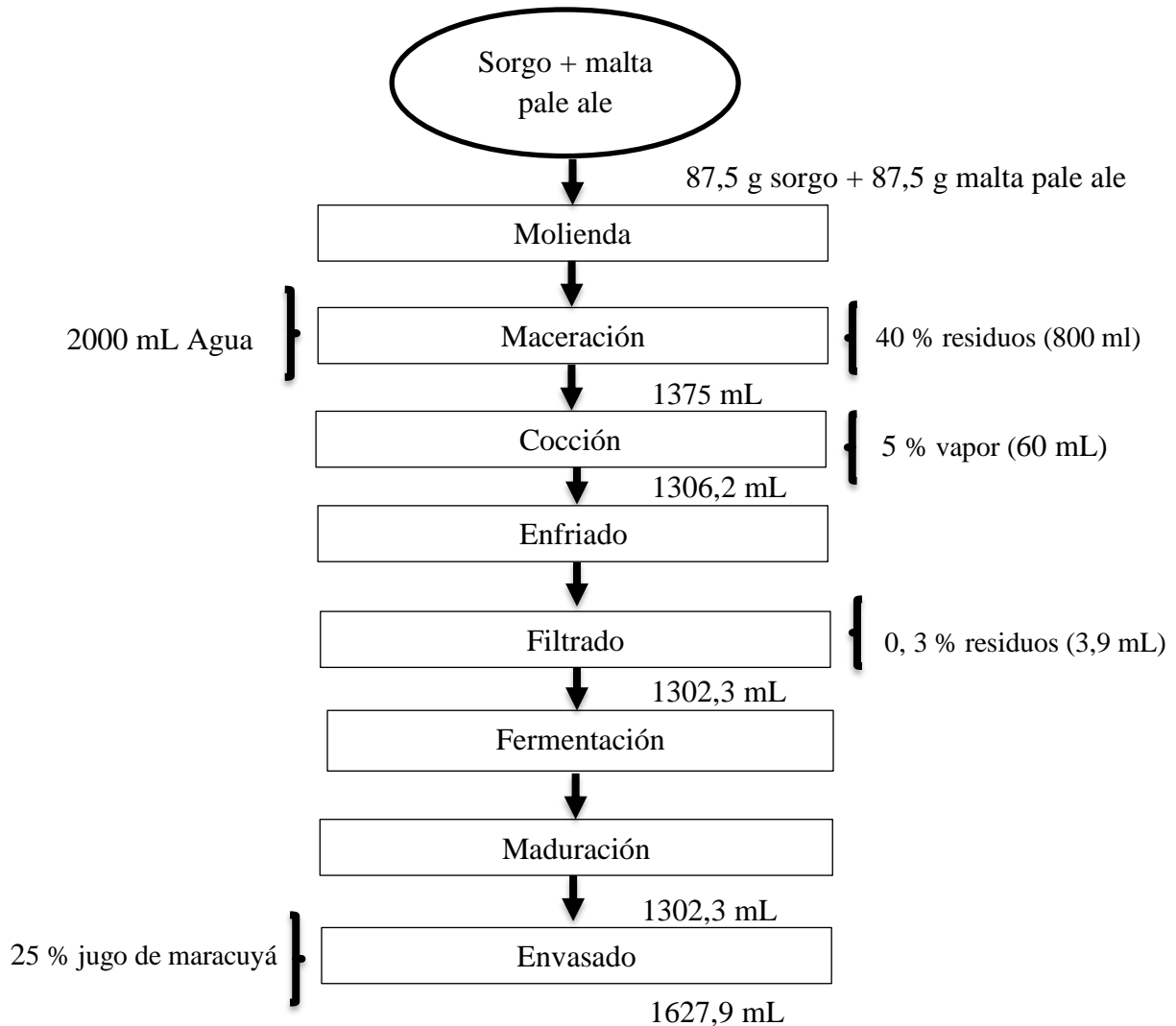
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{2133,2 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 98,1 \%$$

4.5.7. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (50 % sorgo + 50 % malta pale ale) y 25 % de jugo de maracuyá



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, malta pale ale, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada, jugo de maracuyá) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

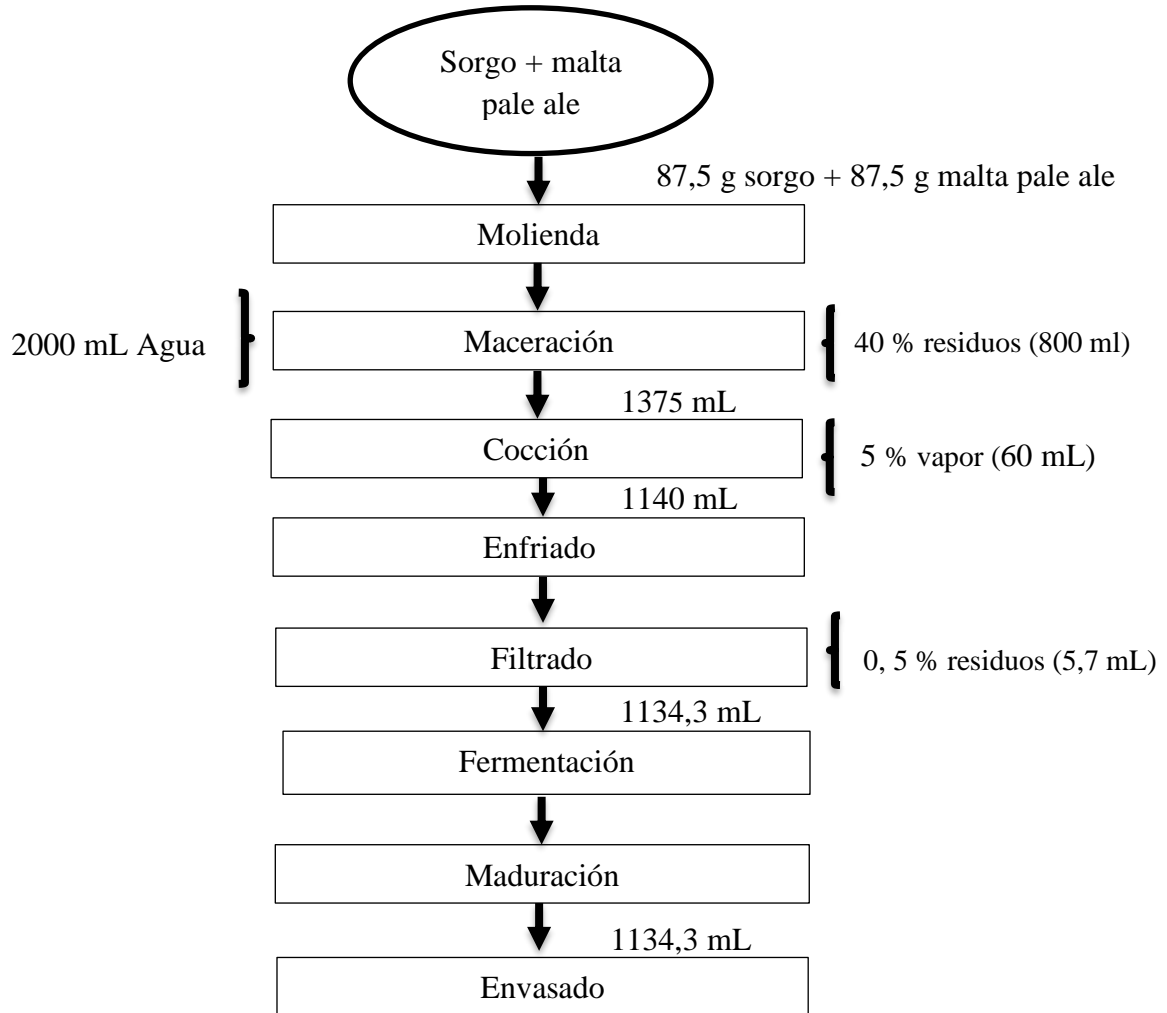
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1627,9 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 74,8 \%$$

4.5.8. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (75 % sorgo + 25 % malta pale ale)



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, malta pale ale, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

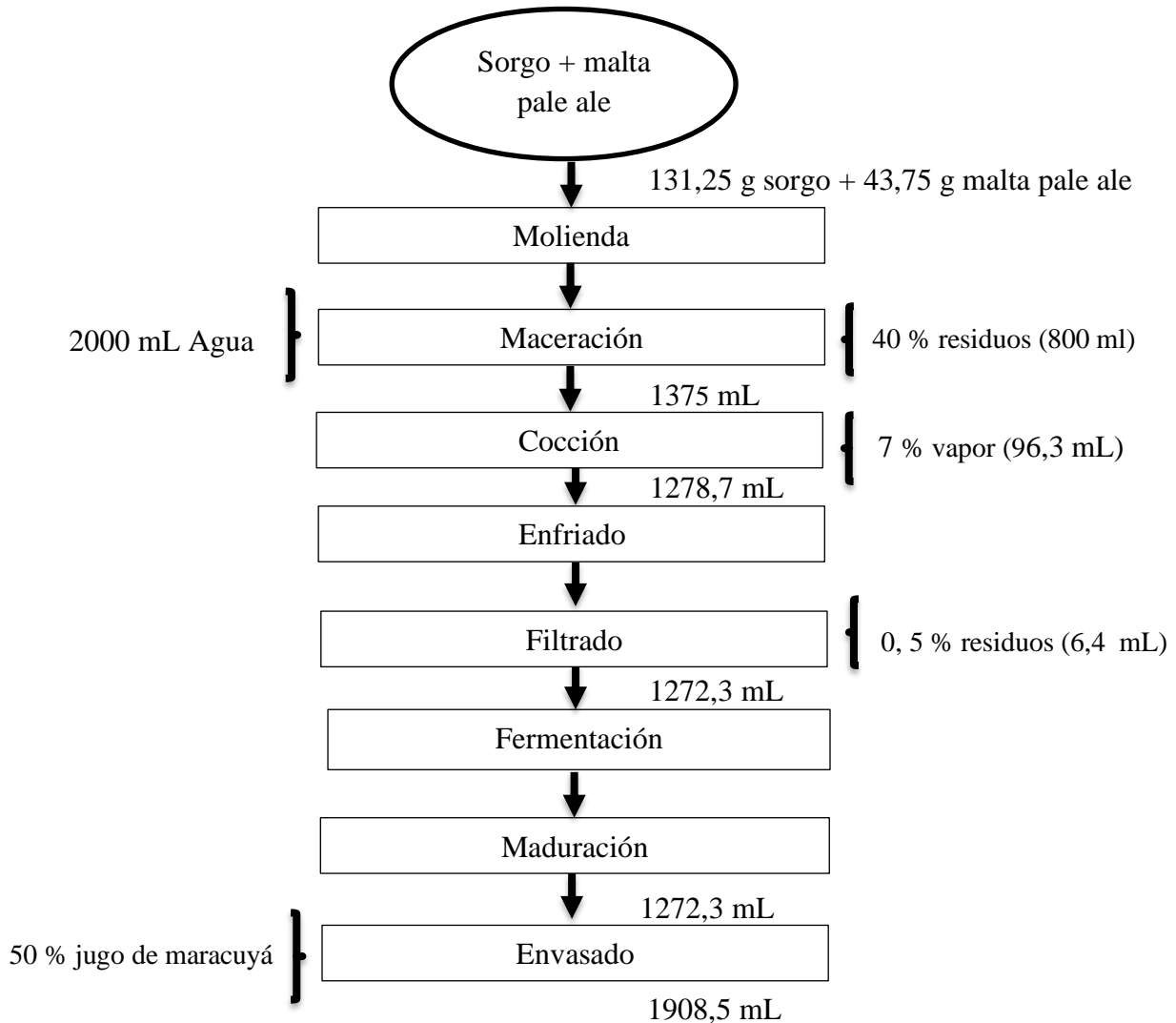
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1134,3 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 60,2 \%$$

4.5.9. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (75 % sorgo + 25 % malta pale ale) + 50 % de jugo de maracuyá



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, malta pale ale, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada, jugo de maracuyá) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

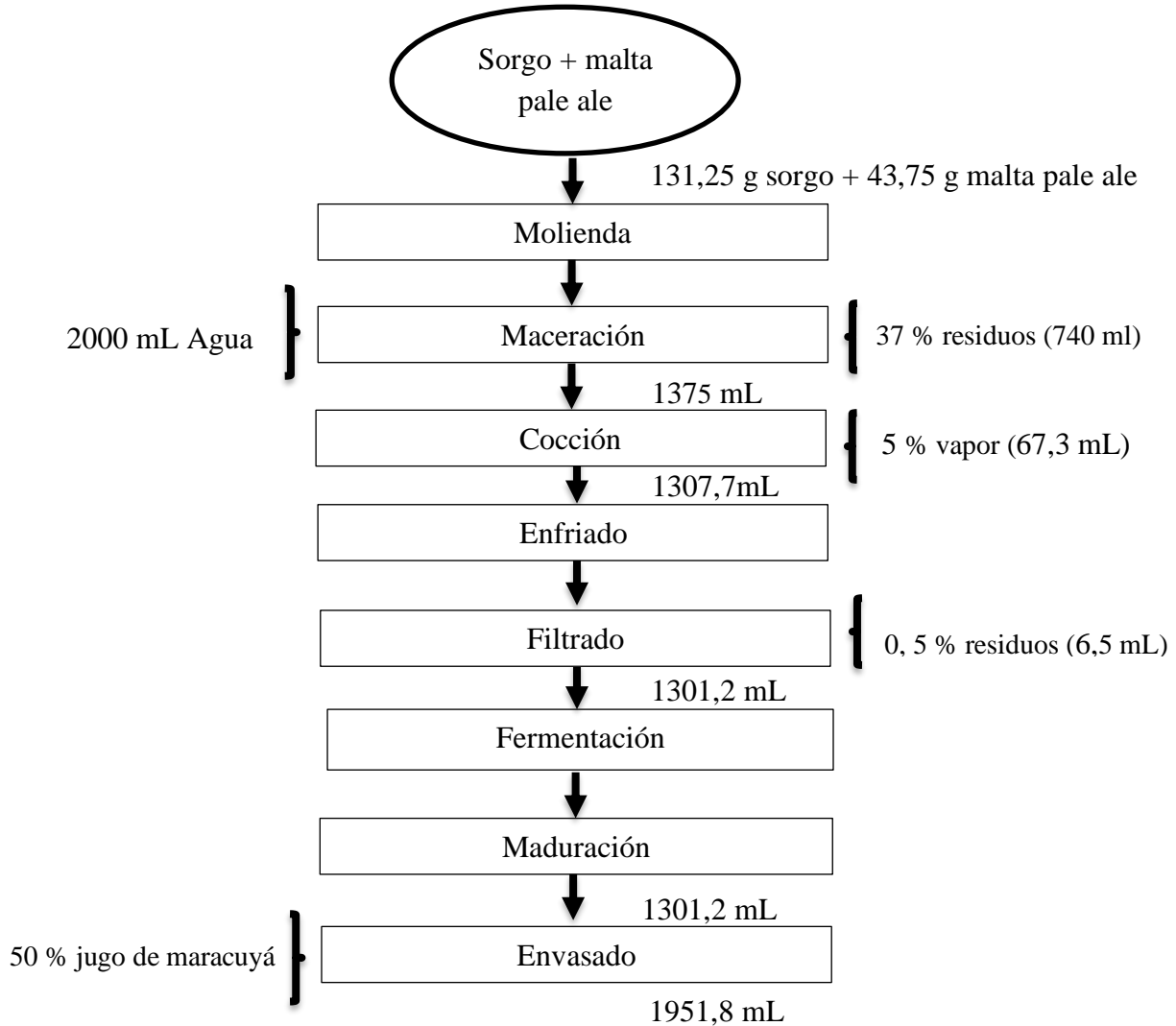
P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1908,5 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 87,7 \%$$

4.5.10. Balance materia para la obtención de cerveza artesanal a base de (75 % sorgo + 25 % malta pale ale) + 50 % de jugo de maracuyá



Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (sorgo, malta pale ale, agua, lúpulo, levadura, clarificante Whirfloc, dextrosa monohidratada, jugo de maracuyá) sobre el peso de salida (cerveza artesanal).

R: Rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

$$R = \frac{1951,8 \text{ mL}}{2175 \text{ mL}} * 100\%$$

$$R = 89,7 \%$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. Conclusiones

- La influencia del tiempo de remojo en el grano de sorgo es fundamental, debido a que se necesita que alcance un rango alrededor del 45% de humedad previo a la germinación, de tal modo se fijó que todas las muestras se aproximen u alcancen el parámetro requerido para la fase de germinación que conlleva al crecimiento del embrión.
- Se determinó que el aplicar una temperatura de 40 °C en la germinación, facilita el brote del embrión en menos tiempo que el acondicionamiento a 25 °C; se tomó en consideración el crecimiento excesivo que puede existir en la muestra y la contaminación por mohos debido a la presencia de agua que se roció para mantener húmedo el grano; para lo cual debe controlarse cada 6 horas observando la actividad de crecimiento de la radícula del sorgo hasta alcanzar las $\frac{3}{4}$ partes del tamaño del grano. En esta fase el objetivo primordial es que el grano de sorgo obtenga la mayor cantidad de azúcares fermentables y los nutrientes básicos para la levadura.
- La adición del jugo de maracuyá en el mosto de la cerveza, caracterizó un aroma suave y sabor amargo agradable según la apreciación sensorial por los catadores; para Vicente, F. (2013) enfatizó que “los alfa ácidos del lúpulo durante la ebullición de mosto se isomerizan, siendo estos productos los responsables del sabor amargo [14]”. Cabe recalcar que la finalidad de la adición del jugo de maracuyá es complementar las características fermentables del mosto de sorgo durante la maduración para intensificar sus atributos organolépticos y que éste de un toque de originalidad a la mezcla, que es percibida en el paladar de cada consumidor.
- En base al rendimiento de la mezcla de (50% de malta de sorgo, 50% de malta pale ale) + (50% de jugo de maracuyá) denominado como T5, se obtuvo el 98,1 % del rendimiento en el balance de materiales; de igual manera, y como resultado también de la aceptación de los catadores se indicó que el tratamiento 5 es de su preferencia por destacarse con un aroma suave en base al lúpulo cascade que tiene un perfil aromático característico floral y cítrico, sumando la presencia de la maracuyá, la cual añade un sabor cítrico y una coloración entre dorado y oscuro ante la percepción visual del consumidor.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda el uso del sorgo como malta para la elaboración de cerveza artesanal, tomando en cuenta los factores extrínsecos al momento del acondicionamiento del grano; en cuanto a la fermentación del mosto de sorgo se sugiere añadir mezclas de adjuntos como maltas y pulpas, con características no tradicionales; y a su vez examinar que se cumplan con los parámetros establecidos en la NTE INEM 2262-2013.
- Para la producción de cerveza artesanal, se sugiere que, al realizar las combinaciones con frutas, se tome en cuenta su estado fisiológico para la posterior adición en la cerveza.
- Sobre la cuestión del cultivo del sorgo, se podría implementar un estudio para la factibilidad de la producción de este grano en las zonas pertenecientes a la región costa; para así facilitar la obtención de este cereal que podría suplir parcialmente la adquisición de la importación de maltas de cebada generando ahorro para los microcerveceros artesanales en gastos de materia prima.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

5.3. Bibliografía

- [1] P. Jaramillo, «Revista Gestión,» 15 Noviembre 2016. [En línea]. Available: https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/269_005.pdf.
- [2] D. Dendy y B. Dobraszczyk, Cereales y productos derivados: química y tecnología, 1 ed., Zaragoza: Editorial ACRIBIA S.A, 2004.
- [3] Fundación Valle de Azapa, 27-28 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://fundacionvalledezapa.cl/data/documents/CERVEZA-DE-ELABORACION-ARTESANAL.pdf>.
- [4] J. A. Barrado, «Cervecera Independiente,» 2 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://cerveceraIndependiente.com/cultura-cervecera/tipos-de-cerveza-por-su-fermentacion/>.
- [5] M. Toledano, «Revista El Conocedor,» 25 Julio 2017. [En línea]. Available: <http://revistaelconocedor.com/sobre-los-estilos-de-cerveza/>.
- [6] La Cervecista, «Los Cervecistas,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.loscervecistas.es/el-proceso-de-fabricacion-de-la-cerveza/>.
- [7] P. Gigliarelli, «La Maduración,» *MASH*, 14 Marzo 2016.
- [8] C. Sánchez, L. Franco, R. Bravo, C. Rubio, A. Rodríguez, C. Barriga y J. Cubero, «Cerveza y salud, beneficios en el sueño,» *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, vol. 16, nº 3, pp. 160-163, Julio - Septiembre 2010.
- [9] The Beer Times, «The Beer Times,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.thebeertimes.com/cata-11-variedades-lupulos/>.
- [10] P. Gigliarelli, «El color de la cerveza,» *MASH*, 25 Agosto 2008.
- [11] A. Augustyn, P. Bauer, B. E. A. Duignan, E. Gregersen, A. McKenna, M. Petruzzello, J. Rafferty, M. Ray, K. Rogers, A. Tikkanen, J. Wallenfeldt, A. Adam Zeidan y A. Zelazko, «Encyclopaedia Britannica,» 9 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.britannica.com/plant/sorghum-grain>.
- [12] N. Carrasco, M. Zamora y A. Melin, MANUAL DE SORGO, INTA , 2011.

- [13] PROAIN, «Proain Tecnología agrícola,» 02 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://proain.com/54-la-nutricion-en-la-produccion-de-sorgo-granifero/>.
- [14] F. Vicente, «BEBIDA FERMENTADA A BASE DE SORGO,» Buenos Aires, 2013.
- [15] R. R. Hahn, J. S. Wall y W. M. Ross, «Usos del sorgo granífero en la alimentación humana y otros,» *Agromercado*, n° 94, pp. 21-25, Noviembre 2004.
- [16] M. A. García Torres, «Cultivo de Maracuyá amarillo,» Arce, La Libertad, El Salvador, 2002.
- [17] J. Pérez Porto y M. Merino, «Definicion.de,» 2018. [En línea]. Available: <https://definicion.de/cerveza/>.
- [18] J. Magadán, J. L. Olmedo, J. Piñeiro, J. Valladares, J. M. García y J. Fernández, «Guía del cultivo del lúpulo,» Galicia- España, 2011.
- [19] J. Pérez Porto, «Definicion.de,» 2018. [En línea]. Available: <https://definicion.de/levadura/>.
- [20] Maltas Cerveceros, «Maltas Cerveceros,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.maltascerveceros.com/el-malteado/>.
- [21] J. Pérez Porto, «Definicion.de,» 2018. [En línea]. Available: <https://definicion.de/maceracion/>.
- [22] Collins Spanish Dictionary , «The Free Dictionary,» 2013. [En línea]. Available: <https://es.thefreedictionary.com/clarificaciones>.
- [23] GERENCIA REGIONAL AGRARIA LA LIBERTAD, «Agro La Libertad,» 2009-2010. [En línea]. Available: http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20MARACUYA_0.pdf.
- [24] THE BEER TIMES, «THE BEER TIMES,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.thebeertimes.com/glosario-cervezero/>.
- [25] V. Gil, «Verema,» 20 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://www.verema.com/blog/cervezas/1148057-100-terminos-diccionario-cerveza-artesana>.

- [26] Los Cervecistas, «Los Cervecistas,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.loscervecistas.es/glosario-terminos-cervecistas/>.
- [27] Cervecing, «Cervecing,» 2017. [En línea]. Available: <https://cervecing.es/glosario-cerveceros/>.
- [28] EL Jardín del Lúpulo, «EL Jardín del Lúpulo,» 2012. [En línea]. Available: <https://eljardindellupulo.blogspot.com/p/pequeno-glosario-cerveceros.html>.
- [29] R. Boronat Gil y J. P. López Pérez, «El estudio de la fermentación en el laboratorio de Educación Secundaria,» *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 8, nº 1, pp. 111-114, Enero 2011.
- [30] R. C. Bailón Neira, «TEXTO:FERMENTACIONESINDUSTRIALES,» Callao - Perú, 2012.
- [31] A. Pérez, O. Saucedo, J. Iglesias, H. B. Wencomo, F. Reyes, G. Oquendo y I. Milián, «Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench),» *SciELO*, vol. 33, nº 1, Enero-Marzo 2010.
- [32] I. Gallardo, Y. Boffill, Y. Ozuna, O. Gómez, M. Pérez y O. Saucedo, «PRODUCCIÓN DE BEBIDAS USANDO SORGO MALTEADO COMO MATERIA PRIMA PARA ENFERMOS CELIACOS,» *Redalyc*, vol. 4, nº 1, pp. 61-74, enero-marzo 2013.
- [33] Y. Boffill-Rodríguez y I. Gallardo-Aguilar, «Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. Revisión bibliográfica,» *Redalyc*, vol. XXXIV , nº 3, pp. 266-274, Septiembre-Diciembre 2014.
- [34] I. Gallardo Aguilar, Y. Boffill Rodríguez, L. Rega López, M. Pino Hurtado, Y. Rodríguez Padrón y M. Pérez Pentón, «Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo udg-110 en la elaboración de bebidas para enfermos celíacos,» *SciELO*, vol. 45, nº 2, Abril-Junio 2018.
- [35] M. V. V. V. Luján Corro, «Control automático con lógica difusa de la producción de cerveza artesanal en las etapas de maceración y cocción.,» *Scientia Agropecuaria*, pp. 125-137, 2010.
- [36] M. Suárez Díaz, «“Cerveza: componentes y propiedades”,» 2013. [En línea]. Available: https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_MariaSuarezDiaz.pdf;jsessionid=3B0DF87EA33EAF4DC1291D81EA9A026D?sequence=8.

- [37] A. Galarza, «ELABORACIÓN DE CERVEZA AMBER ALE DE ALTA FERMENTACIÓN SABORIZADA Y AROMATIZADA CON FRUTAS Y PLANTAS AROMÁTICAS ECUATORIANAS,» Quito, 2018.
- [38] M. Q. R. R. L. M. A. (. .. García Garibay, Biotecnología Alimentaria, Limusa Grupo Noriega, 2004.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Datos de los análisis de los tratamientos del malteado del sorgo

Tiempo de remojo del sorgo	Temperatura para la germinación del sorgo	Repetición	% Humedad del grano luego del remojo	% Humedad	Grado de germinación
24 horas	25 °C	1	46	13,6	68
24 horas	40 °C	1	44	4,4	84
32 horas	25 °C	1	43	5,6	83
32 horas	40 °C	1	45	8,8	80
24 horas	25 °C	2	36	10,8	76
24 horas	40 °C	2	37	5,2	90
32 horas	25 °C	2	48	4,8	88
32 horas	40 °C	2	47	8	71

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Anexo 2. Datos de los análisis de los tratamientos de la cerveza artesanal tipo ale, a partir de *Sorghum vulgare* como materia prima.

Factor A (%Sorgo+malta pale ale)	Factor B (% de jugo de maracuyá)	Repetición	Grado alcohólico	pH	Acidez	Turbidez
(100% - 0%)	0%	1	4	5,02	0,2025	7,04
(100% - 0%)	50%	1	5,2	3,98	0,2655	5,33
(100% - 0%)	25%	1	6	4,24	0,2232	4,18
(50% - 50%)	0%	1	5	4,82	0,3864	4,05
(50% - 50%)	50%	1	7	4,05	0,306	3,85
(50% - 50%)	25%	1	6,5	4,15	0,3476	2,39
(75% - 25%)	0%	1	6	4,68	0,2312	1,93
(75% - 25%)	50%	1	4,8	3,57	0,3104	1,78
(75% - 25%)	25%	1	5,6	3,81	0,2936	2,77
(100% - 0%)	0%	2	4,2	4,79	0,2115	7,24
(100% - 0%)	50%	2	5	3,93	0,2667	4
(100% - 0%)	25%	2	6	4,27	0,224	4,02
(50% - 50%)	0%	2	5	5,03	0,3884	4,24
(50% - 50%)	50%	2	7	4,08	0,3076	4,1
(50% - 50%)	25%	2	6,3	4,19	0,3484	2,94
(75% - 25%)	0%	2	6,5	4,73	0,2484	1,05
(75% - 25%)	50%	2	5	3,53	0,3096	1,52
(75% - 25%)	25%	2	5,4	3,85	0,294	3,14

Elaborado por: Segobia, S. (2019)

Anexo 3. Fotos del proceso de remojo y germinación del sorgo para el malteado



Preparación del sorgo para el pesado



Remojo del grano de sorgo



Acondicionamiento del remojo



Muestra para secado



Mantenimiento de la humedad del grano en el secado



Brotos a las 8 horas de germinación con 24 horas de remojo



Muestras para germinación a 40 °C



Muestras cubiertas para la germinación a 25 °C



Sorgo en fase germinativa



Muestra de malta de sorgo obtenida

Anexo 4. Fotos del proceso de elaboración de la cerveza artesanal



Molienda de la malta pale ale



Proporciones de malta de sorgo y malta pale ale



Preparación del jugo de maracuyá



Lúpulo Cascade



Dextrosa monohidratada



Clarificante Whirlfloc



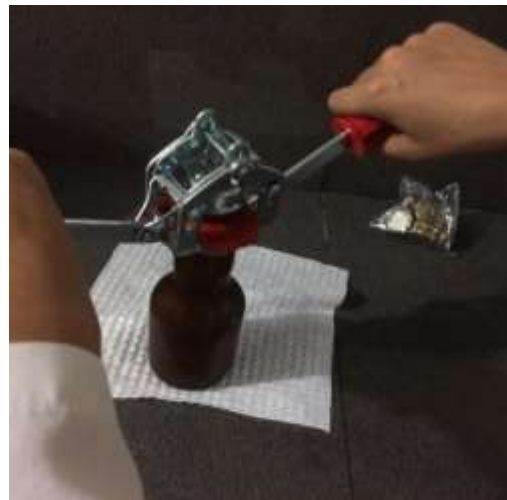
Levadura Windsor



Maceración



Fermentación



Envasado y sellado



Muestras de cerveza



Medición del grado alcohólico



Muestra del tratamiento 5



Medición del pH



Análisis de turbidez a cada muestra de cerveza





Análisis de acidez por titulación



Análisis sensorial por parte de estudiantes y docentes del Campus “La María”

Anexo 5. Estructura de encuesta para la evaluación sensorial de los tratamientos



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ENCUESTA PARA LA ACEPTACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA
ALCOHÓLICA (CERVEZA ARTESANAL)

La información que proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación de la cerveza artesanal a partir de sorgo.

Instrucciones:

- Se le presentará las unidades experimentales a evaluar y usted calificará de acuerdo a los atributos más destacables con una X.
- Enjuáguese la boca después de evaluar cada muestra.
- Por favor, responda los siguientes ítems.

AROMA

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Inapreciable									
Suave									
Fuerte									
Intenso									

SABOR

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Afrutado									
Dulce									
Cítrico									
Amargo									

COLOR

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Transparente									
Amarillo									
Dorado									
Oscuro									

Gracias por su colaboración.!

- Después de haber evaluado cada aspecto en las diferentes muestras de cervezas, ¿cuál es la de su preferencia?

Valoración	Categoría	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	Me disgusta mucho									
2	Me disgusta									
3	No me gusta, ni me disgusta									
4	Me gusta									
5	Me gusta mucho									

- Descripción de los tratamientos sometidos a la evaluación sensorial:

Tratamiento	Descripción
1	100% sorgo + 0% malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
2	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
3	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
4	100% sorgo + 0% malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
5	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
6	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
7	100% sorgo + 0% malta pale ale + 25% jugo de maracuyá
8	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá
9	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá

Activar Windows
Ir a Configuración de PC para acti

Gracias por su colaboración.!

Anexo 6. Datos obtenidos de la encuesta realizada a estudiantes y docentes en la Finca Experimental “La María”

AROMA

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Inapreciable	2	1	3	1	1	2			1
Suave	4	6	3	2	5	3	4	3	2
Fuerte	1		1	4	1	2	3	4	3
Intenso									1

SABOR

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Afrutado	1			3		1	1		
Dulce		1			1			1	
Cítrico	1	1	1	3	2	1	4	4	2
Amargo	5	5	6	1	4	5	2	2	5

COLOR

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Transparente		1							
Amarillo	1	2	2	4	4	1	5	4	2
Dorado	2		2	3	3	4	2	3	5
Oscuro	4	4	3			2			

ACEPTABILIDAD

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	Me disgusta mucho		1	4						
2	Me disgusta	2	6	2	1					1
3	No me gusta, ni me disgusta	4		1	2			2	3	4
4	Me gusta	1			4	2	5	4	3	2
5	Me gusta mucho					5	2	1	1	

Anexo 7. NTE INEM 2262-2013



Quito - Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2262
Primera revisión
2013-11

BEBIDAS ALCOHOLICAS. CERVEZA. REQUISITOS

ALCOHOLIC BEVERAGES. LIQUORS. REQUIREMENTS

Correspondencia:

DESCRIPTORES: Bebidas alcohólicas, cerveza, requisitos
ICS: 67.160.10

3
Página:

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BEBIDAS ALCOHOLICAS. CERVEZA. REQUISITOS	NTE INEN 2262:2013 Primera revisión 2013-11
-----------------------------------------------	---------------------------------------------	------------------------------------------------------

1. OBJETO

1.1. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la cerveza para ser considerada apta para el consumo humano.

2. DEFINICIONES

2.1. Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

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

2.1.2 Cerveza pasteurizada. Producto que ha sido sometido a un proceso térmico que garantice la inocuidad del mismo usando las apropiadas unidades de pasteurización UP.

2.1.3 Unidad de Pasteurización UP. Carga letal de 60°C por un minuto. Se define mediante la siguiente ecuación:

$$UP = Z \times 1.393^{(T-60)}$$

En donde:

UP = unidad de pasteurización;
Z = tiempo de exposición, en minutos,
T = temperatura real de exposición, en °C.

2.1.4 Cebada malteada. Es el producto de someter el grano de cebada a un proceso de germinación controlada, secado y tostado en condiciones adecuadas para su posterior empleo en la elaboración de cerveza.

2.1.5 Adjuntos cerveceros. Son ingredientes malteados o no malteados, que aportan extracto al proceso en reemplazo parcial de la malta sin afectar la calidad de la cerveza, estos pueden ser adjuntos crudos y modificados como jarabes (soluciones de azúcares) o azúcares obtenidos industrialmente por procesos enzimáticos a partir de una fuente de almidón.

2.1.6 Lúpulo. Es un producto natural obtenido de la planta *Humulus lupulus*, responsable del amargor y de parte del aroma de la cerveza. Este puede estar en forma vegetal o en forma de extracto.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 La cerveza no debe ser turbia ni contener sedimentos, (a excepción de aquellas que por la naturaleza de sus materias primas y sus procesos de producción presentan turbidez como característica propia).

3.2 La levadura empleada en la elaboración de la cerveza debe provenir de un cultivo puro de levadura cervecera, libre de contaminación microbiológica.

3.3 Prácticas Permitidas

3.3.1 El agua debe ser potable, debiendo ser tratada adecuadamente para obtener las características necesarias para favorecer los procesos cerveceros.

3.3.2 Se puede utilizar enzimas amilasas, glucanasas, celulasas y proteasas.

3.3.3 Se puede utilizar colorantes naturales provenientes de la caramelización de azúcares o de cebadas malteadas oscuras y sus concentrados o extractos.

3.3.4 Se puede utilizar agentes antioxidantes y estabilizantes de uso permitido en alimentos.

3.3.5 Se puede utilizar ingredientes naturales que proporcionen sabores o aromas.

3.3.6 Se pueden utilizar materiales filtrantes y clarificantes tales como la celulosa, tierras de infusorios o diatomeas, PVPP (poli vinil poli pirrolidona).

3.3.7 Se permite la carbonatación por refermentación en botella o barril, o por inyección de CO₂.

3.4 Prácticas no permitidas.

3.4.1 No está permitida la adición o uso de:

3.4.1.1 Alcoholes.

3.4.1.2 Agentes edulcorantes artificiales.

3.4.1.3 Sustitutos del lúpulo u otros principios amargos.

3.4.1.4 Saponinas.

3.4.1.5 Colorantes artificiales.

3.4.1.6 Cualquier ingrediente que sea nocivo para la salud.

3.4.1.7 Medios filtrantes constituidos por asbesto.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 La clasificación de las cervezas será la siguiente:

4.1.1 Por su grado alcohólico:

4.1.1.1 Cerveza sin alcohol: grado alcohólico $\leq 1,0\%$ v/v

4.1.1.2 Cerveza de bajo contenido alcohólico: $1,0\%$ v/v < grado alcohólico $\leq 3,0\%$ v/v

4.1.2 Por su extracto original:

4.1.2.1 Cerveza normal: aquella que presenta un extracto original entre $9,0\%$ en masa y menor de $12,0\%$ en masa

4.1.2.2 Cerveza liviana: aquella que presenta un extracto seco original entre 5% en masa y menor de $9,0\%$ en masa.

4.1.2.3 Cerveza extra: aquella que presenta un extracto seco original entre el $12,0\%$ en masa y menor al 14% en masa.

El extracto original se calcula usando la siguiente fórmula:

$$p = \frac{(2,0665 \cdot A) + E_R}{100 + (1,0665 \cdot A)} \cdot 100$$

En donde:

p = extracto original en % Plato.

A = contenido de alcohol en la cerveza en % m/m.

E_R = extracto real de la cerveza en % Plato.

4.1.3 Por su color:

4.1.3.1 Cervezas claras (rubias o rojas): color < 20 unidades EBC.

4.1.3.2 Cervezas oscuras (negras): color \geq 20 unidades EBC.

4.1.4 Por su tipo de fermentación:

4.1.4.1 Cervezas Lager, para la fermentación "baja".

4.1.4.2 Cervezas Ale, para la fermentación "alta".

4.1.4.3 Cervezas de fermentación mixta.

4.1.5 Por la proporción de materias primas:

4.1.5.1 Cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto original contiene como mínimo un 50% en masa de cebada malteada.

4.1.5.2 Cerveza 100% de malta o de pura malta: cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto original proviene exclusivamente de cebada malteada.

4.1.5.3 Cerveza de ... (seguida del nombre del o de los cereales mayoritarios): es la cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto proviene mayoritariamente de adjuntos cerveceros. Podrá tener hasta un 80% en masa de la totalidad de los adjuntos cerveceros referido a su extracto (no menos del 20% en masa de malta). Cuando dos o más cereales aporten igual cantidad de extracto deben citarse todos ellos.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 La cerveza debe cumplir con los requisitos establecidos en las tablas 1 y 2.

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
Contenido de hierro	mg/dm ³	-	0,2	NTE INEN 2326
Contenido de cobre	mg/dm ³	-	1,0	NTE INEN 2327
Contenido de zinc	mg/dm ³	-	1,0	NTE INEN 2328
Contenido de arsénico	mg/dm ³	-	0,1	NTE INEN 2329
Contenido de plomo	mg/dm ³	-	0,1	NTE INEN 2330

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

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo. El muestreo se debe realizar de acuerdo a la NTE INEN 339 vigente "Bebidas alcohólicas. Muestreo".

7. ENVASADO

7.1 La cerveza debe envasarse en recipientes de material resistente a la acción del producto que no alteren las características del mismo.

8. ROTULADO

8.1 El rotulado debe cumplir con lo dispuesto en la NTE INEN 1933 vigente "Bebidas alcohólicas. Rotulado. Requisitos".

APENDICE Z

Z.1. DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 339	<i>Bebidas alcohólicas. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10	<i>Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables Recuento en placa por siembra en profundidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-17	<i>Control microbiológico de los alimentos. Bacterias anaeróbicas mesófilas Recuento en tubo por siembra en masa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1933	<i>Bebidas alcohólicas. Rotulado. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2322	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de alcohol.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2323	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de acidez total.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2324	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de dióxido de carbono CO₂ y aire.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2325	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de pH.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2326	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de hierro.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2327	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de cobre.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2328	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de zinc.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2329	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación arsénico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2330	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación plomo.</i>

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2262 Primera revisión	TÍTULO: BEBIDAS ALCOHOLICAS. CERVEZA. REQUISITOS	Código: ICS 97.160.10
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2010-02-23	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2002-02-08 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 03 059 de 2003-02-20 publicado en el Registro Oficial No. 33 del 2003-03-05 Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: a		
Subcomité Técnico de: Bebidas alcohólicas		
Fecha de iniciación: 2010-06-24		Fecha de aprobación: 2011-10-10
Integrantes del Subcomité:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Rodrigo Obando (Presidente)	LICORAM	
Felipe Salvador	ALCOPESA S.A.	
Alberto Salvador	ALCOPESA S.A.	
Diana Cabrera	AZENDE (ZUMIR)	
Manuel Auquilia Terán	AZENDE (ZUMIR)	
Carmen Gallardo Gallardo	BUSTAMANTE Y BUSTAMANTE	
José Miquel Sanchez	CERVECERÍA NACIONAL	
Maria Cristina Moreno	EMBOTELLADORA AZUAYA	
Imeldo Valdéz	ILEPSA S.A.	
Elena Martinot	ILEPSA S.A.	
Patricia Maiguashca	ILSA S.A.	
Jorge Villa	ILVISA	
Mónica Sosa	INH IZQUIETA PEREZ	
Ana Maria Hidalgo	LABORATORIO OSP-UCE	
Sandra Astudillo Calle	LICORES SAN MIGUEL	
Inés Malo	LICORES SAN MIGUEL	
Lorena Tapia	MIPRO	
Talia Palacios	MIPRO	
Ulrich Stahl	UPIANA Cia. Ltda.	
Carlos Moran	LICORERA MORAN	
Javier Carvajal	PUCE	
Gonzalo Arteaga (Secretario Técnico)	INEN	
Otros trámites: Esta NTE INEN 2262:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2262:2003		
* ¹⁰ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA , pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA , según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 14158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 239 del 2014-05-08.		
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma		
Oficializada como: Obligatoria	Por Resolución No. 13402 de 2013-10-31	
Registro Oficial No. 127 de 2013-11-20		

Anexo 8. Ficha técnica de la Levadura Windsor de cerveza estilo británico



WINDSOR
BRITISH STYLE
BEER YEAST
UNADDED UNFLAVOUR
GLMO FREE

FICHA TÉCNICA

WINDSOR LEVADURA DE CERVEZA ESTILO BRITÁNICO

Windsor es una auténtica cepa ale inglesa que produce cervezas con un perfil estilizado y con un sabor típico a levadura. Las cervezas creadas con Windsor se describen generalmente como cervezas inglesas ahumadas y con cuerpo. Los cerveceros eligen Windsor para producir cervezas que varían desde Pale Ale hasta Porter, con niveles moderados de alcohol y con las características de sabor y aroma de las mejores cervezas tradicionales. Los estilos auténticos elaborados con esta levadura incluyen, pero no se limitan, a Milds, Bitters, Irish Herb, Brown Ale, Porter y Sweet Stouts.

PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS

Clasificada como *Saccharomyces cerevisiae*, es una levadura de fermentación alta. Análisis típico* de la levadura Windsor:

- Título por ciento de sólidos: 97% - 97%
- Células de levadura vivas: $> 5 \times 10^8$ por gramo de levadura seca
- Levadura silvestre: < 1 por 10^8 células de levadura
- Bacteria: < 1 por 10^8 células de levadura

El producto final sale al mercado solo después de pasar una rigurosa serie de pruebas. *De acuerdo con los métodos de análisis AOAC y HPLC.

PROPIEDADES DE LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

En un medio estándar utilizado por Lallemand a 20°C (68°F) la levadura Windsor exhibe:

- Fermentación vigorosa que se puede completar en 3 días.
- Medio atenuación y baja flocculación.
- El aroma y sabor son ahumados debido a la presencia de *esters*, características típicas de los estilos ingleses tradicionales.
- En la elaboración de estilos tradicionales, el rango óptimo de temperatura para la levadura Windsor cuando se produce en estilos tradicionales es de 15°C (59°F) a 20°C (68°F).
- Windsor no induce la oxidación de azúcar (para más información consulte el capítulo de *glucosa*). La malolactona está presente en los medios de papa malta en un promedio de 10-15%. El resultado será un cuerpo y una claridad residual más pronunciados en la cerveza final. Se aconseja ajustar la cantidad y las temperaturas de maceración según el resultado deseado.
- La velocidad, el tiempo de fermentación y el grado de atenuación dependen de la tasa de inoculación, el manejo de la levadura, la temperatura de fermentación y la calidad nutricional del medio. *Si usted tiene cualquier pregunta por favor contactarnos al correo electrónico: brewing@lallemand.com*

SABOR Y AROMA



DATOS RÁPIDOS

ESTRUCO DE CERVEZA:
Cervezas ahumadas tipo inglés, pale ale, porter

AROMA:
Ahumado, esteroles

ATENUACIÓN:
Medio

GRADO DE FERMENTACIÓN:
15 - 20°C (59 - 68°F)

FLOCCULACIÓN:
Baja

TOLERANCIA AL ALCOHOL:
9% por volumen

TASA DE INOCULACIÓN:
50 - 100g/hl para kegar un volumen de 25 - 5 millones de células/ml

MAN DE
DATOS
TÉCNICOS

LEVADURA
DE CERVEZA

WINDSOR





FOUNTECH

WINDSOR LEVADURA DE CERVEZA ESTILO BRITÁNICO



USO

Según la densidad deseada del mosto, entre otras variables, la tasa de inoculación puede variar. Para la levadura Windsor, dicha tasa varía entre 50 y 100 gramos de levadura seca para 100 litros de mosto.

Inocula 50g por 100L de mosto para lograr un mínimo de 2,5 millones de células viables por ml.

Inocula 100g por 100L de mosto para lograr un mínimo de 5 millones de células viables por ml.

La tasa de inoculación puede ser ajustada para conseguir el estilo de cerveza deseado o para adaptarse a las condiciones de procesamiento. Se puede usar Windsor para fermentar cervezas de hasta un 9% de alcohol por volumen. Para la obtención de cervezas con más de 9% de alcohol, la levadura requiere la adición de nutrientes, como 1g/litro de Nutrientes.

Calcule la tasa exacta de inoculación recomendada con la Pitch Rate Calculator (Calculadora de Tasa de Inoculación) en [Brewing Tools \(Herramientas de Producción\)](http://brewingtools.com) en nuestra página web www.lallemandbrewing.com



HIDRATACIÓN

Se recomienda la hidratación de Windsor antes de su uso. La hidratación y la reconstitución en forma líquida reducen el estrés osmótico de la levadura. Las etapas de hidratación son muy sencillas y permiten un tiempo de conservación mucho menor que un "stater", lo cual es importante con levadura a temperatura ambiente.

Especificar 10 veces el peso de la levadura en agua limpia y mezclada a 30-35°C (86-95°F). No use agua que haya sido tratada con agua de ósmosis inversa, ya que esto provoca la pérdida de vitalidad. **NO AGITE TODAVÍA.** Deje en reposo durante 15 minutos, luego agite para suspender completamente la levadura. Después de 5 minutos más a 30-35°C, se sugiere agitar la temperatura de la inoculación a la del mosto y asegurar un entorno.

En intervalos de 5 minutos, reduce 10°C la levadura hidratada hasta llegar a la temperatura del mosto, agregando cantidades proporcionales del mosto. No atempere mediante la pérdida

natural del agua, ya que el largo tiempo en estado puede resultar en una pérdida de estabilidad o vitalidad.

Un cambio de temperatura de más de 10°C provoca choques térmicos, lo cual favorece la formación de pequeños mutantes, resultando en una fermentación prolongada o incompleta y el posible desarrollo de sabores no deseados.

La levadura Windsor ha sido acclimatada para sobrevivir durante la hidratación. La levadura contiene un alto nivel de depósito de carbohidratos y ácidos que no son adecuados para lograr un crecimiento activo. No es necesario añadir el mosto para la primera inoculación.

Las levaduras comerciales de Lallemand se pueden recolectar y reutilizar de nuevo en los siguientes cultivos, como cualquier otro tipo de levadura comercial. Se recomienda seguir las instrucciones reflejadas en el Puro Fermento Oportuno (Standardized PCR) de su cerveza.



ALMACENAMIENTO

La levadura Windsor debe almacenarse en condiciones secas y por debajo de los 10°C (50°F).

Windsor puede almacenarse a cualquier temperatura. No utilice envases de 500g o 1kg que hayan perdido el vacío. Se deben tomar de nuevo los envases abiertos, almacenarse en condiciones secas por debajo de 4°C y usarse en un plazo de 1 día. Si el envase se sella al vacío inmediatamente después de abrirlo, la levadura se puede almacenar la levadura hasta diez semanas por debajo de los 4°C.

No utilice la levadura después de la fecha de caducidad impresa en el envase.

CONSEJOS

Para más información, por favor visite en www.lallemandbrewing.com

Para cualquier pregunta puede ponerse en contacto con nosotros a través del correo electrónico brewing@lallemand.com

LALLEMAND BREWING

www.lallemandbrewing.com



Anexo 9. Características el lúpulo Cascade por Castle Malting



Belgian Malts that Make Your Beer So Special

CASCADE

BREWING QUALITY

This hop displays quite exceptional levels of citrus moving more toward grapefruit characteristics. Works very well when matched up with some of the New Zealand aroma heavy weights such as Motueka or Riwaka. Typically employed in "new world" style pale ales creative brewers are also adding late into summer ales where its hallmark refreshing citrus aroma and oils profile give a refreshing summery finish.



ORIGIN / HISTORY

UK/New Zealand origins. This hop's origin stems from an early US breeding program circa 1936. It was the first commercially bred hop to emerge from the USDA-ARS program when released in 1972. It was bred from crossing an English Fuggle with a male selection believed to have been a crossing of Fuggle with the Russian variety Serebrianka.

ACID COMPONENTS

Alpha Acids	6.0-8.0% w/w
Beta Acids	3.0-5.5% w/w
Cohumulone	37.0% of alpha acids

Type T90 Hop Pellets



OIL COMPONENTS

Total Oil	1.1 ml/100 g
Caryophyllene	3.4% of whole oil
Farnesene	6.0% of whole oil
Humulene	14.5% of whole oil
Myrcene	33.6% of whole oil

Type Leaf Hops



Possible Substitutions:

Centennial, New Zealand B Saaz



Castle Malting - True Brewers know why!

Headquarters: Chemin du Couloiry 1, 4800 Lembermont, Belgium
Malting Plant: Rue de Mons 94, T970 Seneffe, Belgium
Tel: +32 (0) 57 882095, Fax: +32 (0) 57 352234, info@castlemalting.com, www.castlemalting.com
Registered Tournai T9734, VAT: BE455013439, IBAN: BE11 3700 9254 5845, BIC: CBRU3333

Anexo 10. Información técnica de la *Passiflora edulis flavicarpa* (maracuyá amarilla) de la empresa EXOFRUT S.A bajo la certificación BUREAU VERITAS

* ° Brix	14.0 +/- 1.5
* % de Acidez	4 +/- 0.5
* Partículas	< 2/ml
* PH	3.0 +/- 0.5
* % PULPA	14 - 32

Microbiología

* Contaje Total	MAX. 1,000 UFC/G.
* Mohos y Levaduras	MAX. 100 UFC/G.

Embalaje y Empaque

* Congelado a - 18 °C / °0 F
*Tambores de 55 gal. con doble funda de polietileno cerrado con doble amarra plástica.
Peso: 200 kg. Neto/ 216 kg. Bruto
125 Tambores/contenedor
25 T.M./contenedor