UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TEMA:

ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE LA MEZCLA DE CEBADA, QUINUA Y AMARANTO.

AUTORES:

CHAMBA VALAREZO BRYAN STIVEN

OCHOA PROCEL ANA KARINA

TUTORA:

ING. CARMEN EMPERATRIZ LLERENA MSC.

GUAYAQUIL – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN	
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	"ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE LA MEZCLA DE CEBADA, QUINUA Y AMARANTO"
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Chamba Valarezo Bryan Stiven; Ochoa Procel Ana Karina
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Stefanie Bonilla Bermeo, MSc. Ing. Carmen Llerena Ramírez, MSc.
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil
UNIDAD/FACULTAD:	Ingeniería Química
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero Químico
FECHA DE PUBLICACIÓN:	**No. DE PÁGINAS:** 162
ÁREAS TEMÁTICAS:	Tecnologías, procesos y desarrollo industrial.
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Cerveza artesanal, malta de cebada, malta de quinua, malta de amaranto, análisis sensorial.

RESUMEN/ABSTRACT: (150-250 palabras)

La presente investigación tuvo como finalidad, establecer nuevas formulaciones para la sustitución parcial de malta de cebada por maltas de quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus) para la elaboración de cerveza artesanal, para esto se realizó un diseño de mezclas mediante el software statgraphics centurion el cual determino un total de 10 formulaciones cuya sustitución de malta de cebada fluctúa entre (25-66%); en la evaluación estadística de los parámetros fisicoquímicos como densidad, atenuación, pH, acidez total y grado alcohólico se empleó un análisis de varianza unifactorial, en el cual las medias se compararon con la prueba de Tukey con un 95% de confianza, los resultados no presentaron diferencias significativas conforme a los distintos porcentajes de sustitución. El análisis sensorial de cada una de las formulaciones se realizó utilizando la prueba discriminatoria dúo-trio y de ordenamiento para la preselección de las formulaciones, los resultados se analizaron mediante la tabla de Roessler y la tabla de Kramer correspondientemente. La selección de la mejor formulación se realizó midiendo el perfil descriptivo cuantitativo y la aceptación sensorial mediante la escala hedónica para las mezclas preseleccionadas, los resultados se evaluaron por medio de un análisis de varianza anova seleccionando así a la formulación 1 como la mejor mezcla, la cual presenta una sustitución del 25% de malta de cebada; finalmente se verifico que la formulación seleccionada cumple con la normativa vigente.

ADJUNTO PDF:	**SI** [X]	**NO**
CONTACTO CON AUTOR/ES:	**Teléfono:** Chamba Valarezo Bryan Stiven: 0987337800 Ochoa Procel Ana Karina: 0968447792	**E-mail:** bryan.chambav@ug.edu.ec ana.ochoap@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	**Nombre:** Universidad de Guayaquil –Facultad de Ingeniería Química	
	Teléfono: 04-229-2949	
	E-mail: http://www.fiq.ug.edu.ec	

ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

Guayaquil, 13 de septiembre de 2021

Sr. /Sra.
Ing. Sandra Peña, Msc
DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
FACULTAD
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Guayaquil. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto,**
de los estudiantes **Ochoa Procel Ana Karina y Chamba Valarezo Bryan Stiven**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

El trabajo es el resultado de una investigación.
El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
CARMEN EMPERATRIZ
LLERENA RAMIREZ

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.I. 0913777058
FECHA: Jueves 9 de septiembre del 2021

ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado tutor del trabajo de titulación **Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto** certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **Ochoa Procel Ana Karina y Chamba Valarezo Bryan Stiven**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Químico.

Se informa que el trabajo de titulación:

Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa anti-plagio **urkund** quedando el 5% de coincidencia.

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Correccion Cerveza 03 de Septiembre del 2021.docx (D112317133)
Submitted	9/9/2021 11:25:00 PM
Submitted by	
Submitter email	carmen.llerenar@ug.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	carmen.llerenar.ug@analysis.urkund.com

Curiginal

Entire Document

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad se conoce a la cerveza como una de las bebidas alcohólicas de mayor consumo, se han encontrado evidencias de producción de esta en el mundo miles de años atrás CITATION Swi11 \l 1033 (Poelmans & Swinnen, 2011). Empezando por el continente asiático, hace aproximadamente 7000 años, y alrededor del año 5000 a.C. se han encontrado indicios de su elaboración en Mesopotamia. De igual manera, cerca del año 3000 a.C. se empezó a producir en Egipto y Europa CITATION Bar14 \l 1033 (Garcia X. , 2014).

En Ecuador, la cerveza se encuentra posicionada como una de las bebidas alcohólicas con mayor consumo en la población. De acuerdo con estadísticas proporcionas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la cerveza se encuentra entre una de las bebidas alcohólicas con mayor demanda entre compradores de licores con un valor de 79.2%, el consumo anual de una persona es aproximadamente 27 litros (l) CITATION INE13 \l 1033 (INEC, 2013). Debido a su robusto y continuo crecimiento productivo, este sector se ha vuelto uno de los más sustanciales en la economía ecuatoriana. En la actualidad, el mercado de bebidas alcohólicas del Ecuador está conformado por una extensa variedad de marcas comerciales de diferentes sabores, texturas, presentaciones, precios y métodos de preparación.

Desde hace unos años la producción la cerveza artesanal a menor y mayor escala se ha desarrollado notoriamente debido a la inclinación del mercado por productos artesanales, naturales y orgánicos, esta bebida se produce mediante el uso de procesos autóctonos, destacando las características tradicionales y haciéndola competir en mercados exigentes de alta calidad CITATION Fra06 \l 12298 (Carretero, 2006).

Firmado electrónicamente por:
CARMEN EMPERATRIZ LLERENA RAMIREZ

Llerena Ramírez Carmen Emperatriz
C..I.: 0913777058

ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

Guayaquil, 13 de septiembre de 2021

Sra.
Ing. Sandra Peña, Msc
DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
FACULTAD
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Guayaquil. -
De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto**, de los estudiantes **Ochoa Procel Ana Karina y Chamba Valarezo Bryan Stiven**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:
El título tiene un máximo de 14 palabras.
La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
Los soportes teóricos son de máximo 19 años. La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:
El trabajo es el resultado de una investigación.
El estudiante demuestra conocimiento profesional integral. El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo deinvestigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
STEFANIE MICHELLE BONILLABERMEO

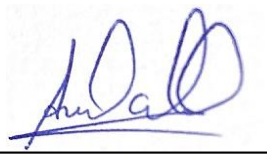
Ing. Stefanie Bonilla Bermeo,
MSc.C.I. 0919281311
FECHA: 22/09/2021

ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

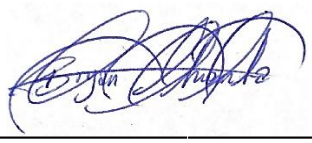
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Nosotros, **Ochoa Procel Ana Karina**, con C.I. No.**0750303745** y **Chamba Valarezo Bryan Stiven,** con C.I. No.**1150162558** certificamos que loscontenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es
"**Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto**" son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para eluso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



Ana Karina Ochoa Procel
C.I. No. 0750303745



Bryan Stiven Chamba Valarezo
C.I. No. 1150162558

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en el transcurso de mi carrera por llenarme de sabiduría, perseverancia y valentía.

A mi papa Bolívar Ochoa por sus enseñanzas, por su motivación y apoyo en cada etapa de mi vida, por sus consejos y guía durante mi carrera.

A mi mama Susana Procel por creer en mis sueños, por el esfuerzo que ha hecho y hace cada día por mí, por su confianza y motivación.

A mis hermanos Patricio y Gabriela por apoyarme y motivarme a seguir adelante a pesar de las dificultades.

A la ingeniera Carmen Llerena por su apoyo incondicional y aportarnos conocimientos en el desarrollo del trabajo investigativo.

Al maestro cervecero Frank Domínguez por estar presto a ayudarnos con su conocimiento en cada etapa de nuestra tesis.

Ana Karina Ochoa Procel

A mis padres Napoleón Chamba y Regina Valarezo, por su apoyo y enseñanzas a lo largo de las etapas de mi vida, los cuales me han ayudado en el transcurso de esta carrera universitaria, por enseñarme valores y ser un ejemplo para seguir, los mismos que me han forjado como una persona de correcto desempeño laboral y personal.

A cada uno de mis hermanos y hermanas que me han apoyado a lo largo de esta carrera universitaria.

A la Doctora Carmen Llerena, por servirnos de guía durante el desarrollo de esta investigación y siempre estar predispuesta a apoyar.

Al Ingeniero Frank Domínguez, por su apoyo en la fase experimental de la investigación.

Bryan Stiven Chamba Valarezo

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme sabiduría y perseverancia durante mi carrera universitaria.

A mis padres Bolívar Ochoa y Susana Procel por su amor, apoyo y sacrificio que me ha permitido cumplir mis metas. A mis hermanos quienes me motivan cada día a ser mejor.

Ana Karina Ochoa Procel

A mis padres Napoleón Chamba y Regina Valarezo por haberme brindado su amor incondicional en todo momento y por haberse esforzado para que pueda alcanzar todas mis metas. Les estaré eternamente agradecido, los amo.

A cada uno de mis hermanos y hermanas, por incentivarme en mi desarrollo personal y su apoyo en esta etapa.

Bryan Stiven Chamba Valarezo

Índice

Anexo VI. - Certificado del Docente-Tutor del Trabajo de Titulación iii

Anexo VII.- Certificado Porcentaje de Similitud iv

Anexo VIII.- Informe del Docente Revisor……..….v

Anexo XII.- Declaración de Autoría y de Autorización de Licencia Gratuita Intransferible y no Exclusiva Para el Uso no Comercial de la Obra con Fines no Académicos vi

Agradecimiento vii

Dedicatoria viii

Índice de tablas xiv

Índice de Figuras xvii

Resumen xix

Abstract xx

Introducción 21

CAPITULO I 23

1. Generalidades De La Investigación 23

1.1 Tema……...23

1.2 Planteamiento Del Problema……...23

1.3 Objetivos de la Investigación……..24

1.3.1 Objetivo General 24

1.3.2 Objetivos Específicos 24

1.4 Justificación…….. 24

1.4.1 Justificación Teórica 24

1.4.2 Justificación Practica 25

1.4.3 Justificación Metodológica 26

1.5 Limitación del Estudio……26
1.5.1 Limitación Espacial 26
1.5.2 Limitación Temporal 26
1.5.3 Limitación Geográfica 26
1.6 Hipótesis……27
1.7 Variables……27
1.7.1 Variable Independiente 27
1.7.2 Variable Dependiente..... 27
1.8 Operacionalización de Variables……28
CAPITULO II 30
2. Marco Teórico..... 30
2.1 Antecedentes Investigativos……30
2.1.1 Generalidades de la Cerveza..... 31
2.1.2 Cerveza en el Ecuador 32
2.1.3 Producción de Cerveza en el Ecuador 32
2.1.4 Tipos de Cerveza..... 33
2.1.5 Diferencias entre una Cerveza Artesanal y una Cerveza Industrial..... 33
2.1.6 Materia Prima..... 35
2.1.7 Producción de Malta 49
2.1.8 Elaboración de Cerveza 51
2.1.9 Análisis Sensorial..... 56
2.2 Marco Conceptual……62
2.2.1 Control de Calidad de la Cerveza 62

2.3 Marco Contextual……64

CAPITULO III..... 65

3. Metodología y Desarrollo Experimental..... 65

3.1 Marco Metodológico……65

3.2 Investigación Bibliográfica……65

3.3 Materiales y Métodos……65

3.3.1 Materias Primas 65

3.4 Diseño experimental……66

3.5 Desarrollo de Formulación y Proceso……67

3.5.1 Producción de Malta 67

3.5.2 Proceso de Elaboración de Cerveza 69

3.6 Características Fisicoquímicas de la Cerveza……72

3.6.1 Densidad 72

3.6.2 Atenuación 72

3.6.3 Determinación de pH 72

3.6.4 Determinación de Acidez Total 73

3.6.5 Determinación de Grado Alcohólico 73

3.6.6 Determinación de Carbonatación..... 73

3.6.7 Determinación del Contenido de Hierro 73

3.6.8 Determinación del Contenido de Cobre..... 74

3.6.9 Determinación del Contenido de Zinc 74

3.6.10 Determinación del Contenido de Arsénico 74

3.6.11 Determinación del Contenido de Plomo 74

3.7 Características Microbiológicas……..74
3.7.1 Recuento Total de Microorganismos Aerobios Mesófilos (REP) 74
3.7.2 Determinación de Mohos y Levaduras 75
3.8 Análisis estadístico de la caracterización de las muestras……..76
3.9 Análisis sensorial de la cerveza…… 77
3.9.1 Prueba discriminatoria dúo trio..... 77
3.9.2 Prueba discriminatoria de ordenamiento 77
3.9.3 Prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA)..... 78
3.9.4 Prueba de escala hedónica 79
3.10 Selección de las mejores muestras…… 80
3.11 Selección de la muestra final……80
CAPITULO IV..... 81
4. Análisis y resultados 81
4.1 Análisis fisicoquímicos de los productos……81
4.1.1 Densidad 81
4.1.2 Atenuación 85
4.1.3 Potencial de hidrogeno..... 88
4.1.4 Acidez total en la cerveza 93
4.1.5 Grado alcohólico..... 96
4.2 Análisis sensorial de los productos……..100
4.2.1 Análisis Sensorial Discriminatorio Dúo - Trio 100
4.2.2 Análisis Sensorial Discriminatorio de Ordenamiento..... 101
4.2.3 Análisis Sensorial Descriptivo Cuantitativo 102

4.2.4 Prueba Escala Hedónica..... 114

4.3 Resultados Fisicoquímicos y Microbiológicos para la Cerveza con mayor Aceptación……117

CAPITULO V 120

Conclusiones……...……...120

Recomendaciones……..…..123

Bibliografía 124

Anexos……..136

Anexos (A): Análisis sensorial 136

Anexos (B): Evidencias 149

Anexo (C): Análisis de laboratorios 159

Anexo (D) 162

Índice de tablas

Tabla 1 Composición del agua para la elaboración de cerveza 36

Tabla 2 Taxonomía de la cebada..... 36

Tabla 3 Composición aproximada de cada grano de cebada 37

Tabla 4 Composición proximal de la malta de cebada 39

Tabla 5 Composición proximal del grano de quinua 41

Tabla 6 Composición proximal de la malta de quinua..... 43

Tabla 7 Taxonomía del Amaranto 44

Tabla 8 Composición de la semilla de Amaranto 45

Tabla 9 Composición proximal de la malta de amaranto..... 46

Tabla 10 Composición química del lúpulo 48

Tabla 11 Condiciones para que actúen las α-amilasas y β-amilasas en la maceración..... 52

Tabla 12 Principales productos de la degradación del almidón formados en la maceración..... 53

Tabla 13 Escala hedónica de nueve puntos de categorización..... 58

Tabla 14 Rangos para cada componente..... 66

Tabla 15 Formulaciones obtenidas mediante el software Statgraphics Centurion XVII 66

Tabla 16 Densidades iniciales y finales de las 10 formulaciones y la mezcla de control de la cerveza 83

Tabla 17 Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para la densidad inicial..... 84

Tabla 18 Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para la densidad final 85

Tabla 19 Atenuación en las mezclas..... 87

Tabla 20 Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para Atenuación 87

Tabla 21 Medición del pH del mosto y de la cerveza..... 91

Tabla 22 Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para pH del mosto 92

Tabla 23 Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para pH de la cerveza 93

Tabla 24 Acidez total en las 10 formulaciones y en la muestra de control de cerveza..... 95

Tabla 25 Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para Acidez total 96

Tabla 26 Grado alcohólico en las 10 formulaciones y en la muestra de control de cerveza 98

Tabla 27 Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para Grado alcohólico (°GL)..... 99

Tabla 28 Resultados según la prueba discriminatoria dúo-trio..... 100

Tabla 29 Resultados de la evaluación según la prueba discriminatoria de ordenamiento 102

Tabla 30 Resultados del perfil descriptivo cuantitativo de la muestra de control y las formulaciones 1 y 7..... 103

Tabla 31 Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 1 para cada descriptor principal en la prueba QDA. 108

Tabla 32 Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 7 para cada descriptor principal en la prueba QDA. 110

Tabla 33 Resultados del perfil descriptivo cuantitativo de la formulación 5..... 112

Tabla 34 Evaluación según la prueba de escala piloto..... 115

Tabla 35 Análisis de Varianza (ANOVA) entre la fórmula 1 y 7 con los valores promedios de la prueba de escala hedónica..... 115

Tabla 36 Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 1 con los valores promedios de la prueba de escala hedónica**.** 116

Tabla 37 Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 7 con los valores promedios de la prueba de escala hedónica. 117

Tabla 38 Resultados fisicoquímicos de la cerveza seleccionada 118

Tabla 39 Resultados microbiológicos de la cerveza seleccionada..... 119

Tabla 40 Análisis estadístico de las pruebas dúo-trio y triangular de Roessler 136

Tabla 41 Análisis de datos Kramer de categorías totales necesarias para un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0.05$) 137

Tabla 42 Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 9 y 8 144

Tabla 43 Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 2 y 4 144

Tabla 44 Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 3 y 10 144

Tabla 45 Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 7 y 6 144

Tabla 46 Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 5 y 1 145

Tabla 47 Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 3 y 10 145

Tabla 48 Evaluación sensorial prueba de escala hedónica de la muestra de control 146

Tabla 49 Evaluación sensorial prueba de escala hedónica de la formulación 1 147

Tabla 50 Evaluación sensorial prueba de escala hedónica de la formulación 7 148

Tabla 51 Corrección de la densidad para densímetros con calibración a 15 ºC 162

Índice de Figuras

Figura 1 Resultados de la densidad inicial y final para las distintas formulaciones con maltas de cebada, quinua y amarant**o**..... 81

Figura 2 Resultados de la densidad final para las distintas formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto..... 82

Figura 3 Resultados de la atenuación para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto..... 86

Figura 4 Resultados de la medición de pH del mosto para las distintas formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto. 89

Figura 5 Resultados de la medición de pH de la cerveza para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto 90

Figura 6 Resultados de la medición de la acidez de la cerveza para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto..... 94

Figura 7 Resultados del contenido alcohólico para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto..... 97

Figura 8 Perfil descriptivo sensorial de la apariencia para la Formula 1, 7 y muestra de control 104

Figura 9 Perfil descriptivo sensorial del olor para la Formula 1, 7 y muestra de control..... 104

Figura 10 Perfil descriptivo sensorial del sabor para la Formula 1, 7 y muestra de control 105

Figura 11 Perfil descriptivo sensorial de la sensación en la boca para la Formula 1, 7 y muestra de control 105

Figura 12 Guía de colores para la cerveza..... 143

Figura 13 Remojo de los granos de quinua..... 149

Figura 14 Germinado de granos..... 149

Figura 15 Crecimiento de las raicillas del grano 150

Figura 16 Secado de granos germinados 150

Figura 17 Molienda de granos malteados 151

Figura 18 Medición de dureza del agua 151

Figura 19 Proceso de maceración de los granos malteados 152

Figura 20 Cocción del mosto 152

Figura 21 Medición de la densidad del mosto 153

Figura 22 Medición del pH del mosto 153

Figura 23 Fermentación del mosto a temperatura de 16 °C 154

Figura 24 Lavado de botellas con sanitizante 154

Figura 25 Llenado de botellas con el mosto fermentado 155

Figura 26 Etiquetado y embotellado de la cerveza 155

Figura 27 Medición de acidez total en todas las formulaciones de cerveza 156

Figura 28 Prueba de análisis sensorial dúo-trio para todas las formulaciones por parte del panel de jueces 156

Figura 29 Prueba de análisis sensorial de ordenamiento para las formulaciones preseleccionadas 157

Figura 30 Análisis de las formulaciones seleccionadas para determinar del perfil descriptivo .157

Figura 31 Prueba de análisis sensorial de ordenamiento para las formulaciones preseleccionada**s** 158

Figura 32 Etiquetado y presentación de la muestra seleccionada 160

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN

"ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE LA MEZCLA DE CEBADA, QUINUA Y AMARANTO"

Autor: Chamba Valarezo Bryan Stiven; Ochoa Procel Ana Karina

Tutor: Ing. Carmen Llerena Ramírez, MSc.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad, establecer nuevas formulaciones para la sustitución parcial de malta de cebada por maltas de quinua *(Chenopodium quinoa)* y amaranto *(Amaranthus)* para la elaboración de cerveza artesanal, para esto se realizó un diseño de mezclas mediante el software statgraphics centurion el cual determino un total de 10 formulaciones cuya sustitución de malta de cebada fluctúa entre (25-66%); en la evaluación estadística de los parámetros fisicoquímicos como densidad, atenuación, pH, acidez total y grado alcohólico se empleó un análisis de varianza unifactorial, en el cual las medias se compararon con la prueba de Tukey con un 95% de confianza, los resultados no presentaron diferencias significativas conforme a los distintos porcentajes de sustitución. El análisis sensorial de cada una de las formulaciones se realizó utilizando la prueba discriminatoria dúo-trio y de ordenamiento para la preselección de las formulaciones, los resultados se analizaron mediante la tabla de Roessler y la tabla de Kramer correspondientemente. La selección de la mejor formulación se realizó midiendo el perfil descriptivo cuantitativo y la aceptación sensorial mediante la escala hedónica para las mezclas preseleccionadas, los resultados se evaluaron por medio de un análisis de varianza anova seleccionando así a la formulación 1 como la mejor mezcla, la cual presenta una sustitución del 25% de malta de cebada; finalmente se verifico que la formulación seleccionada cumple con la normativa vigente.

Palabras clave: *Cerveza artesanal, malta de cebada, malta de quinua, malta de amaranto, análisis sensorial.*

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN

"PREPARATION OF HANDMADE BEER FROM THE MIX OF BARLEY, QUINOA AND AMARANTH"

Author: Chamba Valarezo Bryan Stiven; Ochoa Procel Ana Karina

Advisor: Ing. Carmen Llerena Ramírez, MSc.

ABSTRACT

The purpose of this research was to establish new formulations for the partial replacement of barley malt with quinoa (Chenopodium quinoa) and amaranth (Amaranthus) malts for the production of craft beer, for this a mixture design was carried out using the statgraphics software centurion which determined a total of 10 formulations whose barley malt substitution fluctuates between (25-66%); In the statistical evaluation of the physicochemical parameters such as density, attenuation, pH, total acidity and degree of alcohol, a unifactorial analysis of variance was used, in which the means were compared with the Tukey test with 95% confidence, the results it does not present significant differences according to the different replacement percentages. The sensory analysis of each of the formulations was carried out using the discriminatory duo-trio and ordering test for the preselection of the formulations, the results were analyzed by means of the Roessler table and the Kramer table correspondingly. The selection of the best formulation was carried out by measuring the quantitative descriptive profile and the sensory acceptance using the hedonic scale for the preselected mixtures, the results were evaluated by means of an anova variance analysis, thus selecting formulation 1 as the best mixture, the which presents a 25% substitution of barley malt; finally, it is verified that the selected formulation complies with current regulations.

Key words: *Craft beer, barley malt, quinoa malt, amaranth malt, sensory analysis.*

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad se conoce a la cerveza como una de las bebidas alcohólicas de mayor consumo, se han encontrado evidencias de producción de esta en el mundo miles de años atrás (Poelmans & Swinnen, 2011). Empezando por el continente asiático, hace aproximadamente 7000 años, y alrededor del año 5000 a.C. se han encontrado indicios de su elaboración en Mesopotamia. De igual manera, cerca del año 3000 a.C. se empezó a producir en Egipto y Europa (Garcia, 2014).

En Ecuador, la cerveza se encuentra posicionada como una de las bebidas alcohólicas con mayor consumo en la población. De acuerdo con estadísticas proporcionas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la cerveza se encuentra entre una de las bebidas alcohólicas con mayor demanda entre compradores de licores con un valor de 79.2%, el consumo anual de una persona es aproximadamente 27 litros (l) (INEC, 2013). Debido a su robusto y continuo crecimiento productivo, este sector se ha vuelto uno de los más sustanciales en la economía ecuatoriana. En la actualidad, el mercado de bebidas alcohólicas del Ecuador está conformado por una extensa variedad de marcas comerciales de diferentes sabores, texturas, presentaciones, precios y métodos de preparación. Desde hace unos años la producción la cerveza artesanal a menor y mayor escala se ha desarrollado notoriamente debido a la inclinación del mercado por productos artesanales, naturales y orgánicos, esta bebida se produce mediante el uso de procesos autóctonos, destacando las características tradicionales y haciéndola competir en mercados exigentes de alta calidad (Carretero, 2006).

En la producción de cerveza se necesitan azucares fermentables por levaduras, debido a esto en su preparación se emplean cereales ricos en almidón, el cual es degradado en azucares fermentables debido a la interacción de algunas enzimas que son activadas mediante el proceso de malteado, esta bebida normalmente es producida por diferentes variedades de cebadas malteadas, o entre mezclas de cereales ricos en almidón como el arroz, trigo, cebada entre otros (De Bruin, 2006).

La producción de cebada malteada en el Ecuador no puede abarcar la demanda solicitada por el sector cervecero, por lo que se recurre a la importación de esta, lo cual provoca un incremento en el coste de producción (Coello, 2018). Debido a esto el sector productivo, está

haciendo uso de nuevos cereales con elevado contenido de almidón para la preparación de cerveza, dando paso a nuevas variedades del producto, aumentando el desarrollo en el mercado de bebidas alcohólicas y del sector agrícola.

La cebada dispone de una alta proporción de carbohidratos, almidones y celulosa con un 67%, además contiene 12.8 % de proteínas, el porcentaje restante lo conforman las minerales y vitaminas (Castillo, 2002). Este cereal es empleado en panificación, elaboración de harinas; la industria maltera lo emplea en la elaboración de cerveza y en menor proporción es usado como alimento para el ganado, los granos de cebada germinados poseen una buena fuente nutricional, ya que contienen triptófano, vitaminas del complejo B y usina; mientras que los granos tostados contienen azucares reductores, dextrinas y compuestos heterocíclicos (Villacres, 2008).

La quinua aporta varios beneficios por su contenido de proteínas alto, el cual se encuentra en un rango de 13.81 y 21.9% esto de acuerdo con la variedad; estas proteínas están compuestas por todos los aminoácidos esenciales, siendo este superior a la soja, trigo y cebada (FAO, 2011). Las importantes propiedades nutricionales, además de su aroma y sabor hacen que su uso en el campo alimenticio sea ilimitado; en este grano encontramos contenido elevado de calcio y vitaminas; el almidón en la quinua va desde 58.1% a 64.2%, siendo este porcentaje muy recomendable en la preparación de cerveza (De Bruin, 2006).

Por otro lado, en la semilla de amaranto podemos encontrar un alto porcentaje de almidón que oscila entre 50 y 60 % del peso seco, al igual que contiene múltiples nutrientes, y un alto contenido proteico alrededor de un 17% (Hernández et al., 2018). Dicha proteína tiene un equilibrio de aminoácidos esenciales casi perfecto, el contenido proteico del amaranto es de muy buena calidad, superando al de la leche; es abundante en lisina, posee cantidades idóneas de triptófano y aminoácidos sulfúricos; aparte de tener balanceados los aminoácidos, se encuentran de igual manera los minerales y vitaminas, este cereal es abundante en niacina, ácido fólico, fósforo, calcio y hierro (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Mexico, 2015).

Los cereales mencionados poseen un alto contenido de almidón, debido a esto pueden ser aprovechados en la producción de cerveza artesanal; puesto que dicha bebida alcohólica tiene un alto consumo por parte de la población, mediante su producción se puede fortalecer la economía, generando empleos, recursos económicos y aprovechando materias primas del mercado nacional.

CAPITULO I

1. Generalidades De La Investigación

1.1 Tema

Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto.

1.2 Planteamiento Del Problema

En la fabricación de cerveza la materia prima principal es la cebada malteada, la cual es importada, en el Ecuador la producción de cebada es insuficiente para abarcar la demanda solicitada requerida por el sector cervecero a causa de esto el gobierno ha realizado cambios en la matriz productiva, al igual que ha implementado varias medidas de protección en productos de importación, priorizando a la producción local impulsando el cultivo de pseudo cereales como quinua y amaranto en zonas como Imbabura, Chimborazo, Carchi y Pichincha principalmente, buscando fomentar el incremento de los volúmenes de producción promoviendo la sustitución de importaciones (Coello, 2018).

Actualmente existen investigaciones donde se ha reemplazado en la elaboración de cerveza de forma parcial o total la cebada malteada por otros cereales (maíz, arroz y trigo) sin alterar en forma drástica las propiedades de dicho producto, además se ha incursionado en el uso de cereales andinos para promover la demanda de los mismo (quinua y amaranto), que normalmente se usan para la elaboración de harina, galletas, pastas, así mismo gracias al intercambio cultural se ha diversificado el consumo de cerveza artesanal, permitiendo a los emprendedores trabajar con diferentes cereales que presentan adecuados porcentajes de almidón, brindado la oportunidad de variar el uso de las materias primas descritas anteriormente. Los productos finales obtenidos tienen buena aceptación por los consumidores, por este motivo promover el desarrollo de estos cultivos andinos, mejoraría la situación del sector agronómico de la Sierra ecuatoriana dándole a ese tipo de producción rentabilidad (Peralta et al., 2014).

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Elaborar cerveza artesanal utilizando una mezcla de cebada, quinua y amaranto, en diferentes proporciones para la obtención de una bebida alcohólica con buena aceptación sensorial.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Desarrollar el diseño de mezclas para la obtención de las formulaciones empleadas en el proceso de elaboración con la sustitución parcial de cebada por quinua y amaranto utilizando el software Statgraphics Centurión XVII.

2. Analizar los parámetros de control de calidad de la cerveza (densidad, atenuación, pH, acidez total y grado alcohólico) por medio del software Statgraphics Centurión XVII por la prueba de análisis de varianza unifactorial (anova), identificando las formulaciones con mayor similitud a la muestra de control en función de estos parámetros.

3. Evaluar sensorialmente las mezclas (cebada, quinua y amaranto), para la selección del producto final (cerveza artesanal) midiendo el nivel de aceptación por parte de los jueces.

4. Determinar los indicadores fisicoquímicos-microbiológicos y sensoriales del producto seleccionado mediante análisis de laboratorio y estadístico respectivamente, para la verificación del cumplimiento con la normativa vigente y la aceptación de los posibles consumidores.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Teórica

Los procesos fermentativos se han venido desarrollando desde la antigüedad, el enfoque de este proceso con relación a cereales como la cebada, el maíz y arroz ha permitido obtener

diversos productos como la chicha, el saque, la cerveza, el champagne, la sidra, etc. La utilización de pseudo cereales como el amaranto y la quinua ya sea individualmente o en mezcla dan como resultado un producto con un contenido nutricional elevado, por que contienen los nueve aminoácidos esenciales (a.a).

Según (Gallardo et al., 2013) la cerveza puede ser producida con varias clases de cereales, los cuales deben tener la capacidad enzimática para producir azucares fermentables. Muchas veces es imprescindible maltear el cereal, la cebada es un grano apto para ser malteados y uno de los más empleados en la cervecería del occidente.

De acuerdo con (Cinkmanis, Straumite, & Cakste, 2014) explican que, las materias primas que confieren a la cerveza su color, sabor y olor característico, son el lúpulo, malta de cebada, levadura y agua, no obstante, estas materias primas pueden ser sustituidas parcial o totalmente por otros elementos.

En la actualidad existe poca información científica reportada a cerca de una cerveza a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto, a pesar del alto contenido de almidón de los granos añadidos amerita el análisis y estudio, brindando una perspectiva de innovación, lo cual impulsa a futuras investigaciones.

1.4.2 Justificación Practica

La importancia de esta investigación se basa principalmente en demostrar que se puede obtener un producto de innovación, que cumpla con las normas de calidad vigentes y que este enfocado hacia la implementación de materias primas no tradicionales. Los resultados obtenidos de forma experimental permitirán dar un enfoque diferente al uso de las gramíneas como la quinua y amaranto, que actualmente son utilizados en su mayoría para la elaboración de harina, galletas, pasta y demás con esto se consigue incrementar la demanda de este tipo de gramíneas en el mercado, lo cual será beneficioso para el sector agrícola que se dedica a este tipo de cultivo, debido a que puede desarrollar nuevos productos como amaranto y quinua malteado.

1.4.3 Justificación Metodológica

En el desarrollo de la investigación se propone trabajar con una mezcla de granos en los que se incluye la cebada, quinua y amaranto, la proporción de mezcla permite una sustitución parcial de la cebada malteada, por este motivo en las mezclas se evaluaran parámetros físico químicos como densidad, atenuación, pH, acidez y grado alcohólico; mediante análisis sensoriales se obtendrán los resultados del perfil descriptivo cuantitativo de ciertas características como astringencia, amargor, color, sabor, olor y espuma, así como la aceptabilidad de los posibles consumidores, justificando la selección de la mezcla con mejor aceptación sensorial.

1.5 Limitación del Estudio

1.5.1 Limitación Espacial

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Guayaquil

1.5.2 Limitación Temporal

Trabajo de investigación realizado de mayo de 2021 a septiembre de 2021

1.5.3 Limitación Geográfica

Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil

Av. Delta entre Av. Kennedy, Guayaquil, Ecuador

Coordenadas: 2°10'54.5"S 79°53'57.3"W

1.6 Hipótesis

Las diferentes proporciones de mezcla de malta de cebada, quinua y amaranto van a influir en la aceptación sensorial (apariencia, olor, sabor y sensación en la boca) de la cerveza artesanal y con los indicadores de control para el cumplimiento de la normativa ecuatoriana vigente de este tipo de producto.

1.7 Variables

1.7.1 Variable Independiente

Mezclas de cebada malteada, amaranto y quinua malteada

1.7.2 Variable Dependiente

- Densidad
- Atenuación
- pH
- Grado alcohólico
- Acidez
- Aceptación sensorial

1.8 Operacionalización de Variables

TIPOS DE VARIABLES	VARIABLES	CATEGORÍA	INDICADOR	CONCEPTO	UNIDADES
Independiente	Mezclas de malta de cebada, quinua y amaranto	Investigación experimental	Sustitución del 70% de cebada en la mezcla	La malta proviene de someter a los granos a condiciones óptimas de humedad, temperatura y aireación lo cual permite el proceso de germinación para su posterior secado, el conjunto de estos procesos da origen a la malta (Di Nardo, 2016).	%
Dependiente	Densidad	Investigación experimental	Cantidad de azúcar disuelta en un volumen de líquido	La densidad es la relación entre la masa y el volumen, dentro de la industria cervecera está relacionada de forma directa con la cantidad de alcohol que se produce en la bebida alcohólica, a medida que se transforman los azucares en alcohol la densidad disminuye, este parámetro indica la terminación de la fermentación (Rodríguez, 2003)	g/ml
	Atenuación	Investigación experimental	Disminución de la densidad en la fermentación	Es el porcentaje de azúcares convertidos en alcohol, el porcentaje de atenuación también se conoce como la medida de eficiencia de la fermentación (Rodríguez, 2003).	%v/v
	pH	Investigación experimental	-	El pH es una variable química que muestra el grado de basicidad o acidez de una sustancia (García, 2019).	-

TIPOS DE VARIABLES	VARIABLES	CATEGORÍA	INDICADOR	CONCEPTO	UNIDADES
	Acidez total	Investigación experimental	Acidez total, expresado como ácido láctico	La acidez total se representa como la suma de las sustancias acidas valorables que se efectúan mediante titulación de una muestra de cerveza desgasificada con solución de hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 8,2. El resultado se denota como porcentaje de ácido láctico o como cm^3 de álcali 0,1 N requeridos para neutralizar 100 g de una solución (NTE-INEN-2322, 2002).	% (m/m)
	Grado alcohólico	Investigación experimental	Contenido alcohólico a 20° C	El grado alcohólico se expresa en grados y mide el contenido de alcohol absoluto en 100 ml, es decir el porcentaje de alcohol con el que está compuesta una bebida (MSCBS, 2007).	% (v/v)
	Aceptación sensorial	Investigación experimental	Aceptabilidad del producto	Un análisis sensorial permite traducir la inclinación de los consumidores en cualidades definidas para un producto. La información sobre los gustos, prioridades y requisitos de aprobación, se logran implementando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Ramírez, 2012)	%

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

CAPITULO II

2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes Investigativos

El nacimiento de la cerveza se dio hace miles de años con la evolución de la humanidad. Existe la teoría de que la primera bebida fermentada conocida por el hombre fue la cerveza, la misma que surgió con el pan de cebada. Se cree que el mismo fue olvidado y debido a la presencia de humedad y microorganismos se presentaron las condiciones necesarias para una fermentación natural. Al observar el pan, después de un tiempo percataron de que este producía un líquido que al probarlo tenía un sabor agradable, consecuentemente se intentó repetir el proceso. Se estima que hace más de seis mil años, alrededor de los ríos Éufrates y Tigris, los Sumerios preparaban y consumían esta bebida. Los jeroglíficos de esta época reflejan a los habitantes de estos pueblos consumiendo cerveza y enalteciendo a Ninkasi la diosa de la cerveza. Los Sumerios dejaron de legado a los Babilonios las técnicas de preparación de cerveza y el cultivo de la tierra. El rey Hammurabi estableció normas acerca de la elaboración de cerveza, en las cuales se imponían castigos severos a quienes se atrevían a alterar la formulación de esta bebida. La cerveza era realizada por las sacerdotisas puesto que tenía un carácter religioso (Díaz, 2015).

La leyenda de que la primera cerveza fue elaborada por Osiris se remonta a la historia de Egipto, de acuerdo con la misma, la cerveza es una creación de los dioses. Los griegos relacionaban a los egipcios con la cerveza puesto que la palabra zythum, utilizada para referirse a los egipcios, también se usaba para definir al vino de cebada. Cabe señalar que los cerveceros egipcios están exentos del servicio militar, los soldados y las autoridades recibían cerveza como parte de pago de su salario. La cerveza es una de las ofrendas dedicadas a los dioses de la mayoría de las culturas (Verti, 2002).

La cerveza llego a Europa desde Egipto después de las cruzadas. Los caballeros la tomaron y regresaron a su país. En la historia medieval y moderna surgen tradiciones alemanas muy antiguas. Después de las heladas severas y persistentes que azotaron la cosecha, la cerveza se utilizó en Europa como sustituto del vino. En ese momento, los noreuropeos usaban hierbas y plantas silvestres para alterar el sabor y el aroma, pero se dice que Santa Hildegarda, fue la pionera

en agregar lúpulo a la cerveza. Como resultado, la cerveza se ha convertido en un producto comercial importante. El rey Juan Primus, en el siglo XII, era el defensor de las cosechas de cebada y, por tanto, de la cerveza. En la Edad Media, los alemanes tenían alrededor de 500 cervecerías donde se producía y vendía esta bebida (Díaz, 2015).

En la Edad Media existían varias fábricas de cerveza en Alemania, las cuales comenzaron a mezclar cereales para obtener diferentes productos. Antes de terminar el siglo XV, se decreta la primera ley para la pureza de la cerveza en Alemania, que estipula que la cerveza 100% pura, debe emplear en su preparación solo tres ingredientes malta de cebada, agua, y lúpulo. De esta forma, los alemanes resguardaron la pureza de la cerveza. El Duque Rabiera Guillermo IV, afirma que el decreto no menciona la levadura descubierta por Louis Pasteur en 1880. Antes de que se conozca el proceso fermentativo, los cerveceros a menudo tomaban el residuo de la fermentación anterior y lo agregan a la nueva. Actualmente, la cerveza es fabricada de acuerdo con esta ley, con garantía de calidad y sin aditivos químicos. Gran parte de la cerveza producida en el mundo es cerveza industrial, pero desafortunadamente no parece una cerveza genuina hecha completamente de malta de cebada (Verti, 2002).

2.1.1 Generalidades de la Cerveza

La cerveza es elaborada mediante fermentación selectiva de levadura y debe elaborarse solo con malta de cebada o en combinación con otros productos amiláceos. Los principales ingredientes utilizados en la producción de cerveza son el agua, la malta de cebada, la levadura y el lúpulo (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1999).

La cerveza es una bebida consumida por el ser humano durante 8.000 años, y su producción era conocida por los sumerios de la antigua Mesopotamia. Durante su desarrollo histórico, inicialmente la cerveza fue elaborada conforme a la ley decretada por el Duque Guillermo IV de Baviera en 1516, sobre la pureza de la cerveza, sucesivamente se incorporó la levadura a la mencionada ley. Hoy en día, el proceso de elaboración de la cerveza ha sido el mismo durante miles de años. (Renneberg, 2008).

Tal como los sumerios lo hicieron, el proceso de preparación comienza con la

transformación del grano germinado de cebada a malta, la misma que se tritura y remoja a una temperatura que facilita la actividad enzimática, degradando así el almidón, el mosto obtenido contiene azucares como maltosa, maltotriosa y glucosa, estos son transformados en alcohol durante el proceso de fermentación realizado por las levaduras, al finalizar el proceso se puede adicionar azúcar para efectuar una segunda fermentación con el objetivo de favorecer una carbonatación natural en la bebida (Renneberg, 2008).

2.1.2 Cerveza en el Ecuador

Según los historiadores, la industria cervecera ecuatoriana se remonta a 1566, en este mismo año el Fray Franciscano Jodoco Rique, elaboró la primera cerveza latinoamericana en un monasterio de San Francisco, el religioso era proveniente de Flandes, actualmente Bélgica, este lugar funciono hasta 50 años atrás. Desde entonces, la cerveza se ha vuelto una de las bebidas favoritas de los quiteños. En ese momento, el vino, junto con la cerveza, era la bebida más segura para beber por su proceso de fabricación, e incluso más segura que el agua potable. Sin embargo, es común consumir cerveza importada en las zonas costeras, y hasta 1886 algunos inversionistas abrieron la primera cervecería en la ciudad de Guayaquil. Los partidarios de esta causa fueron Enrique Stag y Martín Reinberg, quienes compraron terrenos en el distrito de Las Peñas, ampliaron sus instalaciones y los equiparon con maquinaria importada del exterior (EKOS, 2014).

La producción de cerveza comenzó en Guayaquil el 19 de octubre de 1887, las cervezas producidas fueron Pilsen y Baverisch, la cerveza de alta calidad tipo Pilsen fue patentada con el nombre de Pilsener a finales de 1913, convirtiéndose así en una importante cervecera nacional (EKOS, 2014).

2.1.3 Producción de Cerveza en el Ecuador

La empresa líder en el mercado nacional es SAB Miller, la cual opera a nivel nacional como Cervecería Nacional, la compañía tiene el 89% del mercado cervecero con las marcas Dorada, Pilsener y Club. En Ecuador se producen 6,8 millones de hectolitros de cerveza por año (1 hectolitro equivale a 100 litros). De este total, aproximadamente 6 millones fueron producidos por Cervecería Nacional, es decir aproximadamente el 90% (ProChile, 2017).

La cerveza artesanal está creciendo en popularidad en Ecuador. De tal forma, que se existen alrededor de 70 cervecerías, de las cuales hay 15 cervecerías pequeñas y aproximadamente 55 micro cervecerías artesanales en Guayaquil, Ibarra, Manta, Quito, Loja y Cuenca principalmente según la Asociación de Cervecerías del Ecuador (Asocerv). Es un burbujeante negocio que se abre espacio en bares y restaurantes, aunque apenas alcanza un 0,52% del total de producción nacional. Sin embargo, la calidad del producto le ha permitido al país obtener importantes reconocimientos (ProChile, 2017).

2.1.4 Tipos de Cerveza

2.1.4.1 Cervezas Ale. Estas cervezas se denominan cervezas de fermentación superior porque están elaboradas con levadura que tiende a permanecer cerca de la superficie del mosto hasta el final del proceso de fermentación. La levadura que se utiliza en esta cerveza suele ser *Saccharomyces cerevisiae*, la misma levadura suele ser usada para elaborar el pan y el vino. La temperatura óptima para su crecimiento es de 15-25ºC. Por lo tanto, a menudo se dice que tiene lugar la fermentación "caliente". Esto permite la producción a temperatura ambiente y no requiere un entorno de baja temperatura. El tiempo de fermentación es relativamente corto y se puede completar en 1-2 semanas. De este grupo de cervezas se distinguen las cervezas de trigo, pale ale, lambic, barley, stout y porter (González, 2017).

2.1.4.2 Cervezas Lager. A diferencia de las ales, se las conoce con la expresión fermentación de fondo porque están compuestas por la levadura *Saccharomyces carlsbergensis* o (*pastorianus*), que tiende a ir al fondo del fermentador. A diferencia de las levaduras de alta fermentación, las cuales actúan a altas temperaturas, estas levaduras fermentan de manera óptima a temperaturas entre 4-9 °C. Requieren almacenamiento a largo plazo en tanques fríos después de la fermentación. En el pasado, este depósito se realizaba en cuevas profundas y frías, lo cual le otorgó la denominación Lager. Los estilos más conocidos de este tipo de cerveza son la pilsen o pilsner, draft o draught, ice, märzen, bock y rauch (González, 2017).

2.1.5 Diferencias entre una Cerveza Artesanal y una Cerveza Industrial

Todas las cervezas se componen de cuatro ingredientes básicos: agua, levadura, lúpulo,

malta de cebada u otros granos. Sin embargo, se aprecian diferencias comparando la cerveza artesanal y la cerveza industrial. Se distinguen por las técnicas empleadas, la calidad de los ingredientes, las recetas de los cerveceros y, sobre todo, el proceso de elaboración. La cerveza industrial se elabora con recetas usando materia prima y procesos rentables a gran escala, lo que ahorra tiempo en la producción de cerveza. Los cerveceros modifican con frecuencia la cerveza artesanal según sea necesario para mejorar su sabor y aroma característicos, utilizando equipos más tradicionales que permiten un procesamiento más lento y cuidadoso (Tinto y otros, 2004).

Respecto a la materia prima usada en la cerveza artesanal se emplean únicamente productos naturales y no distintos de agua, malta de cebada, centeno o trigo, lúpulo y levadura. La producción de esta bebida se realiza en pequeñas cantidades evitando así el almacenamiento tras largos periodos de tiempo, puesto que no agregan conservantes ni coadyuvantes tecnológicos. Por otro lado, la cerveza industrial es fabricada con levadura, agua, lúpulo y malta de cebada en junto con otros cereales como el arroz, además se añaden endulzantes que aceleran el proceso de fermentación. También, se incorporan aditivos en la etapa de producción del mosto y después de la filtración, tales como colorantes, antioxidantes, filtrantes, estabilizantes, preparados enzimáticos y clarificantes (Hellborg & Piskur, 2009).

Existen algunas diferencias en el proceso de preparación de la cerveza artesanal y la cerveza industrial, pero debido a que la cerveza artesanal no está pasteurizada, tiene el mismo aroma y sabor que la receta original, como consecuencia la levadura al mantenerse activa causa cambios que reducen la vida útil del producto. Además, dado que no se realiza una filtración continua, las partículas en suspensión no se eliminan por completo, lo que resulta en una cerveza más turbia. Si estos dos procesos no se completan, la levadura aún tiene un sustrato para fermentar y se realizará una segunda fermentación en botella. De esta manera, la cerveza puede saturarse con dióxido de carbono y etanol, lo que da como resultado una cerveza fuerte, que a menudo tiene un contenido de alcohol mayor al de la cerveza industrial (Sanchis y otros, 2000).

La cerveza industrial está pasteurizada, lo que da como resultado una vida útil más prolongada, no obstante, la cerveza pierde sus propiedades sensoriales, de igual forma este proceso elimina la levadura para evitar cambios químicos. Los microorganismos y partículas suspendidas

se eliminan mediante un proceso de filtración, lo que da como resultado una cerveza más ligera. En estos procesos, la levadura no puede seguir fermentando, por lo que no se produce una segunda fermentación en la botella. Dado que la cantidad de dióxido de carbono generado es pequeña, es necesario inyectarlo artificialmente. La producción de etanol depende de la cantidad de azúcar presente en la cebada o aditivos (Sanchis y otros, 2000).

2.1.6 Materia Prima

2.1.6.1 Agua. El agua es la base en la receta de la cerveza, compone entre el 90 y 95% de esta, por lo cual esta debe provenir de una fuente adecuada, esta es una de las condiciones más importantes en la cervecería. En la producción la relación de consumo de agua es de 3-12 litros de agua por cada litro de cerveza a producir, esto depende de la variedad de cerveza que se pretenda elaborar. En el proceso de maceración se adiciona agua, por lo cual la calidad de esta es un factor imprescindible para el resultado. Si el agua proviene de fuentes de buena calidad, se minimizan los costos de tratamientos de agua, el sabor del producto final se ve influenciado directamente por el agua, dos cervezas pueden ser diferentes, aunque se haya trabajado bajo los mismos parámetros, si el agua con la se elaboraron provienen de distintos lugares (Castañeda, 2015).

La influencia de los minerales del agua en el pH provoca un impacto durante la elaboración, algunos minerales tienen una influencia característica, como fuerza equilibrante de los iones de calcio sobre las amilasas, estos iones tienden a reaccionar con los fosfatos de la malta causando la precipitación de fosfatos de calcio, y como resultado acidifica el mosto si se encuentra el calcio en forma de sulfato (Carvajal & Insuasti, 2010).

El ion potasio se presenta raramente en mayor cantidad, causa el mismo efecto que el ion calcio, pero en menor severidad; el ion magnesio no se presenta usualmente en dosis mayores a 30 mg/l. Los demás iones como sulfatos, cloruros, potasio y sodio no tienen influencia alguna más que en el sabor característico del producto final (Carvajal & Insuasti, 2010). En la tabla 1 se describe la composición requerida para el agua a emplear en la elaboración de cerveza.

Tabla 1

Composición del agua para la elaboración de cerveza

Componentes	Cantidad (ppm)
Calcio	50-100
Magnesio	10-30
Potasio	5-10
Sodio	5-150
Carbonato	0-250
Cloruro	0-250
Sulfato	10-250
Hierro	< 0.5
Zinc	0.15-0.4
Manganeso	< 0.2
Cobre	< 0.1

Fuente: (Coleto, 2019)

2.1.6.2 Cebada (*Hordeum vulgare*). Nombre común de las especies del cereal del género de gramíneas que es originario de los continentes de Asia y África, es una planta que produce anualmente, la cual posee un solo cotiledón, es muy parecida al trigo, con ramas superiores a los 60 centímetros, espigas alargadas, uniformes y dóciles, de semilla en forma ventruda y grano fino en ambos extremos (Real Academia Española, 2020). La taxonomía del grano de cebada se presenta en la tabla 2.

Tabla 2

Taxonomía de la cebada

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Familia	Poaceae
Orden	Poales
Genero	Hordeum
Especie	Hordeum vulgare

Fuente: (Garcia, 2017)

2.1.6.2.1 Composición de la cebada. La cebada tiene una alta cantidad de hidratos de carbono, principalmente posee almidones y celulosa con un 67%, además de contener proteínas en un 12.8%, precursoras de las enzimas que toman originen durante la germinación, el porcentaje faltante lo constituyen las vitaminas y minerales los cuales dependen de las condiciones del cultivo (Castillo, 2002). La tabla 3 presenta la composición aproximada que existe en cada grano de cebada.

Tabla 3

Composición aproximada de cada grano de cebada

Composición	Cantidad (g)
Proteínas	10
Materia Grasa	1.8
Hidratos de Carbono	66.5
Materias minerales	2.6
Agua	14
Celulosa	5.2

Fuente: (Castillo, 2002)

2.1.6.2.2 Condiciones agroclimáticas para la producción de cebada. El cultivo de cebada se encuentra muy extendido debido a esto los requerimientos en cuanto al clima son pocos, no obstante, su desarrollo optimo es en climas frescos y medianamente secos. La cebada necesita menos cantidad de calor para lograr una madurez fisiológica, por lo tanto, alcanza latitudes y altitudes altas. En el continente europeo llega a los 70º de latitud Norte, no excediendo los 66º en Rusia, y los 64º en América, con respecto a la altitud es uno de los cereales con mejor adaptación a las elevadas latitudes. El proceso de germinación necesita 6ºC de temperatura mínima, usualmente empieza a florecer a 16ºC y llega a madurar a los 20ºC. Soporta bien las bajas temperaturas llegando hasta -10ºC (InfoAgro, 2005).

En Ecuador, las condiciones climáticas para la producción de cebada comprenden áreas desde los 2400 a 3300 msnm (metros sobre el nivel del mar), con precipitaciones entre 400 a 600 mm a lo largo del periodo de cultivo, terrenos franco arenoso y profundos con un drenado natural, y con un rango de 6,5 - 7,5 de pH (Coronel & Jiménez, 2011). Gran parte del cultivo de cebada se

produce en comunidades indígenas de las provincias de Chimborazo y Cotopaxi, el 60% de este grano es comercializado de forma local para el autoconsumo, de forma molida en sopas, o en forma de harina para coladas o mezcla con leche; el 40% restante se destina a la producción de malta para elaboración de cerveza (Falconí et al., 2010).

2.1.6.2.4 Producción de Cebada. Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la producción mundial de cebada en el 2018 alcanzo 139.59 millones de toneladas, mientras que en el 2019 este valor se incrementó en un 11.64% lo cual generó un aproximado de 155.84 millones de toneladas por todo el mundo; los mayor producción de cebada está dada por los países de la Unión Europea con una producción de 61.800.000 toneladas métricas (Tm), seguido de Canadá con una producción de 9.900.000 Tm y Australia con 8.400.000 Tm. En Ecuador la producción durante el 2019 fue de 15.000 Tm (USDA, 2019). Dentro del país, se considera uno de los cultivos más importantes de la región andina. La cosecha se utiliza principalmente para el autoconsumo rural y para la elaboración de otros derivados como sopas, coladas, harinas y para la obtención de malta cervecera (Espinosa, 2018).

2.1.6.2.5 Usos de la cebada. Cada parte de esta planta son empleadas en diferentes utilidades; la paja, el heno, el grano y varios subproductos debido a su valor nutricional son utilizados en la elaboración de alimento balanceado; la cebada combinada con otros cereales se utiliza en la producción de harinas y alimentos integrales; una de las aplicaciones principales en el mundo, es el uso del grano para la elaboración de malta que posteriormente se usa como base para la elaboración de diferentes tipos de cerveza (Castillo, 2002).

Gracias al Programa de Agricultura Sostenible de Cebada que surgió a partir del año 2009, se está logrando la reactivación de este cereal en las provincias de Chimborazo, Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Bolívar y Cotopaxi. Las 2.100 hectáreas (ha) de cebada producidas en estas provincias se distribuyen en 680 ha para la producción de cebada maltera y 1.420 ha para la elaboración de productos de consumo alimenticio (Cerveceria Nacional, 2017).

2.1.6.2.6 Malta de Cebada. La malta de cebada es la cebada germinada y secada durante un proceso que suele llamarse malteado en el cual conservan las características enzimáticas, la malta al ser una fuente de azúcares suele emplearse para la fermentación de bebidas como cerveza,

hidromiel y pan. En el malteado de cebada la actividad de la amilasa es limitada; se solubiliza desde 15 a 18 % del almidón del endospermo, el 11-12 % se propaga al embrión, para procesos biosintéticos y respiratorios, entre el 4-6% se transforma en azúcares simples y en dextrinas (Fix, 1999)

La calidad de la malta se relaciona directamente con las propiedades fisicoquímicas que caracterizan al grano de cebada, al igual que de la temperatura y tiempo en las etapas del malteado, la calidad de la malta se analiza por medio de una serie de métodos analíticos, como por ejemplo la factibilidad de la germinación del grano, porcentaje de humedad, rendimiento del malteado, contenido de proteínas (nitrógeno en malta), extracto de la malta, poder diastático y el contenido de β-glucanos (Ruiz, 2006). En la tabla 4 se presenta la composición aproximada de la cebada malteada.

Tabla 4

Composición proximal de la malta de cebada

Composición	Cantidad (%)
Humedad	11.36 ± 0.04^{b}
Cenizas	2.47 ± 0.01^{a}
Proteína Cruda	6.89 ± 0.01^{c}
Grasa total	1.37 ± 0.04^{c}
Fibra Cruda	9.09 ± 0.01^{a}
Carbohidratos	68.82 ± 0.03^{a}
Energía (Cal/100 g)	315.01 ± 0.01^{b}

Fuente: (Montenegro, 2016)

2.1.6.2.7 Bioquímica en el proceso de malteo de cebada. Durante el proceso de malteo la amilasa es sintetizada con los aminoácidos producidos por las proteasas descomponiendo el almidón en dextrinas y en maltosa, este último es un azúcar fermentable que posee doce carbonos; es indispensable que se genere la ruptura de las moléculas del almidón para formar azucares que la levadura pueda consumir, las principales enzimas de esta rama son la alfa y beta amilasa (Castillo, 2002).

Se puede encontrar en la cebada a la beta amilasa antes de su germinación, no obstante, la mayor cantidad está ligada e inactiva, mientras que la alfa amilasa se sintetiza al empezar la germinación por el actuar de las giberelinas. Durante el secado se observa que la alfa amilasa es más termoestable en comparación a la beta amilasa; cuando la malta es intensamente tostada puede resultar deficiente en beta amilasa. (Fix, 1999).

2.1.6.4 Quinua (*Chenopodium quinoa*). La quinua es una planta cuyo origen es andino, desciende de las *amarantáceas*, es un grano que nació como alimento de los pueblos andinos hace más de 5000 años, los antepasados nombraban a la quinua como chisiva mama que significa grano madre, con el arribo de los españoles se fue perdiendo el cultivo, debido a que se lo empezó a reemplazar por cebada y trigo (INIAP, 2014).

La quinua es apreciada debido a su contenido nutritivo, cualidades alimenticias y durabilidad ante las condiciones del medio ambiente difíciles. Su centro de procedencia se encuentra en la zona del Lago Titicaca, ha sido un grano imprescindible de la cultura Inca. Gracias a su elevado contenido de aminoácidos, minerales, ácidos grasos fundamentales y recursos menores, es un producto enormemente preciado para la dieta humana, sin embargo, su cultivo no es del todo aprovechado (Jacobsen & Sherwood, 2002).

2.1.6.4.1 Composición de la Quinua. La quinua es conocida por ser un alimento muy completo dentro de los granos. La composición nutricional es comparable a la de muchos alimentos de origen animal como los huevos, carne o leche. La quinua es rica en proteínas, grasas y carbohidratos, el contenido de aminoácidos es superior a casi todos los granos conocidos. Además, la quinua tiene alto contenidos de minerales, especialmente calcio y vitaminas, también se distingue por la falta de colesterol (INIAP, 2014).

El contenido de almidón en la quinua fluctúa entre 58.1% y 64.2%, este porcentaje es ideal para la elaboración de cerveza, puesto que el almidón es degradado en azúcares fermentables por durante el malteado (Castañeda, 2015). La composición proximal de la quinua se describe en la tabla 5.

Tabla 5

Composición proximal del grano de Quinua

Composición	Cantidad (%)
Proteínas	15.72
Humedad	9.61
Grasas	7.16
Cenizas	3.29
Fibra	2.91
Carbohidratos	61.70

Fuente: (Salas, 2010)

2.1.6.4.2 Condiciones agroclimáticas para el cultivo de quinua. La quinua se desarrolla en un rango altitudinal amplio a 2200 siendo este el óptimo y generalmente entre 2600 a 3500 msnm, a mayores altitudes puede provocar daños en las partes florales y menores altitudes no se produce el grano. Para las etapas de desarrollo de la quinua deben existir buenas condiciones de humedad. La temperatura óptima para su producción va desde los 9 a 16 oC, aunque también es resistente a temperaturas heladas de hasta de -5 oC, los sectores con luminosidad alta son los más factibles para el cultivo de este grano, se adapta a varios suelos como franco arenosa fina o media y con buen drenaje. Debido a que la semilla posee un tamaño pequeño los suelos pedregosos y arcillosos, no son ideales para su cultivo, el pH optimo es de 6.3 – 7.3 (Basantes, 2015).

2.1.6.4.3 Producción de la quinua. En la actualidad hay aproximadamente 80 mil hectáreas predestinadas al cultivo de quinua distribuidas por todo el mundo de las cuales la gran mayoría se encuentran en el territorio de la sierra andina, en Ecuador, el 90% de quinua es producida por agricultores de la sierra ecuatoriana (Jacobsen & Sherwood, 2002). Las provincias con mayor producción en el Ecuador son Carchi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha, conforme a las estadísticas del El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), el país cultiva cerca de 2 mil hectáreas de quinua por año, con una producción total de 1.400 tn/m, que se aproxima a un promedio de 0,70 toneladas métricas por hectárea, cerca de 5 mil micro productores, que corresponden a 61 organizaciones, se dedican a sembrar y comercializar la quinua, con un promedio de media hectárea por cada familia (Ministerio de Agricultura y

Ganadería Ecuatoriano, 2017) .

2.1.6.4.4 Usos de la quinua. La quinua posibilita la preparación de diversos productos y subproductos para la ingesta de alimentos humana y animal, productos importantes de la quinua integran semillas des amargadas, harina, leche vegetal, musli, carne vegetal, pops, snacks y dulces. La empresa privada del Ecuador ha puesto diversos productos en el mercado que poseen como base quinua escarificada, harina integral y mezcla de harina de quinua en papillas para ingesta de alimentos de infantes, quinua reventada y en hojuelas con diversos sabores y presentaciones, lo que significa un desarrollo del rubro (Jacobsen & Sherwood, 2002).

2.1.6.4.5 Malta de quinua. Antes de la obtención de quinua malteada, es importante eliminar las saponinas las cuales están compuestas por glucósidos, la eliminación de estos componentes se realiza por mediante varios lavados, este tipo de compuestos son perjudiciales para la salud, al igual que provocan un sabor amargo desagradable que altera las propiedades organolépticas del producto deseado. El producto obtenido del malteado depende de las propiedades y características, de la materia prima, al igual que ciertas variables como el tiempo de remojo, germinado del grano, el tiempo y temperatura de secado, entre otros factores (Salas, 2010).

En el proceso de malteo el grano a traviesa una serie de modificaciones en su composición química a causa de la acción de las distintas enzimas que se sintetizan. A medida que progresa el proceso de germinado el contenido de almidón desciende ya que se transforma en azucares, los carbohidratos tienden a disminuir a mayor duración de la germinación puesto que contribuyen la energía necesaria para este proceso, la perdida de carbohidratos también se da por que los mismos conforman una fracción del material estructural de las raicillas o acrospire (Salas, 2010).

Parte de las proteínas se sintetizan y se destinan a las raicillas, durante el secado estas raicillas son eliminadas, provocando una disminución de proteína en el endospermo; conforme a las grasas también se presenta una disminución del 10% en el proceso de germinado debido a que se consume en el proceso respiratorio del embrión, los lípidos (conformados por grasas neutras), los glucolípidos y fosfolípidos son degradados por las estearasas, glicosidasas y fosfatasas respectivamente, en cuanto a los ácidos grasos son oxidados por oxigenasas y peroxidasas; por otro lado la disminución de algunos minerales se da por el traslado de los mismos hacia la raicilla y por lixiviación durante el remojo (Hough, 1990). En la tabla 6 se describe la composición

proximal de la malta de cebada.

Tabla 6

Composición proximal de la malta de quinua

Composición	Cantidad (%)
Humedad	7.02
Proteína	10.59
Grasa	6.62
Fibra	2.82
Cenizas	2.80
Carbohidratos	70.15

Fuente: (Ñahuero, 2018)

2.1.6.3 Amaranto (*Amaranthus*). El amaranto es considerado un pseudocereal, por sus propiedades nutricionales, este cereal pertenece al género *Amaranthus,* es predominantemente en zonas tropicales y templadas, este género posee cerca de 70 especies, 40 son nativas de América y el resto se han encontrado en Europa, Australia, Asia y África; las principales especies cultivadas por su alto valor nutricional en sus semillas y hojas son el *A.caudatus L*. originario de América del Sur, *A. hypochondriacus L.* cuyo origen es México y *A. cruentus L.* nativo de Guatemala y del sureste de México (Espitia et al., 2010).

El amaranto ampliamente distribuido en las Américas es muy diverso genéticamente y proporciona una variedad de características de la planta, patrones de inflorescencia, color, precocidad, contenido de proteína y capacidad antiparasitaria de la semilla. El valor nutricional del amaranto es similar al de la quinua, puesto que presentan un elevado contenido de aminoácidos esenciales, tiene la ventaja de no contener saponina, por lo que no requiere saponificación y no presenta ningún riesgo para los consumidores o el medio ambiente (Jacobsen & Sherwood, 2002). La planta del amaranto puede alcanzar hasta dos metros de altura en suelos fértiles. Normalmente posee un eje central, pero podrían presentarse ramificaciones a lo largo del tallo (Mazón y otros, 2003). La taxonomía del amaranto se indica en la tabla 7.

Tabla 7

Taxonomía del Amaranto

Reino	**Plantae**
División	Embryophyta siphonogama Fanerogama
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotyledoneae
Subclase	Archiclamideae
Serie	Centrospermales
Familia	Amaranthaceae
Genero	Amaranthus
Especies	cruentus e hypochondriacus

Fuente: (Aguilar, 2012)

2.1.6.3.1 Composición del amaranto. La cantidad de proteína que se encuentra en la semilla de amaranto oscila entre 13 a 18 %, también contienen varios compuestos como péptidos antimicrobianos, compuestos antioxidantes, lectinas e inhibidores de proteasas; actualmente varios autores han identificado que proteínas del amaranto se componen por diferentes péptidos con actividades anticancerígenas y antihipertensivas. La composición química de estas semillas muestra un contenido nutricional mayor comparado con otros granos. Al igual que los cereales, tiene cantidades elevadas de almidón, con un valor de 50 al 60 % de su peso total seco. El contenido de lípidos fluctúa de 7-8 %, además, el 14-18 % de las proteínas contenidas en esta semilla corresponden a las globulinas que son abundantes en lisina y aminoácidos azufrados (Hernández et al., 2018). La composición de la semilla de Amaranto esta descrita en la tabla 8.

Tabla 8

Composición de la semilla de Amaranto

Composición	Cantidad (%)
Proteína	17.9
Humedad	11.1
Grasa	7.7
Fibra	2.2
Cenizas	4.1
Carbohidratos	57

Fuente: (Sánchez, 2007)

2.1.6.3.2 Condiciones agroclimáticas para la producción de amaranto. El amaranto de las especies de *A.caudatus L., A. cruentus L.* y *A. hypochondriacus L.,* se ha cultivado habitualmente en regiones incluidas entre el Ecuador y los 30º de latitud norte, el amaranto puede ser sembrado en altas latitudes, empleando materiales que permitan florecer cuando no esté presente el fotoperiodo de los trópicos (Espitia et al., 2010).

El amaranto es un cultivo propio de la zona de bosque húmedo montano y valles de la sierra, la temperatura óptima para su producción es de 15 a 20 ^{o}C, precipitación promedio debe ser de 300 a 600mm, pH de 6 a 7.5, 2000 a 2800 msnm, en suelos francos arenosos, profundos, con materia orgánica y buen drenaje, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2014).

2.1.6.3.3 Producción de amaranto. En las últimas dos décadas se ha venido dando un aumento en las investigaciones y producción de amaranto en los continentes asiático, americano, africano y además en algunos países del este del continente europeo. El amaranto es cultivado en Estados Unidos, en donde mezclan estas semillas con granos de trigo y maíz para la elaboración de varios productos. El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador posee en sus registros 12 productores de amaranto del tipo blanco (Amaranthus caudatus L.) en provincias como Bolívar, Imbabura, Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Cañar y Pichincha. Según el instituto, en el Ecuador se cultivan de 5 a 7 toneladas del amaranto blanco por año, sobre el sangorache o amaranto negro (Amaranthus hybridus L.) no hay registros del número

de productores ni de su volumen de producción (Toaquiza, 2012).

2.1.6.3.4 Usos del amaranto. Dentro del almidón del amaranto se hallan dos características propias que lo hacen muy propicio en la industria, la primera característica es que posee propiedades aglutinantes y la segunda es el tamaño de la molécula, el cual es casi un décimo del tamaño del almidón del maíz. Estas propiedades pueden ser aprovechadas para imitar la textura de la grasa o espesar ciertos alimentos. Al amaranto se le puede dar una serie de usos similares a la de algunos cultivos, entre ellos el maíz, que parten desde productos como harinas, granola, alimentos extruidos, panificados, pastas, bebidas; hasta productos más finos como barras energéticas, aceites comestibles, concentrados proteicos y alimentos nutricionales beneficiosos para la salud humana. Cabe recalcar que la semilla es empleada como materia prima en los sectores de alimentos, bebidas y en sectores industriales químicos, de cosmetología, farmacéutica, entre otros (Hernández et al., 2018).

2.1.6.3.5 Malta de amaranto. Proviene de tres procesos que son remojo, germinado y secado de la semilla de amaranto, para su posterior uso en la preparación de cerveza, la malta de amaranto es rica en azucares que son los responsables de realizar una buena fermentación con interacción de la levadura. Durante el malteado existen perdidas las cuales se deben en su mayoría al retiro de las raíces de los granos, también se considera la disminución del grano por oxigenación, las perdidas suelen ser mayores conforme el aumento la viabilidad de la germinación (Ruiz, 2006). En la tabla 9 se presenta la composición proximal de la malta de amaranto.

Tabla 9

Composición proximal de la malta de amaranto

Composición	Cantidad (%)
Humedad	48.34 ± 0.01^{a}
Cenizas	1.46 ± 0.01^{b}
Proteína Cruda	8.08 ± 0.02^{b}
Grasa total	1.93 ± 0.01^{b}
Fibra Cruda	7.47 ± 0.02^{b}
Carbohidratos	32.72 ± 0.01^{c}
Energía (Cal/100 g)	180.56 ± 0.01^{c}

Fuente: (Montenegro, 2016)

2.1.6.5 Lúpulo (*Humulus lupulus L*). El lúpulo es una especie dioica proveniente del núcleo familiar de las *Cannabinaceas*, son plantas herbáceas que carecen de látex y posees pequeñas flores. Su valor comercial radica en las glándulas de lupulina ubicadas en los conos, que permanecen compuestas por resinas en las que los α-ácidos son la parte primordial debido a que son los causantes del amargor en la cerveza, sin embargo, además tienen dentro aceites fundamentales que son los delegados a brindar el aroma. Estas resinas son clasificadas en función de su variable solubilidad y son una combinación de compuestos químicos análogos, los cuales son precursores de alfa y beta ácidos, que a lo largo de la cocción del mosto se isomerizan y se transforman en sustancias amargas. El ácido del lúpulo posee un efecto antibiótico en contra de las bacterias Gram positivas y beneficia la actividad de la levadura, por ende, las cervezas lupuladas son resistentes al deterioro microbiológico. En la industria cervecera se resaltan 3 tipos de lúpulos, los amargos, los aromáticos y los mixtos o duales (Martínez & Valls, 2007).

Los lúpulos amargos poseen un elevado contenido de alfa ácidos, debido a esto son utilizados de manera primordial para brindar amargor, los lúpulos más conocidos en esta categoría son: millenium, tomahawk, columbus, newport, warrior, magnum, nugget y summit (González, 2017).

Los lúpulos aromáticos poseen una menor capacidad de amargor, no obstante, son abundantes en aceites esenciales, gracias a esto son utilizados para brindar diferentes aromas a la cerveza dentro de este grupo se tiene a los lúpulos willamette, columbia, saaz, spalt, hallertauer, tettnanger, goldings, cristal y amarillo (González, 2017).

Los lúpulos duales o mixtos mantienen equilibrio en cuanto a amargor y aroma, son empleados para brindar las características correspondientes al tipo de cerveza que se pretenda producir, ejemplo de estos son el cascade, challenger, northern brewer, cluster, first gold, glacier, horizon, chinook, simcoe y centennial (González, 2017), en la tabla 10 se presentan en valores porcentuales de la composición química del lúpulo.

Tabla 10

Composición química del lúpulo

Parámetro	Porcentaje
Humedad después de cosecha	10 – 12%
Resinas amargas totales	10 – 12%
Aceites esenciales	0.5 – 2%
Lípidos	2.5 – 3%
Proteínas	13 – 18%
Polifenoles	4 – 14%
Azucares	2 – 4%
Aminoácidos	0.1 – 0.2%
Celulosa	10 – 17%
Sales minerales	7 – 10%

Fuente: (Tschope, 2001)

2.1.6.6 Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). La levadura que produce la cerveza es un hongo que pertenece a los *ascomicetos*. Esta es un organismo unicelular de estructura esférica u ovoide, con un diámetro entre 5 y 10 µm, que puede componer secuencias o cadenas. Científicamente se la conoce como *Saccharomyces cerevisiae*, se emplea también en la elaboración de pan y de vino. No obstante, otras especies provenientes del género *Saccharomyces* se emplean en la preparación de cervezas (Chucrallah, 2015).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es el organismo eucariota que fue precursor de la secuencia de genoma, en el año 1996. En la actualidad es el genoma eucariota con más investigaciones y el más conocido (González, 2017). Para la preparación de cervezas se encuentran dos tipos de levaduras, las de fermentación alta, que pertenecen a las levaduras flotantes (*Saccharomyces cerevisiae*), su actividad fermentativa se produce entre 14-18 ºC, dando origen a la cerveza Ale, este tipo de levadura es reconocida porque al terminar el proceso de fermentación tiende a flotar en el equipo fermentador mientras que las de fermentación baja se encuentran levaduras que van al fondo conforme avanza el proceso fermentativo (*Saccharomyces carlsbergensis ó Saccharomyces uvarum*) se las emplea en la preparación de la cerveza tipo Lager,

el fermentación de este tipo de levadura se realiza de 4–9 °C (Chucrallah, 2015).

2.1.7 Producción de Malta

El proceso de malteado empieza luego de la selección del cereal y limpieza de granos, dicho proceso tiene sus bases en la germinación de granos establecida por temperatura y tiempo condicionadas. Este proceso involucra el remojo, germinación y secado. La técnica de malteado forma en el grano las enzimas hidrolíticas endógenas que logran descomponer los componentes esenciales para producir azúcares fermentables, aminoácidos y nitrógeno libre. De igual manera, también provee aroma, sabor y demás compuestos primordiales para la etapa fermentativa y mejora la calidad sensorial de la cerveza (Boffill & Gallardo, 2014).

2.1.7.1 Selección y Limpieza del grano. Para realizar el proceso de malteado del grano se comienza con la selección y limpieza de los granos, con la finalidad de retirar granos en mal estado o partículas externas como piezas metálicas, piedras, polvo y arena los cuales pueden tener un impacto no deseado en la calidad del producto final, provocando aromas o sabores desagradables (Boffill & Gallardo, 2014).

2.1.7.2 Remojo. La etapa de remojo corresponde a sumergir los granos en agua potable de forma homogénea, el agua es habitualmente cambiada para evitar la proliferación de microrganismos y adicionar a los granos un nivel de aireación, la finalidad de esta etapa es aumentar el contenido de humedad, trasladando el agua necesaria para que actúe como medio de transporte para las sustancias que fluyen por el endospermo para alimentar al embrión. Este es una de las etapas más críticas en el proceso de malteado, debido que al intentar conseguir el contenido de humedad adecuado 42-46%, se puede producir una contaminación por microorganismos (Boffill & Gallardo, 2014).

2.1.7.3 Germinación. Terminado el proceso de remojo, cuando el grano alcanza en porcentaje de humedad deseado, el mismo empieza a germinar, se drena el agua y se airea, examinando siempre la humedad y temperatura, logrando que broten las raíces de las semillas. Para esto, se ubican los granos de manera uniforme en una superficie y se revuelve constantemente para impedir la retención de calor. En esta etapa del proceso las proteínas se transforman en enzimas que degradan el almidón. Este proceso tarda alrededor de cuatro a seis días (Gourmet de

México, 2019).

En el grano germinado existe un elevado número de sistemas enzimáticos, semejantes a la cantidad de sustratos para hidrolizar. Las principales enzimas presentes desde la perspectiva del cervecero son las amilasas, proteasas, hemicelulasas, oxidasas y fitasas. La formación de estas enzimas depende también de forma parcial de la variedad de cereal (Estrella, 2001).

Los principales sistemas enzimáticos formados son:

Las amilasas (*α-amilasas y β-amilasas*); por un lado, las β-amilasas ya se encuentran en el grano sin germinar juntamente con una fracción de proteínas, mientras que las α-amilasas se generan mediante la acción de las enzimas proteolíticas en el transcurso de la germinación. Esta enzima generada se encarga de hidrolizar a la amilosa y amilopectina contenidas en el almidón para dar origen a la maltosa y cierta cantidad de dextrina (Estrella, 2001).

Las enzimas proteolíticas se encargan de atacar a los compuestos nitrogenados. Estas enzimas se clasifican en dos grupos: proteinasas, las cuales hidrolizan las proteínas complejas en péptidos y polipéptidos, y las peptidasas que hidrolizan los péptidos y polipéptidos a aminoácidos. Estos dos grupos de enzimas se encargan de aumentar el proceso de germinación (Estrella, 2001).

Las hemicelulasas hidrolizan las hemicelulosas, alterando las paredes celulares del endospermo. Existen principalmente dos compuestos en estas enzimas que son los β-glucanos y pentosas. Estas enzimas se encuentran presentes en el grano crudo, y a medida que se desarrolla la etapa de germinación van aumentando (Estrella, 2001).

Las oxidasas son enzimas respiratorias dentro de estas se encuentran: las peroxidasas las cuales se encargan de activar el oxígeno de los peróxidos, mientras que las oxidasas, son responsables de activar el oxígeno molecular y las catalasas descomponen el agua en oxígeno y anhídrido carbónico. Las fosfatasas son un grupo de enzimas en las que se encuentran varios tipos como las esterasas fosfóricas de la malta estas liberan el fósforo inorgánico de mezclas orgánicas, una de las más importantes de este grupo es la fitasa misma que hidroliza el ácido fítico a fósforo inorgánico e inositol. La actividad fosfatásica tiende a aumentar con la germinación (Estrella, 2001).

2.1.7.4 Secado. La finalidad de esta etapa es terminar con el proceso de germinación

extrayendo el agua contenida en las semillas hasta un nivel cercano al 3 % usando calor. La temperatura de secad excede los 60 ºC para no eliminar las enzimas amilolíticas. Este proceso se puede realizar al sol con las condiciones climáticas estables, pero también puede ser ejecutado en un horno, el producto obtenido mediante el secado se conoce como malta verde (González, 2017).

2.1.7.6 Des brotado. En la malta seca se encuentran enlazadas en su mayoría las raicillas que conocidas como acrospire, este constituye entre el 3 al 4% de la malta. Para el procesamiento posterior de la malta, las raicillas carecen de valor y por lo que deben ser apartadas. La extracción de todas las raíces y tallos del grano por medio de fricción y venteo es necesario para que la misma pueda ser almacenada, al igual que evita que la cerveza posea sustancias amargas (Eblinger, 2009).

2.1.8 Elaboración de Cerveza

2.1.8.1 Molienda. La molienda descompone y rompe el grano de forma tal que la cascara se mantenga mayormente intacta para que funcione como un filtro durante la recirculación, mientras que el endospermo se rompe hasta alcanzar un tamaño de partícula de 0,15-0,6 mm. Se debe estimar una granulometría conveniente para evitar rendimientos bajos durante este proceso evitando la retención de almidón en el grano. La molienda de los granos malteados cumple con la finalidad de aumentar la superficie de contacto favoreciendo la acción de las enzimas y demás productos (Estrella, 2001).

2.1.8.2 Maceración. La finalidad de la maceración está enfocada en extraer y formar dentro del mosto, co-azúcares fermentables desde el almidón; péptidos y aminoácidos partiendo de las proteínas, mismos que constituyen una fuente nitrogenada requerida en el proceso fermentativo, en el cual la maltosa es aprovechada por la levadura, mientras que los péptidos son los encargados de brindar cuerpo a la cerveza (Boffill & Gallardo, 2014).

La mezcla ideal para que las enzimas en la maceración no se disuelvan totalmente en la mezcla o que posean limitada movilidad por poca cantidad de agua, es entre 2.5 a 3 partes de agua por kilogramo de grano; la cantidad de producto a obtener se conoce a partir de la densidad de grano (Chucrallah, 2015). La maceración es muy importante dentro de la industria cervecera, ya que en esta etapa se forman los azucares fermentables mediante el desdoblamiento del almidón. Los componentes principales del almidón son amilosa y amilopectina, se hidrolizan de formas

distintas (Estrella, 2001).

La amilosa puede ser hidrolizada mediante la acción de la enzima α-amilasa, la misma que se encarga de hidrolizar las uniones a (1-4) de la cadena de amilosa, esto aleatoriamente, formando maltosa. También se puede hidrolizar por acción de la β-amilasa, liberando maltosa, esto se realiza casi al 100 %, lo que ocasiona que la cadena se rompa cada dos unidades de glucosa, comenzando por la cadena en el extremo no reductor, esto para que al combinarse con el agua forme una molécula de maltosa. Si la cantidad de unidades de glucosa es impar, queda un resto de tres glucosas unidades por enlaces a (1-4), conocida como maltotriosa. Los azúcares de longitud de cadena intermedia que se forman durante la acción de las α-amilasas se llaman dextrinas, que pueden ser ramificadas o no (Estrella, 2001).

La amilopectina podría verse alterada por las alfa y beta amilasas, sin embargo, como ninguna de las dos pueden hidrolizar los enlaces a (1-6) de los puntos de ramificación, el producto final en esta situación es un núcleo enorme y bastante ramificado que se le denomina "dextrina límite". La acción combinada de las alfa y beta amilasas sobre el almidón provoca que se desdoble mayormente en maltosa, quedando restos no atacados correspondientes a las ramas de la amilopectina, unidas por enlaces a (1-6). Los extremos grandes de la amilopectina que no han sido excedidos por las amilasas, debido a la presencia de enlaces a (1-6), se forman dextrinas, que son azúcares más complejos (Estrella, 2001). En la tabla 11 se presentan las condiciones óptimas para que las amilasas actúen efectivamente.

Tabla 11

Condiciones para que actúen las α-amilasas y β-amilasas en la maceración

Condiciones	α-amilasas	β-amilasas
Temperatura optima	72 – 75 ºC	62 – 65 ºC
pH	5,6 – 5,8	5,0 – 5,7

Fuente: (Estrella, 2001)

Los productos formados durante el proceso de maceración se establecen en la tabla 12.

Tabla 12

Principales productos de la degradación del almidón formados en la maceración

Productos	Tipo
Dextrinas	No fermentables
Maltosa	Principal azúcar de fermentación
Maltotriosa	Se fermenta cuando la maltosa se agota
Glucosa	Azúcar de fermentación inicial

Fuente: (Rodríguez, 2003)

2.1.8.3 Filtrado del mosto. El producto obtenido una vez terminada la etapa de maceración es una solución acuosa conformada por una parte liquida y otra seca, la parte liquida es conocida como mosto y está compuesta por los azucares fermentables, mientras que la parte seca se compone por los embriones, las cáscaras y demás sustancias que no fueron capaces de descomponerse en al realizar la maceración. La elaboración de cerveza emplea el mosto, el mismo que se debe separar de la parte seca conociendo a este proceso como filtrado ya que se realiza mediante filtros de maceración, a este proceso se le adiciona lavados del grano residual denominado riego, ambos procesos realizados simultáneamente permiten extraer la mayor parte de líquido que contiene los azucares fermentables (Drapala & Hernández, 2018).

2.1.8.4 Cocción. Se utiliza este procedimiento para esterilizar el mosto, destacar el color y más que nada se coagulan las proteínas y taninos, lo que beneficia la obtención de una cerveza más transparente. Además, es en este proceso una vez que es añadido el lúpulo. Para hacer de manera correcta la cocción, el mosto debería ser mantenido en ebullición de 100 °C hasta un máximo de 120 °C a lo largo de una hora. El lúpulo es añadido en una proporción aproximada de 6 gramos por cada 10 litros de mosto. Si únicamente se usa lúpulo para amargor, tendrá que agregarse al principio de la cocción, si además se utiliza lúpulo aromático se ofrece proceder de esta forma: 3 g/l del amargo inicialmente y 3 g/l del aromático 5 min anterior a concluir la cocción. Esta es una regla de carácter general y podría ser reformulada en funcionalidad de la pluralidad de lúpulo, estilo, etc (González, 2017).

Al adicionar del lúpulo el mosto toma un sabor amargo, a causa de la transformación de los α-ácidos en iso α-ácidos más solubles y amargos, también se observa una reducción en la tensión superficial por influjo de resinas y aceites (Estrella, 2001).

Durante el proceso de cocción, para lograr la formación de turbios se emplea un remolino originado mediante agitación en forma circular (Whirlpool), durante la agitación las partículas del mosto y el líquido se impulsan hacia el exterior debido a la fuerza centrífuga, la presión vertical del líquido sobre los bordes de la olla impulsa las partículas depositándolas en el fondo, al disminuir la agitación se favorece la acumulación en la olla de cocción, facilitando así la eliminación de sedimentos (Ferreyra, 2014).

2.1.8.5 Enfriado. Este proceso se realiza una vez terminada la cocción, mediante la cual se obtiene un líquido a 100 ºC este debe pasar a una temperatura entre 25 y 30 ºC, puesto que a esta temperatura las levaduras actúan efectivamente, de lo contrario morirán, este enfriamiento debe ser rápido para no permitir el desarrollo de microorganismos que contaminen y tampoco una coagulación de las proteínas que pueden provocar turbidez en el producto final (González, 2017).

2.1.8.6 Fermentación. La fermentación se encuentra entre los métodos ancestrales más utilizados para conservar, transformar y producir alimentos o bebidas. Esta práctica radica en la alteración de las materias primas como frutas, vegetales, cereales o carnes, y demás, por medio de la interacción con distintos microorganismos que, mediante reacciones metabólicas, especialmente de los azúcares contenidos en estos alimentos, logran la aparición de ácidos orgánicos como: láctico, acético, propiónico y butírico, y de varios alcoholes como el láctico y el etanol, mediante este método también se aprecia la liberación de aminoácidos (Wacher, 2014).

La fermentación es una fundamental fase en la cual la levadura convierte los azúcares en alcohol etílico (Boffill & Gallardo, 2014). Anteriormente sólo se consideraban azúcares fermentables a las hexosas: glucosa, fructosa, mañosa y galactosa. Los di y tri sacáridos se consideraban fermentables solamente luego de haber sido desdoblados en hexosas por los enzimas. Los di y tri sacáridos penetran en el centro de la célula de levadura por acción de permeasas. Una vez en el centro de la célula, la maltosa y la maltotriosa se degradan en glucosa que sufre la fermentación común. Esta fermentación de maltosa y maltotriosa se ve inducida por los diversos sistemas enzimáticos que se sintetizan en contestación a su presencia (Estrella, 2001).

La sucesión de implementación de azúcares del mosto es: glucosa, maltosa, maltotriosa. no obstante, es la modificación del poder fermentativo de la levadura ante todos los azúcares, lo cual conduce a implantar el orden seguido. De esta forma la fermentación máxima de glucosa se observa a 15-20 horas, luego de la siembra, la maltosa a las 20-25 horas y la maltotriosa luego de 40-50 horas. Como productos secundarios están formados además esteres y grasas. Los esteres son relevantes para otorgar el aroma típico de la cerveza y las grasas para la síntesis de las membranas, sin embargo, además como los azúcares, son sustancias usadas para crear energía. Se generan además alcoholes que influyen en el aroma y proceden de los hidroxiácidos que están compuestos en el metabolismo de los carbohidratos (ácido pirúvico y ácido glutárico) o productos de transaminación entre aminoácidos e hidroxiácidos. Por esta vía se forma además jso-butanol. y otra serie de alcoholes alifáticos y aromáticos (Estrella, 2001) .

Para la etapa fermentativa de la cerveza se necesita aproximadamente entre 7 a 10 días y debe llevarse a cabo a una temperatura baja que se aproxime a los 20 ºC. El rango de temperaturas cambia en función de la levadura utilizada y del tipo de cerveza que se desea preparar. Cuando no se presencie desprendimiento de gas se considera que el proceso ha terminado. Sin embargo, para mayor seguridad, es aconsejable llevar un control de la gravedad especifica. Si la misma ha disminuido a un valor próximo a 1.015, indicará que el proceso fermentativo ha culminado (González, 2017).

2.1.8.7 Carbonatación Natural. Al culminar la etapa de fermentación la cerveza pierde una cantidad considerable del gas producido, por lo cual debe ser regenerado para que el producto presente la espuma que lo caracteriza. Los métodos tradicionales de carbonatación empleados por los cerveceros artesanales para brindar a sus productos con el característico contenido de gas carbónico son dos. El primero método se conoce como Priming este se basa en inducir una rápida fermentación en la botella agregando azúcar, el azúcar puede adicionarse a todo el lote, para luego ser embotellado instantáneamente o puede ser agregado a cada botella durante el llenado, cualquiera de los dos se debe realizar en frio, puesto que la retención de CO2 es mejor a bajas temperaturas. El segundo método es el Kegging, este es más dificultoso y técnico, consiste en la disolución de CO2 directamente en la cerveza empleando cilindros presurizados (González, 2017).

Al realizar estos procesos es imprescindible saber la cantidad de azúcar que se debe

adicionar, para otorgarle la cantidad de gas que se requiere. Una carbonatación incompleta lleva a la obtención de una cerveza sin cuerpo e insípida, mientras que un excedente de gas puede causar desbordamiento al servirla o explosión de la botella. Para saber la cantidad de azúcar que se debe adicionar se necesita conocer aspectos básicos como la cantidad de gas que se busca obtener en el producto final, la temperatura máxima de fermentación y la cantidad residual de gas en la cerveza (González, 2017).

2.1.8.8 Envasado. La finalidad del envasado es procurar que dentro de la botella se siga generando gas y que este no salga hasta que sea abierta para su consumo, el envasado también permite desarrollar plenamente sus sabores antes estar lista para el consumo. Las cervezas son envasadas teniendo en cuenta los parámetros de calidad necesarios para impedir el ingreso de aire y clasificadas en función de la calidad, proporción de materias primas y técnicas usadas para su elaboración (Castañé, 2006).

2.1.8.9 Maduración. El concepto de maduración proviene del alemán "lagern" que significa guardar, envejecer, reposar. La utilización de este vocablo en cervecería hace referencia al envejecimiento y almacenamiento y de otras palabras que son efecto del vocablo guarda como por ejemplo maduración, acondicionamiento y fermentación secundaria (Castañé, 2006).

El proceso de maduración o lagering es de suma importancia ya que este atribuye a la cerveza ciertas características y propiedades propias de cada estilo, en este proceso se somete a la cerveza recién producida, a un tiempo de reposo con el fin de balancear su sabor, aroma, y textura, con esto se eliminan varios compuestos que suelen provocar la aspereza de la cerveza como el sulfuro de hidrogeno, el diacetilo y varios aldehídos. Los tiempos de maduración son fundamentales ya que están asociados con la actividad de la levadura y el proceso de carbonatación, también un tiempo adecuado de maduración va a permitir el purgado de sustancias indeseables (González, 2017).

2.1.9 Análisis Sensorial

En la ejecución de cualquier análisis hay varios factores que al no estar considerados intervienen de forma negativa en la efectividad, exactitud y reproducibilidad de los resultados. En la evaluación sensorial, el instrumento de medida lo conforman los jueces, la estandarización de

las condiciones fisiológicas que rodean al grupo de evaluadores es de suma importancia. La calidad sensorial no es una característica propia del alimento, puesto que es el resultado de la relación entre el hombre y el alimento, por lo tanto, se la puede definir como la percepción y sensación humana causada por determinados estímulos que proceden del alimento, los cuales no solo dependen de la clase e intensidad del estímulo, sino también de las circunstancias y condiciones del ser humano. Para una correcta evaluación sensorial es relevante tomar en cuenta la planificación, secuencia de operaciones y aspectos ambientales, prácticos e informativos (Espinosa, 2020). Dependiendo de la finalidad con la que se efectué un análisis sensorial se pueden considerar tres principales pruebas: las efectivas, discriminativas y descriptivas.

2.1.9.1 Pruebas afectivas. Según indica la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP, 2014), es una prueba subjetiva y presenta mayor variabilidad, los resultados obtenidos son más difíciles de interpretar, las apreciaciones pueden variar con el tiempo, practica, instrucciones, etc. Este tipo de prueba se utiliza para saber si el producto gusta o disgusta, si es aprobado o rechazado, se requiere como mínimo 30 jueces para su evaluación los cuales deben ser consumidores y compradores habituales sin entrenamiento en técnicas sensoriales. Las pruebas afectivas pueden ser de tres tipos: Pruebas de preferencia, aceptación y de escala hedónica (verbal o grafica).

2.1.9.1.1 ***Pruebas de preferencia.*** Las pruebas de preferencia permiten que los consumidores seleccionen entre varias muestras, cual prefieren o si no tienen preferencia de cierta muestra sobre otra, este tipo de prueba no permite conocer el grado de preferencia de la muestra escogida, ni el grado de preferencia en lo que respecta entre las muestras (Castellanos, 2003)

2.1.9.1.2 ***Pruebas de aceptación.*** Permite determinar el grado de aceptación de los consumidores a un producto, mide cuanto agrada o desagrada el producto, mediante el ordenamiento de las muestras sobre la base de su aceptabilidad o por medio de categorías que pueden ir desde me agrada muchísimo, hasta me desagrada muchísimo, los panelistas indican el grado con el que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría conveniente (Castellanos, 2003).

2.1.9.1.3 ***Pruebas de escala hedónica.*** Son una de las herramientas de investigación más utilizadas, que permiten medir el grado de aceptabilidad, una de las características principales de estas pruebas es que posee diferentes categorías nombradas con frases que representan los grados

de agrado conforme al gusto o disgusto frente al consumo de productos. Esta escala es conocida como escala verbal de categoría, no obstante, para la analizar varios parámetros se asigna a cada categoría un valor numérico (Jara, 2018). Se pueden emplear diferentes tamaños y formas de escalas hedónicas siendo las más conocidas las de nueve y siete categorías, sin embargo se encuentran a demás las de 10, 15 y hasta 20 categorías, la variabilidad en el número de categorías es aceptable mientras no se empleen con categorías inferiores a cinco, el número de escala puede ser determinado conforme al número de estímulos que se estén evaluando, ya que la cantidad de estímulos son directamente proporcionales a las categorías, en la tabla 13 se presenta un ejemplo de una escala hedónica de nueve puntos de categorización para la medición del grado de aceptabilidad (Lim, 2011).

Tabla 13

Escala hedónica de nueve puntos de categorización.

Valor	Muestra grado de aceptabilidad
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Fuente: (Drake, 2007)

2.1.9.2 Pruebas Discriminativas. Este tipo de pruebas no necesitan saber la sensación subjetiva que provoca un alimento a una persona, sin embargo, requiere establecer si existe o no diferencia entre dos o varias muestras y, en otros casos, la importancia de esa diferencia. Este tipo de pruebas son empleadas en el control de calidad para analizar si las muestras de un lote se están

produciendo con una calidad uniforme, si las mismas son comparables a estándares requeridos, este tipo de pruebas requieren de 7 a 12 jueces entrenados, o de 12 a 20 jueces semi entrenados para pruebas sencillas, las pruebas discriminativas más utilizadas son: La prueba de comparación unilateral apareada simple, la triangular, la dúo-trío y la de ordenamiento (Elias, 2019).

2.1.9.2.1 Prueba de Comparación Unilateral Apareada Simple. Es una de las pruebas más simples, se le pide a un juez que compare si dos muestras son diferentes o no, el mismo prueba pocas muestras tratando de evitar la posibilidad de que se fatigue, se utilizan dos muestras ya que la probabilidad de dar una repuesta correcta por azar es elevada (50 %) (Catania & Avagnina, 2007).

2.1.9.2.2 Prueba Triangular. Esta prueba consiste en presentar tres muestras al juez ordenadas al azar, de estas dos son iguales, se le pide que identifique la muestra que es diferente, esta prueba presenta mayor eficiencia debido a que la posibilidad de que el juez escoja la respuesta correcta al azar es del 33.3% (Elias, 2019).

2.1.9.2.3 Prueba Dúo-Trío. En esta prueba al igual que la prueba triangular se utilizan tres muestras, con la diferencia de que en esta se presenta una muestra de referencia identificada con la letra R, y dos muestras más de las cuales una es idéntica a la muestra R, el juez debe identificar cual muestra es igual a la de marcada como referencia, la probabilidad de una respuesta correcta al azar es del 50%, ya que tiene la posibilidad de escoger entre dos muestras (Catania & Avagnina, 2007).

2.1.9.2.4 Prueba de Ordenamiento. Esta prueba se usa para medir la habilidad para discriminar diferentes grados de intensidad del atributo deseado para resaltar una o dos de las mejores muestras de un grupo selecto, es utilizada cuando el panel analiza varias modalidades sensoriales como color, superficie visual, etc. Para estas pruebas se puede emplear una escala lineal en la cual los candidatos sigan el orden y usen la parte alta cuando el estímulo sea bastante intenso, se recomienda ordenar de menor a mayor conforme a la intensidad de la propiedad, esta prueba es empleada especialmente cuando las muestras son preclasificadas para análisis posteriores (Castellanos, 2003).

2.1.*9.3 Pruebas Descriptivas.* Esta prueba es objetiva–analítica, proporciona más información y el análisis de los resultados es más compleja; esta prueba tiene como objetivos

definir y medir propiedades de los alimentos, conocer la magnitud o densidad de los atributos, describir el producto y establecer la dirección de las diferencias; para la evaluación se requieren jueces que hayan recibido un entrenamiento más intenso, jueces con experiencia en el producto a analizar y jueces con habilidad para describir los diferentes atributos que se pueden presentar pueden ser de 7 a 12 jueces semi entrenados (UPAEP, 2014).

Las pruebas descriptivas más conocidas son: el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), la prueba de perfil de sabor y la prueba de perfil de textura.

2.1.9.3.1 Análisis descriptivo cuantitativo (QDA). Este tipo de análisis es empleado usualmente en la evaluación sensorial en vista de que logra cuantificar las características sensoriales por medio de la conformación de una huella digital, además de hacer comparaciones con otros productos similares tanto de forma cualitativa como cuantitativa (Beckley et al., 2006).

Esta prueba se encarga de identificar características sensoriales de un producto, requiere como mínimo de 7 a 12 jueces semi entrenados para obtener resultados confiables, para el análisis de los resultados de esta prueba se emplea un análisis de variancia, de regresión y de los componentes primordiales (Elias, 2019).

2.1.9.3.2 Prueba de perfil de sabor. La prueba de perfil del sabor permite describir de forma cualitativa la intensidad del sabor, el grado de percepción del sabor, determinar el sabor que queda al finalizar la degustación en la boca y la amplitud del sabor, El producto a evaluar debe presentarse de la misma forma en que será ofrecida al consumidor final, este tipo de prueba debe ser evaluada por un panel previamente entrenado; para esta evaluación no se emplean métodos estadísticos, más bien se utilizan varias categorías con las que se puede caracterizar el sabor de dicho producto (Liria, 2007).

2.1.9.3.3 Prueba de perfil de textura. Esta prueba se enfoca en el análisis de los atributos reológicos y estructurales del producto, usando aspectos táctiles, mecánicos, auditivos y visuales; se puede evaluar la calidad de un alimento mediante la textura de este, la cual se mide de forma segmentada, con la mordida inicial, la masticación y la residual. Algunos atributos medidos en la textura es la dureza, adhesividad, fracturabilidad y la sequedad (Liria, 2007).

2.1.9.4 Tipos de jueces para el análisis sensorial. En la evaluación sensorial el jurado

toma un importante papel, conforma un mecanismo multisensorial. La validez de una prueba sensorial depende del tipo de juez que realice la evaluación al igual que de la cantidad de jueces requeridos ya que un análisis por varios jueces permite integrar y compensar las diferencias de sensibilidad que son propias del ser humano. Se distinguen cuatro tipos de jueces: el experto, el entrenado, el semi entrenado o de laboratorio, y el consumidor (Elias, 2019).

2.1.9.4.1 Juez experto. A este tipo de personas también se las conoce como catadores especializados, ya que poseen una gran experiencia en un determinado alimento, poseen una gran capacidad para percibir diferencias entre varias muestras, evaluar y distinguir las propiedades características de un alimento. Debido a su entrenamiento especializado participan en la degustación de productos con varias características (Vicente, 2016).

2.1.9.4.2 Juez entrenado. Persona que ha recibido formación teórica o practica sobre la evaluación sensorial, esta persona realiza estas pruebas periódicamente por cual posee habilidad para la detección de propiedades sensoriales como sabor, olor o textura en particular; una de las características de estas personas es su eficacia al identificar lo que se requiere medir en una prueba (Elias, 2019).

2.1.9.4.3 Juez semi entrenado. Generalmente este tipo de jueces participan en pruebas discriminativas que son sumamente sencillas, realizan este tipo de pruebas periódicamente poseen mucha habilidad y conocimiento teórico, sin embargo, requieren ser entrenados previamente con productos similares a los que van a evaluar. Para la validación de pruebas sensoriales empleando este tipo de jueces se necesitan como mínimo de 10 a 25 jueces (Elias, 2019).

2.1.9.4.4 Juez consumidor. Este tipo de personas no realizan evaluaciones sensoriales de forma periódica, no obstante, son consumidores habituales del producto que van a evaluar, este panel de jueces suele ser elegidos al azar, para realizar una validación de la prueba sensorial con este tipo de jueces es necesario tener un panel de 30 a 40 jueces. (Vicente, 2016)

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Control de Calidad de la Cerveza

2.2.1.1 Densidad. La densidad logra tener un control de la cantidad de azúcar que esta disuelta en un volumen de líquido, esta azúcar es aprovechada por la levadura convirtiendo el mosto en cerveza, para el proceso de producción, se enfatiza la densidad inicial y final; la densidad inicial se mide después del proceso de ebullición finalizando la cocción; por otro lado, la densidad final es la que se toma concluida la primera fermentación. Llevar un control de densidad va a permitir conocer la atenuación y el grado alcohólico de la cerveza, mientras más alta sea la densidad, más alcohol va a contener la cerveza (Che Cerveza, 2019).

2.2.1.2 La atenuación. Es un parámetro multifactorial el cual está ligado a variables como pH del macerado, la calidad de la levadura, temperatura, composición del mosto, entre otros. La atenuación se expresa en forma de porcentaje y representa cuanto disminuyo la densidad del mosto durante el proceso de fermentación. (González, 2017).

2.2.1.3 Potencial de hidrogeno. Las reacciones enzimáticas son extremadamente dependientes del pH, al igual que las enzimas presentes en la maceración. Cada enzima tiene un rango de pH particular de reacción. Las proteasas actúan de forma adecuada en un rango de 5,0 a 5,5. Las beta-amilasas entre 5,2 y 5,8, las alfa-amilasas en un rango de 4,5 a 5,5. En la etapa de maceración se ha establecido un rango óptimo de pH que va desde 4,5 a 5,8 aplicado a cualquier proceso de preparación de cerveza artesanal; por otro lado los cerveceros artesanales recomiendan un rango para la maceración entre 5,2 a 5,8, en caso de que el agua a usar supere estos valores, se realiza un ajuste agregando ácido fosfórico, hasta alcanzar el pH adecuado (González, 2017).

2.2.1.4 Acidez total. La acidez total de la cerveza es causa de una serie de conversiones que sufre el medio a través de la fermentación alcohólica, dando como resultado la obtención de ácidos orgánicos, dióxido de carbono y otras moléculas (Panda, 2015). La acidez total es la sumatoria de todas las sustancias ácidas valorables como el ácido cítrico, láctico, málico, pirúvico, oxálico y tartárico, determinados mediante titulación de una muestra de cerveza de gasificada (NTE-INEN-2323, 2002).

Es importante diferenciar los conceptos de pH y acidez total. El pH hace referencia a la fuerza de un ácido, la acidez indica la cantidad de ácido presente en una solución. La medición de la acidez es un parámetro importante para considerar en la elaboración de vinos con el propósito de corregir el mosto, mientras que el pH es más imprescindible en cervecería, para el control de reacciones enzimáticas (González, 2017).

2.2.1.5 Grado Alcohólico. Se entiende por grado alcohólico al porcentaje de alcohol que se encuentra dentro de alguna bebida, este parámetro se representa como porcentaje de volumen (% vol.), es el resultado de la relación entre el volumen de alcohol y el volumen total del producto líquido (Themes, 2016). La graduación alcohólica se puede expresar en grados o de forma porcentual, generalmente se puede decir que esta mide la cantidad de alcohol absoluto en 100 cc. Este parámetro puede ser medido por medio de un análisis químico involucrando varios reactivos y titulación; sin embargo, el productor artesanal lo realiza mediante cálculos matemáticos, con una medición de la densidad previa a la fermentación y con una medición después de la fermentación. Otro de los métodos empleados para valorar la cantidad de alcohol en una cerveza es empleando un instrumento llamado hidrómetro que incluye una escala diseñada que indica el contenido alcohólico (González, 2017).

2.2.1.6 Espuma. Una característica que permite distinguir e identificar a una cerveza de otra, es la espuma, esta también se conoce como cabeza o corona, es uno de los atributos sensoriales que primero se observan al degustar una cerveza. El origen y composición están en primer lugar relacionados con la presencia de gomas, proteínas y mucílagos en los granos empleados para la fabricación, los cuales intervienen en la tensión superficial de la bebida. Las burbujas que se liberan desde la parte interna del líquido se quedan en la superficie conformando una capa temporal. Este proceso, se conoce maduración de Ostwald, en el que la espuma actúa como un instrumento de acumulación de aromas. Las características de una espuma cervecera para evaluar el aspecto de la cerveza son: la densidad, la cremosidad, la persistencia, y la adherencia, cada una de estas depende del grano empleado y tendrá su valoración conforme al estilo de la cerveza (González, 2017).

2.3 Marco Contextual

El habitual consumo de cerveza desde hace cientos de años ha contribuido al surgimiento de la industria de cerveza artesanal, logrando ser una de las industrias con más desarrollo en los últimos años, ya que hace aproximadamente 8 años no existía en el país, actualmente hay cerca de 42 cervecerías y micro cervecerías artesanales. Cada vez hay más personas interesadas en hacer cerveza por lo cual en los próximos años se logre tener entre 100 a 150 cervecerías (Martínez, 2015).

Hoy en día se está introduciendo o sustituyendo la cebada malteada por otro tipo de maltas provenientes de granos como centeno, arroz, sorgo, amaranto, maíz, quinua y demás en la producción de cerveza artesanal, ya que su utilización logra aportar aromas y sabores peculiares que no afectan mayormente las cualidades que posee una cerveza (Díaz, 2018)

CAPITULO III

3. Metodología y Desarrollo Experimental

3.1 Marco Metodológico

Esta investigación está enfocada en obtener información evidenciada y justificada a partir de la experimentación, basada en condiciones y parámetros ya evaluados por otros investigadores, comprobando así la viabilidad del proceso y de las formulaciones mediante métodos y procedimientos prácticos. La orientación de este estudio es cuantitativa ya que mide estadísticamente la calidad del producto final mediante parámetros como la densidad, atenuación, pH, acidez total y grado alcohólico, midiendo también la disponibilidad de minerales y la cantidad de microrganismos que se encuentran en el producto final seleccionado. Por medio del análisis sensorial discriminatorio dúo-trio, seguidamente de una prueba de ordenamiento y estableciendo el perfil descriptivo cuantitativo, se seleccionaron los mejores productos, los cuales fueron evaluados mediante una prueba de escala hedónica determinando así el nivel de agrado del consumidor frente al producto.

3.2 Investigación Bibliográfica

La búsqueda y recopilación de información para el desarrollo de esta investigación se adquirió por medio del análisis, valoración y critica de artículos de revistas, investigaciones doctorales, libros y demás documentos bibliográficos que proporcionen una visión panorámica y sistemática con relación al tema investigado.

3.3 Materiales y Métodos

3.3.1 Materias Primas

- Malta de Cebada (Origen Argentino marca Cargill)
- Quinua variedad INIAP TUNKUHUAN
- Amaranto Variedad INIAP alegría
- Levadura (Safale S-04 marca Fermentis, tipo Ale)
- Lúpulo (Cascade de origen americano)

- Agua (marca All natural)

3.4 Diseño experimental

El número de mezclas de la sustitución de maltas se determinó, empleando el software Statgraphics Centurion XVII, seleccionando el diseño factorial tipo *Optimal custom*, en el cual se estableció un rango máximo y mínimo para sustituir parcialmente la cebada en el producto, dichos rangos se describen en la tabla 14.

Tabla 14

Rangos para cada componente

Componente	Rango Mínimo	Rango máximo
Malta de cebada	30%	75%
Malta de Quinua	0	50%
Malta de Amaranto	0	18%

Fuente: (Lizárraga & Elí, 2018); (Castañeda et al., 2018)

Las formulaciones procedentes del diseño factorial, se indican en tabla 15, estas composiciones muestran los efectos sobre la calidad del producto final, entre las variables respuestas se tiene:

Tabla 15

Formulaciones obtenidas mediante el software Statgraphics Centurion XVII

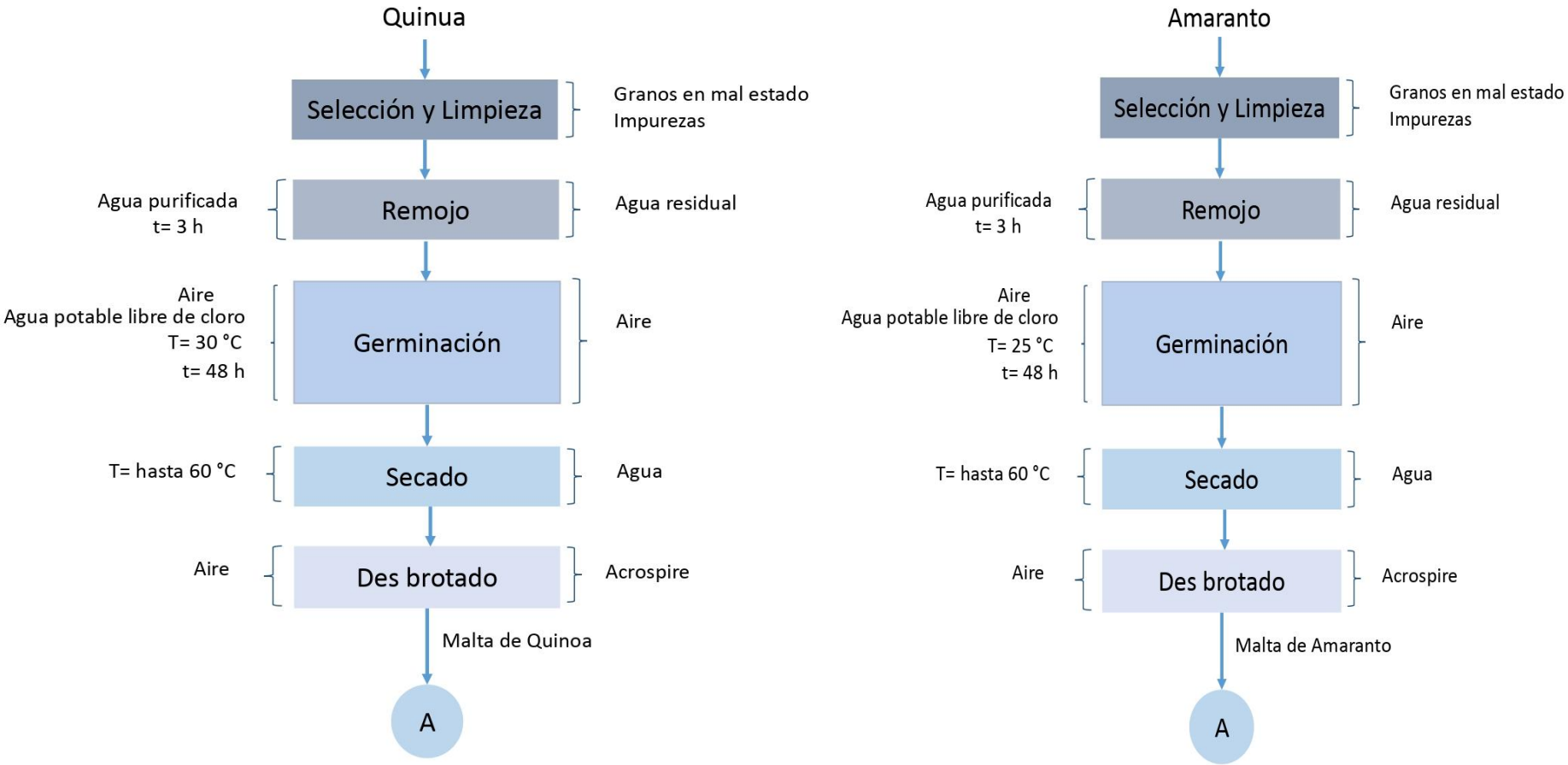
Formulación	Malta de cebada (%)	Malta de quinua (%)	Malta de amaranto (%)
1	75	10	15
2	45	50	5
3	55	27	18
4	53	42	5
5	70	25	5
6	65	30	5
7	66	16	18
8	34	50	16
9	44	39	17
10	63	24	13

Fuente: (Statgraphics Centurion XVII)

3.5 Desarrollo de Formulación y Proceso

3.5.1 Producción de Malta

3.5.1.1 Diagrama de flujo. En la elaboración de las maltas se consideraron los procesos descritos por (Rodríguez, 2015) y (Forero et al., 2016), dichos procesos se presentan a continuación:



3.5.1.2 Descripción del Proceso de Elaboración de Malta.

***3.5.1.2.1 Selección y Limpieza del grano*.** El proceso para la obtención de malta inició con la selección por separado de la quinua y el amaranto en buen estado, retirando residuos e impurezas de forma manual para su posterior lavado con agua purificada y libre de cloro.

3.5.1.2.2 Remojo. La quinua y amaranto fueron colocados en recipientes con agua des clorada en proporción 1:1.5 de relación grano, con 2 cambios de agua con el fin de eliminar anti nutrientes como la saponina, este proceso se realizó durante 3 horas. Concluido el proceso, los granos de quinua y amaranto adquirieron una humedad cercana al 45%, porcentaje que está dentro del rango permitido para el proceso de germinación (Rodríguez, 2015).

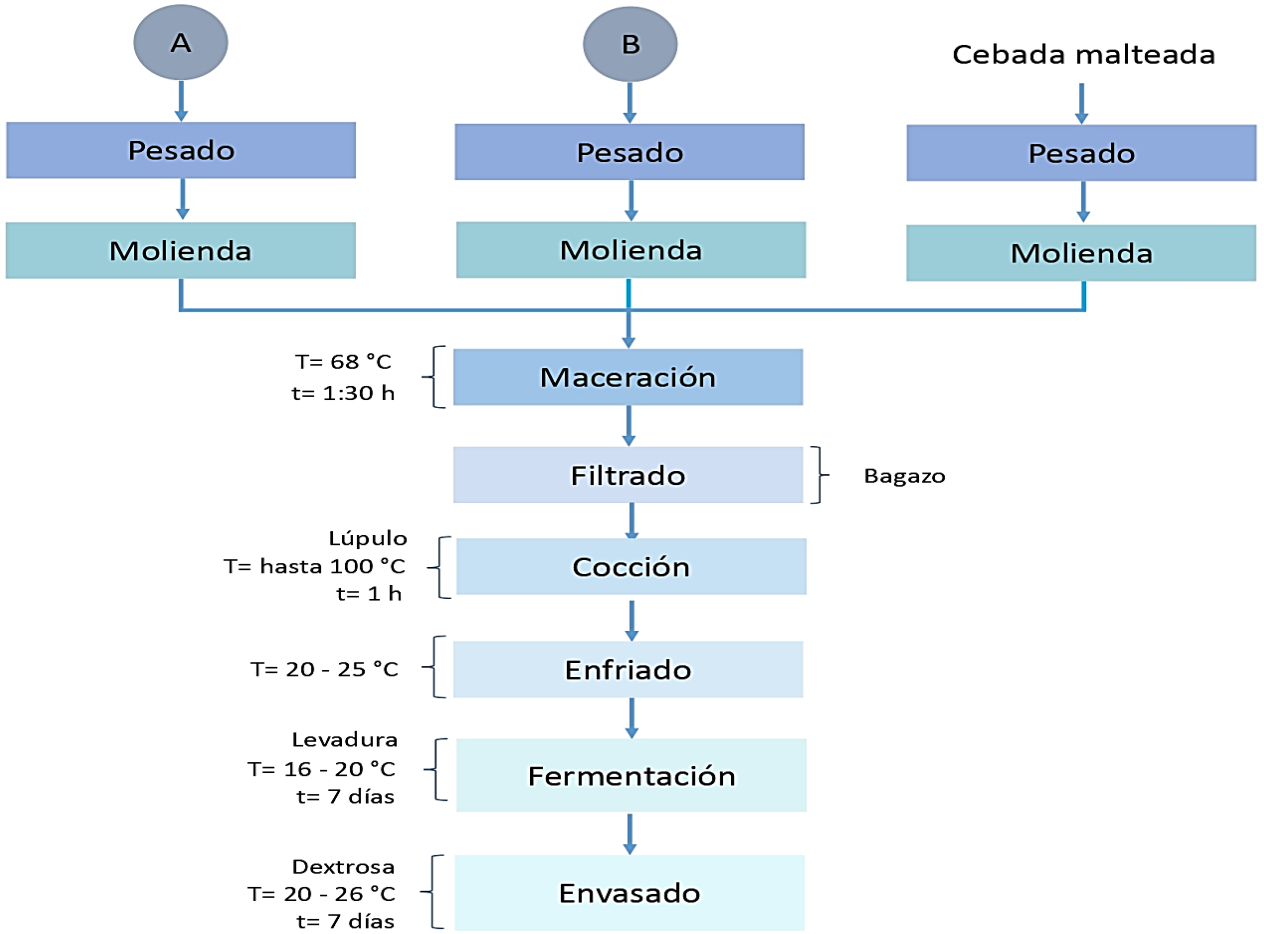
3.5.1.2.3 Germinación. El INIAP indica que a nivel experimental la temperatura de germinación optima del amaranto es de 30 a 35 ºC, y de la quinua de 15 a 25 ºC, por ende, se procedió con la germinación en una incubadora a estas temperaturas con la finalidad de controlar y acelerar el proceso evitando así la contaminación con el medio. Durante este proceso se debe rociar agua cada 5 horas para rehidratar y remover los granos evitando la acumulación de calor lo cual provoca moho, este proceso se realizó durante 48 horas.

3.5.1.2.4 Secado. El proceso de secado se efecto con el objetivo de terminar con el proceso de germinación empleando calor, para esto se procedió a secar la quinua y el amaranto por separado a temperatura de 60 ºC durante dos horas, obteniendo así la denominada malta verde la cual puede ser almacenada de forma segura (Forero et al., 2016).

3.5.1.2.5 Des brotado. Finalizado el proceso de secado, mediante fricción y venteo se retiraron todas las raíces y tallos de los granos para evitar sabores amargos en el producto final (Drapala & Hernández, 2018).

3.5.2 Proceso de Elaboración de Cerveza

3.5.2.1 Diagrama de flujo. Para elaboración de cerveza se emplearon los procesos descritos por (González, 2017), (Echia, 2018) y (Domínguez, 2021), dichos procesos se presentan a continuación:



3.5.2.2 Descripción del Proceso de Elaboración de Cerveza

3.5.2.2.1 Pesado. Las maltas de cebada, quinua y amaranto se pesaron conforme a las proporciones de cada formulación, el lúpulo cascade se pesó considerando la proporción utilizada en la cocción 0,6 g/l de mosto, al igual que la levadura se pesó en una proporción de 0,55 g/l de mosto a fermentar, toda la materia prima se pesó en una balanza analítica.

3.5.2.2.2 Molienda. Las maltas una vez pesadas se trituraron por separado en un molino manual, con el objetivo de reducir el tamaño del grano incrementando el área de contacto para la producción de azucares en la maceración, es importante en esta etapa que el grano no se convierta en polvo pero si este lo suficientemente triturado como para desintegrar el endospermo, el cual es expuesto al proceso enzimático durante la maceración, se debe considerar también que en esta etapa la cascará servirá como lecho filtrante (Díaz, 2018).

3.5.2.2.3 Maceración. Para este proceso se colocó agua en proporción de un litro por cada kg de mezcla a maltear, considerando un rendimiento de maceración del 70 %, es decir que se adicionara 30% más de la cantidad de agua necesaria, el agua se calentó previamente a temperatura entre 70 a 72 ºC, ya que al trasvasar el agua al macerador con la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto la temperatura tiende a disminuir entre 2 a 3 ºC, la mezcla de granos se colocó en una malla de maceración dentro de un cooler (macerador) y se agregó el agua caliente en forma de roció, el proceso se llevó a cabo a temperatura constante de 68 ºC durante 90 minutos dentro del macerador (Rodríguez, 2015).

3.5.2.2.4 Filtrado. Concluida la maceración, se aparta la malla del macerador separando los residuos del grano del mosto, se realiza un lavado de estos residuos con el mismo mosto para extraer la mayor parte de líquido posible, los residuos del grano o también conocido como bagazo se suele utilizar como alimento para animales (Domínguez, 2021).

***3.5.2.2.5* Cocción.** Este proceso se realizó con la finalidad de esterilizar el mosto, brindar sabor, y aroma con la ayuda del lúpulo, el lúpulo es agregado en una proporción aproximada de 6 gramos por cada 10 litros de mosto. La cocción se realizó durante 60 minutos a temperatura de ebullición de 90 ºC a 100ºC (González, 2017). El lúpulo se agregó en 3 proporciones: El 50 % de lúpulo se añadió al iniciar la ebullición para acentuar el amargor, el 25 % a los 45 minutos para acentuar el sabor y el 25 % a los 55 minutos con el fin de acentuar el aroma (Echia, 2018).

3.5.2.2.6 Enfriado. El mosto lupulado se llevó a una temperatura de 20 ºC para que la levadura actúe adecuadamente, de lo contrario puede morir; el mosto lupulado se enfrió a esta temperatura ya que es la ideal para la elaboración de cervezas tipo Ale, el enfriamiento se realizó rápidamente para evitar la proliferación de microorganismos (Rodríguez, 2015).

3.5.2.2.7 Fermentación. Previo a este proceso, se requiere rehidratar la levadura, para esto se pesó la dosis necesaria tomando en cuenta la cantidad recomendada por el productor (0,5 - 0,8 g/l), para esto se colocó la levadura en un volumen de 100 ml de agua, a temperatura ambiente en un vaso de precipitación, al mismo se le añadió 6 gramos de dextrosa, se agitó de 3 a 5 minutos y se cubrió con un vidrio reloj, se dejó reposar durante 15 minutos, para que la levadura logre adaptarse al medio (Domínguez, 2021).

La fermentación se realizó bajo parámetros establecidos para una cerveza tipo Ale, esta etapa se efectuó a una temperatura de 16 - 20 °C durante 7 días, en un recipiente de plástico diseñado como fermentador, durante este proceso se depositaron en la parte inferior del fermentador las levaduras que aún se mantienen en actividad pero de una manera muy lenta, y subproductos que no se lograron fermentar; terminado el proceso se midió la densidad con un densímetro (González, 2017).

3.5.2.2.8 Carbonatación natural. Completada la fermentación por 7 días, se trasladó el mosto fermentado sin sedimentos a un recipiente plástico con tapa y sin trampa de aire, para realizar la regeneración de CO2, para esto se agregó dextrosa en proporción de 6g/ l de mosto fermentado, a temperatura fría, ya que la retención de CO2 es mejor a bajas temperaturas (Domínguez, 2021).

3.5.2.2.9 Envasado. Se trasvaso la cerveza a botellas de vidrio color ámbar evitando el traslado de sedimentos, los envases fueron lavados y esterilizadas previamente, una vez llenadas se procedió a taparlas con un sellador y almacenarlas a temperatura ambiente entre 20 - 26 ºC durante 7 días con el propósito de que de levadura aun dispersa en la cerveza vuelva a fermentar y se regenero el CO2 dentro del envase (Rodríguez, 2015).

3.6 Características Fisicoquímicas de la Cerveza

3.6.1 Densidad

La medición de la densidad o Gravedad Específica nos permitió controlar el proceso de fermentación, para esto con la ayuda de un hidrómetro de doble escala calibrado a 15º C se tomó la lectura de la densidad inicial la cual se mide antes de realizar el proceso de fermentación, y de la densidad final la cual se toma cuando ha terminado el proceso de fermentación (al leer el mismo valor de la densidad en el transcurso de tres días se considera que el proceso ha finalizado), las lecturas se deben realizar a una temperatura entre 15 a 25º C y empleando la tabla de corrección de la densidad para hidrómetros con calibración a 15 ºC de (González, 2017), la cual se presenta en el (Anexo D).

3.6.2 Atenuación

La atenuación permite calcular el porcentaje de azucares totales que se transformaron en alcohol y CO2 en la fermentación, por tanto, este es un cálculo muy importante durante el proceso de elaboración, ya que me permite conocer la cantidad de azucares que se están aprovechando durante la fermentación. El cálculo de la atenuación se realizó mediante la medición de la densidad antes de la fermentación (Densidad inicial), y al terminar el proceso de fermentación (Densidad final). La atenuación se calcula mediante la ecuación 1:

$$Atenuación = \frac{100*(DI-DF)}{DI-1} \quad (1)$$

Donde:
DI = Densidad inicial (Previo a la fermentación)
DF= Densidad final (Tomada al finalizar la fermentación)

3.6.3 Determinación de pH

Para determinar el pH se utilizó un medidor de pH digital o bien conocido como peachimetro, la lectura se realizó en una muestra de cerveza anteriormente desgasificada, filtrada y a temperatura de 20 a 25º C, los resultados de las mediciones realizadas se efectuaron por triplicado analizando que sus diferencias no excedan las 0,05 unidades de pH.

3.6.4 Determinación de Acidez Total

La determinación de acidez total la cual se expresa como el ácido láctico, se efectuó por medio de la aplicación del método por titulación descrito en la norma (NTE-INEN-2323, 2002) para realizar dicho método se desgasifico previamente las muestras de cervezas, la acidez de la cerveza se neutralizó con solución de hidróxido de sodio 0,1 N, los resultados se expresaron con las ecuaciones 2 y 3:

$$\text{Acidez total} = \frac{cm^3 de\ NaOH\ 0{,}1\ N\ x\ 10}{cm^3 cerveza\ x\ gravedad\ especifica\ de\ la\ cerveza} \quad (2)$$

$$\text{Acidez total (como acido lactico)} = \frac{cm^3 de\ NaOH\ 0{,}1\ N\ x\ 10}{cm^3 cerveza\ x\ gravedad\ especifica\ de\ la\ cerveza}\ x\ 0{,}09 \quad (3)$$

Siendo:
0,09 = cm^3 equivalentes de una solución de ácido láctico 1,0 N

3.6.5 Determinación de Grado Alcohólico

Para determinar del contenido alcohólico se siguió el procedimiento descrito por (González, 2017) el cual se realiza mediante cálculos matemáticos, con una previa medición de la densidad antes de la fermentación y después de la misma aplicando la ecuación 4:

$$\%\ Alcohol = \frac{1000*(DI-DF)}{7.4} \quad (4)$$

Donde:
DI = Densidad inicial (Previo a la fermentación primaria)
DF= Densidad final (Posterior a la fermentación primaria)
7,4 = Constante

3.6.6 Determinación de Carbonatación

La determinación del volumen de CO2 se estableció mediante la norma (NTE-INEN-2324, 2002)

3.6.7 Determinación del Contenido de Hierro

Por medio de la norma (NTE-INEN-2326, 2002), se estableció el método por espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de hierro.

3.6.8 Determinación del Contenido de Cobre

La medición de la cantidad de cobre disuelto se realizó mediante la aplicación del método por espectrofotometría de absorción atómica de la norma (NTE-INEN-2327, 2002)

3.6.9 Determinación del Contenido de Zinc

Para determinar la cantidad de zinc que contiene la cerveza se aplicó el método por espectrofotometría de absorción atómica establecido en la norma (NTE-INEN-2328, 2002).

3.6.10 Determinación del Contenido de Arsénico

Por medio de la norma (NTE-INEN-2329, 2002), se estableció el método por espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de arsénico en la cerveza.

3.6.11 Determinación del Contenido de Plomo

La determinación del contenido de Plomo se realizó mediante la aplicación del método por espectrofotometría de absorción atómica de la norma (NTE-INEN-2330, 2002).

3.7 Características Microbiológicas

3.7.1 Recuento Total de Microorganismos Aerobios Mesófilos (REP)

La determinación de la carga de microorganismos anaerobios se realizó por medio del método cuantitativo establecido en la norma (NTE-INEN-1529-5, 2006).

Para los resultados obtenidos se aplican las siguientes ecuaciones según sea el caso:

- Primer caso general para placas que comprenden entre 15 a 300 colonias.

Calcular el número N de microorganismo por gramo o cm^3 de producto como la media ponderada de 2 diluciones consecutivas usando la ecuación 5:

$$N = \frac{\Sigma c}{V(n_1+0.1n_2)d} \quad (5)$$

Donde:
Σc = Sumatoria de las colonias contabilizadas en cada una de las placas seleccionadas
V = Volumen esterilizado para cada caja Petri
n_1 = Cantidad de placas de la primera dilución
n_2 = Cantidad de placas de la segunda dilución
d = Considerado como el factor de dilución de la primera dilución (d = 1 cuando se ha inoculado el volumen sin diluir).

- Si dos placas inoculadas que contienen muestra no diluida, o que con la primera dilución retenida tienen dentro menos de 15 colonias, o con la suspensión inicial se debe calcular el número considerado NE, utilizando la ecuación 6:

$$N_E = \frac{\Sigma c}{V x\ n\ x\ d} \quad (6)$$

Donde:

Σc = Sumatoria de las colonias contabilizadas en las dos placas
V = Volumen inoculado en cada placa Petri
n = Cantidad de placas seleccionadas (en este caso 2)
d = Considerado como el factor de dilución de la suspensión inicial o de la primera dilución seleccionada (d = 1 cuando se inocula sin diluir un producto líquido)

- Si ambas placas permanecen inoculadas con la muestra no diluida, o con la suspensión inicial no muestran colonias, o con la primera dilución los resultados se expresan mediante la ecuación 7:

$$N_E \leq \frac{1}{d} \quad (7)$$

Siendo:
N_E = El número de microorganismos por cada gramo o centímetro cúbico.
d = Factor de dilución

3.7.2 Determinación de Mohos y Levaduras

A fin de cuantificar el número de unidades difusoras de mohos y levaduras en la cerveza, se aplicó el procedimiento descrito en la norma (NTE-INEN-1529-10, 2013), el cual se basa en cultivar de 22ºC a 25ºC las unidades propagadoras de mohos y levaduras, empleando el método de recuentro en placa por siembra en profundidad y en la mitad que incluya extracto de levadura,

sales minerales y glucosa.

En los resultados se determinan aplicando las siguientes ecuaciones respecto a cada caso:

- Para el cálculo del número (N) de unidades propagadas (UP) de levaduras y mohos por cada centímetro cubico ó gramo de la muestra, se aplica la ecuación 8:

$$N = \frac{numero\ total\ de\ colonias\ contada\ o\ calculadas}{cantidad\ total\ de\ muestra\ sembrana}$$

$$N = \frac{\Sigma c}{V(n_1 + 0.1 n_2)} \quad (8)$$

Siendo:
Σc = Sumatoria de la contabilización de colonias en todas las placas elegidas
n_1 = Cantidad de placas contabilizadas de la primera dilución que se seleccionó
n_2 = Cantidad de placas contabilizadas de la segunda dilución que se seleccionó
d = Es la dilución en la que se adquirieron los iniciales recuentos
V = volumen del inóculo sembrado en cada placa.

- Si no se presenta desarrollo de colonias en las placas de la suspensión 10^{-1}, establecer el número estimado (N_E), mediante:

$$N_E \frac{de\ UP\ de\ mohos\ o\ levaduras}{g\ o\ cm^3} \leq 1.0\ x10$$

- Si no se presenta desarrollo de las colonias en las placas sembradas con 1 cm3 de muestra no diluida, representar el resultado mediante la:

$$N_E \frac{de\ UP\ de\ mohos\ o\ levaduras}{g\ o\ cm^3} \leq 1.0\ x10$$

- Si cada una de las placas sembradas muestran más de 150 colonias, determinar el resultado mediante las placas sembradas con la mayor dilución y expresarlo de la siguiente forma:

$$N_E \frac{de\ UP\ de\ mohos\ y/o\ levaduras}{g\ o\ cm^3} \geq al\ valor\ obtenido\ x\ f$$

Siendo:
f = factor de dilución

3.8 Análisis estadístico de la caracterización de las muestras

Las mediciones se realizaron por triplicado, se relacionó la diferencia de los valores

resultantes del análisis de las mezclas como: densidad, contenido alcohólico, acidez total y pH mediante el programa Statgraphics Centurión mediante del análisis de varianza (anova) unifactorial, en el cual las medias se compararon con la prueba de Tukey con un 95% de confianza.

3.9 Análisis sensorial de la cerveza

3.9.1 Prueba discriminatoria dúo trio

Para esta prueba preselectiva (Anexo A) se tuvo la participación de un panel de 12 jueces semi entrenados, en el cual se evaluó un total de 10 muestras agrupadas en pares con similar sustitución de malta de cebada, con el objetivo de identificar por cada par de muestras, la muestra similar a la muestra de referencia, obteniendo así una probabilidad de respuesta correcta al azar del 50% para cada grupo, seleccionando mediante esta prueba las 5 mejores formulaciones, los resultados toman en cuenta los atributos del producto en forma general como: apariencia, olor, sabor y sensación en la boca, estos resultados se analizaron mediante la metodología descrita por (Catania & Avagnina, 2007), empleando la tabla 40 de interpretación estadística para la prueba dúo-trio y triangular de (Roessler y otros, 1948), (Anexo A) en la cual se estable que para un nivel de significancia del 5% se requiere que la puntuación más alta entre las muestras del grupo evaluado sea de 10, mientras que para un nivel de significancia del 1% se necesita una puntuación de 11 y para un nivel de significancia del 0,1% se requiere una puntuación de 12, caso contrario no se presenta diferencias significativas entre las muestras.

3.9.2 Prueba discriminatoria de ordenamiento

Mediante esta prueba (Anexo A) se seleccionaron las formulaciones conforme a un ordenamiento del 1 al 5 estableciendo al 1 como la mayor similitud y al 5 la menor, la evaluación se realizo de forma general para los atributos de apariencia, olor, sabor y sensación en la boca, considerando para la comparación de cada formulación a la muestra de control, para esta prueba se empleó un panel de 12 jueces semi entrenados, cuyo resultados fueron analizados mediante la metodología descrita por (Hernandez, 2005), en la cual considera para el análisis de los resultados la tabla 40 de Kramer (Anexo A) misma que mide el nivel de significancia del 5% conforme a la puntuación de cada muestra, en este caso para un panel de 12 jueces el rango de puntuación según

la tabla 40 de Kramer debe estar entre (25 - 47) o (28 - 44) para no presentar un nivel de significancia del 5%, los resultados obtenidos permitieron preseleccionar las dos mejores formulaciones.

3.9.3 Prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA)

Esta prueba de aceptación (Anexo A) se realizó con el fin de obtener el perfil organoléptico de la cerveza, para representar el perfil descriptivo se tomó en cuenta el promedio de la evaluación realizada por el panel de jueces, considerando la valoración para cada descriptor representadas en un diagrama radial utilizando los complementos de Excel. Los datos obtenidos se analizaron mediante una tabla anova con el software estadístico StatGraphics Centurion XVII.

Para la evaluación se empleó un panel de 12 jueces semi entrenados los cuales cumplían con los siguientes requerimientos:

- Personas con conocimientos teóricos en cuanto al proceso de elaboración, y características sensoriales del producto.
- Habilidad para percibir las características del producto.
- Destreza para identificar distractores en el ambiente evitando confusión al valorar los atributos del producto.

Para la evaluación organoléptica de los productos se tomó en consideración cuatro atributos descritos por (Celis, 2019) como: La apariencia, olor, sabor y sensación en la boca, la medición de los atributos se realizó empleando una escala no estructurada de 10 cm, en la cual se asignaron varios descriptores referentes a estos atributos como:

Apariencia:

Color marrón: Color medido en la guía de color para cervezas (Anexo A)

Color dorado: Color medido en la guía de color para cervezas (Anexo A)

Color cobrizo: Color medido en la guía de color para cervezas (Anexo A)

Color ámbar: Color medido en la guía de color para cervezas (Anexo A)

Turbidez: Que tan transparente se presenta la muestra, medida en función de las partículas suspendidas.

Nivel de espuma: Cantidad de burbujas en la parte superior del liquido

Olor:

Agrio: Olor característico de frutos cítricos como el limón, naranja, etc.

Frutal: Olor a frutas dulces como manzana, pera, uva y plátano.

Caramelo: Olor asociado al azúcar derretido por calor, similar al olor del flan.

Cebada: olor a tostado o de bizcocho

Alcohólico: Aroma vinoso, especiado.

Sabor:

Dulce: Sabor similar al azúcar, detectado por las papilas gustativas ubicadas en la punta de la lengua.

Aceituna: Es un sabor picante, salado, amargo y acido.

Amargo: Sensación en la parte posterior de la lengua, sabor similar al provocado por el café puro sin endulzar.

Frutal: Sabor similar a una amplia gama de frutas (manzana, pera, uva y plátano)

Maní: Sabor medio entre salado y dulce, de sensación cremosa.

Cebada: Sabor a similar al pan, galletas o bizcocho.

Alcohólico: Sabor vinoso especiado.

Sensación en la boca:

Metálico: Se percibe con características similares a las del cobre, aluminio, hierro, oxido o sangre, pueden provocar un hormiguero en la boca.

Picante: Sensación de ardor experimentada la boca y lengua.

Astringencia: Similar a masticar una uva que no ha madurado, provoca una aspereza y sensación de sequedad en la boca.

Efervescencia: Sensación de gasificación o burbujas.

Cuerpo: Fácil de beber, ligero o denso, provoca sensaciones intensas.

3.9.4 Prueba de escala hedónica

Esta prueba (Anexo A) se realizó mediante un panel de 30 jueces consumidores habituales de cerveza artesanal, en la cual se midió el grado aceptabilidad del producto conforme a los

atributos de apariencia, olor, sabor y sensación en la boca, por medio de una escala no estructurada del 1 al 9 siendo (9: me gusta extremadamente, 8: me gusta mucho, 7: me gusta moderadamente, 6: me gusta levemente; 5: no me gusta ni me disgusta, 4: me disgusta levemente, 3: me disgusta moderadamente, 2: me disgusta mucho, 1: me disgusta extremadamente), para el análisis de resultados se siguió la metodología descrita por (Drake, 2007)

3.10 Selección de las mejores muestras

Las mejores mezclas se seleccionaron tomando en consideración la diferencia de los resultados obtenidos en las formulaciones como: densidad, atenuación, potencial de hidrogeno, acidez total y grado alcohólico, por medio del programa Statgraphics Centurión XVII empleando un análisis de varianza anova unifactorial en un diseño de bloques aleatorios, con el 95% de confianza, dichos resultados se compararon con las mejores mezclas obtenidas del análisis sensorial.

3.11 Selección de la muestra final

La selección de la mejor mezcla se realizó evaluando los resultados obtenidos del análisis sensorial de la prueba de escala hedónica para cada formulación preseleccionada mediante la evaluación de los valores promedios obtenidos con respecto a la muestra de control, esta prueba se encargó de medir el grado de aceptabilidad para cada formulación; los resultados se constataron aplicando un análisis de varianza unifactorial anova entre la muestra de control con cada formulación.

CAPITULO IV

4. Análisis y resultados

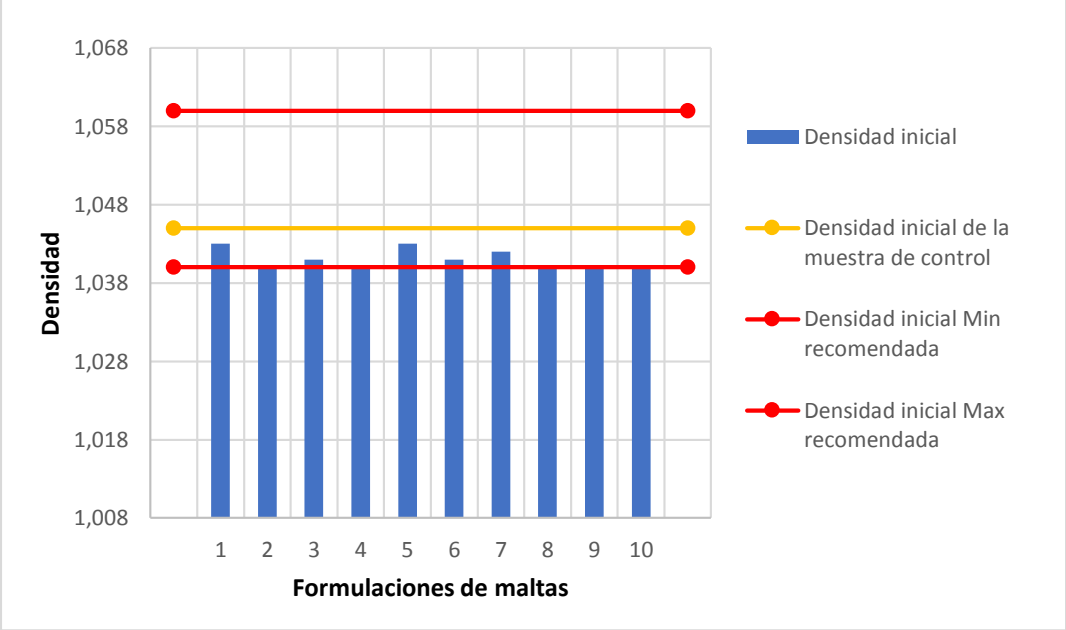
4.1 Análisis fisicoquímicos de los productos

4.1.1 Densidad

En la figura 1 y 2 se detalla el comportamiento de la densidad inicial y final, antes y después respectivamente del proceso de fermentación para las diferentes formulaciones establecida en el programa Statgraphics Centurión XVII.

Figura 1

Resultados de la densidad inicial y final para las distintas formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto

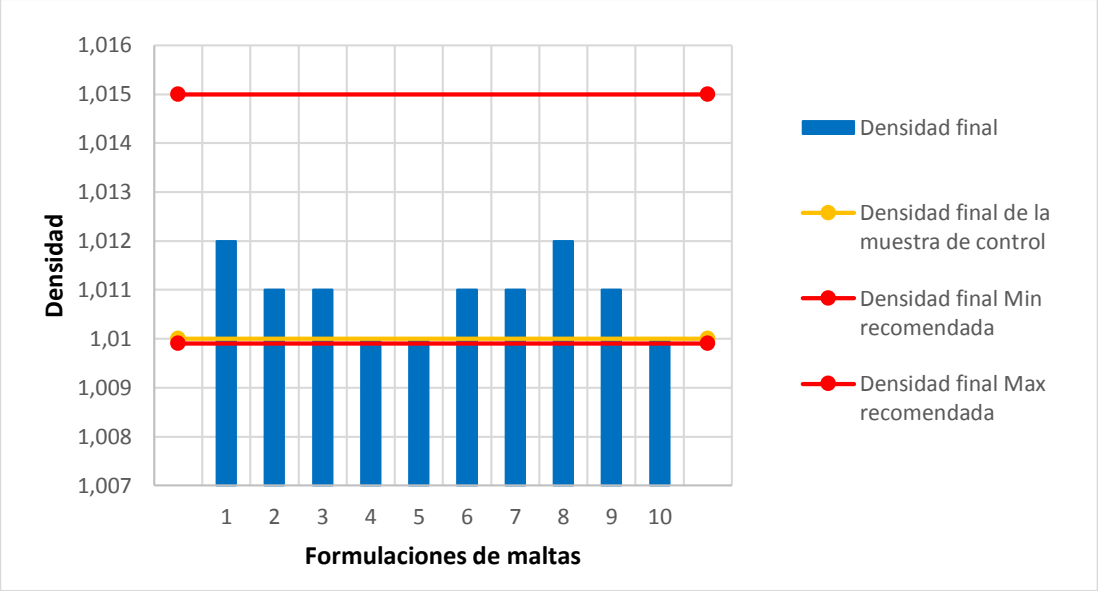


Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto), 9 (44 % cebada, 39% quinua, 17% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto)

Figura 2

Resultados de la densidad final para las distintas formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto), 9 (44 % cebada, 39% quinua, 17% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto)

Al comparar la densidad en las diferentes formulaciones se puede apreciar que a medida que se sustituye la cebada por quinua y amaranto la densidad inicial tiende a disminuir, esto debido a que la cebada posee mayor cantidad de almidón (67%), mientras que la quinua tiene (58.1-64.2%), y el amaranto de (50–60%), dicho almidón se convierte en azucares fermentables durante la maceración los cuales se encuentran disueltos en el mosto proporcionando mayor densidad con el aumento de los mismos. Los resultados obtenidos fueron similares a los que obtuvo (Castañeda y otros, 2018) al incrementar la sustitución parcial de cebada por quinua se observó una disminución en la densidad inicial. (Montenegro, 2016) obtuvo la misma tendencia en el desarrollo de una cerveza a base de amaranto, la densidad inicial disminuyó a medida que se sustituyó la cebada por amaranto. Tal como indica (Mardones, 2012), durante la fermentación se produce el

consumo de azucares y aminoácidos por actividad de las levaduras, debido a esto la densidad va disminuyendo durante este proceso. En la tabla 16 se presentan los datos promedio del análisis por triplicado de las densidades iniciales y finales de las mezclas, se realizó un análisis estadístico usando Statgraphics Centurión versión 7.

Tabla 16

Densidades iniciales y finales de las 10 formulaciones y la mezcla de control de la cerveza

Muestra	Componente 1 Cebada (%)	Componente 2 Quinua (%)	Componente 3 Amaranto (%)	Densidad inicial (g/cm^3)	Densidad final (g/cm^3)
MC	100	0	0	$1,045 \pm 0.001^{b}$	$1,010 \pm 0.001^{a}$
1	75	10	15	$1,043 \pm 0.002^{ab}$	$1,012 \pm 0.001^{ab}$
2	45	50	5	$1,040 \pm 0.001^{ab}$	$1,011 \pm 0.002^{ab}$
3	55	27	18	$1,041 \pm 0.001^{ab}$	$1,011 \pm 0.001^{ab}$
4	53	42	5	$1,040 \pm 0.001^{a}$	$1,010 \pm 0.001^{ab}$
5	70	25	5	$1,043 \pm 0.002^{ab}$	$1,010 \pm 0.001^{a}$
6	65	30	5	$1,041 \pm 0.001^{ab}$	$1,011 \pm 0.001^{ab}$
7	66	16	18	$1,042 \pm 0.001^{ab}$	$1,011 \pm 0.001^{ab}$
8	34	50	16	$1,040 \pm 0.001^{a}$	$1,012 \pm 0.001^{ab}$
9	44	39	17	$1,040 \pm 0.001^{ab}$	$1,011 \pm 0.001^{b}$
10	63	24	13	$1,040 \pm 0.001^{a}$	$1,010 \pm 0.001^{a}$

Letras diferentes indican diferencia significativa entre las mediciones
Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

El análisis de varianza anova para la densidad inicial se presenta en la tabla 17.

Tabla 17

Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para la densidad inicial

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	0,00000115152	2	5,75758E-7	0,12	0,8852
Intra grupos	0,000141091	30	0,00000470303		
Total (Corr.)	0,000142242	32			

Fuente: (Statgraphics Centurión XVII)

Dentro de la tabla 17 anova para la densidad inicial los valores P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores, debido a que un valor P es mayor que 0,05, este factor no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad inicial con un 95% de confianza.

El valor del coeficiente de variación es de 0,012, y el coeficiente de determinación (R^2) es 0,77, la relación indica que el modelo se ajusta a los valores medidos en el diseño, la ecuación en función de los componentes es:

$$X1 = 1,04276 - 0,00481911*A + 0,00162093*C - 0,00599146*Q$$

Donde:
X1: Densidad Inicial
A: Amaranto
C: Cebada
Q: Quinua

De acuerdo con el modelo obtenido el aporte a la densidad inicial por cada uno de los componentes está dada en el orden siguiente: Amaranto, Cebada, Quinua. Este parámetro no permite seleccionar las mezclas porque todas las densidades iniciales están dentro del rango recomendado.

Se puede observar que la densidad final, de todas las mezclas está dentro del rango de 1,010 a 1,015 como está estipulado para las cervezas tipo Pale Ale de acuerdo con (González, 2017). En la tabla 18 se muestra el análisis de anova para la densidad final de las mezclas.

Tabla 18

Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para la densidad final

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	0,00000387879	2	0,00000193939	1,45	0,2510
Intra grupos	0,0000401818	30	0,00000133939		
Total (Corr.)	0,0000440606	32			

Fuente: (Statgraphics Centurión)

Donde puede observarse con una probabilidad del 95% de confianza que no existe diferencia significativa en el valor de densidad final entre todas las mezclas analizadas, el coeficiente de variación es de 0,003, y el coeficiente de determinación (R^2) es 0,75. El modelo es lineal y describe el ajuste de los datos como se indica a continuación, la ecuación en función de los componentes es:

$$X2 = 1{,}007 + 0{,}011*A + 0{,}004*C + 0{,}004*Q$$

Donde:
X2: Densidad final
A: Amaranto
C: Cebada
Q: Quinua

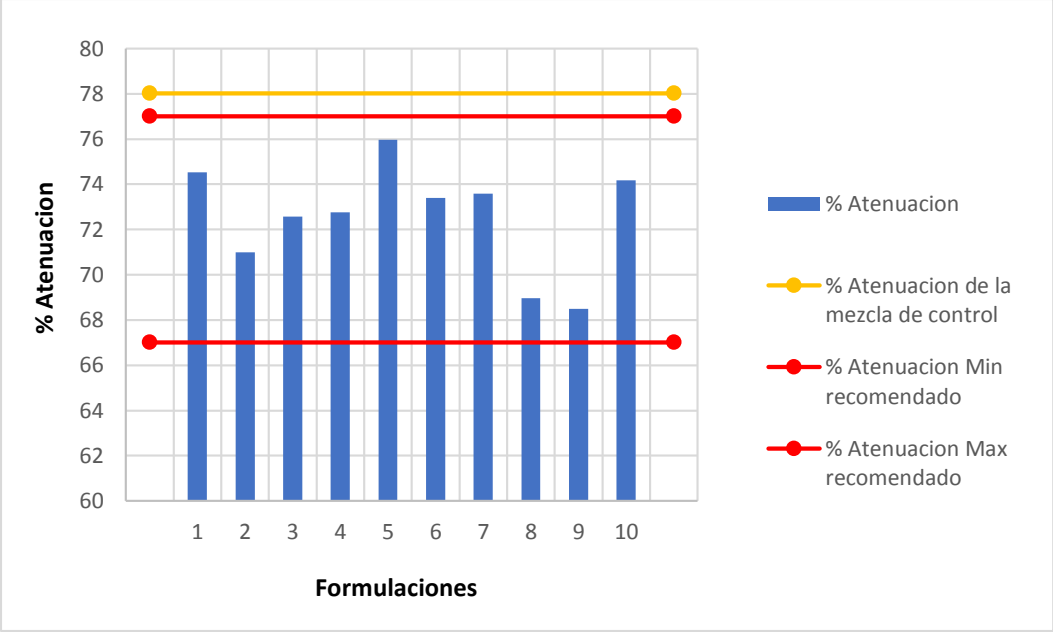
De acuerdo con el modelo obtenido el aporte a la densidad por cada uno de los componentes está dada en el orden siguiente: Amaranto, Cebada, Quinua. Este parámetro no permite seleccionar las mezclas porque todas las densidades finales están dentro del rango permitido.

4.1.2 Atenuación

En la figura 3 se detalla el comportamiento de la atenuación durante la fermentación para las diferentes formulaciones, se realizaron mediciones por triplicado.

Figura 3

Resultados de la atenuación para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto), 9 (44 % cebada, 39% quinua, 17% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto)

En el grafico se pueden constatar que a medida que se sustituye la cebada por quinua y amaranto la atenuación tiende a disminuir. Según (Hudston, 1977) el rango de atenuación fluctúa entre 67 y 77%, los datos obtenidos se encuentran dentro de este rango, con excepción de la muestra de control, no obstante, no se presenta una diferencia significativa respecto al rango optimo, los altos porcentajes de atenuación obtenidos se deben a una alta concentración de azucares fermentables como maltosa, glucosa y maltotriosa, los cuales provienen de la etapa de maceración.

La tabla 19 presenta los valores promedios de los datos obtenidos por triplicado para la

atenuación (% de azucares totales que se transformaron en alcohol y CO2 en la fermentación).

Tabla 19

Atenuación en las mezclas

Muestra	Componente 1 Cebada (%)	Componente 2 Quinua (%)	Componente 3 Amaranto (%)	Atenuación (%)
MC	100	0	0	78.022 ± 1.080^{d}
1	75	10	15	74.532 ± 1.080^{bcd}
2	45	50	5	71.000 ± 1.080^{abc}
3	55	27	18	72.571 ± 1.080^{abcd}
4	53	42	5	72.754 ± 1.080^{abcd}
5	70	25	5	75.978 ± 1.081^{cd}
6	65	30	5	73.403 ± 1.080^{bcd}
7	66	16	18	73.577 ± 1.080^{bcd}
8	34	50	16	68.967 ± 1.080^{ab}
9	44	39	17	68.487 ± 1.080^{a}
10	63	24	13	74.177 ± 1.080^{bcd}

Letras diferentes indican diferencia significativa entre las mediciones
Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Con los valores resultantes se efectuó la prueba de anova los resultados se presentan en la tabla 20:

Tabla 20

Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para Atenuación

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	29,2928	2	14,6464	1,38	0,2663
Intra grupos	317,669	30	10,589		
Total (Corr.)	346,962	32			

Fuente: (Statgraphics Centurión)

En la tabla 20 de Análisis de Varianza (anova) unifactorial para atenuación se puede observar con una probabilidad del 95% de confianza que no existe diferencia significativa en el valor de la atenuación entre todas las mezclas analizadas, el coeficiente de variación es de 0,214, y el coeficiente de determinación (R^2) es 0,826, la relación indica que el modelo se ajusta a los valores medidos en el diseño, la ecuación en función de los componentes es:

$$X3 = 88,696 – 30,219*A – 9,848*C – 23,164*Q$$

Donde:
X3: Atenuación
A: Amaranto
C: Cebada
Q: Quinua

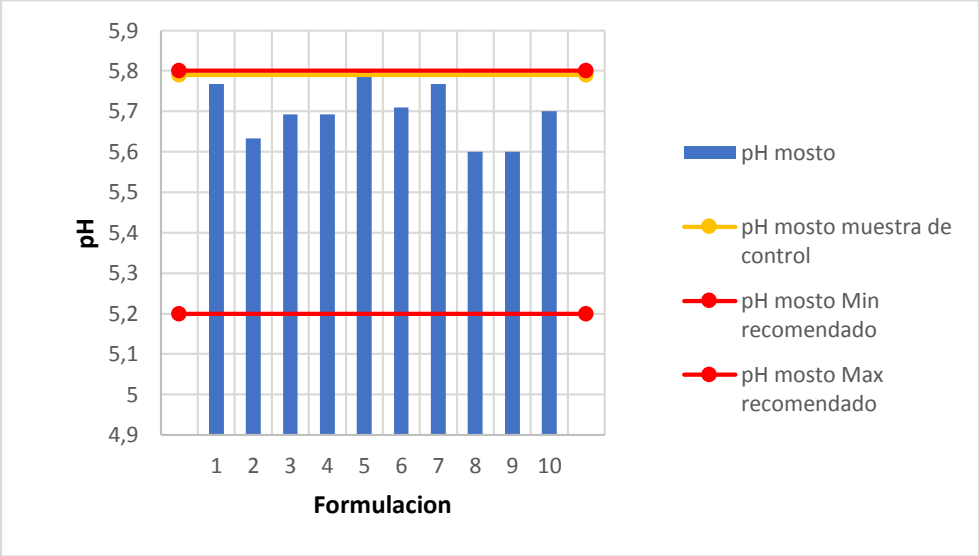
De acuerdo con el modelo obtenido el aporte a la atenuación por cada uno de los componentes está dada en el orden siguiente: Amaranto, Cebada, Quinua, el aumento del amaranto incide negativamente en el modelo. Esta variable no permite establecer diferencias entre las mezclas.

4.1.3 Potencial de hidrogeno

En la figura 4 y 5 se detalla el comportamiento del pH del mosto y de la cerveza para las diferentes formulaciones.

Figura 4

Resultados de la medición de pH del mosto para las distintas formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto



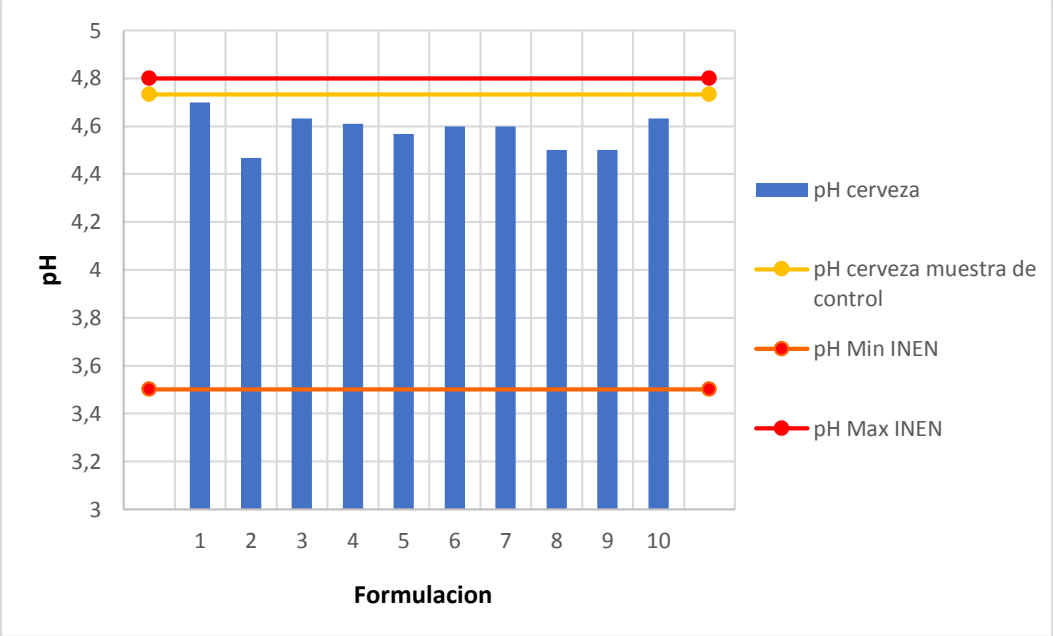
Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto), 9 (44 % cebada, 39% quinua, 17% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto)

Comparando el pH del mosto medido en cada formulación se puede comprobar la disminución de este a medida que se sustituye la cebada por quinua y a amaranto, se puede observar que el pH del mosto de la muestra de control es mayor al resto de formulaciones especialmente de las formulaciones 2, 3, 8 y 9. Analizando los valores obtenidos con los resultados alcanzados por (Castañeda, 2015) en la sustitución de cebada por quinua malteada el pH del mosto también desciende, a mayor sustitución de cebada.

Figura 5

Resultados de la medición de pH de la cerveza para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto), 9 (44 % cebada, 39% quinua, 17% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto)

Se obtiene la misma tendencia para los valores medidos del pH de la cerveza, a medida que se sustituye la cebada dicho pH empieza a disminuir, estos resultados fueron similares a los que obtuvo (Castañeda, 2015), al sustituir el 50% obtuvo un pH final de 4,49 mientras que al sustituir el 35% el pH fue de 4,60.

Al analizar los valores del pH del mosto antes de fermentar con el pH del producto final, se puede apreciar una notable disminución en todas las formulaciones, tomando en consideración la formulación 1 que pasa de tener un pH en el mosto de 5,767 a un pH en el producto final de 4,7. Tal como indica (Suárez, 2013), los distintos valores del pH en la fermentación se deben a la conversión de aminoácidos por disminución de nitrógeno, lo que provoca una acidificación del mosto y causa una disminución en el pH, también menciona como una de las causas para esta disminución la

generación de ácidos orgánicos como el pirúvico, láctico y propiónico en la fermentación anaerobia.

En la tabla 21 se presentan los datos promedio del análisis por triplicado para el pH del mosto y de la cerveza por cada formulación, se realizó un análisis estadístico usando Statgraphics Centurión XVII.

Tabla 21

Medición del pH del mosto y de la cerveza

Muestra	Componente 1 Cebada (%)	Componente 2 Quinua (%)	Componente 3 Amaranto (%)	pH mosto	pH cerveza
MC	100	0	0	5,790 ± 0,09[a]	4,790 ± 0,096[a]
1	75	10	15	5,767 ± 0,09[a]	4,7 ± 0,096[a]
2	45	50	5	5,633 ± 0,09[a]	4,467 ± 0,096[a]
3	55	27	18	5,693 ± 0,09[a]	4,633 ± 0,096[a]
4	53	42	5	5,710 ± 0,09[a]	4,610 ± 0,096[a]
5	70	25	5	5,8 ± 0,09[a]	4,567 ± 0,096[a]
6	65	30	5	5,7 ± 0,09[a]	4,6 ± 0,096[a]
7	66	16	18	5,768 ± 0,09[a]	4,6 ± 0,096[a]
8	34	50	16	5,6 ± 0,09[a]	4,5 ± 0,096[a]
9	44	39	17	5,6 ± 0,09[a]	4,5 ± 0,096[a]
10	63	24	13	5,7 ± 0,09a	4,633 ± 0,096a

Letras diferentes indican diferencia significativa entre las mediciones
Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

En la tabla 21 se puede observar que el pH del mosto de todas las mezclas se encuentra dentro del rango recomendado por los cerveceros artesanales (5.2 - 5.8) (González, 2017). El pH de la cerveza para cada mezcla se encuentra dentro del rango recomendado por (NTE-INEN-2262, 2013) el cual fluctúa entre (3,5 – 4,8).

En la tabla 22 se presenta el análisis de anova para el pH del mosto de las mezclas.

Tabla 22

Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para pH del mosto

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	0,0509091	2	0,0254545	1,05	0,3633
Intra grupos	0,729091	30	0,024303		
Total (Corr.)	0,78	32			

Fuente: (Statgraphics Centurión)

En la tabla 22 de Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para pH del mosto se puede observar con una probabilidad del 95% de confianza que no existe diferencia significativa en el valor del pH del mosto entre todas las mezclas analizadas, el coeficiente de variación es de 0,089, y el coeficiente de determinación (R^2) es 0,917, la relación indica que el modelo se ajusta a los valores medidos en el diseño, la ecuación en función de los componentes es:

$$X4 = 6,861 – 1,808*A – 0,990*C – 1,322*Q$$

Donde:
X4: pH del mosto
A: Amaranto
C: Cebada
Q: Quinua

De acuerdo con el modelo obtenido el aporte del pH del mosto por cada uno de los componentes está dada en el orden siguiente: Amaranto, Cebada, Quinua, el aumento del amaranto incide negativamente en el presente modelo. Esta variable no permite establecer diferencias entre las mezclas.

En la tabla 23 se presenta el análisis de anova para el pH de la cerveza de las mezclas.

Tabla 23

Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para pH de la cerveza

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	0,0369697	2	0,0184848	0,67	0,5168
Intra grupos	0,821818	30	0,0273939		
Total (Corr.)	0,858788	32			

Fuente: (Statgraphics Centurión)

Se puede observar con una probabilidad del 95% de confianza que no existe diferencia significativa en el valor del pH de la cerveza entre todas las mezclas analizadas, el coeficiente de variación es de 0,101, y el coeficiente de determinación (R^2) es 0,76, la relación indica que el modelo se ajusta a los valores medidos en el diseño, la ecuación en función de los componentes es:

$$X5 = 5{,}918 - 1{,}394*A - 1{,}188*C - 1{,}602*Q$$

Donde:
X5: pH del mosto
A: Amaranto
C: Cebada
Q: Quinua

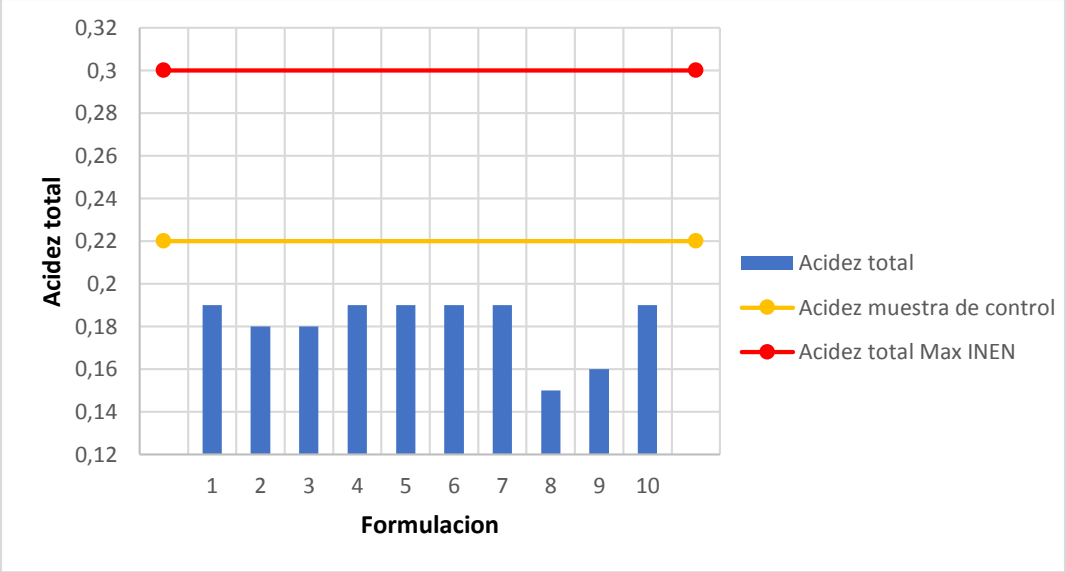
De acuerdo con el modelo obtenido el aporte al pH de la cerveza por cada uno de los componentes está dada en el orden siguiente: Amaranto, Cebada, Quinua, el aumento del amaranto incide negativamente en el modelo. Al no existir diferencia significativa entre las mezclas se puede seleccionar las mezclas cuyo pH este más cercano al de la mezcla control las cuales son 1, 3, 4, 6, 7 y 10.

4.1.4 Acidez total en la cerveza

En la figura 6 se detalla el comportamiento de la acidez total de la cerveza después de 7 días de fermentación y 10 días de maduración para las distintas formulaciones.

Figura 6

Resultados de la medición de la acidez de la cerveza para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto), 9 (44 % cebada, 39% quinua, 17% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto)

Al analizar los valores obtenidos de la acidez total para cada formulación se evidencia una disminución conforme el aumento de sustitución de cebada por quinua y amaranto, esta diferencia es más notable en las formulaciones 2,3,8 y 9 en la que se encuentran porcentajes de malta de cebada del 45%, 55%, 34% y 44% respectivamente. Dichos resultados tienen cierta similitud con los obtenidos por (Terán, 2017) en la sustitución de cebada por amaranto, a mayor sustitución la acidez total es menor, sin embargo, (Castañeda, 2015), no registro un aumento o disminución de la acidez total al sustituir la cebada por quinua.

En la tabla 24 se presentan los datos promedio del análisis por triplicado para la acidez total de cada una de las formulaciones del producto final, se realizó un análisis estadístico usando Statgraphics Centurión XVII.

Tabla 24

Acidez total en las 10 formulaciones y en la muestra de control de cerveza

Muestra	Componente 1 Cebada (%)	Componente 2 Quinua (%)	Componente 3 Amaranto (%)	Acidez total
MC	100	0	0	0,222 ± 0.073^{d}
1	75	10	15	0,191 ± 0.073^{cd}
2	45	50	5	0,182 ± 0.073^{ab}
3	55	27	18	0,182 ± 0.073^{abcd}
4	53	42	5	0,191 ± 0.073^{ab}
5	70	25	5	0,191 ± 0.072^{d}
6	65	30	5	0,191 ± 0.073^{abcd}
7	66	16	18	0,191 ± 0.072^{bcd}
8	34	50	16	0,153 ± 0.073^{ab}
9	44	39	17	0,163 ± 0.073^{a}
10	63	24	13	0,191 ± 0.073^{abc}

Letras diferentes indican diferencia significativa entre las mediciones
Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Se puede analizar en la tabla 24 que la acidez total para cada una de las mezclas se encuentran dentro del rango máximo recomendado (0,3 % m/m) (NTE-INEN-2262, 2013), Según lo indicado por (Kunze, 2006) los valores bajos de acidez total no influyen en el sabor final de producto, no obstante si la fermentación se alarga por más de 7 días, este proceso hubiese provocado mayor acidez, y características organolépticas no atractivas por el consumidor. En la tabla 25 se presenta el análisis de anova para la acidez total de las mezclas.

Tabla 25

Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para Acidez total

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	0,000163636	2	0,0000818182	0,17	0,8466
Intra grupos	0,0146545	30	0,000488485		
Total (Corr.)	0,0148182	32			

Fuente: (Statgraphics Centurión)

En la tabla 25 de Análisis de varianza (anova) unifactorial para para la acidez total del producto se puede observar con una probabilidad del 95% de confianza, que no existe diferencia significativa con respecto a la acidez total entre todas las mezclas analizadas, el coeficiente de variación es de 0,512, y el coeficiente de determinación (R^2) es 0,72, la relación indica que el modelo se ajusta a los valores medidos en el diseño, la ecuación en función de los componentes es:

$$X6 = 0,278 – 0,164*A – 0,056*C – 0,159*Q$$

Donde:
X6: Acidez total
A: Amaranto
C: Cebada
Q: Quinua

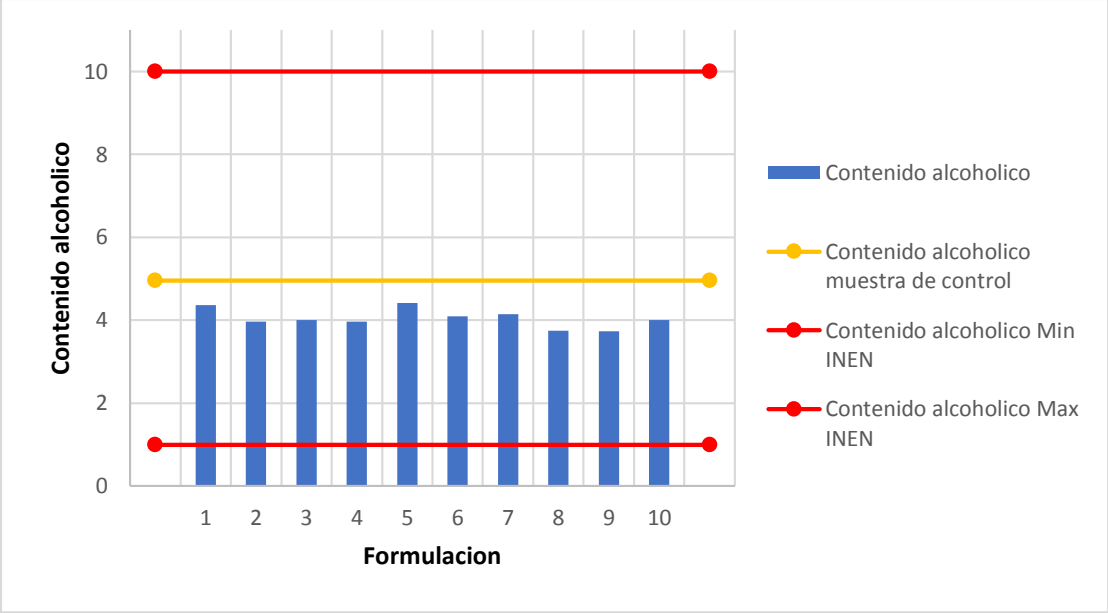
De acuerdo con el modelo obtenido el aporte a la acidez total de la cerveza por cada uno de los componentes está dada en el orden siguiente: Amaranto, Cebada, Quinua, el aumento del amaranto incide negativamente en el modelo. Al no existir diferencia significativa entre las mezclas se puede seleccionar las mezclas con valores cercanos a la muestra control siendo la mezcla 1, 4, 5, 6, 7 y 10.

4.1.5 Grado alcohólico

En la figura 7 se detalla el comportamiento del contenido alcohólico para las diferentes formulaciones, las mismas que tuvieron 7 días de fermentación y 10 días de maduración.

Figura 7

Resultados del contenido alcohólico para las diferentes formulaciones con maltas de cebada, quinua y amaranto



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto), 9 (44 % cebada, 39% quinua, 17% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto)

Los valores del grado alcohólico presentados en la tabla 28 se determinaron al producto final empleando la fórmula de cálculo:

$$\% \, Alcohol = \frac{1000 * (DI - DF)}{7.4}$$

Donde:
DI = Densidad inicial (Previo a la fermentación primaria)
DF= Densidad final (Posterior a la fermentación primaria)
7,4 = Constante

Al analizar los resultados se observa que las mezclas presentan valores menores que muestra control, en las formulaciones 2, 4, 8 y 9 que tienen mayor porcentaje de sustitución de

cebada el grado de alcohol obtenido es menor.

Esta variación que se presenta coincide con lo investigado por (Rodríguez, 2015), el cual pone de manifiesto que al sustituir quinua en un porcentaje del 25% se obtiene un contenido alcohólico de 4,08, mientras que al sustituir el 50% el contenido alcohólico disminuye a 3,65%, según (Terán, 2017) esto se puede deber a que a mayor sustitución por quinua en la mezcla, la cantidad de carbohidratos requeridos para la hidrolisis disminuye, por ende el numero azucares generados en la maceración disminuye, influyendo directamente sobre el contenido alcohólico.

Un aumento en la sustitución de la cebada malteada provoca la obtención de productos con menor grado alcohólico, tal como indica (Suárez, 2013), una sustitución de cebada por otros cereales causa una disminución del poder diastático del mosto en la fermentación disminuyendo así la conversión de almidones en azucares fermentables. En la tabla 26 se presentan los datos promedio del análisis por triplicado del grado alcohólico de las mezclas, se realizó un análisis estadístico usando Statgraphics Centurión XVII.

Tabla 26

Grado alcohólico en las 10 formulaciones y en la muestra de control de cerveza

Muestra	Componente 1 Cebada (%)	Componente 2 Quinua (%)	Componente 3 Amaranto (%)	Grado alcohólico (ºGL)
MC	100	0	0	4.955 ± 0.073^{d}
1	75	10	15	4.369 ± 0.073^{cd}
2	45	50	5	3.964 ± 0.073^{ab}
3	55	27	18	4.004 ± 0.073^{abcd}
4	53	42	5	3.964 ± 0.073^{ab}
5	70	25	5	4.414 ± 0.072^{d}
6	65	30	5	4.099 ± 0.073^{abcd}
7	66	16	18	4.144 ± 0.072^{bcd}
8	34	50	16	3.754 ± 0.073^{ab}
9	44	39	17	3.739 ± 0.073^{a}
10	63	24	13	4.009 ± 0.073^{abc}

Letras diferentes indican diferencia significativa entre las mediciones
Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Al comparar estos resultados con la mezcla control se puede apreciar una notable

disminución del grado alcohólico a medida que se sustituye la cebada por quinua y amaranto, no obstante, dichos valores se encuentran dentro del rango (1 - 10 % v/v) establecido en la norma (NTE-INEN-2262, 2013).

Para el anova del grado alcohólico de la cerveza, el análisis estadístico de las mezclas muestra los siguientes resultados en la tabla 27.

Tabla 27

Análisis de Varianza (ANOVA) unifactorial para Grado alcohólico (°GL)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	0,153663	2	0,0768314	0,60	0,5537
Intra grupos	3,82301	30	0,127434		
Total (Corr.)	3,97667	32			

Fuente: (Statgraphics Centurión)

Dentro de la tabla 27 de Análisis de varianza (anova) unifactorial para el grado alcohólico del producto se puede observar con una probabilidad del 95% de confianza, que no existe diferencia significativa con respecto a la cantidad de alcohol entre todas las mezclas analizadas, el coeficiente de variación es de 0,549 y el coeficiente de determinación (R^2) es 0.89, la relación indica que el modelo se ajusta a los valores medidos en el diseño, la ecuación en función de los componentes es:

$$X7 = 5{,}749 – 3{,}333*A - 0{,}892*C – 2{,}566*Q$$

Donde:
X7: Grado alcohólico
A: Amaranto
C: Cebada
Q: Quinua

De acuerdo con el modelo obtenido el aporte a la densidad por cada uno de los componentes está dada en el orden siguiente: Amaranto, Cebada, Quinua, el aumento del amaranto incide negativamente en el modelo. Este control no nos permite seleccionar una muestra al no existir diferencias significativas se pueden escoger las mezclas con valores más cercanos a la mezcla

control 1,2,3,5,6,7,10.

4.2 Análisis sensorial de los productos

4.2.1 Análisis Sensorial Discriminatorio Dúo - Trio

El análisis discriminatorio dúo-trio se realizó a todas las muestras, agrupadas en pares en función de los porcentajes más homogéneos en cuanto a la sustitución de malta de cebada, para evitar la saturación de sensaciones organolépticas en el juez semi entrenado; los resultados obtenidos toman en consideración los atributos del producto en forma general como: apariencia, olor, sabor y sensación en la boca, los resultados fueron evaluados, aplicando la metodología descrita por (Catania & Avagnina, 2007), en la cual se emplea la tabla de interpretación estadística para la prueba dúo-trio y triangular de (Roessler y otros, 1948), descrita en el (Anexo A), en la tabla 28 se presentan los resultados de esta evaluación.

Tabla 28

Resultados según la prueba discriminatoria dúo-trio

Grupo	Formulación	Puntuación	Nivel de significancia dado por Roessler, Warren, & Guymon	Formula seleccionada
A	1 5	8 4	-	1
B	6 7	5 7	-	7
C	3 10	2 10	5%	10
D	2 4	2 10	5%	4
E	8 9	1 11	1 %	9

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Al observar los resultados obtenidos para el grupo A las formulaciones 1 (75% malta de cebada, 10% malta de quinua, 15% de malta de amaranto) y 5 (70% malta de cebada, 25% malta

de quinua, 5% de malta de amaranto) no presenta diferencias significativas según la tabla de (Roessler y otros, 1948)**,** por tanto, se consideró para la selección la muestra con mayor votación por parte del panel de jueces en este caso a la fórmula 1.

En el grupo B se analizaron las formulaciones 6 (65% malta de cebada, 30% malta de quinua, 5% de malta de amaranto) y 7 (66% malta de cebada, 16% malta de quinua, 18% de malta de amaranto), mediante la tabla de interpretación estadísticas del análisis por pares de (Roessler y otros, 1948), no se estableció una diferencia significativa entre ambas muestras por tanto se consideró para la elección a la muestra con mayor puntaje por los panelistas, tomando a la fórmula 7 como la mejor.

Analizando el grupo C para las formulaciones 3 (55% malta de cebada, 27% malta de quinua, 18% de malta de amaranto) y 10 (63% malta de cebada, 24% malta de quinua, 13% de malta de amaranto), por medio de la tabla de (Roessler y otros, 1948), se determinó un nivel de significancia del 5% (95% de seguridad), seleccionando a la mejor muestra de este grupo a la formulación 10 la cual posee mayor votación.

Al analizar el grupo D que contiene las formulaciones 2 (45% malta de cebada, 50% malta de quinua, 5% de malta de amaranto), y 4 (53% malta de cebada, 42% malta de quinua, 5% de malta de amaranto), se estableció mediante la tabla (Roessler y otros, 1948) un nivel de significancia del 5% (95% de seguridad), y determinando como la mejor muestra a la formulación 4.

Evaluando el grupo E para las formulaciones 8 (34% malta de cebada, 50% malta de quinua, 16% de malta de amaranto) y 9 (44% malta de cebada, 39% malta de quinua, 17% de malta de amaranto), por medio de la tabla de (Roessler y otros, 1948), se determinó un nivel de significancia del 1% (99% de seguridad), seleccionando como la mejor muestra de este grupo a la formulación 9 la cual posee mayor votación.

4.2.2 Análisis Sensorial Discriminatorio de Ordenamiento

En el análisis discriminatorio de ordenamiento se tomó en consideración las formulaciones preseleccionadas en la prueba discriminatoria dúo-trio, para esta evaluación se empleó un panel de 12 jueces semi entrenados, los cuales ordenaron las muestras presentadas conforme a su criterio

de parentesco frente a la muestra de control, el ordenamiento se realizó del 1 al 5 correspondiéndole al 1 la mayor similitud y al 5 la menor, la evaluación realizada toma en consideración los atributos del producto de forma general como: apariencia, olor, sabor y sensación en la boca, se empleó la metodología descrita por (Hernandez, 2005), en la cual considera para el análisis de resultados de la prueba discriminatoria de ordenamiento la tabla de Kramer (Anexo A), en la tabla 29 se presentan los resultados de esta evaluación.

Tabla 29

Resultados de la evaluación según la prueba discriminatoria de ordenamiento

Formulación	Puntaje	Nivel de significancia del 5% (p ≤0,05) dado por Kramer	Formula seleccionada
1	20	Presenta diferencia significativa	1
7	23	Presenta diferencia significativa	
10	30	No presenta diferencia significativa	
4	48	Presenta diferencia significativa	7
9	58	Presenta diferencia significativa	

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Obteniendo los puntajes de cada muestra se puede evaluar, que la formulación 1 (75% malta de cebada, 10% malta de quinua, 15% de malta de amaranto), 7 (66% malta de cebada, 16% malta de quinua, 18% de malta de amaranto), 4 (53% malta de cebada, 42% malta de quinua, 5% de malta de amaranto) y 9 (44% malta de cebada, 39% malta de quinua, 17% de malta de amaranto), presentan diferencia significativa comparándolo con la muestra referencia, puesto que se encuentran fuera del rango establecido en la tabla de Kramer (Anexo A), mientras que la formulación 10 (63% malta de cebada, 24% malta de quinua, 13% de malta de amaranto) al estar dentro del rango establecido por esta tabla no indica diferencia significativa; la selección de las mejores mezclas se realizó en base al nivel de ordenamiento, a menor puntaje poseen un mayor nivel de similitud respecto a la muestra de control, por consiguiente se seleccionó a las fórmulas 1 y 7 como las mejores mezclas.

4.2.3 Análisis Sensorial Descriptivo Cuantitativo

Para esta evaluación se tomó como base la mezcla control para establecer las características

del producto final este análisis se realizó mediante la cata de 12 jueces semi entrenados, los cuales evaluaron los atributos del producto como: apariencia (color, turbidez y espuma), olor, sabor y sensación en la boca, estos resultados fueron evaluados según la metodología empleada por (Pacheco & González, 2013), empleando el perfil descriptivo cuantitativo, mediante el desarrollo de diagramas radiales y valorando las diferencias significativas por medio de una tabla anova. En la tabla 30 se presentan los resultados obtenidos para este tipo de análisis.

Tabla 30

Resultados del perfil descriptivo cuantitativo de la muestra de control y las formulaciones 1 y 7

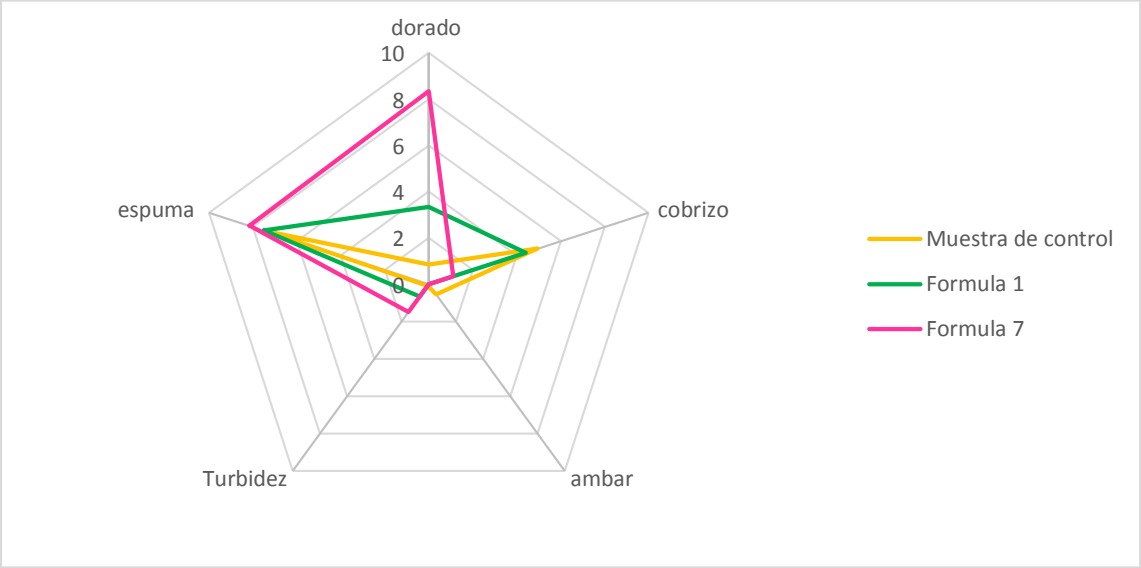
Característica	Descriptor	Mezcla de Control	Fórmula 1	Fórmula 7
Color	Dorado	0,833	3,333	8,333
	Cobrizo	4,95	4,4	1,1
	Ámbar	0,55	0	0
Turbidez	Turbidez típica	0,083	0,667	1,5
Espuma	Espuma Típica	7,333	7,5	8,167
Olor	Agrio	0,167	0,083	0
	Fruta	0,917	1,917	2,417
	Caramelo	2,583	1,833	1,667
	Cebada	7,833	7,583	6,25
	Alcohólico	5,333	4,917	4,75
Sabor	Dulce	8,25	7,417	6,083
	Aceituna	0	5,083	7,167
	Amargo	4,75	4,5	4,417
	Frutal	0,167	0,083	0,083
	Cebada	8,25	7,583	6,583
	Alcohólico	5,917	6,333	4,833
	Maní	0	5,167	7,083
Sensación en la boca	Metálico	0	0	0
	Picante	0	0	0
	Astringencia	0,167	1,667	2,25
	Efervescencia	8,417	7,833	7,917
	Cuerpo	2,167	2,75	4,25

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), muestra de control (100% cebada)

Figura 8

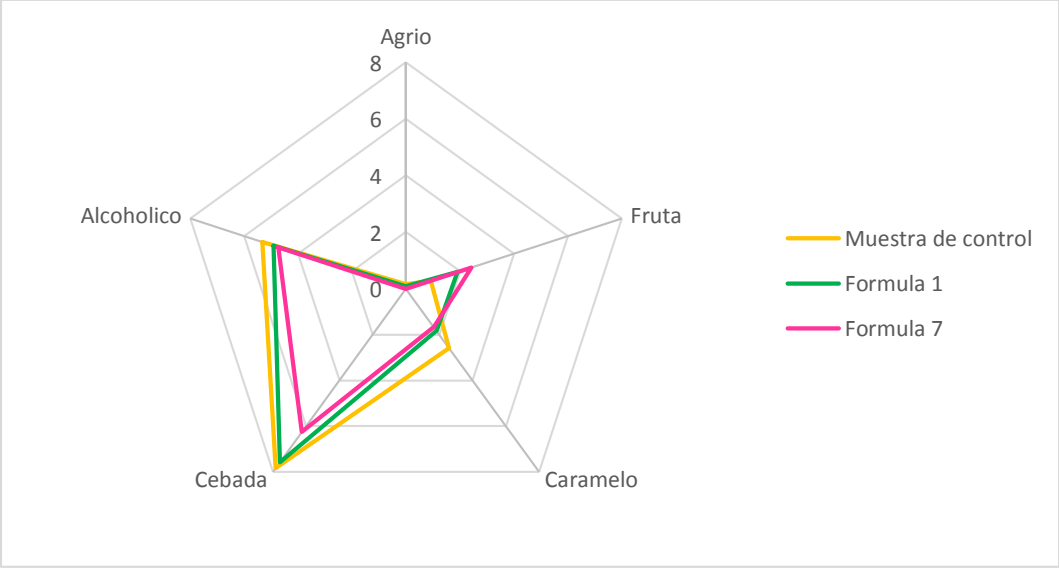
Perfil descriptivo sensorial de la apariencia para la Formula 1, 7 y muestra de control



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 9

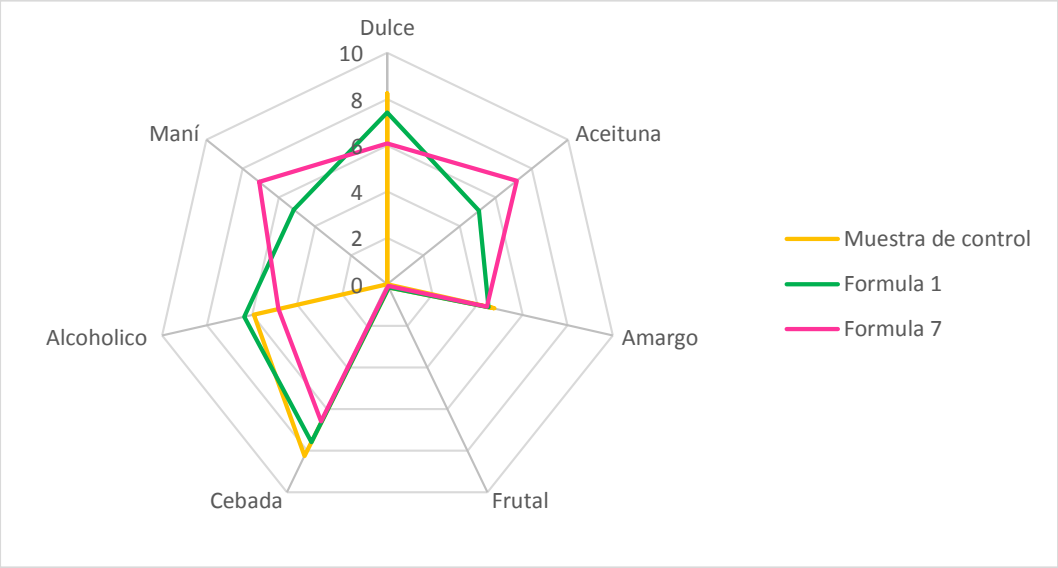
Perfil descriptivo sensorial del olor para la Formula 1, 7 y muestra de control



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 10

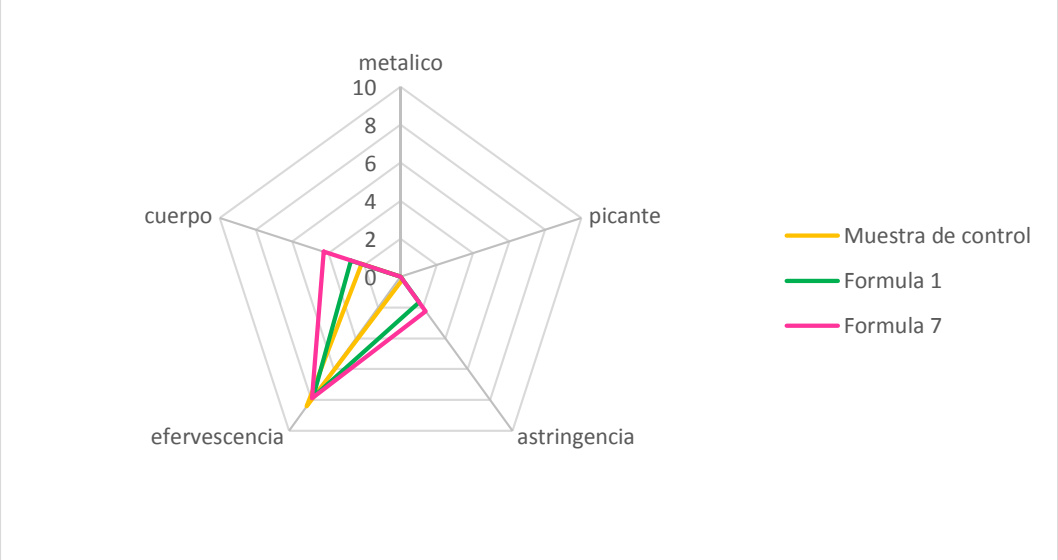
Perfil descriptivo sensorial del sabor para la Formula 1, 7 y muestra de control



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 11

Perfil descriptivo sensorial de la sensación en la boca para la Formula 1, 7 y muestra de control



Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

En el análisis descriptivo cuantitativo se empleó una escala del 1 al 10 para cada atributo a evaluar, verificando así la variación en el análisis organoléptico de cada formulación; los atributos con sus descriptores fueron ilustrados para la formulación 1 (75% malta de cebada, 10% malta de quinua, 15% malta de amaranto) y 7 (66% malta de cebada, 16% malta de quinua, 18% malta de amaranto) frente a la muestra de control (100 % cebada). En la tabla 30 se presentan los resultados del promedio para cada formulación, los cuales cuantificaron los atributos de apariencia (color, turbidez, espuma) olor, sabor y sensación en la boca.

La figura 8 relacionan las fórmulas 1 y la 7 con la muestra de control a nivel de apariencia, en la cual se observa que en la muestra de control y la formulación 1 se distingue similar valoración conforme al color cobrizo, poca turbidez y alto nivel de espuma, mientras que en la fórmula 7 la valoración analizada tiene mayor diferencia con la muestra de control especialmente en el color puesto que el color se define como dorado, mientras que el de la muestra de control se describe como cobrizo, también se observa que la fórmula 7 posee mayor turbidez con relación a la muestra de control; el nivel de espuma es mayor a medida que se sustituye la malta de cebada por las maltas de quinua y amaranto.

En la figura 9 se relaciona la muestra de control frente a las formulaciones 1 y 7 evaluando el atributo de olor, en el cual se verifica una leve diferencia entre la formulación 1 y muestra de control, ya que ambos poseen mayor valoración respecto al olor a cebada, alcohólico y caramelo, en cuanto a la formulación 7 existe mayor variación con respecto a la muestra de control, presentando valores inferiores en los olores de cebada, alcohol y caramelo respecto a la muestra de control.

En la figura 10 analizando la muestra de control conforme a las formulaciones 1 y 7 al evaluar el sabor, se observa una ligera variación de la formulación 1 frente a la muestra de control no obstante, la mayor inclinación de los catadores para los descriptores de estas dos muestras fueron similares dando con una mayor valoración al sabor a cebada, alcohólico y dulce, así mismo el nivel de amargor fue semejante entre ambos, no obstante la formulación 1 presenta sabores a aceituna y maní que la muestra de control no posee, mientras que existe una mayor variación entre fórmula 7 y la muestra de control, ya que revela un menor nivel de amargor, dulzor y sabores a cebada y alcohólico respecto a la muestra de control, esta fórmula presenta los mismos sabores a

aceituna y maní que la fórmula 1, sin embargo debido a que tanto la composición de la malta de quinua como la de amaranto aumentan al compararlas, no se pudo establecer la influencia de las maltas respecto a estos sabores mediante este tipo de análisis, por la tanto se incluyó un análisis del perfil descriptivo cuantitativo de la formulación 5 con el de las formulaciones 1 y 7, el cual fue realizado al finalizar este análisis.

En la figura 11 se representa la valoración de los descriptores conforme a la sensación en la boca para las formulaciones 1 y 7 en relación con la muestra de control, en las cuales no se percibió sensaciones metálicas ni picantes, verificando que no se presentó contaminación durante el proceso de elaboración, también se puede observar mayor presencia de astringencia, cuerpo y menor nivel de efervescencia en la muestra 7 conforme a la muestra de control; en cuanto a la formulación 1 la variación con respecto a la muestra de control de los descriptores es mínima, ya que existe una similar valoración conforme a la efervescencia, astringencia y cuerpo de ambas.

Tomando en consideración el análisis para cada atributo, la formulación 1 posee un perfil descriptivo cuantitativo similar al de la muestra de control para cada característica evaluada, por tanto, se puede seleccionar como la mejor mezcla. En la tabla 31 se presenta el análisis anova para la comparación entre la muestra de control y la fórmula 1, lo cual permitió establecer la variación entre ambas.

Tabla 31

Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 1 para cada descriptor principal en la prueba QDA.

Atributo	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Cobrizo	Entre grupos	1,815	1	1,815	0,186	0,670
	Intra grupos	214,17	22	9,735		
	Total (Corr.)	215,985	23			
Espuma	Entre grupos	1,0417	1	1,042	1,647	0,213
	Intra grupos	13,917	22	0,633		
	Total (Corr.)	14,958	23			
Olor a cebada	Entre grupos	0,375	1	0,375	1,253	0,275
	Intra grupos	6,583	22	0,299		
	Total (Corr.)	6,958	23			
Olor a alcohol	Entre grupos	1,042	1	1,042	1,471	0,238
	Intra grupos	15,583	22	0,708		
	Total (Corr.)	16,625	23			
Dulce	Entre grupos	4,167	1	4,167	3,642	0,069
	Intra grupos	25,167	22	1,144		
	Total (Corr.)	29,333	23			
Aceituna	Entre grupos	155,041	1	155,042	693,745	$3,947x10^{-18}$
	Intra grupos	4,917	22	0,223		
	Total (Corr.)	159,958	23			
Amargor	Entre grupos	0,375	1	0,375	1,138	0,298
	Intra grupos	7,25	22	0,330		
	Total (Corr.)	7,625	23			
Sabor a cebada	Entre grupos	2,667	1	2,667	3,868	0,062
	Intra grupos	15,167	22	0,690		
	Total (Corr.)	17,833	23			
Sabor a alcohol	Entre grupos	1,042	1	1,042	3,022	0,096
	Intra grupos	7,583	22	0,345		
	Total (Corr.)	8,625	23			
Sabor a maní	Entre grupos	160,167	1	160,167	621,824	$1,267 x10^{-17}$
	Intra grupos	5,667	22	0,258		
	Total (Corr.)	165,833	23			
Efervescencia	Entre grupos	2,042	1	2,042	4,244	0,051
	Intra grupos	10,583	22	0,481		
	Total (Corr.)	12,625	23			
Cuerpo	Entre grupos	2,042	1	2,042	2,822	0,107
	Intra grupos	15,917	22	0,723		
	Total (Corr.)	17,958	23			

Fuente: (Statgraphics Centurión XVII)

En la tabla 31 se puede constatar que no existe diferencia significativa al evaluar las características como color, nivel de espuma, olor, amargor, dulzor, sabores a cebada y alcohol, en la efervescencia y cuerpo ya que los valores de p son mayores a 0,05, sin embargo, si se puede observar una diferencia significativa en cuanto a la puntuación de sabores de maní y aceituna, esto se debe a que la muestra de control no presenta dichos sabores, como resultado de este análisis se puede considerar que la formulación 1 es muy similar a la muestra de control.

La tabla 32 presenta el análisis anova de la comparación entre la muestra de control y la fórmula 7.

Tabla 32

Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 7 para cada descriptor principal en la prueba QDA.

Atributo	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Cobrizo	Entre grupos	88,935	1	88,935	11,468	0,003
	Intra grupos	170,610	22	7,755		
	Total (Corr.)	259,545	23			
Espuma	Entre grupos	1,042	1	1,042	1,923	0,179
	Intra grupos	11,917	22	0,542		
	Total (Corr.)	12,958	23			
Olor a cebada	Entre grupos	15,042	1	15,042	84,489	$5{,}467x10^{-9}$
	Intra grupos	3,917	22	0,178		
	Total (Corr.)	18,958	23			
Olor a alcohol	Entre grupos	2,042	1	2,042	6,494	0,018
	Intra grupos	6,917	22	0,314		
	Total (Corr.)	8,958	23			
Dulce	Entre grupos	28,167	1	28,167	55,493	$1{,}889x10^{-7}$
	Intra grupos	11,167	22	0,508		
	Total (Corr.)	39,333	23			
Aceituna	Entre grupos	308,167	1	308,166	1196,412	$1{,}128x10^{-20}$
	Intra grupos	5,667	22	0,258		
	Total (Corr.)	313,833	23			
Amargor	Entre grupos	0,667	1	0,667	2,839	0,106
	Intra grupos	5,167	22	0,235		
	Total (Corr.)	5,833	23			
Sabor a cebada	Entre grupos	16,667	1	16,667	32,836	$9{,}176x10^{-6}$
	Intra grupos	11,167	22	0,508		
	Total (Corr.)	27,833	23			
Sabor a alcohol	Entre grupos	7,042	1	7,042	23,532	$7{,}563x10^{-5}$
	Intra grupos	6,583	22	0,299		
	Total (Corr.)	13,625	23			
Sabor a maní	Entre grupos	301,042	1	301,042	1347,033	$3{,}127x10^{-21}$
	Intra grupos	4,917	22	0,223		
	Total (Corr.)	305,958	23			
Efervescencia	Entre grupos	1,500	1	1,500	2,789	0,109
	Intra grupos	11,833	22	0,538		
	Total (Corr.)	13,333	23			
Cuerpo	Entre grupos	26,042	1	26,042	28,766	$2{,}196x10^{-5}$
	Intra grupos	19,917	22	0,905		
	Total (Corr.)	45,958	23			

Fuente: (Statgraphics Centurión XVII)

Analizando la tabla anova 32, se puede comprobar que existe diferencia significativa en los descriptores como color cobrizo, olor a cebada, olor a alcohol, dulzor, sabor a cebada, sabor a alcohol, a maní, a aceituna y en el cuerpo de la cerveza; mientras que no se evidencia diferencia significativa en el nivel de espuma, amargor y efervescencia, entre la fórmula 7 y la mezcla de control.

El análisis realizado permitió establecer el perfil descriptivo conforme a la sustitución de cebada; debido a que en al comparar la fórmula 1 (75% malta de cebada, 10% malta de quinua y 15% malta de amaranto y 7 (66% malta de cebada, 16% malta de quinua y 18% malta de amaranto), tanto la cantidad de quinua como de amaranto aumentan, por ende, no se pudo constatar cuál de las maltas empleadas está brindando las diferentes características al producto, por esta razón se optó por realizar una comparación entre la formulación 1 y 7 con la formulación 5 la cual presenta una composición de (70% malta de cebada, 25% malta de quinua y 5% malta de amaranto) esta formulación muestra un mayor porcentaje de quinua y un bajo porcentaje de amaranto por tanto al establecer el perfil descriptivo se pudo verificar la influencia de la malta de quinua y amaranto en el producto final. En la tabla 33 se presenta el perfil descriptivo cuantitativo de la fórmula 5.

Tabla 33

Resultados del perfil descriptivo cuantitativo de la formulación 5

Característica	Descriptor	Formula 5
Color	Dorado	5
	Cobrizo	3,3
	Ámbar	0
Turbidez	Turbidez típica	1,25
Espuma	Espuma Típica	8,833
Olor	Agrio	0
	Fruta	1,833
	Caramelo	1,917
	Cebada	6,333
	Alcohólico	4,833
Sabor	Dulce	6,167
	Aceituna	4,667
	Amargo	4,5
	Frutal	0,083
	Cebada	6,667
	Alcohólico	4,917
	Maní	7,583
Sensación en la boca	Metálico	0
	Picante	0
	Astringencia	2,25
	Efervescencia	8,083
	Cuerpo	4,417

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)
Formulaciones: (70% de cebada, 25% de quinua y 5% de amaranto)

Al comparar los perfiles descriptivos cuantitativos de las fórmulas 1 y 7 establecidos en la tabla 30 con el perfil descriptivo de la formulación 5 descrito en tabla 33, se puede observar que el color estipulado para esta fórmula es el dorado, no se aprecia influencia alguna de la malta de quinua y de amaranto de forma individual sobre el color, no obstante, la sustitución de malta de cebada por estas maltas de forma general si hacen que el color pase de cobrizo a dorado, esto debido a que ambas maltas presentan colores más opacos en comparación con la malta base, (Terán, 2017) también establece que a mayor porcentaje de amaranto la tonalidad de la cerveza se

vuelve más amarilla.

La turbidez no se ve afectada por los porcentajes de cada malta empleada para la sustitución, pero de forma global se puede ver que, a mayor sustitución de la malta de cebada, la turbidez aumenta, por el contrario la espuma si se ve afectada por la cantidad de malta de quinua ya que al aumentar el porcentaje de la misma, la puntuación en el nivel de espuma también aumenta, por lo cual se puede decir que a mayor malta de quinua la retención de espuma es mejor; (Rodríguez, 2015), también comprobó la disminución de la cantidad de espuma en relación a al porcentaje de sustitución de malta de cebada por malta de quinua, observando que el volumen de espuma disminuía a medida que aumentaba el porcentaje de la malta de quinua, (De Mesones, 2005), relaciona el nivel de espuma y la retención de la misma con el contenido proteico de los cereales empleados ya que a mayor cantidad de proteína el nivel de espuma es mayor, lo cual se puede evidenciar mediante los resultados obtenidos, ya que la malta de quinua posee un porcentaje mayor de proteína en relación a la malta de cebada y amaranto. Los resultados obtenidos también se asemejan al estudio realizado de la sustitución de malta de cebada por malta de amaranto para la elaboración de cerveza por (Terán, 2017), en el cual establece que al aumentar la sustitución de malta de cebada por amaranto el nivel de la espuma disminuye, no obstante, este nivel de espuma perdura por mucho más tiempo en el vaso.

Con relación al olor, ambas maltas no influyen de forma individual sobre el olor no obstante a medida que se aumenta la sustitución de la malta de cebada por las maltas de los dos cereales los olores tienden a variar, el olor a fruta tiende a aumentar a mayor sustitución, mientras que en los olores a agrio, caramelo, cebada y alcohólico la puntuación disminuye; en cuanto al sabor el dulzor, amargor, sabor frutal, a cebada y alcohólico no se ven afectados de forma individual por porcentajes de las maltas de quinua y amaranto, pero si tienden a variar de forma general por la sustitución de la malta de cebada, mientras que al analizar la puntuación para el sabor a aceituna se establece que a mayor porcentaje de amaranto este sabor aumenta; en lo que respecta al sabor a maní el análisis de los datos indica que a medida que se aumenta el porcentaje de quinua el sabor a maní aumenta.

Observando los datos obtenidos conforme a la sensación en la boca se establece que la astringencia no se ve alterada por el porcentaje de quinua y amaranto de forma individual, pero si

aumenta a medida que se sustituye la malta de cebada de forma general, en cambio se aprecia que la efervescencia y el cuerpo aumentan a mayor porcentaje de quinua, Según lo indicado por (De Mesones, 2005), las maltas que poseen mayor contenido de proteína provocan mayor cuerpo.

4.2.4 Prueba Escala Hedónica

La prueba de análisis de escala hedónica se realizó empleando un panel de 30 posibles consumidores de cerveza artesanal, mismos que realizaron la evaluación de los atributos del producto de forma general como: apariencia general (color, espuma y turbidez), olor, sabor y sensación en la boca, aplicando la metodológica de (Drake, 2007) y empleando una escala hedónica de 1 a 9, siendo 1 (me disgusta extremadamente) y el 9 (me gusta extremadamente), en la tabla 34 se presenta el nivel de aceptabilidad calculado mediante la media de la puntuación para cada formulación, considerando como referencia a la muestra de control (100% malta de cebada).

Tabla 34

Evaluación según la prueba de escala piloto

Formula	Atributo	Puntaje			Resultado	Aceptabilidad
		$\bar{x}$	σ	CV		
Muestra de control	Apariencia	7,7	0,466	0,061	Me gusta moderadamente	7,7 Me gusta moderadamente
	Olor	7,7	0,466	0,061	Me gusta moderadamente	
	Sabor	7,8	0,407	0,052	Me gusta moderadamente	
	Sensación en la boca	7,6	0,814	0,107	Me gusta moderadamente	
1	Apariencia	7,467	0,629	0,084	Me gusta moderadamente	7,525 Me gusta moderadamente
	Olor	7,3	0,702	0,096	Me gusta moderadamente	
	Sabor	7,633	0,615	0,081	Me gusta moderadamente	
	Sensación en la boca	7,7	0,535	0,069	Me gusta moderadamente	
7	Apariencia	6,667	0,884	0,133	Me gusta levemente	6,817 Me gusta levemente
	Olor	6,767	0,774	0,114	Me gusta levemente	
	Sabor	6,9	0,712	0,103	Me gusta levemente	
	Sensación en la boca	6,933	0,691	0,100	Me gusta levemente	

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Al analizar los valores obtenidos se puede observar que la muestra de control obtuvo el grado de aceptabilidad “Me gusta moderadamente”, la fórmula 1 (75% cebada, 10% quinua, 15% amaranto) también presento una aceptabilidad de “Me gusta moderadamente”, y la fórmula 7 (66% cebada, 16% quinua, 18% amaranto) dio como resultado de aceptación general “Me gusta levemente”. En la tabla 35 se presentan los resultados de la comparación entre los valores promedios obtenidos de la prueba de escala hedónica entre la formulación 1 y 7.

Tabla 35

Análisis de Varianza (ANOVA) entre la fórmula 1 y 7 con los valores promedios de la prueba de escala hedónica.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	1,003	1	1,003	42,417	$6{,}246x10^{-4}$
Intra grupos	0,142	6	0,024		
Total (Corr.)	1,145	7			

Fuente: (Statgraphics Centurión XVII)

Los resultados obtenidos en la tabla anova detectan diferencias significativas en cuanto a la puntuación general entre la fórmula 1 y la formulación 7 por parte de los catadores, por ende, se realizó un análisis de varianza entre cada formulación con respecto a la mezcla de control.

. En la tabla 36 Anova se presentan los resultados de la comparación entre los valores promedios obtenidos de la prueba de aceptación entre la muestra de control y la formulación 1.

Tabla 36

Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 1 con los valores promedios de la prueba de escala hedónica.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	0,061	1	0,061	3,158	0,126
Intra grupos	0,116	6	0,019		
Total (Corr.)	0,178	7			

Fuente: (Statgraphics Centurión XVII)

El valor de p en la tabla 36 es superior a 0,05, por consiguiente, esto indica que no se presentaron diferencias significativas en cuanto a la puntuación dada por los jueces para la muestra de control y la fórmula 1.

En la tabla 37 se presentan los resultados de la comparación entre los valores promedios obtenidos de la prueba de escala hedónica entre la muestra de control y la formulación 7.

Tabla 37

Análisis de Varianza (ANOVA) entre la muestra de control y la fórmula 7 con los valores promedios de la prueba de escala hedónica.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Entre grupos	1,561	1	1,561	142,831	$5,987x10^{-5}$
Intra grupos	0,066	6	0,011		
Total (Corr.)	1,626	7			

Fuente: (Statgraphics Centurión XVII)

Los resultados obtenidos en la tabla anova detectan diferencias significativas en cuanto a la puntuación general entre la muestra de control y la formulación 7 por parte de los catadores.

Tomando en cuenta el análisis estadístico de la tabla 34 conforme a las medias y el análisis de varianza unifactorial entre la mezcla de control con cada una de las formulaciones preseleccionadas se determinó como la mejor a la formulación 1.

4.3 Resultados Fisicoquímicos y Microbiológicos para la Cerveza con mayor Aceptación.

En la tabla 38 se presentan los resultados fisicoquímicos obtenidos conforme a los requisitos de la norma (NTE-INEN-2262, 2013).

Tabla 38

Resultados fisicoquímicos de la cerveza seleccionada

Parámetro	Unidad	Método	Resultado	NTE INEN 2262	
				Mínimo	Máximo
pH	-	NTE INEN 2325	4,7	3,5	4,8
Grado alcohólico	%(v/v)	NTE INEN 2322	4,5	1,0	10,0
Volúmenes de CO2	Vol. CO2	NTE INEN 2324	2,21	2,2	3,5
Acidez total	%(m/m)	NTE INEN 2323	0,19	-	0,3
Hierro	mg/dm3	ABS. ATÓMICA	0,19	-	0,2
Cobre	mg/dm3	ABS. ATÓMICA	0,08	-	1,0
Zinc	mg/dm3	ABS. ATÓMICA	<0,07	-	1,0
Arsénico	mg/dm3	ABS. ATÓMICA	<0,01	-	0,1
Plomo	mg/dm3	ABS. ATÓMICA	<0,01	-	0,1

Los parámetros analizados como pH, grado alcohólico, volúmenes de CO2, acidez total y contenido mineral (Hierro, cobre, zinc, arsénico y plomo), están dentro de los rangos estipulados por la normativa ecuatoriana vigente para la cerveza; Estos resultados fueron similares a los que obtuvo (Montenegro, 2016) en el desarrollo de una cerveza con amaranto y a los que establecieron (Castañeda y otros, 2018) en la elaboración de la cerveza tipo Ale a base de cebada y quinua, en las cuales los análisis obtenidos también cumplieron con lo estipulado por la norma (NTE-INEN-2262, 2013).

La tabla 39 muestra los resultados microbiológicos de la formulación seleccionada respecto a los requisitos de la norma (NTE-INEN-2262, 2013).

Tabla 39

Resultados microbiológicos de la cerveza seleccionada

Parámetro	Unidad	Método	Resultado	NTE INEN 2262	
				Mínimo	Máximo
Anaerobios mesófilos	ufc/cm^3	NOM-130-SSA1-1995	<10	-	10,0
Mohos y levaduras	up/cm^3	NTE INEN 1 529-10	<10	-	10,0

Los parámetros analizados como los anaerobios mesófilos, mohos y levaduras se encuentran dentro de los rangos estipulados por la normativa ecuatoriana vigente para la cerveza, demostrando que los procedimientos efectuados se realizaron aplicando las buenas prácticas de Manufactura.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Las mezclas se plantearon en función del software Statgraphics Centurión XVII y presentaron un porcentaje de sustitución de la cebada que va desde 56% hasta el 25%, permitiendo de esta forma que el porcentaje de quinua varía entre 10 % a 50 % y el amaranto entre el 5 % hasta el 18 %, estos rangos de trabajo resultaron de estudios preliminares de acuerdo a otros autores los cuales observaron que a pesar de requerir altos porcentajes de almidón y aminoácidos de la malta de cebada para la elaboración, la cerveza artesanal logra tener una buena aceptación, si se incluye hasta un 66 % de maltas de otros pseudocereales.

- Al analizar en las mezclas propuestas los parámetros de densidad, atenuación, potencial de hidrogeno, acidez total y grado alcohólico, los cuales se consideraron como variables respuesta se pudo observar que tanto la densidad inicial como la final disminuyen cuando aumenta el porcentaje de sustitución pero que a pesar de esto en el producto final no se presentan diferencias significativa con un 95 % confianza en los valores resultantes de las mezclas desarrolladas, el porcentaje de atenuación disminuye con la sustitución de la cebada pero en general se mantiene dentro de los rangos 66 a 77 % para este tipo de producto; el pH desciende por el efecto de la sustitución debido a que se forman ácidos orgánicos durante el proceso fermentativo, todas las mezclas cumplen con la normativa ecuatoriana vigente, la acidez total de todas las formulaciones se encuentra dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente y no presenta diferencia significativa. En cuanto al grado alcohólico se puede observar que la sustitución de la cebada por quinua y amaranto causa una disminución del poder diastático del mosto, por ende, disminuye el grado alcohólico sin embargo la normativa vigente permite un valor máximo de alcohol de 10 % v/v, por tanto, los valores obtenidos se encuentran dentro de la misma.

- El análisis sensorial de la cerveza artesanal desarrollada con diferentes proporciones de sustitución de la cebada con quinua y amaranto permite mediante el uso de los sentidos, seleccionar la mezcla con mejor aceptación empleando la prueba discriminatoria dúo o trio,

la prueba de ordenamiento, el perfil descriptivo cuantitativo y la prueba hedónica que muestra el grado de gusto o disgusto de los posibles consumidores. En esta investigación estas pruebas resultan definitivas para la selección de la mezcla con mejor aceptación, identificándose primero que en la prueba dúo-trio las mezclas seleccionadas fueron la formulación 1 (75% malta de cebada, 10% malta de quinua, 15% de malta de amaranto), la fórmula 7 (66% malta de cebada, 16% malta de quinua, 18% de malta de amaranto), la fórmula 10 (63% malta de cebada, 24% malta de quinua, 13% de malta de amaranto), la fórmula 4 (53% malta de cebada, 42% malta de quinua, 5% de malta de amaranto) y la fórmula 9 (44% malta de cebada, 39% malta de quinua, 17% de malta de amaranto. Posteriormente mediante la prueba discriminatoria de ordenamiento se compararon las mezclas antes mencionadas contra la mezcla control y se encontró que la mezcla 1 y 7 las cuales contenían menor sustitución de cebada mediante el ordenamiento se seleccionaron como las más aceptadas, empleando como factor de comparación la cerveza 100 % malta de cebada. El perfil descriptivo cuantitativo presenta los atributos del producto terminado como: apariencia (color, turbidez y espuma), olor, sabor y sensación en la boca, dando como resultado que la fórmula 1 obtuvo la mejor aceptación con relación a la muestra de control por parte del panel de jueces; mediante el análisis sensorial descriptivo cuantitativo se ha demostrado que a mayor nivel de sustitución de malta de cebada la apariencia se ve afectada pasando de un color cobrizo a un color dorado, y de un menor nivel de turbidez a uno mayor, mientas que el nivel de espuma si se vio afectado drásticamente a medida que se sustituye, especialmente por el aumento del porcentaje de malta de quinua ya que la misma produce un aumento en a retención de espuma ; mediante este análisis también se estable que el nivel de sustitución provoca cambios en relación al olor y sabor, causando principalmente sabores a maní y aceituna por el aumento de la quinua y amaranto respectivamente. Al igual que se ha evidenciado que ha mayor reemplazo de la malta base existe un incremento en la astringencia y cuerpo, mientras que el nivel de efervescencia aumenta.

- La caracterización del producto final se efectuó conforme a lo establecido en la norma (NTE-INEN-2262, 2013), resultando a nivel físico-químico (pH, grado alcohólico, volúmenes de CO_2, acidez total y contenido de hierro, cobre, zinc, arsénico y plomo), y

microbiológico (anaerobios mesófilos, mohos y levaduras) con valores dentro de la normativa vigente; la aceptación sensorial mediante la prueba de escala hedónica del producto final seleccionado fue similar que el de la muestra de control, por ende, para una sustitución de malta de cebada del 25% las características sensoriales como color, nivel de espuma, turbidez, olor, astringencia, cuerpo y efervescencia no presentan diferencias significativas con relación a la muestra de control, no obstante el sabor de la formulación 1 presenta sabores a maní y aceituna que la muestra de control no posee .

RECOMENDACIONES

- La sustitución de cebada malteada en hasta un 66% por malta de quinua y amaranto es recomendable, en cuanto a los parámetros de control de calidad como densidad, atenuación, grado alcohólico, pH y acidez total, debido a que no presentó diferencia significativa entre las mediciones de cada formulación, al igual que estas se encontraban dentro de los rangos establecidos.
- En cuanto a mayor sustitución de cebada, la aceptación sensorial disminuye, por tanto, se recomienda que, para futuras investigaciones, el porcentaje de sustitución máximo de malta de cebada sea del 40%.
- Se recomienda realizar mediciones de pH durante el proceso de elaboración de cerveza, puesto que las reacciones enzimáticas son extremadamente dependientes del pH.
- Se sugiere llevar un control sanitario y de calidad durante el proceso de elaboración para evitar posibles contaminaciones en el producto final.

Bibliografía

Aguilar, H. (2012). *Perfil de expresión a nivel transcripcional en respuesta a estrés salino en dos especies de amaranto (Amaranthus cruentus L. y Amaranthus hypochondriacus L.).* Mexico: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

AINIA. (2013). *Metales pesados en alimentos*. Obtenido de https://www.ainia.es/noticias/seguridad-alimentaria/metales-pesados-en-alimentos-como-se-analizan/

Asociación Internacional de Cerveceros. (2015). *índices de amargor (°IBU) característicos de los principales estilos de cervezas Ale comercializadas en el mundo:*. Obtenido de https://www.brewersassociation.org/

Basantes, E. (2015). *Manejo de Cultivos Andinos en el Ecuador.* Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Beckley, J., Moskowitz, H., & Resurreccion, A. (2006). Sensory and consumer research in food product desing and deve lopment. Estados Unidos: Blackwell Publishing.

Bergogne, E. (1995). Impact écologique de l´antibiothérapie. Place des microorganismes de substitution dans le controle des diarrhées et colites associées aux antibiotiques. *Presse Méd*, 145-156.

Boffill, Y., & Gallardo, I. (2014). Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. Revisión bibliográfica. *Tecnologia Quimica*, 266-274. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543783011.pdf

Carbonell, J., & Sendra, J. (1999). Evaluación De Las Propiedades Nutritivas,Funcionales y Sanitarias de la Cerveza, en comparacion con otras bebidas. *Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IATA/CSIC)*, 6-11.

Carretero, F. (2006). *Procesos de Fabricación de Bebidas Alcohólicas.* Barcelona,España: Escola Universita D'Enginyeria Técnica Industrial.

Carvajal, L., & Insuasti, M. (2010). *Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (Hordeum*

vulgare) y yuca (Manihot esculenta crantz). Ibarra: Universidad Tecnica del Norte.

Castañé, X. (2006). Los tanques cilindro-cónicos y el tiempo de guarda de la cerveza. *Dialnet*, 75-84.

Castañeda, R. (2015). *Elaboracion de Cerveza tipo Ale en base a un sustrato de quinua (Chenopodium quinoa willd) y cebada (Hordeum vulgare).* Quito: Universidad Tecnologica Equinoccial.

Castañeda, R., Andrade, M., Argüello, Y., & Vernaza, M. (2018). *Efecto de la adición de quinua (Chenopodium quinoa wild) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (Hordeum vulgare) malteada.* Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Castellanos, L. (2003). *Formacion de un panel sensorial entrenado.* Guatemala: Instituto de Nutricion de Centro America y Panama (INCAP/OPS).

Castillo, C. (2002). Germinación y Malteado de la Cebada. *Revisiones de la Ciencia*, 4-8.

Catania, C., & Avagnina, S. (2007). *Curso Superior de Degustación de Vinos.* Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Celis, I. (2019). *Fundamentos y metodologías básicas de evaluación sensorial, en el entrenamiento de un panel sensorial (caso práctico: cerveza artesanal).* Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Cerveceria Nacional. (2017). *Sostenibilidad*. Obtenido de Cebada: https://www.cervecerianacional.ec/content/cebada

Che Cerveza. (2019). *Che Cerveza*. Obtenido de Todo sobre densidad extracto, rendimiento, atenuacion y mas: https://checerveza.com/densidad/

Chucrallah, R. (2015). *Cultura en Proyectos.* Obtenido de http://www.culturaenproyectos.org/wp-content/uploads/2015/03/Taller-de-Cerveza-Artesanal.pdf

Cinkmanis, I., Straumite, E., & Cakste, I. (2014). Sensory Evaluation of Beer Drinks. *Rural Sustainability Research, 31*, 25-32. https://doi.org/https://doi.org/10.2478/plua-2014-0003

Coello, W. (2018). *Analisis de la politica tributaria, arancelaria y su efecto en la cerveza*

industrial ecuatoriana. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Coleto, E. (2019). *Efecto del tratamiento del agua en la elaboración de la cerveza: aplicación en una microcervecería artesanal.* Sevilla: Universidad de Sevilla.

Constanza Business & Protocol School. (2016). *UCAM Universidad Catolica de Murcia*. Obtenido de https://www.constanza.org/tag/mercado/

Coronel, J., & Jiménez, C. (2011). *Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur*. Cuenca: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

De Bruin, A. (2006). Investigation of the food value of quinua and canihua seed. *Journal of Food Science*, 872-876. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1964.tb00464.x

De Mesones, B. (2005). *Maestro cervecero.* Berlín: Universidad Versuchs - und Lehranstalt für Brauerei (VLB).

Di Nardo, N. (2016). *Logística para exportar: Análisis de viabilidad para la exportación de malta de cebada.* Quequén, Argentina: UNICEN.

Díaz, D. (2018). *Elaboración de cerveza artesanal tipo ale, a partir de la malta preparada con amaranto y otros cereales.* Quito: Universidad de las Américas.

Díaz, I. (2015). Cerveza. *Alimentos con historia, 3*, 45-55.

Domínguez, F. (2021). Elaboración de cerveza artesanal. (B. Chamba, & A. Ochoa, Entrevistadores)

Drake, M. (2007). Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 4925-4937.

Drapala, A., & Hernández, D. (2018). *Elaboración de cerveza de maíz.* Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.

Dunachie, D. (2015). *Análisis del amargor y el color en la cerveza* . Colorado: Hach Company.

Eblinger, H. (2009). Handbook of Brewing: Processes,Technology, Markets. Alemania: Wiley-VCH Verlag GmbH; Illustrated edición.

Echia, D. (2018). *Elaboración de cerveza utilizando una mezcla de malta de cebada y papa nativa amarilla "Tumbay.* Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.

EKOS. (2014). Cerveceria Nacional CN S.A. *Ekos*.

Elias, A. (2019). *Desarrollo del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) para caracterizar las cualidades sensoriales de Miel de Agave.* Saltillo, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Espinosa, J. (2020). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Cuba: Editorial Universitaria.

Espinosa, K. (25 de 07 de 2018). *Gestion Digital*. Obtenido de https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/el-pais-produce-mas-cebada-y-cada-vez-mejor-cerveza

Espitia, E., Mapes, E., Nuñez, C., & Escobedo, D. (2010). Distribución geográfica de las especies cultivadas de Amaranthus y sus parientes silvestres en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 427-437.

Estrella, M. (2001). *Elaboracion de Cerveza.* Madrid, España: Asociación de Personal Docente Jubilado de la Universidad Politécnica de Madrid.

Falconí, E., Garófalo, J., Llangarí, P., & Espinoza, M. (2010). *El Cultivo de Cebada: Guia para la produccion artesanal de la semilla de calidad* . Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

FAO. (2011). *Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security.* Santiago, Chile: Regional Office for Latin America and the Caribbean.

Fernández, J., García, J., Madagan, M., Olmedo, J., Piñeiro, J., Valladares, J., & Nadal, J. (2011). Guía del cultivo del lúpulo. *Lutega*, 2-26.

Fernández, M. (13 de 02 de 2018). *Forbes*. Obtenido de Es el agua el elemento esencial de la cerveza: https://www.forbes.com.mx/es-el-agua-el-elemento-esencial-de-la-cerveza/

Ferreyra, L. (2014). *Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales.* Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.

Fix, G. (1999). *Principles of Brewing Science; A Study of serious Brewing Issues.* Colorado: Brewers Publications.

Forero, N., Salgado, Y., Moncayo, D., & Cote, S. (2016). Efecto del proceso de malteado en la

calidad y estabilidad de una bebida de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y mango (Mangifera indica). *Revista Agroindustrial Science*, 2-3.

Gallardo, I., Boffill, Y., Ozuna, Y., Gómez, O., Pérez, M., & Saucedo, O. (2013). Producción de bebidas usando sorgo malteado como materia prima para enfermos celíacos. *Avances en Ciencias e Ingeniería, 4*(1), 61-73. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627689006.pdf

García, D. (2019). *Cuaderno de Cultura Cientifica*. Obtenido de https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/

Garcia, M. (20 de 11 de 2017). *Blogspot*. Obtenido de Taxonomía en Plantas: http://taxonomiaenplantas2017.blogspot.com/2017/11/cebada.html

Garcia, X. (2014). La cerveza en España. En X. García, *La Cerveza en España* (págs. 15-17). Madrid: LID Editorial Empresarial.

Giner, S. (27 de 08 de 2019). *2D2Blog*. Obtenido de https://www.2d2dspuma.com/blog/que-es/el-mosto-cerveza/

Gonzáles, M. (2017). *Principios de la Elaboracion de las Cervezas Artesanales.* Morrisville, North Carolina: Lulu Enterprises.

González, M. (2017). *Principios de Elaboración de las Cervezas Artesanales.* Morrisville: Independently published.

Gourmet de México. (2019). *Gourmet de México*. Obtenido de https://gourmetdemexico.com.mx/bebidas/que-es-el-malteado/

Hellborg, L., & Piskur, J. (2009). *Yeast diversity in the brewing industry.Beer in health and disease prevention.* USA: Elseiver.

Hernández, B., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., Ramírez, L., & Luis, G. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (Amaranthus spp.). *Journal of Negative and No Positive Results*, 423-436. https://doi.org/https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410

Hernandez, E. (2005). *Evaluación sensorial.* Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

Hough, J. (1990). *Biotecnología de la Cerveza y de la Malta.* Zaragoza, España: Ed.Acribia.

Hudston, H. (1977). El Cervecero en la práctica. Wisconsin: Asociación de Maestros cerveceros de las Américas.

IICA, I. I. (1999). *Industria de la Cerveza.* San José: Federación Española de Industrias de Alimentación y Bebidas (FIAB).

INEC. (2013). *Consumo de alcohol en el Ecuador.* Quito: Instituto Nacional de Estadisticas y Censos.

INEN 1108. (2011). *Agua Potable Requisitos.* Quito: NormaTécnica Ecuatoriana.

InfoAgro. (2005). *InfoAgro*. Obtenido de El Cultivo de la cebada (parte 1): https://infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm

INIAP. (2014). *Posibilidades del cultivo en el Ecuador.* Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Jacobsen, S., & Sherwood, S. (2002). Cultivo de Granos Andinos en el Ecuador. En S. Jacobsen, & S. Sherwood, *Informe Sobre los Rubros: Quinua, Chocho y Amaranto.* (págs. 13-26). Quito: Abaya-Yala.

Jacobsen, S., & Stolen, O. (1993). *Quinoa - Morfology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe.* Agron: Euro J.

Jara, F. (2018). *Comparación del análisis tradicional de la escala hedónica de 9 puntos, que da resultados sesgados, con un nuevo tipo de análisis basado en la teoría de detección de señales llamado el índice R para ordenamiento.* San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Kunze, W. (2006). *Tecnología para cerveceros y malteros.* Alemania: VLB Berlin.

Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. . *Food Quality and Preference*, 733-747.

Liria, M. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos.* Lima: AgroSalud.

Lizárraga, J., & Elí, J. (2018). *Efecto de la sustitución de la cebada (Hordeum Vulgare) por*

amaranto (Amaranthus Caudatus l.) en el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y en las características sensoriales en una cerveza tipo Ale. Trujillo: Universidad César Vallejo.

Llerena, C. (2021). *Procesamiento de bebidas alcoholicas.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Mardones, N. (2012). *Evaluación del uso de maltas caramelo en la elaboración de cervezas.* Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Martínez, C. (2015). *Análisis prospectivo al 2020 de la industria de la cerveza artesanal en el Ecuador como generadora de crecimiento económico.* Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.

Martínez, J., & Valls, V. A. (2007). *El lúpulo contenido en la cerveza, su efecto antioxidante en un grupo controlado de población.* Valencia: Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA). Facultad de Medicina.

Mazón, N., Peralta, E., Rivera, M., Subia, G., & Tapia, C. (2003). *Catálogo del banco de germoplasma de amaranto (Amaranthus spp.).* Quito: INIAP.

Ministerio de Agricultura y Ganadería Ecuatoriano. (2017). *Gobierno del Encuentro*. Obtenido de 2017 Año clave para Ecuador en exportación de quinua: https://www.agricultura.gob.ec/2017-ano-clave-para-ecuador-en-exportacion-de-quinua/

Montenegro, D. (2016). *Desarrollo de cerveza a base de amaranto.* Quito: Universidad Tecnologica Equinoccial.

Mosher, R. (2015). *Mastering Homebrew: The Complete Guide to Brewing Delicious Beer (Beer Brewing Bible, Homebrewing Book).* San Francisco: Chronicle Books.

MSCBS. (2007). *Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social de España*. Obtenido de https://www.mscbs.gob.es/campannas/campanas07/alcoholmenores9.htm#:~:text=La%20graduaci%C3%B3n%20alcoh%C3%B3lica%20se%20expresa,%2C%20es%20decir%20el%2013%25.

Mujica, A., & Jacobsen, S. (1999). *Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos y su mejoramiento.* Curso Internacional sobre Fisiología de la Resistencia a

Sequía en Quinua.

Nieto, C. (1990). *El cultivo de amaranto (Amaranthus spp.) una alternativa agronómica para Ecuador.* Quito: INIAP.

NTE-INEN-1529-10. (2013). *Control microbiológico de los alimentos Mohos y levaduras Viables, Recuentos en placa por siembra en profundidad.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización .

NTE-INEN-1529-5. (2006). *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. REP.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2262. (2013). *Bebidas Alcoholicas Cerveza Requisitos.* Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

NTE-INEN-2322. (2002). *Bebidas Alcoholicas Cerveza Determinacion de Alcohol.* Quito: Norma Técnica Ecuatoriana. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2323.pdf

NTE-INEN-2323. (2002). *Bebidad Alcoholicas Cerveza Determinacion de la Acidez Total.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2324. (2002). *Bebidad alcohólicas Cerveza Determinación de Dióxido de Carbono "CO2" y aire.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2325. (2002). *Bebidas alcohólicas Cerveza Determinación del pH.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2326. (2002). *Bebidas alcohólicas Cerveza Derterminación de Hierro.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2327. (2002). *Bebidas alcohólicas Cerveza Determinación de Cobre.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2328. (2002). *Bebidas alcohólicas Cerveza Determinación de Zinc.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2329. (2002). *Bebidas alcohólicas Cerveza Determinación de Arsénico.* Quito:

Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE-INEN-2330. (2002). *Bebidas alcohólicas Cerveza Determinación de Plomo.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Ñahuero, M. (2018). *Caracterización fisicoquímica de la malta de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en dos variedades a condiciones de laboratorio.* Acobamba : Unversidad Nacional de Huancavelica.

Olalla, J. (2001). *El libro blanco de la cerveza.* Madrid: Cerveceros de.

Pacheco, K., & González, C. (2013). Perfil descriptivo sensorial de un concentrado proteico por la técnica de análisis cuantitativo-descriptivo en la Fundación Ciepe, San Felipe, Yaracuy. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 80-82.

Panda, S. K. (2015). Anthocyanin-Rich Sweet Potato (Ipomoea batatas L.) Beer: Technology, Biochemical and Sensory Evaluation. *Institute of Food Science Tecnology*, 3040-3049.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., & Rodríguez, D. (2014). *Manual Agricola de Granos Andinos (Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco).* Quito: INIAP.

Pérez, L. (24 de 09 de 2020). *Cerveceros de México*. Obtenido de Cámara de la Cerveza y de la Malta: https://cervecerosdemexico.com/2020/09/24/que-caracteristicas-aporta-la-cebada-malteada-a-la-cerveza/

Poelmans, E., & Swinnen, J. (2011). A Brief Economic History of Beer. (J. Swinnen, Ed.) *The economics of beer, Oxford Univesity Press*, 4-12. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199693801.003.0001

ProChile. (2017). *Estudio de Mercado Cerveza Artesanal en Ecuador.* Obtenido de https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/pmp_cerveza_artesanal_ecuador.pdf

Ramírez, J. (2012). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *ReCiTeIA* , 83-102.

Real Academia Española. (2020). *RAE*. Obtenido de https://dle.rae.es/cebada

Renneberg, R. (2008). Biotecnologia para principiantes. En R. Renneberg, *Biotecnologia para principiantes* (págs. 21-22). Barcelona: Editorial Reverté.

Rodríguez, H. (2003). *Determinación de parámetros fisicoquímicos para la caracterización de cerveza tipo Lager elaborada por compañía cervecera Kunstmann S.A.* Valdivia: Universidad Austral de Chile.

Rodríguez, W. (2015). *Efecto de la sustitución de cebada (hordeum vulgare) por quinua (chenopodium quinoa) y del PH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale.* Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO.

Roessler, E., Warren, J., & Guymon, J. (1948). Significance in triangular test. California: Food Res.

Ruiz, Y. (2006). *Elaboración y evaluación de maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada (hordeum vulgare) producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala.* México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Salas, R. (2010). *Efecto del malteado de quinua (chenopodium quinoa) kañiwa (chenopodium pallidicaule aellen) y kiwicha (amaranthus caudatus) en la elaboración de galletas.* Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Sánchez, C. (2007). *Caracterización fisicoquímica y nutracéutica de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) cultivado en San Luis Potosí.* San Luis Potosí: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

Sanchis, V., Orive, M., & Ramos, J. (2000). *La cerveza. Aspectos microbiol{ogicos.* Lleida, España: Escuela Tecnica Superior d'Enginyers Agrònoms.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Mexico. (2015). *Amaranto alimento completo.* Mexico: Gobierno de Mexico. Obtenido de Amaranto: el alimento vegetal más completo: https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/amaranto-alimento-completo

Sendra, J., & Carbonell, J. (1999). Evaluación De Las Propiedades Nutritivas,Funcionales Y Sanitarias De La Cerveza, En Comparación Con Otras Bebidas. *Cerveza y Salud*, 6-11.

Simonazzi, A. (2009). *eLibro.* (E. Cid, Ed.) Obtenido de https://elibro.net/es/ereader/uguayaquil/29301?page=5

Spellmeyer, E. (2014). Brew It Yourself: Professional Craft Blueprints for Home Brewing. Bloomington: Microcosm Publishing.

Suárez, M. (2013). *Cerveza: Componentes y propiedades.* Oviedo, España: Universidad de Oviedo.

Surco, J., & J, A. (2011). Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificacion. *Revista Boliviana de Química*, 79-82.

Terán, S. (2017). *Evaluación de la utilización de amaranto (Amaranthus spp.) como adjunto y dos cepas de levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la fabricación de cerveza.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Themes, G. (2016). ¿Cómo medir el grado de alcohol de un producto alcohólico? *Boustens*. Obtenido de https://www.boustens.com/como-medir-el-grado-de-alcohol-de-un-producto-alcoholico/

Tinto, F., Sanches, J., Vidal, M., & Vijan, P. (2004). *La cerveza artesanal.* Sabadell, España: Cerveart.

Toaquiza, N. (2012). *Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de amaranto iniap-alegría (amaranthus caudatus) y panela.* Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.

Toribio, K. (2015). *Evaluación de la estabilidad como starter de Saccharomyces pastorianus ssp. carlsbergensis para la producción de cerveza tipo Lager.* Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Treasure, K. (2020). Como Elaborar Cerveza Casera. En K. Treasure, *Como Elaborar cerveza casera* (pág. 52). Miguel Angel Carballal Sanjurjo.

Tschope, E. (2001). *Microcervejarias e cervejarias: La Historia, El Arte y La Tecnología* . Sao Paulo: Eden.

UPAEP. (2014). *Análisis sensorial.* Puebla, México: GAS 121.

USDA. (13 de 11 de 2019). *Food News Latam*. Obtenido de Producción Mundial de Cebada 2019/2020: https://www.foodnewslatam.com/paises/4967-centro-am%C3%A9rica/9583-producci%C3%B3n-mundial-de-cebada-2019-2020.html

Vegaffinity. (2010). *Vegaffinity*. Obtenido de Malta de cebada: Beneficios e Información Nutricional: https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/malta-de-cebada-beneficios-informacion-nutricional--f1821

Velasco, F. (2017). *Carbonatar la cerveza en botella.* Obtenido de https://www.lamalteriadelcervecero.es/carbonatar-la-cerveza-en-botella/

Verti, S. (2002). *El mundo de la cerveza.* Mexico.

Vicente, P. d. (2016). *Estudio sensorial para conocer al consumidor.* Madrid, España: Laboratorio AENOR.

Vílchez, D. (2005). *Determinación del costo, calidad fisicoquímica y organoléptica de cerveza artesanal obtenida de Saccharomyces cerevisiae y Saccharomyces carlsbergensis.* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Villacres, E. (2008). La Cebada un cereal nutritivo (50 recetas para preparar). En INIAP. Quito: Editorial Grafistas.

Villacrés, E. (2017). *INIAP, Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias.* Obtenido de https://docplayer.es/17189178-Valor-nutricional-funcional-y-potencial-agroindustrial-de-la-quinua-en-ecuador.html

Wacher, C. (2014). La Biotecnologia Alimentaria Antigua: os Alimentos Fermentados. *Revista Digital Universitaria*, 9-10. Obtenido de http://www.revista.unam.mx/vol.15/num8/art64/art64.pdf

Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., & Elías, L. (1992). Métodos sensoriales! básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa: Centro Internacional de Desarrollo de Investigaciones.

ANEXOS

ANEXOS (A): Análisis sensorial

Tabla 40

Análisis estadístico de las pruebas dúo-trio y triangular de Roessler

Número de jueces	Numero de respuestas correctas para que la prueba sea significativa					
	Prueba dúo-trio			Prueba triangular		
	5%	1%	0,1%	5%	1%	0,1%*
5	-	-	-	4	5	-
6	-	-	-	5	6	-
7	7	7	-	5	6	7
8	7	8	-	6	7	8
9	8	9	-	6	7	8
10	9	10	10	7	8	9
11	9	10	11	7	8	10
12	10	11	12	8	9	10
13	10	12	13	8	9	11
14	11	12	13	9	10	11
15	12	13	14	9	10	12
16	12	14	15	9	11	12
17	13	14	16	10	11	13
18	13	15	16	10	12	13
19	14	15	17	11	12	14
20	15	16	18	11	13	14
21	15	17	18	12	13	15
22	16	17	19	12	14	15
23	16	18	20	12	14	16
24	17	19	20	13	15	16
25	18	19	21	13	15	17
26	18	20	22	14	15	17
27	19	20	22	14	16	18
28	19	21	23	15	16	18
29	20	22	24	15	17	19
30	20	22	24	15	17	19
40	26	29	30	19	21	24
50	32	34	37	23	26	28

Fuente: (Roessler y otros, 1948)

Tabla 41

Análisis de datos Kramer de categorías totales necesarias para un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0.05$)

Número de jueces	Numero de tratamientos o muestras ordenadas								
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
2				-	-	-	-	-	-
				3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18
3	-	-	-	4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28
	-	4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25
4	-	5 -11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36
	-	5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31
5	-	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43
	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38
6	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51
	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45
7	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58
	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51
8	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64
	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57
9	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71
	11-16	14-22	17-28	20-34	23-40	26-46	29-52	32-58	35-64
10	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78
	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50	34-56	37-63	40-70
11	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	36-85
	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76
12	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91
	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82
13	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-88	45-98
	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89
14	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	44-84	46-94	50-104
	18-24	23-35	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	54-86	59-95
15	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	50-100	54-111
	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	59-91	64-101
16	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117
	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	62-98	69-107
17	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124
	22-29	28-40	35-50	41-61	48-71	54-82	61-92	67-103	74-113

Fuente: (Hernandez, 2005)

Nombre: **Fecha:**

Edad:

Prueba discriminatoria dúo-trío

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan tres muestras de cerveza de las cuales una se encuentra codificada con la letra "R" (muestra de control), evalúe las muestras e identifique cuál de las dos muestras es parecida a la muestra de control conforme a los atributos de apariencia, olor, sabor y sensación en la boca; el orden de los números no tiene ningún tipo de relación con las características a evaluar, marque con una X la opción que considere correcta.

Antes de la evaluación de cada muestra beba un sorbo de agua para evitar la saturación entre muestras.

Muestra de control (R) similar a: ☐ 910 ☐ 838

Comentario: _____

Muestra de control (R) similar a: ☐ 226 ☐ 424

Comentario: _____

Muestra de control (R) similar a: ☐ 331 ☐ 101

Comentario: _____

Muestra de control (R) similar a: ☐ 747 ☐ 616

Comentario: _____

Muestra de control (R) similar a: ☐ 525 ☐ 131

Comentario: _____

Nombre: **Fecha:**

Edad:

Prueba discriminatoria de ordenamiento

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan 5 muestras de cerveza codificadas, obsérvelas, degústelas y sienta su consistencia, usted debe ordenarlas de mayor a menor en la siguiente tabla conforme a su apariencia, olor, sabor y sensación en la boca con respecto a la muestra de control codificada con la letra "R".

Cada muestra debe llevar un orden diferente, dos muestras no deben tener el mismo orden, colocar en cada línea la codificación asignada para cada muestra.

Antes de la evaluación de cada muestra beber un sorbo de agua para evitar la saturación entre muestras.

Similitud con la muestra de control	**Orden en relación con los atributos generales**
Mayor similitud Poca similitud	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

Observación:

_____

_____

Nombre: **Fecha:**

Edad: **Muestra:**

INSTRUCCIONES

Prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA)

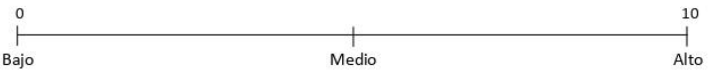
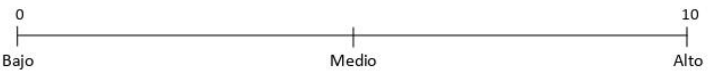
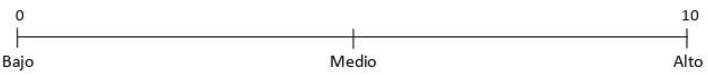
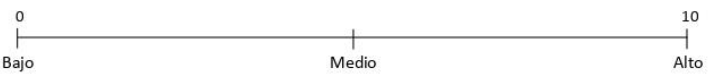
A continuación, se presenta la muestra de cerveza codificada, obsérvela, degústela y sienta su consistencia, marque con una raya en la siguiente escala donde considere la intensidad de la característica conforme a su apariencia, olor, sabor y sensación en la boca, considerando al 0 (menor puntuación) y al 10 como (mayor puntuación)

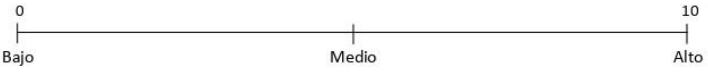
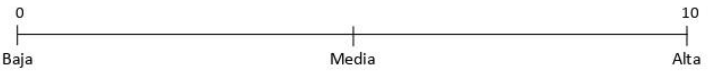
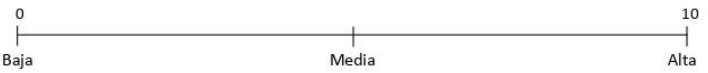
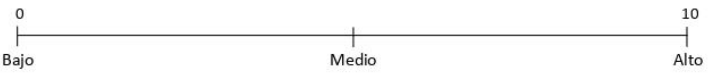
Antes de la evaluación de cada muestra beba un sorbo de agua para evitar la saturación entre muestras.

Análisis de apariencia	
Color	0 — Marrón — Ámbar — Cobrizo — 10 Dorado
Turbidez	0 — Clara — Semi turbia — Turbia — 10 Muy turbia
Espuma	0 — Bajo nivel de espuma — Medio nivel de espuma — 10 Alto nivel de espuma

Análisis de olor	
Agrio	0 — Bajo — Medio — 10 Alto
Frutal	0 — Bajo — Medio — 10 Alto
Caramelo	0 — Bajo — Medio — 10 Alto
Cebada	0 — Bajo — Medio — 10 Alto
Alcohólico	0 — Bajo — Medio — 10 Alto

Prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA)

Análisis de sabor	
Dulce	
Aceituna	
Amargo	
Frutal	
Cebada	
Alcohólico	
Maní	

Análisis de sensación en la boca	
Metálico	
Picante	
Astringencia	
Efervescencia	
Cuerpo	

Nombre: **Fecha:**

Edad:

INSTRUCCIONES

Prueba de escala hedónica

Frente a usted se presentan 3 muestras de cerveza codificadas. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en el que le gusta o disgusta cada muestra, de acuerdo con el puntaje/categoría colocando el numero correspondiente para cada muestra. Antes de la evaluación de cada muestra beba un sorbo de agua para evitar la saturación entre muestras.

Puntuación	Categoría
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Muestra	Atributo	Escala
	Apariencia	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Olor	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Sabor	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Sensación en la boca	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Apariencia	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Olor	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Sabor	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Sensación en la boca	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Apariencia	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Olor	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Sabor	1 2 3 4 5 6 7 8 9
	Sensación en la boca	1 2 3 4 5 6 7 8 9
Observaciones:		

Figura 12

Guía de colores para la cerveza

SRM/Lovibond	Color de la cerveza	EBC	Ejemplos
2		4	Pale lager, Witbier, Pilsener, Berliner Weisse
3		6	Maibock, Blonde Ale
4		8	Weissbier
6		12	American Pale Ale, IPA
8		16	Weissbier, Saison
10		20	English Bitter, ESB
13		26	Biere de Garde, Double IPA
17		33	Dark lager, Vienna lager, Marzen, Amber Ale
20		39	Brown Ale, Bock, Dunkel, Dunkelweizen
24		47	Irish Dry Stout, Doppelbock, Porter
29		57	Stout
35		69	Foreign Stout, Baltic Porter
40+		79	Imperial Stout

Fuente: (Celis, 2019)

Resultados del análisis sensorial

Tabla 43 *Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 9 y 8*

Catadores	Formulaciones	
	9	**8**
1	0	1
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0
11	1	0
12	1	0
Sumatoria	11	1

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 42 *Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 2 y 4*

Catadores	Formulaciones	
	2	**4**
1	0	1
2	0	1
3	0	1
4	1	0
5	0	1
6	0	1
7	0	1
8	0	1
9	1	0
10	0	1
11	0	1
12	0	1
Sumatoria	2	10

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 44 *Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 3 y 10*

Catadores	Formulaciones	
	3	**1**
1	0	1
2	1	0
3	0	1
4	0	1
5	0	1
6	0	1
7	0	1
8	0	1
9	0	1
10	0	1
11	1	0
12	0	1
Sumatoria	2	10

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 45 *Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 7 y 6*

Catadores	Formulaciones	
	7	**6**
1	0	1
2	0	1
3	1	0
4	0	1
5	0	1
6	0	1
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0
11	1	0
12	1	0
Sumatoria	7	5

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 46

Resultados de la prueba dúo-trio entre la formulacion 5 y 1

Catadores	Formulaciones	
	5	**1**
1	0	1
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	0	1
7	0	1
8	0	1
9	0	1
10	0	1
11	0	1
12	0	1
Sumatoria	4	8

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 47.

Resultados de la prueba de ordenamiento entre la formulacion 9, 4, 1, 10 y 7

	Formulaciones				
Catadores	**910**	**424**	**131**	**101**	**747**
1	5	4	1	3	2
2	4	5	1	2	3
3	5	4	2	1	2
4	4	5	2	3	1
5	5	4	3	1	2
6	5	3	1	4	2
7	5	4	2	3	1
8	5	3	1	4	2
9	5	4	3	1	2
10	5	4	2	3	1
11	5	4	1	3	2
12	5	4	1	2	3
Sumatoria	58	48	20	30	23

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 48

Evaluación sensorial prueba de escala hedónica de la muestra de control

Muestra de control	Apariencia	Olor	Sabor	Sensación en la boca
1	8	8	7	8
2	8	8	8	6
3	8	8	8	8
4	8	7	8	6
5	8	8	8	8
6	7	8	8	8
7	8	8	8	8
8	8	7	8	8
9	7	7	8	8
10	8	8	8	8
11	8	8	8	8
12	7	8	8	8
13	8	7	8	6
14	8	7	8	8
15	7	8	8	8
16	8	7	8	8
17	8	8	8	8
18	7	8	7	8
19	8	8	7	8
20	8	8	8	6
21	8	8	8	8
22	7	8	8	8
23	7	7	7	8
24	7	7	7	6
25	8	8	8	8
26	8	8	8	8
27	7	8	7	6
28	8	8	8	8
29	8	7	8	8
30	8	8	8	8
Sumatoria	231	231	234	228
Media	7,7	7,7	7,8	7,6
Varianza	0,217	0,217	0,166	0,662
Desviación	0,466	0,466	0,407	0,814
Coef. Variación	0,061	0,061	0,052	0,107

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 49

Evaluación sensorial prueba de escala hedónica de la formulación 1

Formulación 1	Apariencia	Olor	Sabor	Sensación en la boca
1	8	8	7	8
2	7	8	8	7
3	8	7	8	8
4	7	7	8	7
5	8	8	8	8
6	7	8	8	8
7	8	8	8	8
8	8	7	8	8
9	7	7	8	8
10	6	8	8	8
11	7	6	8	8
12	7	8	8	8
13	8	7	8	7
14	8	7	8	8
15	7	6	8	8
16	8	6	8	7
17	8	8	6	8
18	7	6	7	8
19	6	7	7	8
20	8	8	8	7
21	8	7	8	8
22	7	8	8	8
23	7	7	7	7
24	7	7	7	7
25	8	7	6	8
26	8	7	8	8
27	7	8	7	6
28	8	8	8	8
29	8	7	8	8
30	8	8	7	8
Sumatoria	224	219	229	231
Media	7,467	7,3	7,633	7,7
Varianza	0,395	0,493	0,378	0,286
Desviación	0,629	0,702	0,615	0,535
Coef. Variación	0,084	0,096	0,081	0,069

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Tabla 50

Evaluación sensorial prueba de escala hedónica de la formulación 7

Formulación 7	Apariencia	Olor	Sabor	Sensación en la boca
1	5	7	7	8
2	6	6	7	7
3	8	7	7	7
4	6	6	5	6
5	6	7	7	7
6	7	7	7	7
7	8	6	8	6
8	7	6	7	7
9	7	6	6	6
10	7	8	7	7
11	6	6	7	6
12	7	6	6	6
13	6	7	6	7
14	7	7	7	7
15	7	7	6	6
16	8	7	6	7
17	7	7	7	7
18	5	8	7	8
19	6	8	8	8
20	6	7	7	7
21	7	8	8	7
22	8	6	7	7
23	8	6	8	8
24	7	8	6	7
25	6	8	7	6
26	7	7	8	6
27	7	6	7	7
28	7	6	7	8
29	6	6	7	7
30	5	6	7	8
Sumatoria	200	203	207	208
Media	6,667	6,767	6,9	6,933
Varianza	0,782	0,599	0,507	0,478
Desviación	0,884	0,774	0,712	0,691
Coef. Variación	0,133	0,114	0,103	0,100

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

ANEXOS (B): Evidencias

Proceso de elaboración de la malta de quinua y amaranto

Figura 13

Remojo de los granos de quinua

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 14

Germinado de granos

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 15

Crecimiento de las raicillas del grano

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 16

Secado de granos germinados

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Proceso de elaboración de la cerveza

Figura 17

Molienda de granos malteados

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 18

Medición de dureza del agua

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 19

Proceso de maceración de los granos malteados

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 20

Cocción del mosto

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 21

Medición de la densidad del mosto

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 22

Medición del pH del mosto

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 23

Fermentación del mosto a temperatura de 16 °C

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 24

Lavado de botellas con sanitizante

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 25

Llenado de botellas con el mosto fermentado

Elaborado por: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 26

Etiquetado y embotellado de la cerveza

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 27

Medición de acidez total en todas las formulaciones de cerveza

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Pruebas de análisis sensorial

Figura 28

Prueba de análisis sensorial dúo-trio para todas las formulaciones por parte del panel de jueces

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 29

Prueba de análisis sensorial de ordenamiento para las formulaciones preseleccionadas

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 30

Análisis de las formulaciones seleccionadas para determinar del perfil descriptivo

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 31

Prueba de análisis sensorial de ordenamiento para las formulaciones preseleccionadas

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

Figura 32

Etiquetado y presentación de la muestra seleccionada

Fuente: (Chamba & Ochoa, 2021)

ANEXO (C): Análisis de laboratorios

Análisis de acidez total en la cerveza para todas las formulaciones

GoldenLab
LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO
RUC: 0703460188001
Telf. : 0967389380
E-mail: goldenlab@hotmail.es
www.goldenlab.com.ec

Clientes:	Ana Karina Ochoa Procel Bryan Stiven Chamba Valarezo
Dirección:	Portovelo - El Oro
Tipo de muestra:	Cerveza artesanal de quinua y amaranto
Materia de envase:	Botella color ámbar y tapa corona
Temperatura de la muestra:	Ambiente

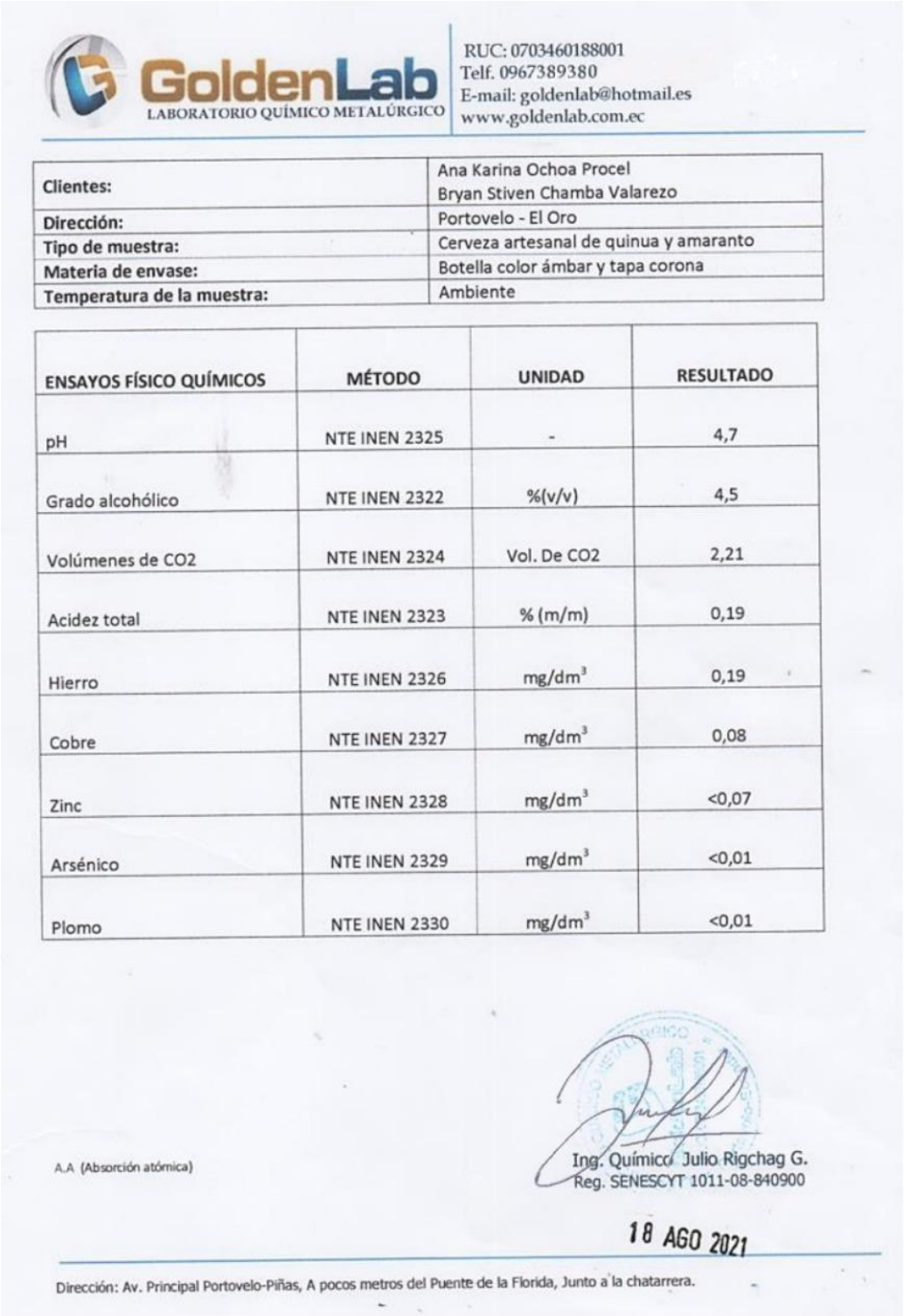
MUESTRA	ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
MC	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,22
M1	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,19
M2	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,16
M3	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,18
M4	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,18
M5	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,19
M6	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,19
M7	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,19
M8	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,15
M9	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,16
M10	Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,19

Ing. Químico Julio Rigchag G.
Reg. SENESCYT 1011-08-840900

18 AGO 2021

Dirección: Av. Principal Portovelo-Piñas, A pocos metros del Puente de la Florida, Junto a la chatarrera.

Análisis de físico químicos para el producto final seleccionado



GoldenLab
LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO

RUC: 0703460188001
Telf. 0967389380
E-mail: goldenlab@hotmail.es
www.goldenlab.com.ec

Clientes:	Ana Karina Ochoa Procel Bryan Stiven Chamba Valarezo
Dirección:	Portovelo - El Oro
Tipo de muestra:	Cerveza artesanal de quinua y amaranto
Materia de envase:	Botella color ámbar y tapa corona
Temperatura de la muestra:	Ambiente

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
pH	NTE INEN 2325	-	4,7
Grado alcohólico	NTE INEN 2322	%(v/v)	4,5
Volúmenes de CO2	NTE INEN 2324	Vol. De CO2	2,21
Acidez total	NTE INEN 2323	% (m/m)	0,19
Hierro	NTE INEN 2326	mg/dm^3	0,19
Cobre	NTE INEN 2327	mg/dm^3	0,08
Zinc	NTE INEN 2328	mg/dm^3	<0,07
Arsénico	NTE INEN 2329	mg/dm^3	<0,01
Plomo	NTE INEN 2330	mg/dm^3	<0,01

A.A (Absorción atómica)

Ing. Químico Julio Rigchag G.
Reg. SENESCYT 1011-08-840900

18 AGO 2021

Dirección: Av. Principal Portovelo-Piñas, A pocos metros del Puente de la Florida, Junto a la chatarrera.

Análisis de mohos, levaduras y microorganismos anaerobios para el producto final seleccionado

FISILAB S.A.
Laboratorio Fisicoquímico y Microbiológico

INFORME DE RESULTADOS
IDR –21 – 0100 - 01

Fecha de Elaboración: 25/08/2021

DATOS DEL CLIENTE

Nombre	**BRYAN STIVEN CHAMBA VALAREZO**
Dirección	Cooperativa Jardines del Salado Mz 216 B Villa 8
Teléfono	0987337800
Solicitante	Bryan Stiven Chamba Valarezo

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: BEBIDA ALCOHÓLICA	CANTIDAD: 250 ml	PRESENTACIÓN: ENVASE SELLADO	Código de Muestra: JZ-21-0100-01

Fecha de Recepción: 20/08/2021	Toma de Muestra: CLIENTE	Fecha de toma de Muestra: 20/08/2021

CONDICIONES AMBIENTALES DEL ANALISIS

Temperatura (°C)	21 °C	Humedad (%)	45 %
Fecha de Inicio de Análisis		20/08/2021	
Fecha de Finalización del análisis		25/08/2021	

RESULTADOS

IDENTIFICACION DE CLIENTE	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Incertidumbre
131	ANAEROBIOS MESOFILOS*	NOM-130-SSA1-1995	< $1X10^0$	ufc/cm^3	---
	HONGOS Y LEVADURAS*	NTE INEN 1 529-10	< $1X10^0$	up/cm^3	---

Observaciones:

1. Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.
3. La incertidumbre de la medición de los métodos incluidos en el alcance de acreditación solicitado al SAE está disponible, cuando el cliente lo requiera.
4. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación solicitado al SAE.

Jefe de Laboratorio

ANEXO (D)

Tabla 51

Corrección de la densidad para densímetros con calibración a 15 ºC

Temperatura ºC	Corrección	Temperatura ºC	Corrección
0	-0.0007	25	+0.0021
1	-0.0008	26	+0.0023
2	-0.0008	27	+0.0026
3	-0.0009	28	+0.0029
4	-0.0009	29	+0.0032
5	-0.0009	30	+0.0035
6	-0.0008	31	+0.0038
7	-0.0008	32	+0.0041
8	-0.0007	33	+0.0044
9	-0.0007	34	+0.0047
10	-0.0006	35	+0.0051
11	-0.0005	36	+0.0054
12	-0.0004	37	+0.0058
13	-0.0003	38	+0.0061
14	-0.0001	39	+0.0065
15	0	40	+0.0069
16	+0.0002	41	+0.0073
17	+0.0003	42	+0.0077
18	+0.0005	43	+0.0081
19	+0.0007	44	+0.0085
20	+0.0009	45	+0.0089
21	+0.0011	46	+0.0093
22	+0.0013	47	+0.0097
23	+0.0016	48	+0.0102
24	+0.0018	49	+0.0106

Fuente: (Gonzáles, 2017)