

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**EFFECTO 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**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Br. WILMER ERASMO RODRÍGUEZ CRUZ

TRUJILLO, PERÚ
2015

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón
PRESIDENTE

Ing. Ms. Elena Matilde Urraca Vergara
SECRETARIA

Ing. Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna
VOCAL

Ing. Ms. José Luis Soriano Colchado
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuente de inspiración y mi motivación para seguir adelante.

A mis padres Wilmer Julio y Rosa Azucena por haberme brindado todo su cariño en el día a día y por haberse esforzado para que, desde niño, pueda hacer realidad todos mis sueños. Les estaré eternamente agradecido, los amo.

A mi familia y cada una de mis personas queridas por incentivar me hacia mi desarrollo personal y por estar presente en la celebración de mis logros.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por darme la vida, por permitirme compartir con mi familia y amigos todos los buenos y malos momentos, por iluminar siempre mi camino y por darme fuerzas, compromiso y motivación para seguir luchando hacia el logro de mis metas e ideales.

A mis padres Wilmer Julio y Rosa Azucena por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y por haberme brindado un ambiente familiar lleno de amor, respeto y ternura, el cual ha sido la base para ser quién soy y quién espero ser demostrándoles que valió la pena cada sacrificio y consejo otorgado.

A cada miembro de mi familia y a cada una de mis personas queridas porque gracias a sus consejos siento que además de lograr éxito académicamente, he logrado desarrollarme como ser humano tanto en lo ético como en lo emocional.

A mi asesor Ms. José Soriano Colchado y a mi amigo y colaborador Ing. Jesús Obregón Domínguez por todos sus aportes y por haber compartido todos sus conocimientos hacia el desarrollo de la presente investigación.

A los miembros del jurado calificador: Dr. Carlos Lescano Anadón, Ms. Elena Urraca Vergara, Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna por todas las sugerencias impartidas y por su predisposición hacia la investigación científica.

Finalmente, a cada una de las personas que me acompañaron en esta trayectoria académica, brindándome sus aportes y experiencias, las cuales valoro y agradezco con mucho fervor.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Carátula	i
Aprobación por el Jurado de Tesis	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice general	v
Índice de Cuadros.....	viii
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	03
2.1. Generalidades	03
2.1.1. Cerveza.....	03
2.1.2. Composición química de la cerveza.....	03
2.2. Materias primas e insumos para la elaboración de la cerveza.....	05
2.2.1. Materias Primas	05
2.2.1.1. Cebada.....	05
2.2.1.2. Quinoa.....	07
2.2.2. Insumos	09
2.2.2.1. Agua	09
2.2.2.2. Levaduras.....	09
2.2.2.3. Lúpulo.....	10
2.3. Tipos de cerveza	10
2.4. Calidad de la cerveza tipo Ale	11
2.4.1. Grado alcohólico	12

2.4.2. Capacidad y estabilidad espumante	12
2.4.3. Densidad	14
2.4.4. pH	14
2.4.5. Índice de amargor	14
2.5. Evaluación sensorial con pruebas afectivas	15
2.6. Diseño de bloques incompletos	16
2.6.1. Diseño de bloques incompletos balanceados	17
2.6.2. Prueba de Durbin	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Lugar de ejecución	20
3.2. Materiales, equipos e instrumentos	20
3.2.1. Materia prima	20
3.2.2. Insumos	20
3.2.3. Reactivos químicos, microbiológicos y otros.....	20
3.2.4. Equipos e instrumentos.....	21
3.3. Metodología.....	22
3.3.1. Esquema experimental.....	22
3.3.2. Proceso experimental.....	23
3.3.3. Métodos de análisis	29
3.3.3.1. Grado alcohólico.....	29
3.3.3.2. Capacidad y estabilidad espumante	20
3.3.3.3. Densidad	31
3.3.3.4. pH.....	31
3.3.3.5. Índice de amargor.....	32
3.3.3.6. Aceptabilidad general	34
3.3.4. Métodos estadísticos	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en el grado alcohólico.....	37

4.2. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la capacidad espumante.....	41
4.3. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la estabilidad espumante	45
4.4. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la densidad	52
4.5. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en el pH final.....	56
4.6. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la aceptabilidad general.....	59
V. CONCLUSIONES.....	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. BIBLIOGRAFÍA	68
VIII. ANEXOS	73

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición química proximal de la cerveza.....	04
Cuadro 2. Composición química proximal de la cebada de dos carreras.....	06
Cuadro 3. Composición química proximal de la quinua variedad dulce blanca de Puno.....	08
Cuadro 4. Características de una cerveza tipo Ale de calidad	11
Cuadro 5. Corrección de la densidad específica en función a la temperatura	31
Cuadro 6. Porcentaje de utilización de lúpulo en función de la densidad y tiempo de ebullición	33
Cuadro 7. Parámetros del diseño de bloques incompletos balanceados	35
Cuadro 8. Prueba de Levene modificada para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale	38
Cuadro 9. Análisis de varianza para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale.....	39
Cuadro 10. Prueba de Tukey para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale.....	40
Cuadro 11. Prueba de Levene modificada para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale.....	42
Cuadro 12. Análisis de varianza para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale	43
Cuadro 13. Prueba de Tukey para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale.....	44
Cuadro 14. Prueba de Levene modificada para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale.....	47
Cuadro 15. Análisis de varianza para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale	48
Cuadro 16. Prueba de Tukey para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale.....	49

Cuadro 17. Prueba de Levene modificada para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale.....	50
Cuadro 18. Análisis de varianza para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale	51
Cuadro 19. Prueba de Tukey para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale	52
Cuadro 20. Prueba de Levene modificada para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale.....	54
Cuadro 21. Análisis de varianza para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale.....	54
Cuadro 22. Prueba de Tukey para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale.....	55
Cuadro 23. Prueba de Levene modificada para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale.....	57
Cuadro 24. Análisis de varianza para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale.....	58
Cuadro 25. Prueba de Tukey para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale	59
Cuadro 26. Diseño de bloques incompletos balanceados.....	60
Cuadro 27. Prueba de Durbin para la aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale.....	62
Cuadro 28. Comparaciones múltiples por grupos mediante el procedimiento de Conover para la aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.	Esquema experimental del efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en una cerveza tipo Ale	22
Figura 2.	Diagrama de flujo para la elaboración de malta cervecera a partir de malta de cebada y quinua malteada	23
Figura 3.	Diagrama de flujo para la elaboración de cerveza tipo Ale con la sustitución de cebada por quinua	24
Figura 4.	Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale	34
Figura 5.	Grado alcohólico en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.....	37
Figura 6.	Capacidad espumante en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración	41
Figura 7.	Disminución del volumen de espuma en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración	45
Figura 8.	Variación del volumen de espuma en el tiempo	46
Figura 9.	Volumen del líquido drenado en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración	50
Figura 10.	Densidad en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración	53
Figura 11.	pH final en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración	56
Figura 12.	Suma de rangos en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Media y desviación estándar correspondientes a las características fisicoquímicas de la cerveza de quinua tipo Ale	73
Anexo 2. Valores de grado alcohólico para la cerveza de quinua tipo Ale.....	74
Anexo 3. Valores de capacidad espumante para la cerveza de quinua tipo Ale.....	74
Anexo 4. Valores de la disminución del volumen de espuma para la cerveza de quinua tipo Ale.....	74
Anexo 5. Valores del volumen del líquido drenado para la cerveza de quinua tipo Ale	75
Anexo 6. Valores de densidad para la cerveza de quinua tipo Ale	75
Anexo 7. Valores de pH final para la cerveza de quinua tipo Ale	75
Anexo 8. Determinación del índice de amargor de la cerveza de quinua tipo Ale.....	76
Anexo 9. Calificaciones de la prueba de aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale.....	77
Anexo 10. Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza	78
Anexo 11. Diferencias entre la cerveza artesanal y la cerveza industrial	84

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se determinó el efecto de dos sustituciones de cebada (*Hordeum vulgare*) por quinua (*Chenopodium quinoa*) y de dos valores de pH inicial de maceración (5.0 y 6.0) en las características fisicoquímicas (grado alcohólico, capacidad y estabilidad espumante, densidad y pH final) y aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale.

La evaluación estadística de las características fisicoquímicas mostró que existe homogeneidad de varianzas en todas las variables de estudio ($p > 0.05$), presentándose efecto significativo tanto de la sustitución de cebada por quinua como del pH inicial de maceración sobre el grado alcohólico, la capacidad y estabilidad espumante y el pH final; con excepción de la densidad, sobre la cual sólo existió efecto significativo con la sustitución de cebada por quinua. La prueba de Tukey determinó que el mayor grado alcohólico (4.55%) se obtuvo con la sustitución de 25% - pH inicial de 6.0; además, dicho tratamiento obtuvo la mejor capacidad espumante (63%) al igual que el tratamiento con la sustitución de 50% - pH inicial de 6.0 (67%), siendo ambos estadísticamente iguales. En cuanto a la estabilidad espumante, los mejores resultados se obtuvieron con la sustitución de 25% - pH inicial de 6.0 y los dos tratamientos con sustitución de 50%, siendo los tres estadísticamente iguales; por otra parte, todos los tratamientos presentaron densidades y valores de pH final óptimos, con excepción del tratamiento con sustitución del 50% - pH inicial de 6.0, el cual sobrepasó el límite máximo permisible en lo que respecta al pH final.

La evaluación sensorial, mediante la Prueba de Durbin y la de comparaciones múltiples de Conover, reportó una mayor aceptabilidad general (Suma de rangos = 80.5) con la sustitución de 25% - pH inicial de 6.0, siendo estadísticamente igual a la de los tratamientos control.

ABSTRACT

In this research, the effect of two substitutions of barley (*Hordeum vulgare*) for quinoa (*Chenopodium quinoa*) and two maceration initial pH values (5.0 and 6.0) on the physicochemical characteristics (alcohol content, capacity and foaming stability, density and final pH) and general acceptability of an Ale beer was determined.

The statistical evaluation of the physicochemical characteristics showed that there is homogeneity of variances in all study variables ($p > 0.05$), thus presenting significant effect of the substitution of barley for quinoa as the maceration initial pH on the alcohol content, the capacity and foaming stability and the final pH; except density, on which there was only significant effect by the substitution of barley for quinoa. Tukey test determined that the highest alcohol content (4.55%) was obtained with the 25% substitution – initial pH 6.0; also, this treatment obtained the most foaming capacity (63%) as the treatment with 50% substitution – initial pH 6.0 (67%), being both statistically equal. Regarding the foaming stability, the best results were obtained with the 25% substitution – initial pH 6.0 and the two treatments with 50% substitution, being the three statistically equal; on the other hand, densities and final pH values were optimal in all treatments; except, the one with 50% substitution -initial pH 6.0, which exceeded the maximum permissible limit as regards the final pH.

The sensory evaluation, by Durbin test and Conover multiple comparisons test, reported that the greatest general acceptability (sum of ranks = 80.5) was obtained with the 25% substitution - pH 6.0, which is statistically equal to the control treatments.

I. INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida alcohólica muy antigua, que fue inicialmente desarrollada por los pueblos de los imperios mesopotámicos y por los egipcios, resultado de la fermentación de los cereales germinados en agua, en presencia de levadura. Su elaboración es conocida como un arte, a menudo los expertos en cervezas deben elegir entre las docenas de estilos de malta y lúpulo, de centenares de tipos de levadura, e incluso de diversas clases de agua, ya que dependiendo de qué tan bien los elija y de cómo los utilicen determinará el estilo y el gusto de la cerveza. La temperatura, el tiempo, el equipo e incluso el ambiente son algunos de los factores que también influyen en las características finales de la cerveza (Sanlate, 2010).

En el mercado peruano, la cerveza es la bebida alcohólica por excelencia, siendo su consumo per cápita de 45 litros por persona, el cual se estima que crecerá en un 6 -10% para el año 2015 (Ministerio de la Producción y Viceministerio de MYPE e Industria, 2014).

En la elaboración de la cerveza se ha utilizado una enorme variedad de granos alimenticios como la cebada, el arroz y el trigo; sin embargo, en el Perú también se cultivan otras materias primas en cuya composición resalta el almidón, tal es el caso de los cereales andinos como la quinua, cañihua y amaranto, los cuales son exportados gracias a su contenido nutricional que ha sido reconocido a nivel mundial, en donde resaltan el contenido en aminoácidos esenciales como lisina y metionina, minerales como el hierro, magnesio y fósforo, vitaminas como el ácido fólico y además son importante fuente de energía gracias a su contenido en carbohidratos (Mujica y Jacobsen, 2006).

En el presente trabajo de investigación se propone el desarrollo de una cerveza artesanal a base de una cierta concentración de malta de quinua, con lo cual se pretende dar un mayor valor agregado a un grano andino peruano,

elaborándose un producto innovador en el mercado; y así, evitar que esta materia prima sea aprovechada en el extranjero, a donde actualmente se la exporta sin ningún valor agregado.

Por lo expuesto, el problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto de dos sustituciones de cebada por quinua (25 y 50%) y de dos valores de pH inicial de maceración (5.0 y 6.0) en el grado alcohólico, capacidad y estabilidad espumante, densidad, pH final y aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale?

Siendo los objetivos propuestos:

- Evaluar el efecto de dos sustituciones de cebada por quinua (25 y 50%) y de dos valores de pH inicial de maceración (5.0 y 6.0) en el grado alcohólico, capacidad y estabilidad espumante, densidad, pH final, y aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale.
- Determinar la sustitución de cebada por quinua y el pH inicial de maceración que permitan obtener el mayor grado alcohólico, capacidad y estabilidad espumante; una óptima densidad y pH final; y la mayor aceptabilidad general en una cerveza tipo Ale.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Generalidades

2.1.1. Cerveza

En la Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza (2012), se establece que la cerveza es una bebida resultante de un proceso de fermentación alcohólica, controlada por medio de levadura cervecera, de un mosto elaborado con agua potable, malta de cebada y/o sus extractos sola o mezclada con azúcar y/o otros productos amiláceos, transformables en azúcares por digestión enzimática y aromatizada con la adición de lúpulo y/o sus extractos y concentrados.

Chamorro (2012) indica que la cerveza artesanal es considerada una bebida nutritiva y con cuerpo que se compone de materias primas nobles y sin filtrar, además de que no contiene ningún producto químico dentro de su formulación, se procesa de forma natural y bajo la supervisión de un maestro cervecero. Para mayor información acerca de las diferencias entre la cerveza artesanal y la cerveza industrial véase Anexo 11.

2.1.2. Composición química de la cerveza

Según Obregón (2010), la cerveza se fabrica con agua, cebada y lúpulo, añadiendo posteriormente otros aditivos. Sus componentes finales son agua (90%), carbohidratos no fermentados (dextrinas), minerales, vitaminas, ácidos, fenoles, alcohol etílico, dióxido de carbono y aditivos diversos. En el Cuadro 1 se detalla la composición química proximal de la cerveza.

Cuadro 1. Composición química proximal de la cerveza

Componente	Cantidad (g/100mL de porción bebible)
Agua	90
Proteína	0.3
Lípidos	0
Carbohidratos	5.1
Alcohol etílico	4.5
Ceniza	0.1
	Cantidad (mg/100mL de porción bebible)
Fósforo	15
Hierro	0.1
Vitamina B1	0.01
Vitamina B2	0.03
Vitamina B3	0.06
Energía (kJ)	150.62

Fuente: Collazos y otros (2009)

2.2. Materias primas e insumos para la elaboración de la cerveza

2.2.1. Materias primas

Las materias primas para la fabricación de la cerveza son los cereales, los cuales aportan el almidón y en consecuencia los azúcares que se transforman en alcohol y dióxido de carbono a lo largo del proceso fermentativo (Choque, 2012).

2.2.1.1. Cebada

La cebada es un cereal perteneciente al grupo de los cereales de invierno, es de forma ahusada, más grueso en el centro que en sus extremos, su cáscara (13% del peso del grano) la protege contra los depredadores y es de utilidad en los procesos de malteado y cervecería, su distribución es similar a la del trigo; sin embargo, crece en suelos drenados que no necesitan ser tan fértiles como en el caso del trigo (Molina, 2007).

La cebada cultivada (*Hordeum vulgare*) desciende de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum*), la cual crece en el Medio Oriente. Ambas especies son diploides. A partir de la cebada cultivada, se cultivaron dos especies, las cuales se emplean a nivel industrial, la cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*) para la elaboración de la cerveza y la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*) para la elaboración de forraje. Las cebadas de dos carreras producen granos más grandes, redondeados y uniformes, con cubiertas más finas (dan mayor rendimiento en extracto) y tienen menor contenido en envueltas y proteína (Molina, 2007).

En el Cuadro 2 se muestra la composición química proximal de la cebada de dos carreras (*Hordeum vulgare var. distichum*).

Cuadro 2. Composición química proximal de la cebada de dos carreras (*Hordeum vulgare var. distichum*)

Componente	Cantidad (g/100g de porción comestible)
Agua	12.1
Proteína	6.9
Lípidos	1.8
Carbohidratos	76.6
Ceniza	2.6
	Cantidad (mg/100g de porción comestible)
Fósforo	394
Calcio	61
Hierro	15.1
Vitamina A	2
Vitamina B1	0.33
Vitamina B2	0.21
Vitamina B3	7.40
Energía (KJ)	1439.30

Fuente: Collazos y otros (2009)

2.2.1.2. Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal perteneciente a la familia de las amarantáceas y proveniente de la zona andina de América del Sur. Es una especie domesticada y cultivada en el Perú, y en particular en la cuenca del lago Titicaca, que es el principal centro de origen donde se conserva la mayor diversidad biológica de esta especie (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014).

El grano de quinua es un aquenio; el perigonio cubre una sola semilla y se desprende con facilidad al frotarlo; sin embargo, el pericarpio del fruto está adherido a la semilla, presentando alvéolos. En el pericarpio se encuentra la saponina, compuesto que le transfiere el sabor amargo a la quinua (Velasco, 2007).

Su alto contenido en proteínas (23%) y su calidad proteica (presencia de aminoácidos esenciales) resaltan el carácter nutritivo de este grano andino. Entre los aminoácidos esenciales cabe mencionar a la lisina, nutriente básico para el desarrollo del sistema neurológico humano (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014).

A pesar de todos los beneficios que brinda la quinua, también presenta factores anti nutricionales que pueden afectar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes esenciales, como proteínas y minerales. Estos anti nutrientes son las saponinas, fitatos, taninos e inhibidores de proteasa, de los cuales la saponina es el principal. Debido a ello, es recomendable el usar quinuas dulces como la Blanca de Junín, Samaja, Cheweca de Puno ya que presentan un contenido de saponina menor al 0.06% (Álvarez, 2012).

En el Cuadro 3 se muestra la composición química proximal de la quinua variedad dulce blanca de Puno.

Cuadro 3. Composición química proximal de la quinua variedad dulce blanca de Puno

Componente	Cantidad (g/100 g de porción comestible)
Agua	10.0
Proteína	11.6
Lípidos	2.3
Carbohidratos	73.1
Ceniza	3.0
	Cantidad (mg/100g de porción comestible)
Fósforo	226
Calcio	115
Hierro	5.3
Vitamina A	0
Vitamina B1	0.73
Vitamina B2	0.21
Vitamina B3	1.09
Energía (KJ)	1506.24

Fuente: Fundación Universitaria Iberoamericana (2012)

2.2.2. Insumos

2.2.2.1. Agua

Para la elaboración de la cerveza, el agua tiene que ser pura, potable, estéril y libre de sabores y de olores extraños. De forma natural, el agua contiene una serie de minerales (NaCl, CaCO₃, CaCl₂, CaSO₄ y MgSO₄) que condicionan la calidad de la cerveza. La influencia del contenido mineral del agua sobre el pH es importante durante la fabricación ya que el pH influye en las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso. En todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio. Los iones de calcio ejercen influencia estabilizadora sobre la alfa – amilasa, el ion potasio ejerce el mismo efecto pero en menor cuantía y los cloruros y sulfatos solo tienen influencia en el sabor de la cerveza (Aldón, 2005).

2.2.2.2. Levaduras

Las levaduras que se utilizan en la fabricación de la cerveza se clasifican en levaduras de fermentación alta y levaduras de fermentación baja (Vílchez, 2005).

Las levaduras de fermentación alta son conformadas por las diferentes cepas de *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura es conocida porque al finalizar el proceso fermentativo tiende a flotar en el fermentador. Su actividad fermentativa se desarrolla a 14 – 25 °C (Vílchez, 2005).

Las levaduras de fermentación baja son conformadas por levaduras específicas, entre las que destacan *Saccharomyces carlsbergensis* y *Saccharomyces uvarum*. Estas levaduras tienden

a depositarse en el fondo del fermentador al culminar el proceso fermentativo, el cual se produce a 4 – 9 °C (Vílchez, 2005).

2.2.2.3. Lúpulo

Insuasti y Carvajal (2010) señalan que el lúpulo es la flor hembra de la planta *Humulus lupulus*. El lúpulo es utilizado en cervecerías por su poder de amargor. En el lúpulo se encuentra la lupulina (gránulos de color amarillo que se encuentran en la flor hembra sin fecundar), la cual posee a su vez las humulonas y lupulonas que son ácidos cristalizables responsables del amargor. Estos ácidos amargos se oxidan y polimerizan fácilmente perdiendo su poder de amargor; fenómenos que son acelerados por el oxígeno, temperatura y humedad. Por ello, es de suma importancia que para la conservación del lúpulo, se coloque en lugares a 0 °C y humedad relativa de 70 – 75%.

2.3. Tipos de cerveza

De acuerdo al tipo de fermentación, las cervezas se pueden clasificar en Lagers y Ales.

Las cervezas tipo Ale se caracterizan por el uso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, conocida como levadura de fermentación alta, la cual tiene la particularidad de fermentar en la parte superior del recipiente entre 14 – 25 °C. Fue descubierta por Pasteur en 1852 (Rodríguez, 2003).

Las cervezas tipo Lager son fermentadas con la levadura *Saccharomyces carlsbergensis*, conocida como levadura de fermentación baja, la cual fue descubierta involuntariamente por los cerveceros del sur de Alemania que sometían sus cervezas a una maduración a bajas temperaturas en las cuevas de los Alpes. La *Saccharomyces carlsbergensis* se caracteriza

por fermentar en el fondo del recipiente entre 8 – 10 °C y producir una cerveza de sabor suave (Rodríguez, 2003).

2.4. Calidad de la cerveza tipo Ale

Rodríguez (2003) menciona que la calidad de todo tipo de cerveza depende de varios factores que tienen relación con las materias primas utilizadas, con el proceso de elaboración y principalmente con el mercado consumidor que evalúa la calidad. Los factores más importantes en la evaluación de la calidad de la cerveza son el sabor, la presencia, la permanencia de la espuma, el color, el grado alcohólico y la presencia de residuos o precipitados. En el Cuadro 4 se presentan las características más importantes que debe de presentar una cerveza tipo Ale.

Cuadro 4. Características de una cerveza tipo Ale de calidad

Característica	Parámetro
Alcohol (% v/v)	2.5 – 9.0
pH final	3.0 – 4.8
Densidad (g/mL) a 20 °C	0.998 – 1.018
Sabor a lúpulo	Media – Alta
Aroma a lúpulo	Bajo – Medio
Color	Muy pálido - Pálido
Vida útil (meses)	6

Fuente: González y Muñiz (2000)

2.4.1. Grado alcohólico

El grado alcohólico o graduación alcohólica es el porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica a una temperatura determinada, la cual suele ser ajustada y referida a 20 °C durante su medición experimental (Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza, 2006).

El grado alcohólico determina el contenido de alcohol etílico formado durante la etapa de fermentación del mosto, la cual se lleva a cabo de forma anaeróbica (Rodríguez, 2003).



El grado alcohólico varía, depende del tipo de cerveza, su lugar de elaboración, los ingredientes que aportan los azúcares fermentables y el tipo de microorganismo. El grado alcohólico de una cerveza tipo Ale oscila en el rango de 4 – 5 % (Dantur, 2006).

2.4.2. Capacidad y estabilidad espumante

La espuma se puede definir como una dispersión de burbujas de gas suspendidas en el seno de un líquido viscoso o de un semisólido, y se forman por una adsorción de moléculas reactivas en la interface gas-líquido (Rodríguez, 2003).

La formación de espuma es uno de los factores más importantes en la evaluación de calidad que realizan los consumidores de cerveza, ya que transmite la primera impresión del producto tan pronto es servido en el vaso. La espuma se forma por gases que se encuentran repartidos en el líquido y materias sólidas, principalmente el CO₂ (Rodríguez, 2003).

Se le denomina capacidad espumante (E) a la habilidad para la incorporación en solución de CO_2 en forma de una distribución fina de burbujas, las cuales persisten en la superficie del líquido sin coalescencia de una con la otra y sin ruptura en el espacio de vapor; es decir, este parámetro indica la capacidad de formación y expansión de la espuma (Romero y otros, 2013). Los elementos que participan positivamente de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y las isohumulonas provenientes del lúpulo. Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a caracterizar a cervezas con capacidades espumantes deficientes. Cabe resaltar que cuanto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma (Rodríguez, 2003). La capacidad espumante de una cerveza industrial se encuentra en el rango de 50 – 70 % (Wallin y otros, 2010).

La estabilidad espumante tiene que ver directamente con la capacidad de retención de espuma que posee una cerveza desde el momento en que es servida. El concepto de estabilidad involucra los fenómenos de decaimiento y drenado (Barrientos, 2011).

La velocidad de decaimiento o disminución del volumen de la espuma en el tiempo (EE_1) es característica del tipo y/o estilo de cerveza, la cual también puede ser influenciada por la temperatura y la edad ya que dependiendo del estilo, una segunda fermentación puede seguramente ocurrir en la botella cambiando la gravedad específica y la tensión superficial de la cerveza conforme envejece (Barrientos, 2011).

Tan pronto como la espuma se forme, el líquido comienza a drenar de ella. En un líquido simple, como el agua pura, el fenómeno es muy sencillo; sin embargo, la cerveza contiene proteínas disueltas, aminoácidos e innumerables moléculas juntas en una solución

homogénea. Conforme el líquido frena varía la forma de la viscosidad localizada debido a las variaciones homogéneas internas de las proteínas de la superficie de la burbuja. Una vez que la espuma ha alcanzado la estabilidad el drenado aparece junto con el decaimiento (Barrientos, 2011). La medición de la velocidad de drenaje del líquido de la espuma (EE_2) se realiza teniendo en cuenta el volumen del líquido drenado en la cerveza a un tiempo fijo (Romero y otros, 2013).

2.4.3. Densidad

Rodríguez (2003) menciona que el rango de densidades finales en cervecería oscila entre 0.997 – 1.040 g/mL dependiendo del tipo de material amiláceo utilizado. Además, la densidad está estrictamente vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza (mientras se va transformando los azúcares en alcohol se hace más ligera) e indica si la fermentación ha tenido lugar de forma satisfactoria.

2.4.4. pH

El pH final de las cervezas fluctúa entre 3.0 - 4.8. Las cervezas elaboradas con una mayor relación de malta y otros cereales adjuntos poseen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente con malta. El pH final también depende del pH inicial regulado generalmente en el proceso de maceración, el cual a su vez depende del tipo de agua utilizada y el tratamiento de la misma con ácidos y/o sales de calcio (Rodríguez, 2003).

2.4.5. Índice de amargor

Rodríguez (2003) señala que el sabor amargo característico de la cerveza proviene de la adición del lúpulo, el cual contiene dos

compuestos clasificados como resinas; las humulonas o ácidos alfa lupulínico y las lupulonas o ácidos beta lupulínico.

Choque (2012) señala que el amargor de la cerveza se mide a través del índice de amargor (°IBU del origen inglés, International Bitterness Units), el cual resulta de calcular la proporción de ácidos alfa y beta por unidad de peso de lúpulo contenido en un mosto. Rodríguez (2003) indica que según el tipo de cerveza y el lugar de fabricación los rangos de °IBU varían de 10 a 60.

La Asociación Internacional de Cerveceros (2014) menciona los índices de amargor (°IBU) característicos de los principales estilos de cervezas Ale comercializadas en el mundo:

- 15-20 °IBU Cream Ale
- 15-28 °IBU Blonde Ale
- 17-28 °IBU Irish Red Ale
- 20-35 °IBU American Pale Ale
- 20-40 °IBU American Brown Ale
- 20-30 °IBU Belgian Pale Ale
- 20-35 °IBU Belgian Golden Strong Ale
- 30-60 °IBU Old Ale

2.5. Evaluación sensorial con pruebas afectivas

La evaluación sensorial de los alimentos constituye en la actualidad una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria (Anzaldúa-Morales, 2005). El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y/o midiendo, las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo

condiciones ambientales preestablecidas y bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico (Ureña y otros, 1999).

Anzaldúa-Morales (2005) señala que las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere ante otro. Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y estos son más difíciles de interpretar ya que apreciaciones completamente personales. Las pruebas afectivas se clasifican en pruebas de preferencia, prueba de grado de satisfacción y pruebas de aceptación. Ureña y otros (1999) mencionan que las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, y las pruebas de aceptabilidad ya sea por ordenamiento o por escalas hedónicas, las cuales miden el grado en que gusta un producto.

Las pruebas de aceptabilidad general con escalas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. En estas escalas categorizadas, los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra escogiendo la categoría apropiada. Esta prueba tiene ventajas en cuanto a que requiere menos tiempo de evaluación, presenta procedimientos más interesantes para el juez, su poder de aplicación es amplio, puede ser utilizado por jueces no entrenados y puede ser utilizada con un elevado número de estímulos (Ureña y otros, 1999).

2.6. Diseño de bloques incompletos

Se usan diseños aleatorizados por bloques cuando no pueden realizarse los ensayos de todas las combinaciones de tratamientos de cada bloque. Situaciones como éstas ocurren debido a escasez en los recursos del experimento, o por el tamaño físico de los bloques. En estos casos es posible usar diseños aleatorizados por bloques en los que cada tratamiento no está presente en cada bloque. Por ejemplo, en un experimento en el que el tamaño físico de las probetas sólo alcanza para probar tres muestras de las puntas en

cada probeta. En estos casos es posible usar diseños aleatorizados por bloques en los que cada tratamiento no esté presente en cada bloque. Por otro lado, en casos de evaluación de variables de carácter sensorial al establecerse bloques de tamaño más pequeño se facilita a los jueces con respecto a una mayor retención de memoria de atributos sensoriales y la consistencia en el juicio de percibirlos y calificarlos (Montgomery, 2004).

2.6.1. Diseño de bloques incompletos balanceados

En un diseño de bloques incompletos cuando las comparaciones de todos los tratamientos son igualmente importantes, las combinaciones de los tratamientos usadas en cada bloque deberán seleccionarse de forma balanceada, es decir, de manera que cualquier par de tratamientos ocurra conjuntamente el mismo número de veces que cualquier otro par. Por lo tanto, un diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB) es un diseño de bloques incompletos en el que el juez tiene un igual número de muestras y; además, aparece un par de tratamientos siempre en un mismo número de veces, lo que quiere decir que cada par de tratamientos es comparado casi en la misma precisión que entre las diferencias de bloque. Una parte del total de muestras es juzgada en un mismo tiempo, por cada bloque y solo una muestra o tratamiento es incorporado con otro en un número de veces constante. Dichas muestras constantes se distribuyen mediante un arreglo de distribución de tratamientos, bloques, repeticiones y par de tratamientos (Vilar, 2001). Suponiendo que haya t tratamientos y que cada bloque pueda contener exactamente k tratamientos ($k < t$). Un diseño de bloques incompletos balanceados puede construirse tomando $\binom{t}{k}$ bloques y asignando una combinación de tratamientos diferentes a cada bloque. Con frecuencia, sin embargo, puede obtenerse un diseño balanceado con menos de $\binom{t}{k}$ bloques (Montgomery, 2004).

Entre las propiedades de interés del diseño de bloques incompletos balanceados se tienen: todos los contrastes de tratamientos son estimables, todas las comparaciones de pares de efectos de tratamientos se estiman con la misma varianza y tienden a proporcionar los intervalos de confianza más cortos (Vilar, 2001).

2.6.2. Prueba de Durbin

Durbin propuso un estadístico para contrastar la hipótesis nula de igualdad de los efectos de los tratamientos en un diseño de bloques incompletos balanceados (Martínez, 2004). Para ello se apoya en lo siguiente:

$$\begin{aligned} t r &= k n \\ (t-1) &= r (k - 1) \\ \lambda &= r (k - 1) / (t - 1) \end{aligned}$$

Dónde:

t = número de muestras o tratamientos

k = número de muestras que aparece en cada bloque ($k < t$)

n = número de bloques o jueces

r = número de repeticiones por muestra o tratamiento

λ = número de veces que un par de muestras son comparadas

Sea X_{ij} el resultado del tratamiento j en el bloque i, si el tratamiento j aparece en el bloque i y sea $R_{ij} = R(X_{ij})$ el rango de X_{ij} dentro de su bloque. Estos rangos toman valores entre 1 y k. Sea la suma de los rangos correspondientes al tratamiento j $R_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}$, donde en realidad hay sólo r sumandos (se podría suponer que los otros rangos toman valor 0). Se plantea suponer que los bloques son independientes, con ellos las hipótesis a confrontar serían:

$H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_t$ y $H_1: \text{existe al menor un par } (i, j) \text{ tal que } \theta_i \neq \theta_j$

Se define el estadístico de Durbin como:

$$T = \frac{12(t-1)}{rt(k^2-1)} \sum_{j=1}^t \left(R_{.j} - \frac{r(k+1)}{2} \right)^2$$

Martínez (2004) indica que si en la prueba de Durbin se rechaza H_0 , es necesario realizar el test de comparaciones múltiples por grupos de Conover para identificar los pares significativamente diferentes. Se sugiere lo siguiente: θ_i es significativamente distinto a θ_j nivel global si:

$$\left| R_{.j} - R_{.i} \right| > t_{bk-b-t+1, \alpha/2} \left[\frac{(A-C)2r}{bk-b-t+1} \left(1 - \frac{T}{b(k-1)} \right) \right]^{1/2}$$

Que, si no hay empates, se reduce a:

$$\left| R_{.j} - R_{.i} \right| > t_{bk-b-t+1, \alpha/2} \left[\frac{rk(k+1)}{6(bk-b-t+1)} (b(k-1) - T) \right]^{1/2}$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El desarrollo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materiales, equipos e instrumentos

3.2.1. Materia prima

- Malta base de cebada (*Hordeum vulgare var. distichum*) marca Patagonia malt. Precio S/. 7 por Kg. Obtenida por compra vía portal web. <http://www.patagoniamalt.com/esp/#historia>
- Quinoa (*Chenopodium quinoa*) variedad dulce blanca de Puno proveniente del Mercado Mayorista de Trujillo.

3.2.2. Insumos

- Agua filtrada (80 ppm Calcio, 40 ppm bicarbonato, 1 ppm Cloro, pH de 7.0)
- Lúpulo tipo Saaz 5.5 %AA marca Castle Malting. Precio S/. 30 por 100 g. Obtenida por compra vía portal web. <http://www.latiendadelcervecero.com/es/cerveza-artesanal>
- Sacarosa
- Botellas de vidrio color ámbar de 620 mL
- Chapas tipo corona

3.2.3. Reactivos químicos, microbiológicos

- Levadura Ale (*Saccharomyces Cerevisiae*) liofilizada Marca Mauribrew 514. Precio S/. 280 por 500 g. Obtenida por compra vía portal web.

<http://www.latiendadelcervecero.com/es/cerveza-artesanal>

- Buffer fosfato pH 4.0 y 7.0
- Carbonato de calcio
- Ácido fosfórico 0.5 N
- Solución de yodo 0.2 N
- Agua destilada

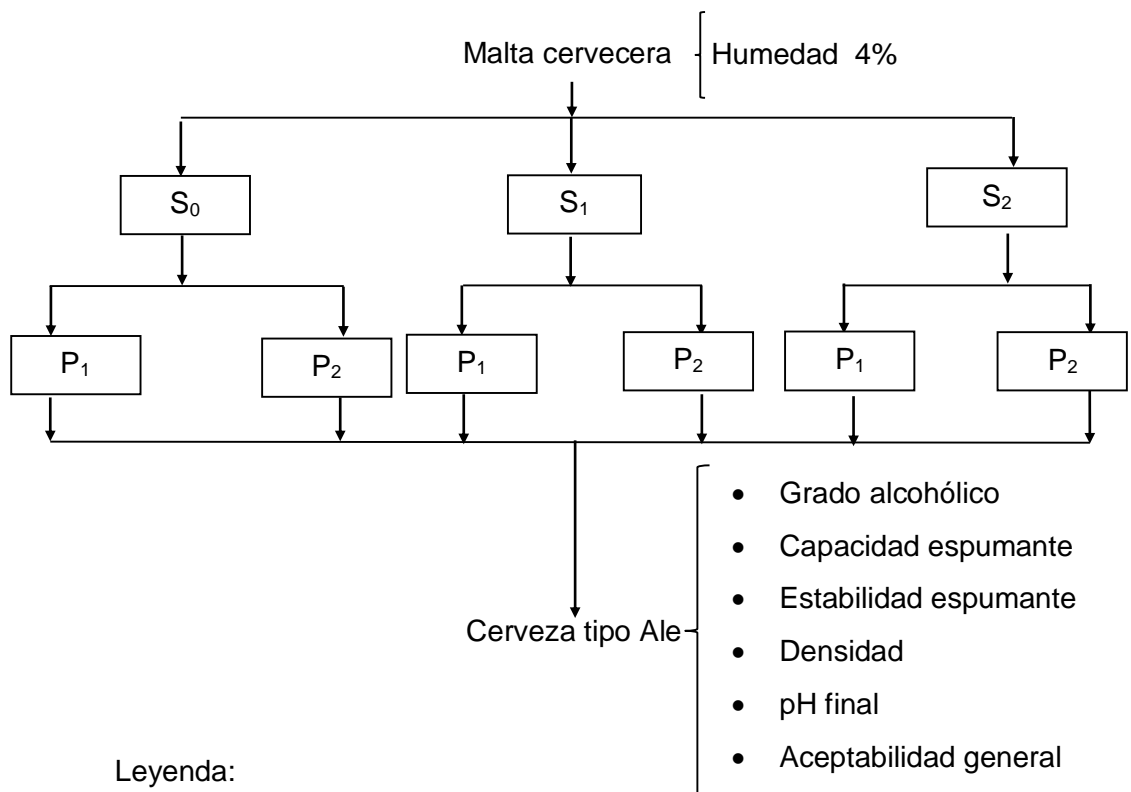
3.2.4. Equipos e instrumentos

- Molino manual de tornillo sin fin con tolva alta
- Olla de maceración de acero inoxidable de 30 L con rejilla, termómetro bimetálico y grifo de ¾ pulgada
- Olla de acero inoxidable de 20 L
- Baldes fermentadores de plástico con caño de 15 L
- Cocina semi-industrial a gas de 1 hornilla
- Bandejas acanaladas de acero inoxidable
- Ventilador eléctrico de suelo
- Filtro de carbón activado portátil Marca D´Rodis
- Horno con programador de temperatura. Rango 40 a 200 °C
- Mangueras transparentes plásticas de alta presión de ½ pulgada
- Cuchara de acero inoxidable de 50 cm
- Tapadora de pie para botellas de múltiples tamaños
- Trampas de aire (airlocks)
- Densímetro Stevenson. Rango 0.990 – 1.160 g/mL
- pH –metro digital Marca Hanna Instruments. Rango -1.00 a 15.00. Precisión +- 0.01pH
- Termómetro digital Marca Hanna Instruments. Rango -50 a 200 °C. Precisión +- 0.05 °C
- Balanza de precisión Marca Cobos. Rango 0 – 500 g. Precisión +- 0.001 kg
- Refrigeradora Marca Imbera. Rango 2 – 10 °C. Precisión +- 1 °C
- Materiales de vidrio: recipientes, probetas, jeringas graduadas.
- Materiales de plástico: rastrillo, dispensadores, jarras, etc.

3.3. Metodología

3.3.1. Esquema experimental

La investigación experimental tuvo como variables independientes la sustitución de cebada por quinua y el pH inicial de maceración, como variables dependientes el rendimiento alcohólico, la capacidad y estabilidad espumante, la densidad, el pH final y la aceptabilidad general, y como variable de control al índice de amargor. El esquema experimental se muestra en la Figura 1.



S₀: Sin sustitución de cebada por quinua

S₁: Sustitución de 25% de cebada por quinua

S₂: Sustitución de 50% de cebada por quinua

P₁: pH inicial de maceración, 5.0

P₂: PH inicial de maceración, 6.0

Figura 1. Esquema experimental de la investigación sobre la elaboración de una cerveza tipo Ale con la sustitución de cebada por quinua

En el esquema experimental se muestra el ingreso de la malta cervecera compuesta por malta base de cebada y malta de quinua, siendo la primera sustituida por la segunda en proporciones de 25 y 50%. Asimismo, se reguló el proceso de maceración en valores de pH inicial de 5.0 y 6.0. Además, se tuvo en cuenta dos tratamientos control. Finalmente, se determinaron las características fisicoquímicas de las cervezas; así como, su aceptabilidad general en el consumidor habitual.

3.3.2. Proceso experimental

En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de malta cervecera con malta base de cebada y quinua malteada.

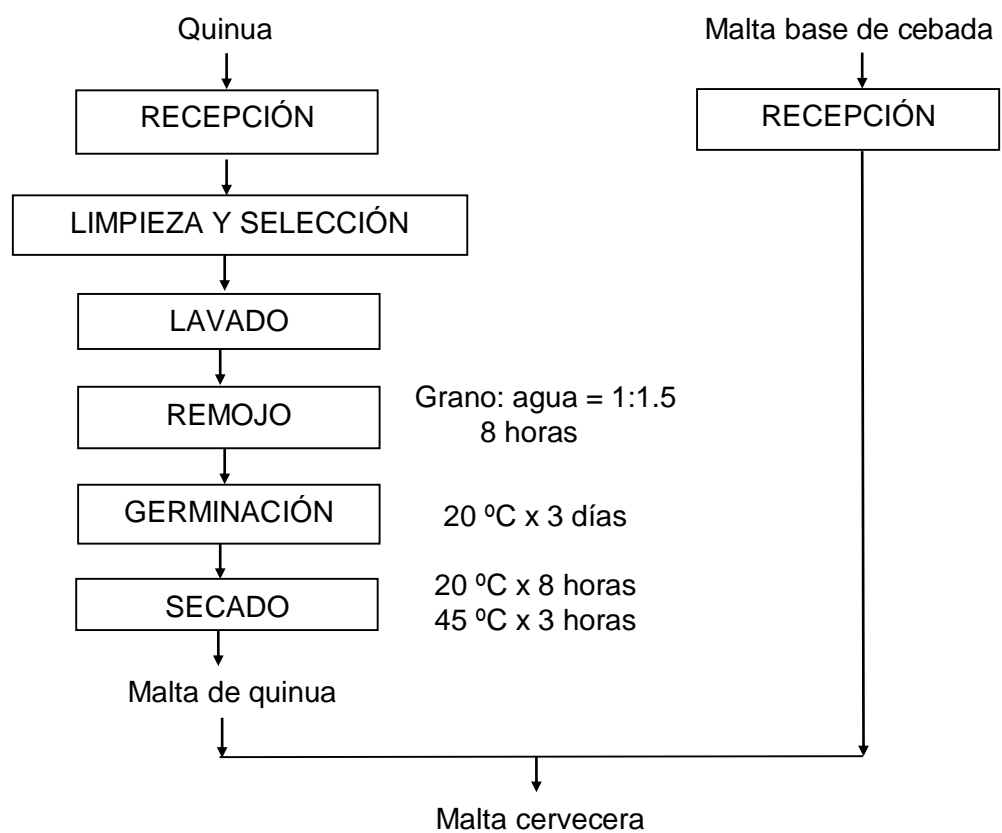


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de malta cervecera a partir malta de cebada y quinua malteada

En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujo para la elaboración cerveza tipo Ale a partir de la malta de cebada y quinua.

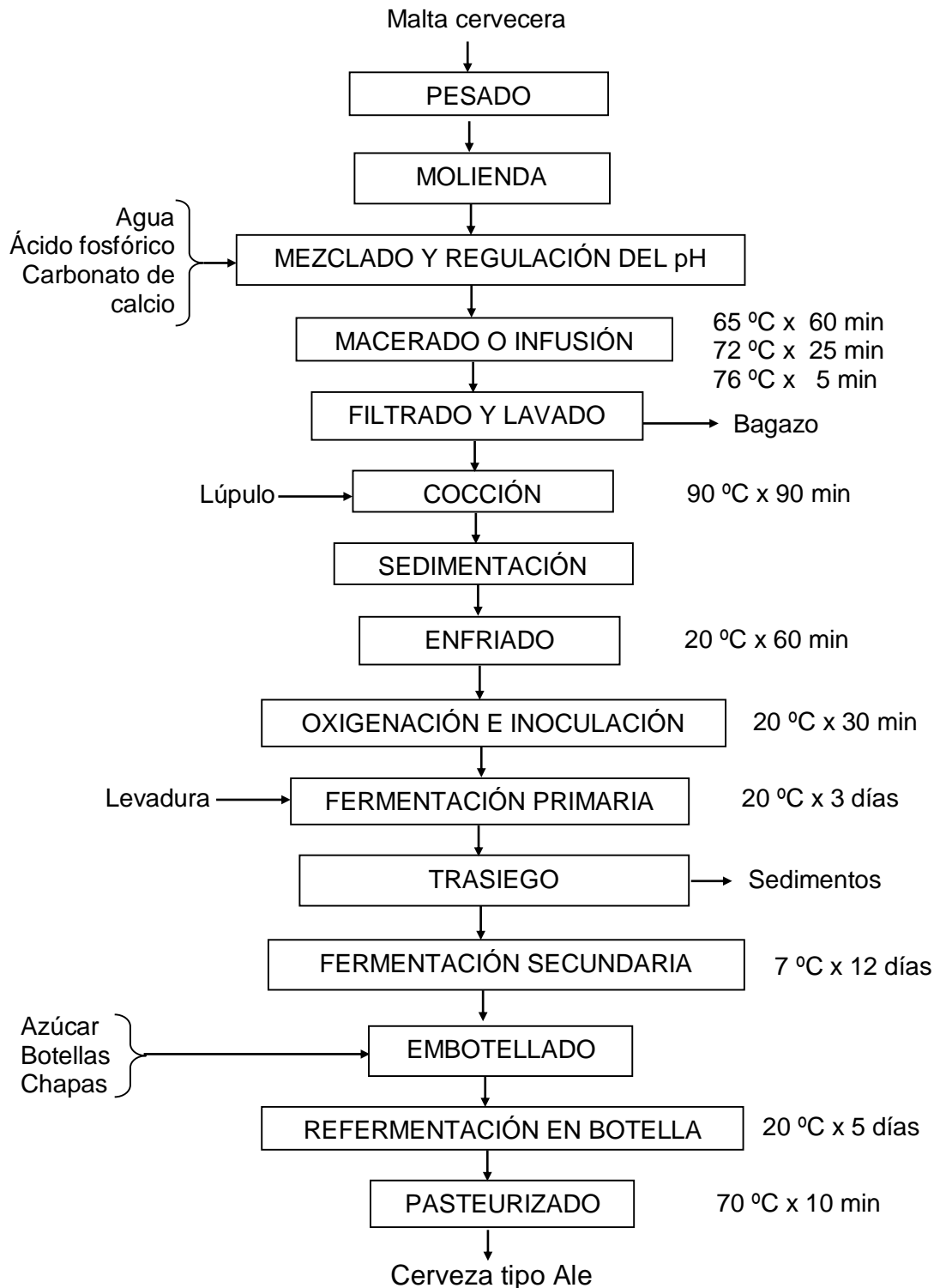


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de cerveza tipo Ale con la sustitución de cebada por quinua

A continuación se describe cada operación del diagrama de flujo de la elaboración de malta cervecera a partir de malta de cebada y quinua malteada.

- Recepción. La malta base de cebada y los granos de quinua se recibieron en sacos de polipropileno.
- Limpieza y selección. Se retiraron de forma manual todas aquellas impurezas que puedan tener los granos de quinua, tales como pajillas, piedrecillas o granos partidos, seleccionándose sólo los que se encontraron en buen estado (Álvarez, 2012).
- Lavado. Los granos de quinua recibieron un solo lavado manual con agua filtrada, extrayéndose la tierra u otro tipo de suciedad restante que pueda presentar el grano (Velasco, 2007).
- Remojo. En la operación de remojo, los granos de quinua fueron colocados en recipientes de vidrio por 8 horas, suministrándoles previamente una cantidad de agua de cloración en proporción 1:1.5 de relación grano: agua a 20 °C, con 2 recambios cada 3 horas, eliminándose además sus antinutrientes (saponina) en el agua de desecho. Luego de esta operación, los granos de quinua adquirieron una humedad cercana al 45% (Álvarez, 2012).
- Germinación. Se colocaron los granos de quinua en bandejas acanaladas durante 3 – 6 días hasta que el crecimiento de la acróspira fuese $\frac{3}{4}$ de su longitud. Se tuvo en cuenta la humectación de los granos cada 8 horas haciendo uso de agua de cloración adicionada a través de dispensadores de plástico; además, los granos fueron removidos con un rastrillo tres veces al día para airearlos y evitar que se enraícen. El proceso se llevó a cabo a 18 - 20 °C y 45% HR (Álvarez, 2012).
- Secado. La quinua germinada es secada inicialmente con aire forzado (uso de ventilador eléctrico) a 20°C por 8 horas, luego es llevada a un horno con el fin de detener la actividad enzimática y

reducir la humedad de la malta a 4%. La temperatura de secado es de 45 °C por 3 horas (Velasco, 2007).

- La malta cervecera se formó con malta de quinua, la cual se mezcló con la malta base de cebada de acuerdo a los porcentajes de sustitución (0, 25 y 50) %.

A continuación se describe cada operación del diagrama de flujo de la elaboración de la cerveza tipo Ale.

- Pesado. Los ingredientes: agua, lúpulo y levadura se pesaron en una balanza de precisión de acuerdo a: 4 L de agua por cada kg de malta, 5 g de lúpulo por cada kg de malta y 5 g de levadura liofilizada por 10 L de mosto lupulado (Obregón, 2010).
- Molienda. La malta cervecera fue molida en un molino manual de tornillo sin fin. Se consideró destruir la cáscara lo menos posible pues ésta sirvió de lecho filtrante en la operación de filtración del mosto (Obregón, 2010).
- Mezclado y regulación del pH. La malta molida fue colocada en la rejilla interna de la olla de maceración y mezclada con agua filtrada a 60 °C en proporción 1:4 de relación malta: agua, la cual había sido depositada y calentada previamente en la olla de maceración. El pH de la mezcla se ajustó a 5.0 y 6.0 con la adición de ácido fosfórico 0.5N y se mantuvo gracias a la adición de carbonato de calcio (De Mesones, 2005).
- Macerado o Infusión. La mezcla formada en la olla de maceración fue sometida a sucesivos tratamientos térmicos a diferentes temperaturas y tiempos controlados con el objetivo de sacarificar el almidón y degradarlo en maltosas y dextrinas, formándose así el mosto (Vílchez, 2005). Los tratamientos térmicos fueron continuos y se dividieron en 65 °C x 60 minutos, 72 °C por 25 minutos y 76 °C por 5 minutos. El indicador de finalización del

proceso de macerado fue la utilización de una solución de yodo 0.2N, la cual se mezcló con una muestra del mosto, observándose que ésta no altere el color de la tintura. (De Mesones, 2005).

- Filtrado y lavado. Esta operación se efectuó en la olla de maceración recirculando el mosto, el cual sale a través del grifo y es depositado nuevamente con la ayuda de recipiente de plástico de tal forma que atravesaba el lecho filtrante constituido por las glumas y glumillas de la malta. El objetivo de este proceso fue extraer el mosto del resto de malta (bagazo) en la mayor cantidad posible y hasta que el mosto resultara claro. Finalizado el proceso se procedió a retirar de la olla la rejilla, la cual contenía al bagazo (De Mesones, 2005).
- Cocción. Esta operación consistió en llevar al mosto, previamente filtrado en la olla de maceración, a una ebullición fuerte y constante a 90 °C por 90 minutos. Tan pronto como comenzó la ebullición, se le adiciona al mosto el 50% del total del lúpulo (lúpulo de amargor), a los 30 minutos se le añadió el 25% del total de lúpulo (lúpulo de sabor) y a los 65 minutos se le añadió el 25% restante, el cual representó al lúpulo de aroma (Insuasti y Carvajal, 2010).
- Sedimentación. Luego del hervido y lupulación del mosto, éste en la olla de maceración fue sometido a una agitación o rotación tangencial en forma de remolino (Sistema Whirlpool) con la ayuda de una cuchara de acero por 15 minutos. El objetivo de esta operación fue hacer que sedimenten en el fondo de la olla de maceración los restos de harina, taninos, proteínas y lúpulo para obtener el mosto clarificado (Obregón, 2010).
- Enfriado. En este proceso, el mosto clarificado se trasladó a otra olla de acero, la cual fue colocada sobre una cama de hielo con el objeto de enfriar el mosto hasta la temperatura óptima para la

inoculación de la levadura. En el caso de la cerveza tipo Ale esta temperatura óptima fue de 20 °C (Vílchez, 2005).

- Oxigenación e inoculación. La levadura se añadió a un recipiente de plástico en donde previamente se adicionó 1L de mosto a 20 °C, agitándose constantemente con una cuchara de acero por 15 minutos para oxigenar el medio y despertar o activar a la levadura. A continuación se procedió a dejar reposar la levadura por espacio de 15 minutos para que se adecuase al medio (De Mesones, 2005).
- Fermentación primaria. El mosto a 20 °C se trasladó a un fermentador con la ayuda de un recipiente de plástico. A continuación, se añadió al fermentador el mosto con la levadura activada, para luego cerrar de forma hermética el fermentador. A la salida del mismo se conectó un airlock, el cual funcionó como trampa de aire o airlock como indicador del proceso fermentativo, al observarse la aparición de burbujas durante los días de fermentación. Este proceso se llevó a cabo en 3 días (De Mesones, 2005).
- Trasiego. En esta etapa, se colocó de forma hermética una manguera de alta presión en el caño del fermentador, el cual al momento de abrirlo y con la ayuda de la gravedad permitió que se traslade el mosto fermentado sin sedimentos a otro fermentador (balde de guarda sin trampa de aire) ubicado metro y medio más abajo con relación al fermentador primario (Vílchez, 2005).
- Fermentación secundaria o guarda. Esta operación consistió en colocar el fermentador de guarda en un refrigerador a 7 °C por 12 días con el fin de que el mosto fermentado adquiera su maduración organoléptica y se facilite su clarificación con la suspensión de partículas amorfas, complejos tanino – proteína y levaduras muertas (De Mesones, 2005).

- Embotellado. En esta etapa, se colocó de forma hermética una manguera de alta presión en el caño del fermentador de guarda y con la ayuda de la gravedad se trasladó la cerveza sin sedimentos a botellas de vidrio, las cuales se encontraban esterilizadas y a 7 °C debido a su almacenaje en refrigeración. Previamente, se preparó una solución de sacarosa teniendo en cuenta una cantidad de 7 g sacarosa/ L cerveza. Dicha solución se agregó a cada botella con la ayuda de una jeringa graduada. Este proceso también es conocido como carbonatación natural. Seguidamente, se llenó cada una de las botellas y se le colocó las chapas mediante una tapadora de pie (Vílchez, 2005).
- Refermentación en botella. Esta operación consistió en almacenar las botellas llenas durante 5 días a 20 °C con la finalidad de que la levadura vuelva a fermentar y produzca CO₂ (Obregón, 2010).
- Pasteurizado. Consistió en someter a las botellas a un baño maría hasta que la temperatura dentro de los envases llegue a 70 °C durante 10 minutos (Vílchez, 2005), luego se enfrió, inicialmente por aspersión, hasta que la temperatura llegó a 35 °C, y finalmente se mantuvo en refrigeración a 5 °C (Vílchez, 2005).

3.3.3. Métodos de análisis

3.3.3.1. Grado alcohólico

El grado alcohólico se determinó aplicando el método del densímetro Stevenson en el cual se registraron las densidades luego de la cocción del mosto (D_1) y la posterior a la fermentación primaria del mismo (D_2). La densidad D_1 se midió previo a la fermentación primaria, dejando que el densímetro flote libremente en una probeta a la cual se le ha agregado 100 mL de mosto a 20 °C, tomando tanto la lectura de la densidad específica como la del

equivalente en la escala de Alcohol potencial (Alcohol por atenuación %v/v). La misma metodología se siguió para la densidad D_2 , realizándose la medición al concluir la fermentación primaria. Finalmente, el grado alcohólico es calculado ya sea restando la lectura final de la inicial del alcohol potencial (Alcohol por atenuación %v/v) como también restando la densidad D_2 de la densidad D_1 y dividiendo el valor de la sustracción entre una constante, la cual es 0.776 (Villegas, 2013).

3.3.3.2. Capacidad y estabilidad espumante

La capacidad espumante se determinó mediante el método *Constant* (Romero y otros, 2013), en el cual se tomó 40 mL de muestra de cerveza (V_I), la cual se sometió a agitación, haciendo uso de un agitador magnético, durante diez minutos a una velocidad de 2000 rpm. Tras la agitación, se realizó la medición del volumen del líquido (V_L), el volumen total (V_T) y el volumen de espuma (V_E). Finalmente, la capacidad espumante (E) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{V_T - V_L}{V_I} = \frac{V_E}{V_I}$$

La estabilidad de la espuma se determinó teniendo en cuenta dos variables EE_1 y EE_2 . EE_1 consistió en la medición de la disminución del volumen de la espuma en un tiempo fijo (30 minutos) en intervalos de medida de 5 minutos, y EE_2 consistió en la medición de la velocidad de drenaje del líquido de la espuma, midiéndose el volumen del líquido drenado en un tiempo fijo (30 minutos) en intervalos de medida de 5 minutos. En ambos casos se tuvo en cuenta el partir con un volumen inicial de espuma de 40 mL (Romero y otros, 2013).

3.3.3.3. Densidad

La densidad final de la cerveza se determinó utilizando el densímetro Stevenson triple escala. Se procedió a destapar las botellas y a tomar una muestra de 100 mL de cerveza a 20 °C en una probeta graduada dejando que el densímetro flote libremente. A continuación se tomó la lectura de la densidad final de la cerveza (Villegas, 2013).

Además, se tuvo en cuenta que el densímetro Stevenson está calibrado para su uso a 20 °C; por ello, cuando la temperatura de la cerveza fue distinta se procedió a aplicar las correcciones a la lectura, de acuerdo al Cuadro 5.

Cuadro 5. Corrección de la densidad específica en función a la temperatura

Temperatura de medición (°C)	Corrección
10	-0.002
25	-0.001
20	-
24	+0.001
28	+0.002
32	+0.003

Fuente: Villegas (2013)

3.3.3.4. pH

Para la determinación de la concentración de iones hidrógeno, se siguió la metodología descrita por (Rodríguez, 2003). Dicha metodología inició con la calibración del pHmetro a utilizar haciendo uso de soluciones tampón de 7.0 y 4.0. Luego se vertió 50 mL de cerveza, de una botella previamente destapada, a un matraz

Erlenmeyer, a medio llenar, y se colocó la muestra en un agitador magnético a 2000 rpm por 10 minutos. A continuación se trasladó la muestra, retirando la espuma, a un vaso de precipitación y se introdujo el electrodo dentro de la cerveza, registrándose así la lectura. Se tuvo en cuenta el ajustar la temperatura del medidor de pH a la temperatura de la cerveza.

3.3.3.5. Índice de amargor

Para la determinación del índice de amargor (°IBU) se tomó la siguiente fórmula matemática descrita por (Rodríguez, 2003) y que considera la utilización de un solo tipo de lúpulo:

$$^{\circ}\text{IBU} = \frac{W_h \times \%AA \times \%U_{aa}}{V_w \times 10}$$

Dónde:

°IBU: Unidades Internacionales de amargor (International Bitterness Units).

Wh: Peso del lúpulo utilizado, en gramos

%AA: porcentaje de alfaácidos del lúpulo (especificado según tipo de lúpulo)

%U_{aa}: Porcentaje de alfaácidos que se utiliza realmente en el proceso de ebullición.

V_w: Volumen del mosto, en litros.

En el Cuadro 6 se presenta el porcentaje de utilización de lúpulo (%U_{aa}) en función a la densidad del mosto y al tiempo que le resta en ebullición. Se determina la densidad del mosto previo a la cocción y luego se toman los valores de %U_{aa} de acuerdo a los momentos en el que se agregue el lúpulo. En general, el lúpulo es

agregado por partes teniendo diferentes valores de $\%U_{aa}$, relacionados a los diferentes momentos de adición del lúpulo, los cuales se suman para obtener el aporte de alfaácidos final. Además, se puede observar que el $\%U_{aa}$ aumenta con el tiempo de ebullición y disminuye a mayor densidad del mosto (Rodríguez, 2003).

Cuadro 6. Porcentaje de utilización de lúpulo en función de la densidad y del tiempo de ebullición

Densidad (g/mL)	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110
Tiempo (min)	$\%U_{aa}$								
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	5.5	5.0	4.6	4.2	3.8	3.5	3.2	2.9	2.7
10	10.0	9.1	8.4	7.6	7.0	6.4	5.8	5.3	4.9
15	13.7	12.5	11.4	10.5	9.6	0.087	8.0	7.3	6.7
20	16.7	15.3	14.0	12.8	11.7	0.107	9.8	8.9	8.1
25	19.2	17.5	16.0	14.7	13.4	0.122	11.2	10.2	9.4
30	21.2	19.4	17.7	16.2	14.8	0.135	12.4	11.3	10.3
35	22.9	20.9	19.1	17.5	16.0	0.146	13.3	12.2	11.1
40	24.2	22.1	20.2	18.5	16.9	0.155	14.1	12.9	11.8
45	25.3	23.2	21.2	19.4	17.7	0.182	14.8	13.5	12.3
50	26.3	24.0	21.9	20.0	18.3	0.168	15.3	14.0	12.8
55	27.0	24.7	22.6	20.6	18.8	0.172	15.7	14.4	13.2
60	27.6	25.2	23.1	21.1	19.3	0.176	16.1	14.7	13.5
70	28.5	26.1	23.8	21.8	19.9	0.182	16.6	15.2	13.9
80	29.1	26.6	24.3	22.2	20.3	0.186	17.0	15.5	14.2
90	29.5	27.0	24.7	22.6	20.6	0.188	17.2	15.7	14.4
100	29.8	27.2	24.9	22.8	20.8	0.190	17.4	15.9	14.5

Fuente: Rodríguez (2003)

3.3.3.6. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general se determinó aplicando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 9: me gusta muchísimo, 8: me gusta mucho, 7: me gusta bastante, 6: me gusta ligeramente, 5: ni me gusta ni me disgusta, 4: me disgusta ligeramente, 3: me disgusta bastante, 2: me disgusta mucho y 1: me disgusta muchísimo (Anzaldúa-Morales, 2005).

En la Figura 4 se presenta la cartilla utilizada para la evaluación de la aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale

NOMBRE DEL JUEZ:.....FECHA:.....				
MUESTRA EVALUADA: Cerveza				
Instrucciones: Pruebe las muestras que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre ellas. Marque con una (X) en las líneas punteadas según su agrado o desagrado.				
ESCALA		MUESTRAS		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me gusta muchísimo	.....	.....	.....	.....
Me gusta mucho	.....	.....	.....	.....
Me gusta bastante	.....	.....	.....	.....
Me gusta ligeramente	.....	.....	.....	.....
Ni me gusta ni me disgusta	.....	.....	.....	.....
Me disgusta ligeramente	.....	.....	.....	.....
Me disgusta bastante	.....	.....	.....	.....
Me disgusta mucho	.....	.....	.....	.....
Me disgusta muchísimo	.....	.....	.....	.....
Comentarios:.....				

Figura 4. Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale

Se trabajó con un diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB) aplicado a 45 panelistas no entrenados, consumidores habituales de cerveza (18 - 50 años de edad), en donde a cada panelista se le brindó por bloque 4 muestras estadísticamente aleatorizadas (cada muestra contenía 280 mL de cerveza), de 6 posibles (Ureña y otros, 1999).

En el Cuadro 7 se presentan los parámetros involucrados en la elaboración del diseño de bloques incompletos balanceados.

Cuadro 7. Parámetros del Diseño de bloques incompletos balanceados

Parámetros DBIB	
t (tratamientos o muestras)	6
k (tamaño de bloque)	4
n (número de bloques o jueces)	45
r (número de repeticiones por muestra)	30
λ (número de veces que se compara una muestra)	6

3.3.4. Métodos estadísticos

El diseño estadístico aplicado correspondió a un diseño bifactorial (sustitución de cebada por quinua y pH inicial de maceración), 3 x 2, con 3 repeticiones (18 unidades experimentales).

Para las variables paramétricas (grado alcohólico, capacidad y estabilidad espumante, densidad y pH final), se empleó la prueba de Levene modificada para determinar la homogeneidad de varianzas; posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANVA). Al observarse

diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos (Montgomery, 2004).

Para el análisis de la variable no paramétrica: aceptabilidad general, se utilizó un diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB), empleando la prueba de Durbin para el análisis de los resultados. Al existir diferencias significativas, se aplicó el test de múltiples comparaciones de Conover (Montgomery, 2004).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza de 95%. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico R versión 3.1.1 (The R Foundation for Statistical Computing, 2014) y para la construcción de los diagramas y figuras ilustrativas se utilizó el software estadístico Minitab 17.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo una cerveza tipo Ale con 15 °IBU (Anexo 8), sustituyendo parcialmente la cebada por quinua y teniendo valores de pH iniciales de maceración distintos. Los parámetros evaluados en la cerveza tipo Ale fueron: el grado alcohólico, la capacidad y estabilidad espumante, la densidad, el pH final y la aceptabilidad general. Estos resultados se mencionan y discuten a continuación:

4.1. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en el grado alcohólico

En la Figura 5, se muestra el grado alcohólico obtenido en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, observándose que el grado alcohólico fue disminuyendo a medida de que se aumenta el porcentaje de sustitución de cebada por quinua, siendo más notorio a pH inicial de maceración de 5.0.

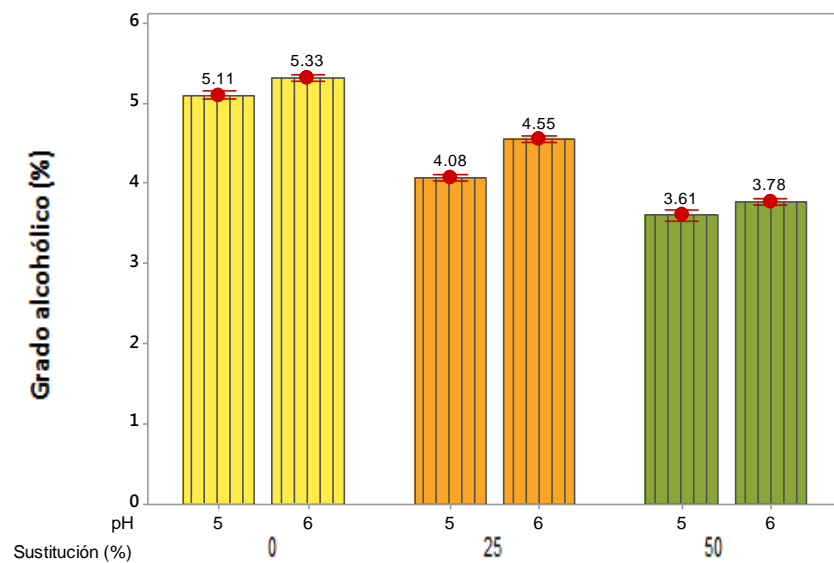


Figura 5. Grado alcohólico en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración

Suárez (2013) señala que las fermentaciones de los mostos obtenidos con la utilización de granos adjuntos son mucho menos vigorosas que las obtenidas con maltas base de cebada o pilsener. Además, menciona que los adjuntos provocan un menor rendimiento en la fermentación primaria ya que disminuyen el poder diastásico de la mezcla; es por ello, que su uso es estrictamente para obtener estabilidad, ya que tienden a reducir los compuestos nitrogenados que se encuentran en exceso en los mostos realizados con malta pura.

De Mesones (2005) indica que la formación de azúcares fermentables y su posterior conversión en alcohol dependen del contenido enzimático de la malta, del pH y de las temperaturas y tiempos de trabajo en la etapa de maceración. Además, añade que el pH inicial en la maceración es regulado de tal manera que haya un equilibrio entre la actividad de la alfa amilasa y la beta amilasa, siendo ésta última la más susceptible y la que se toma de referencia en el elección de los parámetros de maceración. Las cervezas pilsener con mayor grado alcohólico trabajan a un pH de maceración de 5.5, el cual es el óptimo para la actividad de la beta amilasa.

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada al grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se deduce que existe homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$); por lo que es factible realizar la prueba de Análisis de Varianza.

Cuadro 8. Prueba de Levene modificada para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Estadístico de Levene	P
Grado alcohólico (%v/v)	0.170	0.970

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de varianza para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se denota que la sustitución de cebada por quinua, el pH inicial de maceración y la interacción sustitución de cebada por quinua – pH inicial de maceración presentan efecto significativo sobre el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Grado alcohólico (%v/v)	Sustitución	7.054	2	3.527	477.875	0.000
	pH	0.369	1	0.369	50.000	0.000
	Sustitución*pH	0.079	2	0.040	5.375	0.022
	Error	0.089	12	0.007		
	Total	7.591	17			

Sanlate (2010) elaboró cervezas de trigo con porcentajes de sustitución de 33.3% y 50% de cebada por trigo, obteniendo como resultado la no existencia de diferencias significativas de la sustitución de cebada por trigo sobre el grado alcohólico. Resultados similares obtuvo González y otros (2013) en la elaboración de cerveza de amaranto con una sustitución de 5% de cebada por amaranto

En el Cuadro 10, se presenta la prueba de Tukey para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale en función de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para el grado alcohólico de la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
50	5	3.61				
50	6	3.78				
25	5		4.08			
25	6			4.55		
0	5				5.11	
0	6					5.33

Los resultados de la prueba de Tukey (Cuadro 11) muestran que todos los tratamientos presentaron grados alcohólicos aceptables dentro del rango establecido (2.5 – 9.0%) tanto por la Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza (2012) como por Gutiérrez y Muñiz (2000). Además, se obtuvo el mayor grado alcohólico con la sustitución de 25% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 6.0 (4.55%); el cual fue el tratamiento que más se asemejó a los grados alcohólicos obtenidos con las muestras patrón.

Obregón (2010) reporta un valor de 4.17%, como mejor graduación alcohólica para la cerveza de maíz morado usando alfa amilasa al 0.15%. Insuasti y Carvajal (2010) obtuvieron como mejores tratamientos a las cervezas artesanales con sustitución de 15% de cebada por yuca con rendimientos alcohólicos de 4.81 y 4.85%. Finalmente, González y otros (2013) obtuvieron un valor de 3.08% como mejor grado alcohólico de una cerveza con sustitución de 5% de cebada por amaranto.

4.2. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la capacidad espumante

En la Figura 6, se muestra a la capacidad espumante en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, observándose que la capacidad espumante fue aumentando con relación directa al porcentaje de sustitución de cebada por quinua, siendo más notorio este aumento a pH inicial de maceración de 6.0.

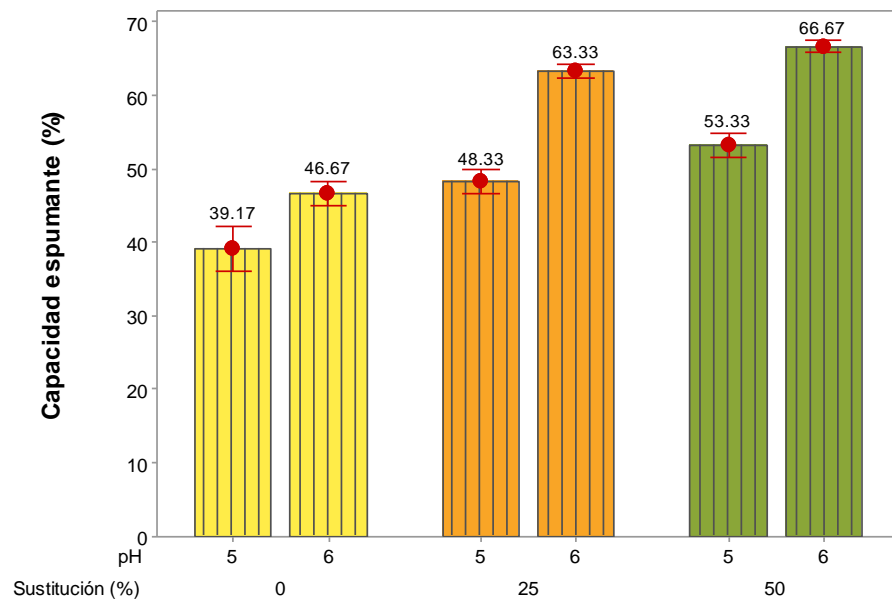


Figura 6. Capacidad espumante en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración

Según Rodríguez (2003), los elementos que participan positivamente de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y las isohumulonas provenientes del lúpulo. Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a caracterizar a cervezas con capacidades espumantes deficientes. Barrientos (2011) añade, que cuanto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma.

De Mesones (2005) indica que el exceso de proteínas en la malta ayudará a que las cervezas presenten mejores capacidades espumantes, cuerpo y cremosidad en espuma, que las diferenciará de las cervezas industriales. Wallin y otros (2010) añaden que no sólo el tipo de malta garantizará una buena formación de espuma, sino que también influirá el funcionamiento de las beta amilasas, que lleva consigo a la buena elección de los parámetros de temperatura, tiempo y pH en el proceso de maceración.

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se deduce que existe homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que es factible realizar la prueba de Análisis de Varianza.

Cuadro 11. Prueba de Levene modificada para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Estadístico de Levene	p
Capacidad espumante (%)	0.340	0.877

En el Cuadro 12, se presenta el análisis de varianza para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se denota que la sustitución de cebada por quinua y el pH inicial de maceración presentan efecto significativo sobre la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale, mientras que la interacción sustitución de cebada por quinua – pH inicial de maceración no presentó efecto significativo sobre la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Capacidad espumante (%)	Sustitución	952.083	2	476.042	50.778	0.000
	pH	642.014	1	642.014	68.481	0.000
	Sustitución*pH	46.528	2	23.264	2.481	0.125
	Error	112.500	12	9.375		
	Total	1753.125	17			

Barrientos y otros (2013) evaluaron las características espumantes de cervezas artesanales y cervezas comerciales, encontrando diferencias significativas del tipo de cerveza sobre su capacidad espumante. Insuasti y Carvajal (2010) encontraron diferencias significativas con respecto a la adición de azúcar sobre la capacidad espumante de cervezas de yuca, caso contrario ocurrió con el factor de cantidad de lúpulo, el cual no presentó diferencias significativas sobre la capacidad espumante de las cervezas de yuca.

En el Cuadro 13, se presenta la prueba de Tukey para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale en función de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.

Cuadro 13. Prueba de Tukey para la capacidad espumante de la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Subgrupo		
		1	2	3
0	5	39.17		
0	6		46.67	
25	5		48.33	
50	5		53.33	
25	6			63.33
50	6			66.67

Los resultados de la prueba de Tukey (Cuadro 13) muestran que se obtuvieron las mejores capacidades espumantes con la sustitución de 25% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 6.0 (63.33%) y con la sustitución de 50% de cebada por quinua – pH inicial de 6.0 (67.67%), siendo ambas estadísticamente iguales. Con ello se deduce que la sustitución de cebada por quinua mejora la capacidad espumante de la cerveza.

Wallin y otros (2010) señalan que la capacidad espumante de una cerveza industrial se encuentra en el rango de 50 – 70%. De acuerdo a ello, se induce que las muestras patrón y el tratamiento con sustitución de 25% de cebada por quinua – pH inicial de maceración de 5.0 no tuvieron capacidades espumantes aceptables; sin embargo, este rango ha sido establecido para cervezas comerciales siendo diferentes a las cervezas artesanales elaboradas en la investigación. Barrientos y otros (2011) obtuvieron las mejores capacidades espumantes con agregado de alginato de propilenglicol (66% y 55%), mientras que las más bajas capacidades espumantes fueron obtenidas de las cervezas de cebada artesanales (28% y 33%).

4.3. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la estabilidad espumante

La estabilidad espumante en la cerveza se relaciona con dos variables: la disminución de la espuma en el tiempo (EE_1) y el volumen del líquido drenado (EE_2). Cuanto menor sea la disminución de la espuma en el tiempo y menor sea el volumen del líquido drenado, mayor será la estabilidad de la espuma.

En la Figura 7, se muestra la disminución del volumen de espuma en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, observándose que la disminución del volumen de espuma fue cada vez menor conforme aumentaba el porcentaje de sustitución de cebada por quinua, siendo los valores mucho menores a pH inicial de maceración de 6.0 (mayor estabilidad espumante en los tratamientos con sustitución de cebada por quinua y con pH inicial de maceración de 6.0).

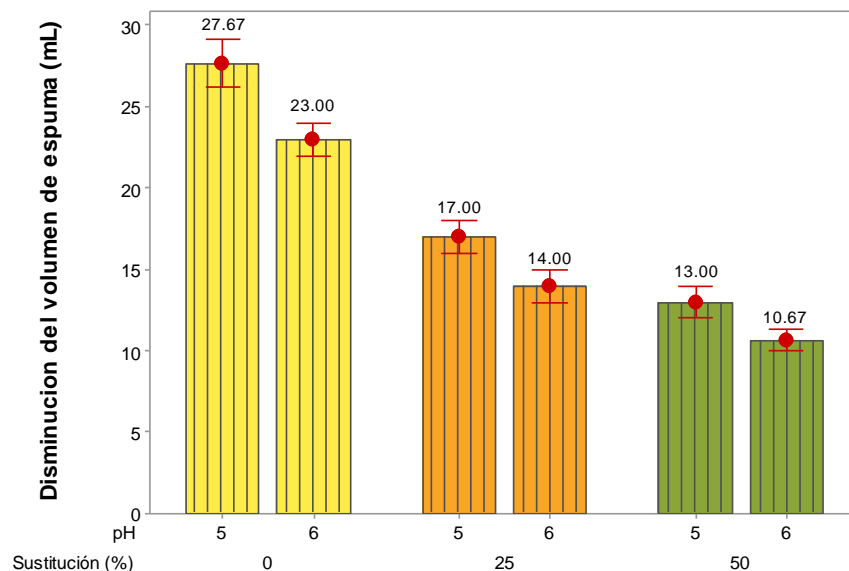
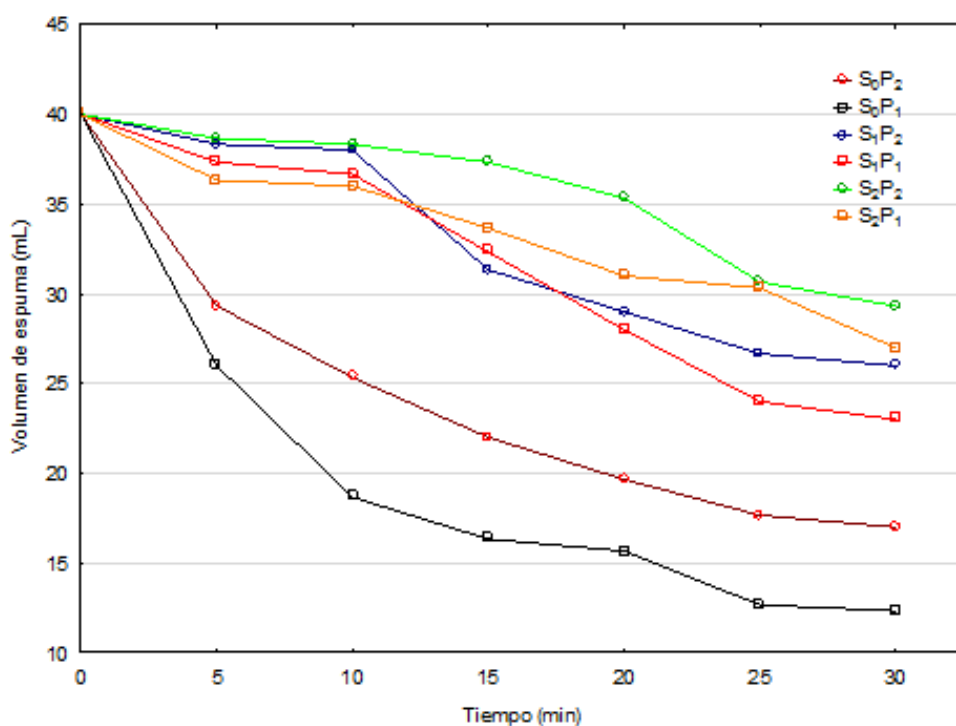


Figura 7. Disminución del volumen de espuma en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración

Barrientos (2011) señala que la velocidad de decaimiento o disminución del volumen de la espuma puede ser influenciada por la temperatura y la edad, ya que dependiendo del estilo, una segunda fermentación puede seguramente ocurrir en la botella cambiando la gravedad específica y la tensión superficial de la cerveza conforme envejece.

En la Figura 8, se presenta la variación del volumen de espuma en el tiempo.



S₀ : sin sustitución de cebada por quinua	P₁ : pH inicial de maceración, 5.0
S₁ : sustitución de 25% de cebada por quinua	P₂ : PH inicial de maceración, 6.0
S₂ : sustitución de 50% de cebada por quinua	

Figura 8. Variación del volumen de espuma en el tiempo

En la Figura 8 se observa que el comportamiento de la espuma en la muestras patrón es más radical, se produce una pérdida rápida de espuma, mientras que para las muestras con sustitución de 50% de cebada por quinua la caída de la

espuma es más lenta; inclusive, se mantiene muy estable durante los primeros diez minutos. Otro factor importante es el pH inicial de maceración, ya que a pH de 5.0 la disminución es mucho mayor que a pH inicial de maceración de 6.0; observándose con mayor claridad en las muestras patrón. Barrientos y otros (2011) evaluaron la caída de la espuma de cervezas comerciales con estabilizante, cervezas comerciales sin estabilizante y cervezas artesanales en el tiempo, reportando mejores resultados con la cervezas comerciales con agregado de alginato de propilenglicol, cuyo comportamiento es similar al obtenido con la sustitución de 50% de cebada por quinua en la presente investigación.

De Mesones (2005) señala que maltas ricas en contenido proteico ayudan a que la cerveza final disponga de cuerpo y espuma estable, sobre todo manteniéndola en el tiempo con sus mismas características de untuosidad y cremosidad. Wallin y otros (2010) añaden que los ingredientes con alto nivel proteico mejorarán la espuma al aumentar la viscosidad de la cerveza, pues al ser un líquido más pesado fluye lentamente alrededor de las burbujas, favoreciendo la permanencia de las mismas y evitando que el dióxido de carbono se escape.

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a la disminución del volumen de espuma en la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se deduce que existe homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que es factible realizar la prueba de Análisis de Varianza.

Cuadro 14. Prueba de Levene modificada para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Estadístico de Levene	p
Disminución del volumen de espuma (mL)	0.120	0.984

En el Cuadro 15, se presenta el análisis de varianza para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se denota que la sustitución de cebada por quinua y el pH inicial de maceración presentan efecto significativo sobre la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale; en contraste, la interacción sustitución de cebada por quinua – pH inicial de maceración no presentó efecto significativo sobre dicha variable.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Disminución del volumen de espuma (mL)	Sustitución	584.778	2	292.389	89.203	0.000
	pH	50.000	1	50.000	15.254	0.002
	Sustitución*pH	4.333	2	2.167	0.661	0.534
	Error	39.333	12	3.278		
	Total	678.444	17			

Barrientos y otros (2011) encontraron diferencias significativas en el tipo de cervezas (cervezas comerciales sin agregado de alginato de propilenglicol y cervezas comerciales con agregado de alginato de propilenglicol) sobre la disminución del volumen de espuma de la cerveza.

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Tukey para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale en función de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para la disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Subgrupo			
		1	2	3	4
50	6	10.67			
50	5	13.00	13.00		
25	6	14.00	14.00		
25	5		17.00		
0	6			23.00	
0	5				27.67

Los resultados de la prueba de Tukey (Cuadro 16) muestran que se obtuvo la menor disminución del volumen de espuma con la sustitución de 25% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 6.0 (14 mL), con la sustitución de 50% de cebada por quinua – pH inicial de 6.0 (10.67 mL) y con la sustitución de 50% de cebada por quinua – pH inicial de 5.0 (13 mL), siendo las tres estadísticamente iguales.

Barrientos y otros (2011) reportaron la menor disminución del volumen de espuma en las cervezas con agregado de alginato de propilenglicol (15 y 10 mL), mientras que la mayor disminución del volumen de espuma se observó en las cervezas comerciales sin agregado de alginato de propilenglicol (20 y 30 mL).

En la Figura 9, se muestra el volumen del líquido drenado en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, observándose un menor volumen del líquido drenado (mayor estabilidad espumante) a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución de cebada por quinua, siendo los valores más bajos a pH inicial de maceración de 6.0.

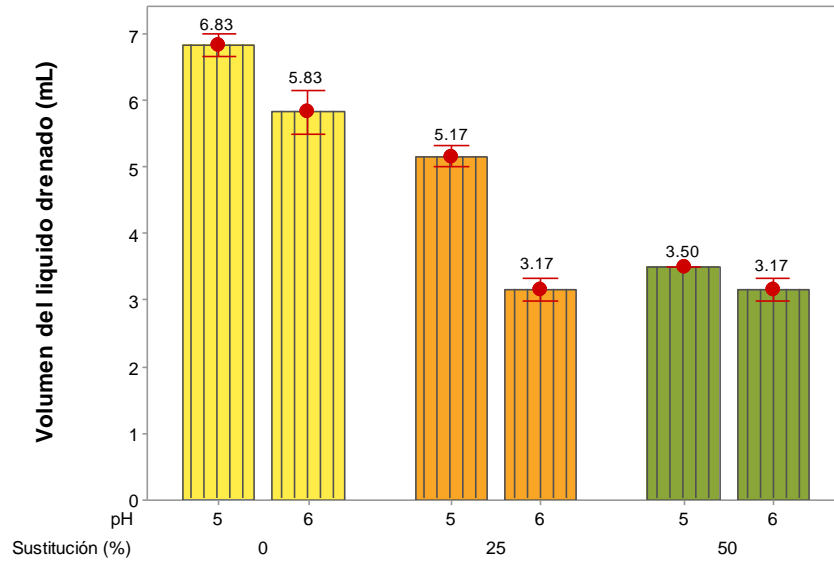


Figura 9. Volumen del líquido drenado en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración

Barrientos (2011) señala que tan pronto como la espuma se forme, el líquido comienza a drenar de ella. En este fenómeno fisicoquímico interviene el contenido de polisacáridos en la cerveza, ya que estos evitan que la espuma se disuelva en la cerveza; por otro lado, compuestos como los lípidos y una elevada graduación alcohólica influyen de manera negativa, desestabilizando las burbujas.

En el Cuadro 17, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada al volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se deduce que existe homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que es factible realizar la prueba de Análisis de Varianza.

Cuadro 17. Prueba de Levene modificada para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Estadístico de Levene	p
Volumen del líquido drenado (mL)	0.300	0.904

En el Cuadro 18, se presenta el análisis de varianzas para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se denota que la sustitución de cebada por quinua, el pH inicial de maceración y la interacción sustitución de cebada por quinua – pH inicial presentan efecto significativo sobre el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Volumen del líquido drenado (mL)	Sustitución	28.778	2	14.389	129.500	0.000
	pH	5.556	1	5.556	50.000	0.000
	Sustitución*pH	2.111	2	1.056	9.500	0.003
	Error	1.333	12	0.111		
	Total	37.778	17			

Barrientos y otros (2011) encontraron diferencias significativas en el tipo de cervezas (cervezas artesanales y cervezas comerciales) sobre el volumen del líquido drenado en la cerveza.

En el Cuadro 19, se presenta la prueba de Tukey para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale en función de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.

Cuadro 19. Prueba de Tukey para el volumen del líquido drenado en la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Subgrupo		
		1	2	3
25	6	3.17		
50	6	3.17		
50	5	3.50		
25	5		5.17	
0	6		5.83	
0	5			6.83

Los resultados de la prueba de Tukey (Cuadro 19) muestran que se obtuvo el menor volumen de líquido drenado con la sustitución de 25% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 6.0 (3.17 mL), con la sustitución de 50% de cebada por quinua – pH inicial de 6.0 (3.17 mL) y con la sustitución de 50% de cebada por quinua – pH inicial de 5.0 (3.50 mL), siendo las tres estadísticamente iguales.

Barrientos y otros (2011) reportaron el menor volumen de líquido drenado en las cervezas comerciales con agregado de alginato de propilenglicol (2.5 y 2.5 mL), mientras que el mayor volumen de líquido drenado se observó en las cervezas artesanales (7.5 y 5.0 mL).

4.4. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la densidad

En la Figura 10, se muestra la densidad en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, observándose valores muy similares para todos los tratamientos.

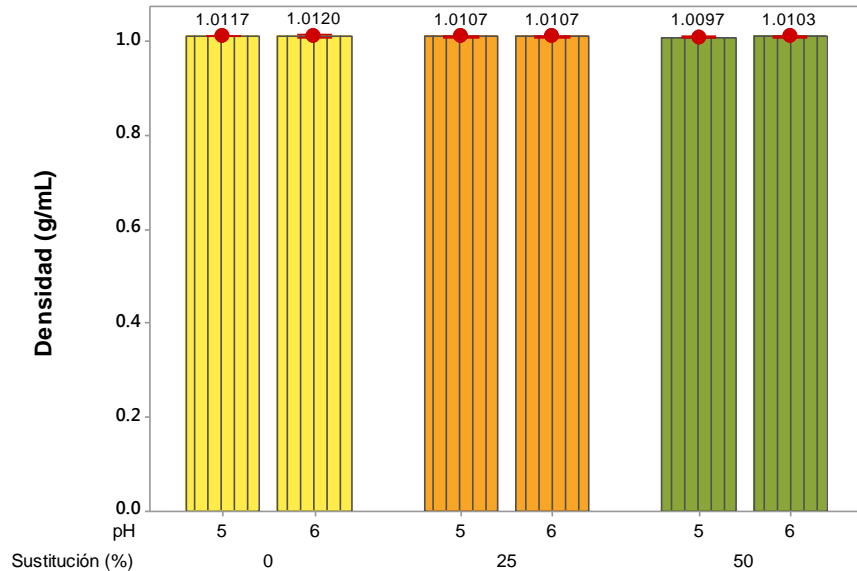


Figura 10. Densidad en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración

Rodríguez (2003) señala que la densidad de una cerveza varía de acuerdo al tipo de amiláceo utilizado; además, la densidad está estrictamente vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza, es decir, mientras se van transformando los azúcares en alcohol, se hace más ligera. Severiano (2006) menciona que existen cervezas de alta y baja densidad. Las de baja densidad (0.988 – 1.018 g/mL) son generalmente de malta base o maltas suaves, mientras que las de alta densidad (1.020 -1.060 g/mL) se elaboran con maltas y adjuntos tales como arroz, maíz y azúcar, los cuales hacen que la cerveza tenga más cuerpo.

En el Cuadro 20, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se deduce que existe homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que es factible realizar la prueba de Análisis de Varianza.

Cuadro 20. Prueba de Levene modificada para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Estadístico de Levene	p
Densidad (g/mL)	0.170	0.970

En el Cuadro 21, se presenta el análisis de varianzas para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se denota que sólo la sustitución de cebada por quinua presentó efecto significativo sobre la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale; en contraste, el pH inicial de maceración y la interacción sustitución de cebada por quinua – pH inicial de maceración no presentaron efecto significativo sobre dicha variable.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Densidad (g/mL)	Sustitución	0.0000103	2	0.00000517	11.625	0.002
	pH	0.0000005	1	0.00000050	1.125	0.310
	Sustitución*pH	0.0000003	2	0.00000017	0.375	0.695
	Error	0.0000053	12	0.00000044		
	Total	0.0000165	17			

Obregón (2010) reportó que la concentración de alfa amilasa tuvo efecto significativo sobre la densidad de cerveza de maíz morado. Insuasti y Carvajal (2010) no encontraron efecto significativo por parte de la cantidad de lúpulo y la cantidad de azúcar añadida sobre la densidad de cerveza de yuca. Sanlate (2010) no encontró efecto significativo por parte del porcentaje de sustitución de cebada por trigo sobre la densidad de la cerveza estilo

Weissbier. Finalmente, Galecio y Haro (2012) tampoco encontraron efecto significativo por parte de la variedad de maíz en la densidad de la cerveza.

En el Cuadro 22, se presenta la prueba de Tukey para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale en función de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.

Cuadro 22. Prueba de Tukey para la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Subgrupo	
		1	2
50	5	1.0097	
50	6	1.0103	1.0103
25	6	1.0107	1.0107
25	5	1.0107	1.0107
0	5		1.0117
0	6		1.0120

Los resultados de la prueba de Tukey (Cuadro 22) muestran que todos los tratamientos presentaron densidades aceptables dentro del rango establecido (0.998 – 1.018 g/mL) tanto por la Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza (2012) como por Gutiérrez y Muñiz (2000). Además, se observa que la menor densidad la obtuvo el tratamiento con sustitución de 50% de cebada por quinua – pH inicial de maceración de 5.0 (1.0097 g/mL), siendo todos los tratamientos estadísticamente iguales. Obregón (2010) aplicando una enzima exógena alfa amilasa encontró que la menor densidad (1.0450 g/mL) se obtuvo aplicando una concentración de 0.15% de esta enzima en la elaboración de cerveza de maíz morado.

4.5. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en el pH final

En la Figura 11, se muestra el pH final en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, observándose pH finales más ácidos en los tratamientos con pH inicial de maceración de 5.0, y viceversa. Mientras que los valores de pH final más alcalinos se encuentran en los tratamientos con sustitución de 50% de cebada por quinua comparándolos de acuerdo a sus respectivos valores de pH inicial de maceración.

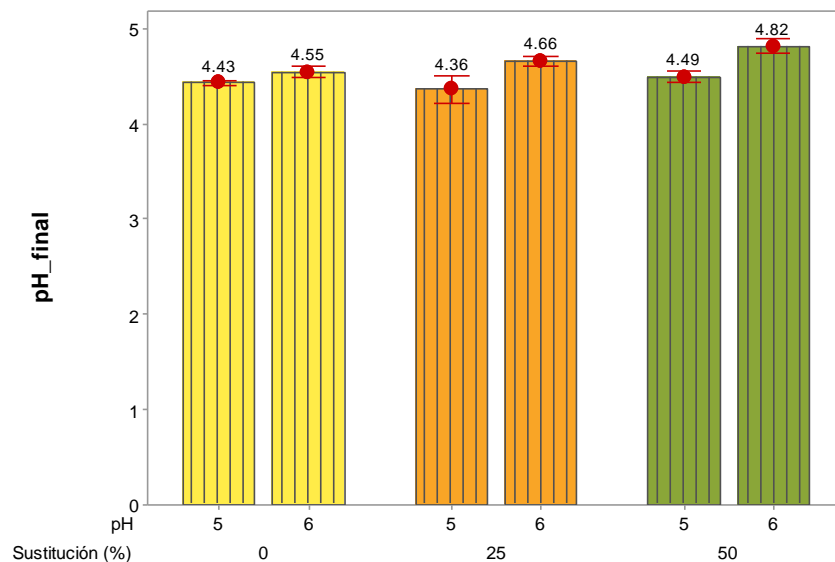


Figura 11. pH final en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración

Según Rodríguez (2003), las cervezas elaboradas con una mayor relación de malta y otros cereales adjuntos poseen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente con malta. El pH de la cerveza también depende del pH inicial regulado generalmente en el proceso de maceración, el cual a su vez, depende del tipo de agua utilizada y el tratamiento de la misma con ácidos y/o sales de calcio.

Suárez (2013) señala que para que el pH de la cerveza se sitúe en los valores óptimos (4.1 y 4.5) es necesario que se realicen los procesos previos adecuadamente, teniendo en cuenta la utilización de agua que no sea demasiado alcalina o pesada, la regulación del pH en la maceración de 5.5 – 5.9 para conseguir la máxima efectividad de las enzimas y la regulación del pH del mosto que ha de situarse entre 5.1 - 5.5 previo a la fermentación. De Mesones (2005) añade que la composición de sales del agua tiene influencia indirecta en su acción en la regulación del pH del mosto y de la cerveza, y un rango adecuado está entre 5.0 y 6.0. Millaray (2004) indica que un pH muy elevado es desfavorable para reacciones importantes como la sacarificación ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de proteínas durante la ebullición es menos intensa, el amargor es más astringente (polifenoles) y se pone en riesgo la calidad microbiológica de la cerveza. Asimismo, un pH muy bajo conduce a la inactivación de las enzimas y a una posible contaminación por la presencia de bacterias lácticas.

En el Cuadro 23, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada al pH de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se deduce que existe homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que es factible realizar la pos prueba de Análisis de Varianza.

Cuadro 23. Prueba de Levene modificada para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Estadístico de Levene	p
pH final	0.660	0.662

En el Cuadro 24, se presenta el análisis de varianza para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale, en donde se denota que la sustitución de cebada por quinua, el pH inicial de maceración y la interacción sustitución de cebada por quinua – pH inicial de maceración presentan efecto significativo sobre el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale.

Cuadro 24. Análisis de varianza para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
pH final	Sustitución	0.096	2	0.048	48.508	0.000
	pH	0.269	1	0.269	270.391	0.000
	Sustitución*pH	0.039	2	0.020	19.715	0.000
	Error	0.012	12	0.001		
	Total	0.417	17			

Obregón (2010) reportó que la concentración de alfa amilasa no tuvo efecto significativo sobre el pH de la cerveza de maíz morado. Sanlate (2010) no encontró diferencias significativas con relación al porcentaje de sustitución de cebada por trigo sobre el pH final de la cerveza estilo Weissbier. Por otro lado, Insuasti y Carvajal (2010) determinaron que existe efecto significativo de la cantidad de lúpulo y azúcar adicionado sobre el pH final de la cerveza de yuca.

En el Cuadro 25, se presenta la prueba de Tukey para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale en función de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración.

Cuadro 25. Prueba de Tukey para el pH final de la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
25	5	4.36				
0	5	4.43	4.43			
50	5		4.49	4.49		
0	6			4.55		
25	6				4.66	
50	6					4.82

Los resultados de la prueba de Tukey (Cuadro 25) muestran que en general todos los tratamientos presentaron valores de pH aceptables dentro del rango establecido (3.0 – 4.8) tanto por la Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza (2012) como por Gutiérrez y Muñiz (2000). El tratamiento con sustitución de 50% de cebada por quinua – pH inicial de maceración de 6.0, sobrepasó el límite superior; sin embargo, también se considera un valor de pH aceptable, ya que la desviación fue muy ligera.

4.6. Efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la aceptabilidad general

En el Cuadro 26 se presenta el diseño de bloques incompletos balanceados aplicado a la prueba hedónica de aceptabilidad general. El tamaño de bloque fue determinado por el investigador y el número de jueces resultó del estadístico de Durbin (Cuadro 7).

Cuadro 26. Diseño de bloques incompletos balanceados

Jueces	Tratamientos					
	S ₀ P ₁	S ₀ P ₂	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
1	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■
8	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■
10	■	■	■	■	■	■
11	■	■	■	■	■	■
12	■	■	■	■	■	■
13	■	■	■	■	■	■
14	■	■	■	■	■	■
15	■	■	■	■	■	■
16	■	■	■	■	■	■
17	■	■	■	■	■	■
18	■	■	■	■	■	■
19	■	■	■	■	■	■
20	■	■	■	■	■	■
21	■	■	■	■	■	■
22	■	■	■	■	■	■
23	■	■	■	■	■	■
24	■	■	■	■	■	■
25	■	■	■	■	■	■
26	■	■	■	■	■	■
27	■	■	■	■	■	■
28	■	■	■	■	■	■
29	■	■	■	■	■	■
30	■	■	■	■	■	■
31	■	■	■	■	■	■
32	■	■	■	■	■	■
33	■	■	■	■	■	■
34	■	■	■	■	■	■
35	■	■	■	■	■	■
36	■	■	■	■	■	■
37	■	■	■	■	■	■
38	■	■	■	■	■	■
39	■	■	■	■	■	■
40	■	■	■	■	■	■
41	■	■	■	■	■	■
42	■	■	■	■	■	■
43	■	■	■	■	■	■
44	■	■	■	■	■	■
45	■	■	■	■	■	■

En la Figura 12, se presenta la suma de rangos obtenida en la evaluación de la aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, en donde se observa que los tratamientos de mayor aceptabilidad sensorial son los que han sido regulados con pH inicial de maceración de 6.0, que a su vez originaron cervezas menos ácidas en comparación a los regulados a pH de 5.0 (Figura 11) evidenciándose una preferencia por el consumo de cervezas poco ácidas o alcalinas.

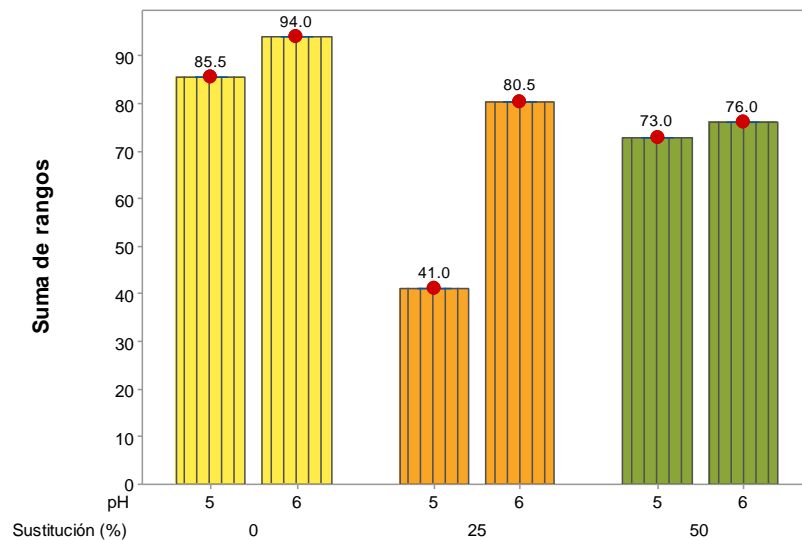


Figura 12. Suma de rangos en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración

Sanlate (2010) en la evaluación de la aceptabilidad general de cervezas de trigo estilo Weissbier, reportó que existe una correlación positiva alta entre los valores de pH y la aceptación general de los panelistas por la cerveza, lo que significó que a mayor pH se tiene mayor aceptación de los panelistas, concluyendo así, que los panelistas prefieren las cervezas con poco contenido de acidez.

En el Cuadro 27, se presenta la prueba de Durbin para la aceptabilidad general en función de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, en donde se manifiesta la existencia de diferencias significativas, rechazándose así la hipótesis nula.

Cuadro 27. Prueba de Durbin para la aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Suma de rangos
0	5	85.50
0	6	94.00
25	5	41.00
25	6	80.50
50	5	73.00
50	6	76.00
Chi-cuadrado		40.060
p		0.000

En el Cuadro 28, se presenta el test de comparaciones múltiples por grupos de Conover para la aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale.

Los resultados del test de comparaciones múltiples por grupos de Conover muestran que el tratamiento con la sustitución de 25% de cebada por quinua – pH inicial de maceración de 6.0 resultó ser el mejor evaluado

sensorialmente (Suma de rangos = 80.5). Además es el tratamiento que más se asemejó a las dos muestras patrón, siendo los tres estadísticamente iguales.

Sanlate (2010) obtuvo como mejor resultado de la prueba de aceptabilidad general a la cerveza con sustitución de 50% de cebada por trigo (Rango promedio = 4.08), mientras que Insuasti y Carvajal (2010) reportaron como la mejor evaluada sensorialmente a la muestra con sustitución de 15% de cebada por yuca.

Cuadro 28. Comparaciones múltiples por grupos mediante el procedimiento de Conover para la aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale

Sustitución de cebada por quinua (%)	pH	Subgrupo		
		1	2	3
25	5	41.0		
50	5		73.0	
50	6		76.0	
25	6		80.5	80.5
0	5		85.5	85.5
0	6			94.0

Chollet y otros (2011) estudiaron la clasificación por grupos como una metodología alternativa al PCA (análisis de componentes principales) para el análisis sensorial de la cerveza; en donde reportan una disminución de la eficiencia en la evaluación sensorial con el aumento en muestras de cervezas. La complejidad de la cerveza en cuanto a su composición dificulta su

degustación y un gran número de muestras de cerveza concluyen a la fatiga sensorial así como a una disminución de la agudeza y atención de los panelistas. Por otra parte, cuando el panelista comienza la evaluación, prueba una cerveza y trata de memorizarla, luego prueba la segunda e inmediatamente lo compara con la primera y así sucesivamente hasta evaluar la última. Así que cuanto mayor es el número de cervezas, mayor es la carga de la memoria del panelista a corto plazo. Estos fenómenos ocurrieron tanto para evaluadores entrenados como no entrenados teniendo mayor hincapié cuando las muestras eran de formulaciones similares; así, el número de muestras de cervezas que se puede utilizar en las evaluaciones sensoriales también depende de la semejanzas entre las mismas. Ello argumenta la alternativa de uso del diseño de bloques incompletos balanceados para la evaluación sensorial en cervecería.

Giacalone y otros (2014) estudiaron la influencia de la familiaridad (panelista-producto) con relación a la aceptabilidad general de cervezas en diferentes contextos. Se señala que los consumidores pueden preferir cervezas familiares en la mayoría de las situaciones, por el contrario, pueden optar por una cerveza desconocida como una respuesta a las limitaciones de un uso más específico, como por ejemplo hacer un regalo, una alternativa al vino en la cena, etc. Además, en comparación con los productos familiares, la evaluación de productos desconocidos con relación a un contexto específico puede facilitarse por centrar la atención del consumidor en las características relevantes para la evaluación sensorial. Los panelistas y/o consumidores habituales evalúan productos familiares sobre la base de estructuras de conocimiento preexistentes relacionados con experiencias previas. Caporale y Monteleone (2004) en su estudio del efecto de la información relativa a los procesos de fabricación sobre la aceptabilidad sensorial de la cerveza, demostró que la información sobre la tecnología de la fabricación es capaz de modificar el gusto de los consumidores para con la cerveza. Se utilizaron tres muestras (cerveza con levadura modificada genéticamente, cerveza con

cebada y lúpulo orgánico y cerveza preparada de forma tradicional) obteniendo las mejores puntuaciones en la cerveza orgánica y las más bajas en la cerveza con levadura modificada, señalándose que los consumidores perciben la modificación genética como moralmente equivocada e innecesaria en la fabricación de los alimentos. Ante esta situación y para una evaluación de aceptabilidad general con panelistas no entrenados sería recomendable una evaluación a ciegas y el desconocimiento de los evaluadores en cuanto a la existencia de muestras comerciales o de algún cambio tecnológico en la manufactura del producto.

Vera y otros (2011) utilizaron la fusión de datos obtenidos con las técnicas de nariz electrónica, medio óptico de la lengua y espectrometría UV para la descripción sensorial de cervezas, obteniendo que una fusión proporciona una mejor clasificación y descripción que el análisis con matrices individuales; sin embargo, indican que sus resultados e interpretaciones tienen que necesariamente estar sujetas a la validación por un panel de cata experto. Con ello, se concluye que a pesar de poder realizarse metodologías con análisis instrumental o cata electrónica es necesaria una evaluación sensorial con un panel entrenado.

V. CONCLUSIONES

Se determinó la existencia de efecto significativo de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración sobre el grado alcohólico, la capacidad y estabilidad espumante y el pH final, asimismo, de la sustitución de cebada por quinua sobre la densidad de la cerveza de quinua tipo Ale.

La Prueba de Durbin reportó diferencias significativas de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale.

El mayor grado alcohólico (4.55%) y la mayor aceptabilidad general se obtuvo del tratamiento con sustitución de 25% de cebada por quinua y con pH inicial de maceración de 6.0.

Todos los tratamientos presentaron densidades óptimas en cervecería, siendo las mismas, estadísticamente iguales.

El pH final resultó ser el óptimo para todos los tratamientos. La cerveza con sustitución del 50% de cebada por quinua – pH inicial de 6.0 resultó ser la más ácida (pH final = 4.82).

Se determinó que el tratamiento con sustitución de 25% de cebada por quinua y pH inicial de maceración de 6.0 posee estadísticamente las mismas propiedades espumantes que los tratamientos con sustitución de 50% de cebada por quinua tanto a pH inicial de maceración de 6.0 como a 5.0, presentando la mayor capacidad y estabilidad espumante.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar una prueba sensorial específica para la cerveza, con un panel de jueces entrenados.

Implementar un sistema de carbonatación artificial con inyección de CO₂ para obtener mejores características espumantes y sensoriales en la cerveza.

Evaluar el efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en el color de la cerveza (°EBC) mediante espectrofotometría.

Evaluar el efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en la turbidez de la cerveza.

Determinar el poder diastásico de la malta de quinua variedad Blanca de Puno, ya sea en unidades de °Litner como en °Wk (Windisch-Kolbach).

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aldón, H. (2005). Brewing virtual. Lima, Perú. Disponible en: www.aldon.org/cerveza/index.html (2014, 25 de Octubre).

Anzaldúa-Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Álvarez, Y. (2012). Elaboración y caracterización de dos bebidas proteicas a base de quinua malteada y quinua sin maltear. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

Asociación Internacional de Cerveceros (2014). Beer Style Guidelines. Disponible en www.brewersassociation.org (2015, 10 de Abril).

Barrientos, M. (2011). Evaluación del efecto de un serpentín helicoidal sobre la relación espuma – cerveza (tipo Lager) y sobre el flujo de cerveza en un dispensador de cerveza artesanal de barril. Universidad de San Carlos. Nueva Guatemala de la Asunción, Guatemala.

Caporale, G y Monteleone, E. (2004). Influence of information about manufacturing process on beer acceptability. Univerdita degli Studi della Basilicata. Potenza, Italia.

Chamorro, D (2012). Elaboración de un plan de negocios para la producción de cerveza artesanal. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad Austral de Chile. Puerto Montt, Chile.

Choque, E. (2012). Factibilidad económica de la producción de cerveza artesanal en la provincia de Bustillo. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Agroindustrial. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Chollet, S; Lelievre, M; Abdi, H y Valentin, D. (2011). Sort and beer: Everything you wanted to know about sorting task but did not dare to ask. Institute Superieur d'Agriculture. Lille, Francia.

Collazos, C; White, P; White, H; Viñas, E; Alvistur, E; Urquieta, E; Vásquez, J; Díaz, C; Quiroz, A; Roca, A; Hegsted, M; Bradfield, R; Herrera, N; Faching, A; Robles, N; Hernández, E y Arias, M (2009). La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Instituto Nacional de Nutrición. Lima, Perú.

Dantur, M. (2006). Estudio de mercado para la organización de una pyme de bases biotecnológicas: cerveza de elaboración artesanal. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.

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

Fundación Universitaria Iberoamericana (2012). Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos. Lima, Perú.

Galecio, G y Haro, C. (2012). Bebidas fermentadas en base a maíz negro (*Zea mays poaceae*) con el eco tipo "racimo de uva" y la variedad "mishca" de la serranía ecuatoriana. Tesis para optar el título de Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.

Giacalone, D; Bom; M; Bredie, W; Pineau, B; Hunter, D; Paisley, A; Beresford, M y Jaeger, S. (2014). Situational appropriateness of beer is influenced by product familiarity. University of Copenhagen, Dinamarca.

González, J; Carrizales, R y Martínez, J. (2013). Perspectivas de nuevos productos a base de amaranto: Cerveza artesanal de amaranto. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

González, L y Muñiz, P. (2000). Actividad antioxidante de la cerveza: estudios in vitro. Universidad de Burgos. Burgos, España.

Insuasti, M y Carvajal, L. (2010). Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot esculenta*). Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Quito, Ecuador.

Martínez, E. (2004). Métodos estadísticos. Editorial Limusa. Madrid, España.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). La quinua en el Perú. Dirección General de Competitividad Agraria. Lima, Perú.

Ministerio de la Producción y Viceministerio de MYPE e Industria. (2014). Producción peruana de la industria de productos alimenticios y bebidas. Lima, Perú.

Molina, J. (2007). La cebada cervecera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Sevilla, España.

Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa. México D.F. México.

Norma Técnica Nicaragüense. (2012). Bebidas fermentadas. Especificaciones de la cerveza. NTON 03 038 – 12. Tercera revisión. Nicaragua.

Mujica, A y Jacobsen, S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa*) y sus parientes. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Obregón, J. (2010). Efecto de la concentración de alfa – amilasa en las características fisicoquímicas y evaluación sensorial de cerveza de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad morado mejorado PMV-581. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Rodríguez, H. (2003). Determinación de parámetros fisicoquímicos para la caracterización de cerveza tipo Lager elaborada por compañía cervecera Kunstmann S.A. Tesis para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Romero, C; Benítez, E; Peruchena, N; Sisa, G y Lozano, J. (2013). ¿A qué se debe la formación y estabilidad de la espuma en la cerveza? Estudio en cervezas regionales del noreste argentino. Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires. Argentina.

Sanlate, J. (2010). Efecto de la temperatura de tostado de malta y del porcentaje de trigo en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Weissbier Alemana. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero en Agroindustria alimentaria. Universidad de Zamorano. Francisco Morazán, Honduras.

Suárez, M. (2013). Cerveza. Componentes y propiedades. Tesis para optar el grado académico de Magister en Biotecnología Alimentaria. Universidad de Oviedo. Oviedo, España.

The R Foundation for Statistical Computing. (2014). A language and environment for statistical computing. Viena, Austria.

Ureña, M; D'Arrigo, M y Girón, M. (1999). Evaluación sensorial de los alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Velasco, M. (2007). Elaboración de una bebida nutritiva a partir del malteado de quinua. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrialización de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Vera, L; Aceña, L; Guash, J; Roqué, R; Mestres, M y Busto, O. (2011). Discrimination and sensory description of beers through data fusión. Universitat Rovira i Virgili. Cataluña, España.

Vilar, J. (2011). Diseño y análisis estadístico de experimentos. Universidad de La Coruña. La Coruña, España.

Vílchez, D. (2005). Determinación del costo, calidad fisicoquímica y organoléptica de cerveza artesanal obtenida de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces carlsbergensis*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Villegas, L. (2013). Reingeniería de la planta de cerveza artesanal Cherusker. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Wallin, C; Dipietro, M; Schwarz, R y Bamforth, C. (2010). A comparison of the three methods for the assessment of foam stability of beer. Journal of the Institute of Brewing. Gran Bretaña.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Media y desviación estándar correspondientes a las características fisicoquímicas de la cerveza de quinua tipo Ale.

Tratamiento	Estadísticos	Grado alcohólico (% v/v)	E (%)	EE ₁ (mL)	EE ₂ (mL)	Densidad (g/mL)	pH final
S₀P₂	Media	5.33	47	23.00	5.83	1.012	4.55
	Desviación estándar	0.07	0.03	1.73	0.58	0.001	0.03
S₀P₁	Media	5.11	39	27.67	6.83	1.012	4.43
	Desviación estándar	0.07	0.05	2.52	0.29	0.001	0.01
S₁P₂	Media	4.55	63	14.00	3.17	1.011	4.66
	Desviación estándar	0.07	0.01	1.73	0.29	0.001	0.02
S₁P₁	Media	4.08	48	17.00	5.17	1.011	4.36
	Desviación estándar	0.07	0.03	1.73	0.29	0.001	0.06
S₂P₂	Media	3.78	67	10.67	3.17	1.010	4.82
	Desviación estándar	0.07	0.01	1.15	0.29	0.001	0.03
S₂P₁	Media	3.61	53	13.00	3.50	1.010	4.49
	Desviación estándar	0.13	0.03	1.73	0.00	0.001	0.03

Leyenda:

S₀P₂: Sin sustitución de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 6.0

S₀P₁: Sin sustitución de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 5.0

S₁P₂: Sustitución de 25% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 6.0

S₁P₁: Sustitución de 25% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 5.0

S₂P₂: Sustitución de 50% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 6.0

S₂P₁: Sustitución de 50% de cebada por quinua - pH inicial de maceración de 5.0

E: Capacidad espumante, en %

EE₁: Disminución del volumen de espuma, en mL

EE₂: Volumen del líquido drenado, en mL

Anexo 2. Valores de grado alcohólico para la cerveza de quinua tipo Ale.

Repeticiones	Grado alcohólico (%)					
	S ₀ P ₁	S ₀ P ₂	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
1	5.1546	5.4124	4.1237	4.6392	3.4794	3.8660
2	5.1546	5.2835	4.1237	4.5103	3.7371	3.7371
3	5.0258	5.2835	3.9948	4.5103	3.6082	3.7371
Promedio	5.1117	5.3265	4.0807	4.5533	3.6082	3.7801

Anexo 3. Valores de capacidad espumante para la cerveza de quinua tipo Ale.

Repeticiones	Capacidad espumante (%)					
	S ₀ P ₁	S ₀ P ₂	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
1	37.5	45	50	62.5	55	65
2	45	50	45	62.5	50	67.5
3	35	45	50	65	55	67.5
Promedio	39	47	48	63	53	67

Anexo 4. Valores de la velocidad de decaimiento o disminución del volumen de espuma de la cerveza de quinua tipo Ale.

Repeticiones	Disminución del volumen de espuma (mL)					
	S ₀ P ₁	S ₀ P ₂	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
1	25	25	18	12	12	10
2	28	22	18	15	12	12
3	30	22	15	15	15	10
Promedio	27.67	23	17	14	13	10.67

Anexo 5. Valores del volumen del líquido drenado para la cerveza de quinua tipo Ale.

Repeticiones	Volumen de líquido drenado (mL)					
	S ₀ P ₁	S ₀ P ₂	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
1	7	6.5	5	3.5	3.5	3
2	7	5.5	5.5	3	3.5	3.5
3	6.5	5.5	15	3	3.5	3
Promedio	6.83	5.83	5.17	3.17	3.5	3.17

Anexo 6. Valores de densidad para la cerveza de quinua tipo Ale.

Repeticiones	Densidad (g/mL)					
	S ₀ P ₁	S ₀ P ₂	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
1	1.012	1.012	1.010	1.011	1.010	1.010
2	1.012	1.013	1.011	1.010	1.009	1.011
3	1.011	1.011	1.011	1.011	1.010	1.010
Promedio	1.0117	1.0120	1.0107	1.0107	1.0097	1.0103

Anexo 7. Valores de pH final para la cerveza de quinua tipo Ale.

Repeticiones	pH final					
	S ₀ P ₁	S ₀ P ₂	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
1	4.44	4.55	4.30	4.68	4.47	4.81
2	4.42	4.57	4.41	4.66	4.52	4.85
3	4.44	4.52	4.38	4.64	4.49	4.79
Promedio	4.43	4.55	4.38	4.66	4.49	4.82

Anexo 8. Determinación del índice de amargor de la cerveza de quinua tipo Ale.

	S₀P₁	S₀P₂	S₁P₁	S₁P₂	S₂P₁	S₂P₂
Densidad inicial del mosto (g/mL)	1.051	1.053	1.042	1.046	1.038	1.040
V_w (L)	10	10	10	10	10	10
AA (%)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Wh₁ (g)	6	6	6	6	6	6
U_{aa1} (%)	24.42	24	26.46	25.62	27.58	27
°IBU₁	8.06	7.92	8.73	8.45	9.10	8.91
Wh₂ (g)	3.3	3.4	2.75	2.95	2.5	2.6
U_{aa2} (%)	22.83	22.43	24.71	23.94	25.76	25.2
°IBU₂	4.14	4.20	3.74	3.88	3.54	3.60
Wh₃ (g)	3.3	3.4	2.75	2.95	2.45	2.6
U_{aa3} (%)	15.83	15.57	17.15	16.60	17.90	17.5
°IBU₃	2.87	2.91	2.59	2.69	2.41	2.50
TOTAL= Σ °IBU	15.08	15.03	15.06	15.03	15.06	15.02
Índice de amargor (°IBU)	15	15	15	15	15	15

Leyenda:

°IBU: Unidades Internacionales de amargor (International Bitterness Units)

Wh: Peso de lúpulo utilizado, en gramos

AA: Contenido de alfaácidos del lúpulo, en %

U_{aa}: Cantidad de alfaácidos utilizados realmente en el proceso de ebullición, en %

V_w: Volumen del mosto, en litros

Anexo 9. Calificaciones de la prueba de aceptabilidad general de la cerveza de quinua tipo Ale.

Panelistas	S ₀ P ₂	S ₀ P ₁	S ₁ P ₂	S ₁ P ₁	S ₂ P ₂	S ₂ P ₁
1	8	7		4	5	
2	6	9	2			8
3		8	7	3		6
4	3		3	2	3	
5		6		4	4	6
6	8		5	3		3
7	6	4		2		4
8		4	4		6	7
9	5	4	2		3	
10	7		8		5	5
11	5	5			7	5
12	5	6	4	6		
13		6	9	3	5	
14			7	4	3	5
15	7			1	3	8
16	7	5		2	4	
17	6	7	9			5
18		8	6	2		6
19	7		8	3	5	
20		5		3	5	4
21	6		7	3		7
22	7	5		4		5
23		6	5		4	4
24	6	4	3		3	
25	5		8		4	6
26	6	4			5	4
27	7	5	4	6		
28		4	3	4	5	
29			4	2	7	6
30	9			4	4	6
31	6	8		3	5	
32	4	6	7			3
33		5	8	2		7
34	3		5	3	4	
35		4		1	3	5
36	7		6	4		5
37	5	6		4		5
38		4	7		5	4
39	6	4	8		9	
40	7		5		5	5
41	6	4			5	3
42	8	5	4	5		
43		8	6	6	8	
44			4	3	5	5
45	6			2	8	5

Anexo 10. Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza.

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 03 038 – 12 Tercera Revisión

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense - Bebidas Fermentadas. Cerveza. Especificaciones

En su elaboración participaron las siguientes personas en representación de sus instituciones:

Rüdiger Adelman	Compañía Cervecera de Nicaragua
Nidia Menicucci	Compañía Cervecera de Nicaragua
William Ramírez	Compañía Cervecera de Nicaragua
Ileana Prado	Compañía Cervecera de Nicaragua
Manuel Novoa	Compañía Cervecera de Nicaragua
Geraldo Melo de Queirós	Cervecería Río
Wilson José Fornacier	Cervecería Río
Fernando Argueta	Cervecería Río
Samantha Aguilar Beteta	Taboada y Asociados (Cervecería Río)
José Ángel Reyes	ENSA
Enrique Brenes	Suplidora Internacional
Manuel Bermúdez	Cámara de Comercio de Nicaragua
Andrés Gómez Palacios	Policía Nacional - DIE
Francisco Pérez	LABAL
Fátima Juárez	CNDR-MINSA
Clara Ivania Soto	Ministerio de Salud (MINSA)
Javier Cruz	Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC)
Noemí Solano	Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC)

Esta norma fue revisada por el Comité Técnico de Bebidas Fermentadas en la sesión de trabajo el día 15 de Octubre del 2012.

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones, requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir la cerveza que haya sido o no sometida a pasteurización y/o microfiltración durante el proceso de elaboración.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica a todas las cervezas que se elaboran y comercializan en el territorio nacional, sean estas de producción nacional o importada.

3. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

- 3.1. **Cerveza.** Bebida resultante de un proceso de fermentación alcohólica controlado, por medio de levadura cervecera, de un mosto elaborado con agua potable, malta y/o sus extractos solos o mezclados con azúcar y/o otros productos amiláceos, adicionado de lúpulo y/o sus extractos y concentrados. La adición de otros granos y azúcar es facultativa.
- 3.2. **Malta.** Cebada que ha sido sometida a un proceso de germinación controlada y posterior tostación, en condiciones adecuadas para ser utilizada en la elaboración de cerveza.
- 3.3. **Mosto de cerveza.** Es la solución en agua potable de carbohidratos, proteínas, sales minerales y demás compuestos resultantes de la degradación enzimática de la malta, con o sin adjuntos cerveceros realizada mediante procesos tecnológicos adecuados.
- 3.4. **Aditivos alimentarios.** Son aquellas sustancias que entran en la formulación de una bebida alcohólica fermentada con el objeto de preservar, estabilizar o mejorar su color, olor y apariencia, siempre que no perjudiquen su valor nutritivo, normalmente no se consumen como bebidas, ni se usan como ingredientes característicos de la bebida, tengan o no valor nutritivo y cuya adición intencional, en cualquiera de las fases de producción, resulta o es de prever que resulte (directa o indirectamente), en que él o sus derivados pasen a ser un componente de tales bebidas o afecten a las características de éstas.

- 3.5. Bebida alcohólica fermentada.** Es la bebida alcohólica obtenida por la fermentación de jugos azucarados de frutas o por la fermentación de azúcares obtenidos de almidón de cereales, por cualquier proceso de conversión.
- 3.6. Buenas prácticas de manufactura.** Condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos para todos, los procesos de producción y control de alimentos, bebidas y productos afines, con el objeto de garantizar la calidad e inocuidad de dichos productos según normas aceptadas internacionalmente.
- 3.7. Etiqueta.** Cualquier marbete, rótulo, marca, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado en relieve o en hueco-grabado o adherido al envase o tapón de una bebida alcohólica fermentada, que cumpla con las disposiciones de la presente Norma.
- 3.8. Etiquetado.** Cualquier material escrito, impreso o gráfico que contiene la etiqueta.
- 3.9. Ingrediente.** Cualquier sustancia incluidos los aditivos alimentarios que se emplee en la fabricación, preparación y conservación de las bebidas y esté presente en el producto final, aunque posiblemente en forma modificada.
- 3.10. Lote.** Es una cantidad determinada de una bebida producida en condiciones esencialmente iguales que se identifica mediante un código al momento de ser envasado.
- 3.11. Métodos de prueba.** Procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la norma.
- 3.12. Grado alcohólico.** Porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica, referido a 20 °C.
- 3.13. Cerveza saborizada.** Es la cerveza a la que se le ha adicionado aromas/jugos/extracto de origen vegetal aprobados por la autoridad competente definida en esta norma.
- 3.14. Adjuntos.** Toda fuente donadora de almidón o azúcares fermentables.
- 3.15. Lúpulos.** Flor o extractos naturales o procesados de la flor *Humulus Lupulus*.
- 3.16. Extracto original de cerveza.** Es la concentración de la cerveza expresada en % en masa y calculada a partir de la concentración de alcohol y del extracto real o verdadero de la misma.

4. CLASIFICACIÓN DE LA CERVEZA

4.1. Según el tipo de levadura

4.1.1 Cervezas de baja fermentación, es elaborada usando levaduras cultivadas de la especie *Saccharomyces uvarum*, las cuales tienden a sedimentar al concluir el proceso de fermentación.

4.1.2 Cerveza de alta fermentación, es elaborada usando levaduras cultivadas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales tienden a flotar sobre la superficie del producto al concluir el proceso de fermentación.

4.2. Según el grado alcohólico

4.2.1. Cervezas sin alcohol, es la que tiene un contenido alcohólico inferior o igual a 0,5% en volumen.

4.2.2. Cervezas con alcohol, es la que tiene un contenido alcohólico superior a 0.5% en volumen

4.3. Según el contenido calórico

Podrá denominarse cerveza light o ligera, la cerveza suave que contenga un valor energético máximo de 150 kJ/ 100 ml.

4.4. Según la proporción de materias primas

4.4.1. Cervezas mixtas, elaboradas a partir de un mosto cuyo extracto original proviene mayoritariamente de adjuntos cerveceros. Podrá tener hasta un máximo de 80% en peso de la totalidad de las materias primas adicionadas. Cuando dos o más cereales contribuyan en igual cantidad se deben declarar todos en la etiqueta.

4.4.2. Cervezas convencionales, son aquellas elaboradas a partir de un mosto cuyo extracto original proviene de malta de cebada. Deberá tener hasta un mínima de 50% en peso de la totalidad de las materias primas adicionadas provenientes de malta.

5. MATERIAS PRIMA Y MATERIALES

- 5.1. **Agua.** Agua tratada exenta de contaminantes y apta para consumo humano
- 5.2. **Cereales.** Los cereales utilizados para la fabricación de cerveza deben estar libres de sustancias que puedan dañar la salud de los consumidores.
- 5.3. **Lúpulo.** El lúpulo utilizado en la fabricación de cervezas no debe contener sustancias extrañas o perjudiciales para la salud de los consumidores.
- 5.4. **Azúcar.** La industria nacional que utilice azúcar en la elaboración de la cerveza, debe cumplir con la legislación nacional vigente. El azúcar utilizado en la elaboración de cervezas importadas, únicamente debe ser declarada como ingrediente en la etiqueta.
- 5.5. **Levadura.** La levadura para la fabricación de cerveza deberá de provenir de un cultivo puro.
- 5.6. **Aditivos.** Los aditivos utilizados en la elaboración de cerveza están sujetos a las clasificaciones establecidas en el Codex Alimentario.

6. ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS

6.1. Características generales

- 6.1.1. No se permite el uso de materiales filtrantes como asbesto u otros materiales prohibidos en la industria de alimentos y bebidas.
- 6.1.2. La cerveza deberá estar libre de cualquier ingrediente dañino a la salud.
- 6.1.3. La cerveza puede contener solamente los aditivos, colorantes y preservantes establecidos por el Codex Alimentario.
- 6.1.4. Las industrias que elaboren y distribuyan cervezas deberán cumplir con la NTON 03 069 – 06/RTCA 67.01.33:12, Industria de Alimentos y Bebidas Procesados. Buenas Prácticas de Manufactura. Principios Generales.

6.1.5. La cerveza deberá estar libre de insectos o restos de ellos y de cualquier otro tipo de fragmento tales como plástico, metales u otras impurezas externas.

6.1.6. El alcohol etílico de la cerveza deberá provenir de la fermentación del mosto con la levadura de cerveza. No se permite la adición de alcohol a la misma

6.2. Características sensoriales. La cerveza deberá cumplir con las características propias del producto.

6.3. Características fisicoquímicas. La cerveza deberá cumplir con los requisitos físico-químicos establecidos:

Requisito	Especificaciones
Alcohol (% v/v)	2.5 – 9.0
pH final	3.0 – 4.8
Densidad (g/mL) a 20 °C	0.998 – 1.018
Amargor (°IBU)	30 – 40
Acidez total (%)	0.1 – 0.4
Extracto original mínimo (°Plato)	6
CO ₂ (%v/v)	2 - 4

6.4. Características microbiológicas. La cerveza deberá cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos:

Microorganismo	Límites máximos
Recuento total de microorganismos mesófilos (ufc/mL)	100
Recuento total de mohos (ufc/mL)	20
Coliformes y microorganismos patógenos	Ausente

Anexo 11. Diferencias entre la cerveza artesanal y la cerveza industrial

Toda cerveza se elabora con cuatro elementos básicos: cebada, agua, lúpulo y levadura. La principal diferencia entre la cerveza industrial y la artesanal se encuentra en: las proporciones, el tratamiento de la materia prima y el proceso de elaboración (Chamorro, 2012)

En cuanto a las materias primas su proporción es menor en las cervezas industriales las que además utilizan conservantes no naturales. Las cervezas artesanales no utilizan ningún aditivo artificial, el proceso de elaboración es manual desde el molido de las maltas hasta el embotellamiento (Chamorro, 2012)

También hay que tener en cuenta que la gasificación de la cerveza artesanal, se produce en forma totalmente natural, gracias a la fermentación en botella, mientras que las cervezas industriales son inyectadas con gas carbónico. Otra de las grandes diferencias entre una cerveza artesanal y una industrial, es el esfuerzo y la preocupación que un cervecero artesanal pone en la elaboración de su producto, ya que no cuenta con la tecnología que tienen las cervecerías industriales, por lo que el producto final es un producto mucho más cuidado, y con mejor calidad (Insuasti y Carvajal, 2010).

Por otro lado, tanto en el Perú, como en los demás países de América, la variedad de cervezas no es grande, todas elaboran el mismo estilo "PILSEN LAGER", tienen el mismo color, la misma espuma, el mismo grado alcohólico, la misma cantidad de gas, el sabor es muy parecido y lo único que las diferencia es la etiqueta, mientras que la enorme variedad de estilos de cerveza artesanal hace que la podamos ver una infinidad de tipos de cerveza, desde Rubias o Doradas, pasando por Rojas, Negras, Ahumadas, de Trigo, Amargas, con alto o bajo contenido alcohólico como las Barley Wine o Vino de Cebada, que llegan a tener 10 o más grados de alcohol, logrando de esta manera una cerveza con un contenido alcohólico similar al vino, de allí su denominación (Insuasti y Carvajal, 2010).