

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Evaluación de las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale,  
elaborada con sustitución parcial de malta de maíz morado (*Zea mays L.*) como adjunto  
cervecero

Presentado por:

Juan Manuel Casafranca Zambrano

Para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL




TESIS

“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y  
ACEPTABILIDAD DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE, ELABORADA CON  
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE MALTA DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) COMO  
ADJUNTO CERVECERO”

Presentado por **Juan Manuel Casafranca Zambrano**, para optar el Título de  
**Ingeniero Agroindustrial**

Sustentado y aprobado el 03 de marzo de 2023, ante el jurado evaluador:

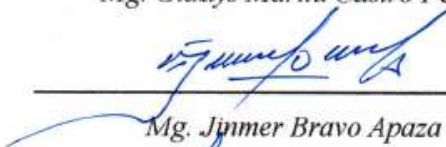
**Presidente:**

  
Dr. Juan Silver Barreto Carbajal


**Primer Miembro:**

  
Mg. Gladys Marilú Castro Pérez

**Segundo Miembro:**

  
Mg. Jhimer Bravo Apaza

**Asesor:**

  
Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres

## **Agradecimiento**

*A nuestro Dios padre por toda su infinita misericordia, al Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres mi asesor, por la paciencia y apoyo brindado en la diagramación, formulación y redacción de mi tesis.*

*A los docentes de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Agroindustrial que con palabras de aliento motivaron a continuar con el desarrollo de la tesis a pesar de los obstáculos presentados.*

*A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac mi alma mater, por la formación académica y social brindada, por permitirme el empleo de sus instalaciones, laboratorios, equipos y demás servicios requeridos para el desarrollo de la tesis.*



## **Dedicatoria**

*A mis padres Juan y María, a mi adorada hija María Aurora, y a Jessica mi bellísima esposa que son las personas más importantes en mi vida, que con su apoyo y perseverancia lograron contribuir en mi crecimiento profesional, a mis hermanos por su compañía y aliento en este arduo camino.*



“Evaluación de las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale, elaborada con sustitución parcial de malta de maíz morado (*Zea mays L.*) como adjunto cervecero”

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>CAPÍTULO I</b> .....	5
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	5
1.1 Descripción del problema .....	5
1.2 Enunciado del Problema .....	6
1.2.1 Problema general .....	6
1.2.2 Problemas específicos.....	6
1.2.3 Justificación de la investigación .....	7
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	10
2.1 Objetivos de la investigación .....	10
2.1.1 Objetivo general .....	10
2.1.2 Objetivos específicos .....	10
2.2 Hipótesis de la investigación .....	10
2.2.1 Hipótesis general.....	10
2.2.2 Hipótesis específicas .....	10
2.3 Operacionalización de variables .....	11
Donde: .....	12
<b>CAPÍTULO III</b> .....	13
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	13
3.1 Antecedentes .....	13
3.2 Marco teórico .....	15
3.2.1 Maíz Morado .....	15
3.2.2 La cerveza.....	21
3.2.3 Requisitos de la cerveza.....	23
3.2.5 Composición química de la cerveza .....	24
3.2.6 Clasificación de la cerveza .....	25
3.2.7 Materias primas e insumos para la elaboración de cerveza .....	27
3.2.8 Características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza.....	32
3.2.9 Proceso de elaboración de cerveza .....	35
3.3 Marco conceptual.....	37
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	39
<b>METODOLOGÍA</b> .....	39
4.1 Tipo y nivel de investigación .....	39
4.2 Diseño de la investigación .....	39
4.3 Población y muestra.....	39



4.4	Procedimiento .....	40
4.4.1	Factores en estudio .....	41
4.4.2	Tratamientos .....	41
4.4.3	Proceso experimental.....	41
4.5	Técnica e instrumentos .....	48
4.5.1	Técnica.....	48
4.5.2	Instrumentos .....	51
4.6	Análisis estadístico.....	51
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>53</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>		<b>53</b>
5.1	Análisis de resultados .....	53
5.1.1	Efecto de la malta de <i>Zea mays L.</i> en la densidad .....	53
5.1.2	Efecto de la malta de <i>Zea mays L.</i> en el grado alcohólico.....	54
5.1.	Efecto de la malta de <i>Zea mays L.</i> en la capacidad espumante .....	55
5.1.4	Efecto de la malta de <i>Zea mays L.</i> en el pH final .....	59
5.1.5	Efecto de la malta de <i>Zea mays L.</i> en la aceptabilidad .....	60
5.2	Contrastación de hipótesis .....	61
5.3	Discusión.....	62
5.3.1	Discusión densidad original.....	62
5.3.2	Discusión grado alcohólico del producto final .....	63
5.3.3	Discusión capacidad espumante .....	64
5.3.4	Discusión estabilidad espumante.....	64
5.3.5	Discusión pH .....	65
5.3.6	Discusión aceptabilidad.....	66
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>67</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>67</b>
6.1	Conclusiones .....	67
6.2	Recomendaciones .....	68
<b>ANEXOS.....</b>		<b>76</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	11
Tabla 2 — Requerimientos fisicoquímicos de la cerveza .....	23
Tabla 3 — Requisitos microbiológicos de la cerveza .....	24
Tabla 4 — Composición de la cerveza por 100 g.....	24
Tabla 5 — Composición química proximal de la cerveza.....	25
Tabla 6 — Características de una cerveza tipo ale de calidad.....	27
Tabla 7 — Composición química proximal de la cebada de dos carreras <i>Hordeum Vulgare</i> variedad Distichum.....	28
Tabla 8 — Taxonomía de la levadura <i>Sacharomyces cerevisiae</i> .....	29
Tabla 9 — Taxonomía del Lúpulo .....	31
Tabla 10 — Tabla de tratamientos, repeticiones y porcentajes de sustitución.....	41
Tabla 11 — Corrección de la densidad específica en función a la temperatura.....	49
Tabla 12 — Porcentaje de utilización de lúpulo en función de la densidad y del tiempo de ebullición .....	50
Tabla 16 — Estadístico de prueba de H de Kruskal-Wallis prueba <sup>a,b</sup> para densidad.....	54
Tabla 26 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes.....	56
Tabla 32 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma.....	58
Tabla 37 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para estabilidad espumante en función al liquido drenado.....	59
Tabla 42 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para pH final .....	60
Tabla 43 — Prueba de aceptabilidad.....	61
Tabla 45 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para aceptabilidad.....	61
Tabla 13 — Estadísticos descriptivos para densidad.....	85
Tabla 14 — Prueba de normalidad para densidad .....	85
Tabla 15 — Prueba de homogeneidad de varianza para densidad .....	85
Tabla 17 — Estadísticos descriptivos para grado alcohólico .....	86
Tabla 18 — Prueba de normalidad para grado alcohólico .....	86
Tabla 19 — Prueba de homogeneidad de varianza para grado alcohólico.....	87
Tabla 20 — ANOVA de un solo factor para grado alcohólico .....	87
Tabla 21 — Prueba Tukey comparaciones múltiples para grado alcohólico .....	87
Tabla 22 — Sub conjuntos homogéneos para grado alcohólico .....	88
Tabla 23 — Estadísticos descriptivos para capacidad espumante.....	88
Tabla 24 — Prueba de normalidad para capacidad espumante.....	88
Tabla 25 — Prueba de homogeneidad de varianza para capacidad espumante .....	88
Tabla 27 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para capacidad espumante ....	89
Tabla 28 — Estadísticos descriptivos para estabilidad de espuma en función a la disminución del volumen de espuma .....	89





Tabla 29 — Prueba de normalidad para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma .....	89
Tabla 30 — Prueba de homogeneidad de varianza para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma.....	90
Tabla 31 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma.....	90
Tabla 33 — Estadísticos descriptivos para estabilidad espumante en función al liquido drenado .....	90
Tabla 34 — Prueba de normalidad para estabilidad espumante en función al liquido drenado .....	91
Tabla 35 — Prueba de homogeneidad de varianza para estabilidad espumante en función al liquido drenado.....	91
Tabla 36 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para estabilidad espumante en función al liquido drenado.....	91
Tabla 38 — Estadísticos descriptivos para pH final.....	92
Tabla 39 — Prueba de normalidad para pH final.....	91
Tabla 40 — Prueba de homogeneidad de varianza para pH final .....	92
Tabla 41 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para pH final .....	92
Tabla 44— Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para aceptabilidad .....	92



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Morfología de la planta de maíz morado ( <i>Zea Mays</i> ).....	18
Figura 2 — Levadura <i>Sacharomyces</i> .....	30
Figura 3 — <i>Humulus lupulus</i> .....	32
Figura 4 — Esquema experimental de la investigación sobre la producción de cerveza artesanal tipo ale sustituida parcialmente con malta de <i>Zea mays L</i> como adjunto cervecero .....	40
Figura 5 — Flujograma para obtener malta de <i>Zea mays L</i> .....	44
Figura 6 — Diagrama de flujo para la producción de cerveza tipo ale sustituida parcialmente con malta de <i>Zea mays L</i> como adjunto cervecero.....	48
Figura 7 — Cartilla de evaluación sensorial / aceptabilidad de cerveza artesanal.....	84
Figura 8 — Densidad en función al porcentaje de sustitución .....	53
Figura 9 — Grado alcohólico en función al porcentaje de sustitución .....	54
Figura 10 — Capacidad espumante en función al porcentaje de sustitución .....	55
Figura 11 — Disminución del volumen de espuma en función al porcentaje de sustitución...	56
Figura 12 — Variación del volumen de espuma en el tiempo .....	57
Figura 13 — Volumen del líquido drenado en función al porcentaje de sustitución .....	58
Figura 14 — pH final en función al porcentaje de sustitución .....	59
Figura 15 — Pesado de muestra para determinación de humedad.....	77
Figura 16 — Muestras de malta de maíz morado ( <i>Zea mays L</i> ).....	77
Figura 17 — Muestras de malta de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ).....	78
Figura 18 — Extracción de harina de malta de maíz morado y malta de cebada .....	78
Figura 19 — Acondicionamiento del agua para el proceso de macerado .....	79
Figura 20 — Proceso de Macerado de malta de cebada y maíz morado.....	79
Figura 21 — Proceso de recirculado o lavado de grano.....	79
Figura 22 — Medición de la Temperatura y densidad del mosto .....	80
Figura 23 — Proceso de cocción y adición de lúpulo .....	80
Figura 24 — Proceso de enfriamiento y fermentación.....	80
Figura 25 — Proceso de clarificado y medición de pH final .....	81
Figura 26 — Equipos utilizados en el proceso de elaboración.....	81
Figura 27 — Obtención del producto final.....	82
Figura 28 — Evaluación sensorial de cerveza artesanal elaborada con malta de <i>Zea mays L</i> como adjunto cervecero.....	83



## INTRODUCCIÓN

La cerveza es considerada como una bebida milenaria, su historia se remonta a hace 8000 años aproximadamente, sus primeros orígenes corresponden a la civilización egipcia. Hoy en día disfrutamos en reuniones familiares, de trabajo y diversos eventos sociales la misma bebida que miles de años atrás era exclusiva para faraones egipcios, cenadores y generales romanos, es decir para la elite social. Es sabido que con el paso de los años su aspecto y sabor han sufrido cambios radicales, no obstante, al pasar el tiempo la cerveza mantiene su origen de elaboración en la fermentación de cereales. Como todos sabemos, en los últimos años se ha producido un renacimiento de la cerveza artesana, una nueva era que se abre ante nosotros tras un largo periodo de dominio de las grandes industrias cerveceras, con un crecimiento muy importante de producción y emprendimientos cerveceros en muy pocos años.

La cerveza artesana es 100% natural, garantizando que se mantengan las propiedades saludables de la cerveza, posee diversos beneficios para la salud y es altamente nutritiva, al estar compuesta en un 90% por agua, rehidrata y reduce el riesgo de cálculos renales, debido a la presencia de minerales, incluido el silicio, contribuyen en la formación y reparación de los huesos, son ricos en antioxidantes que contribuyen a eliminar en gran medida a los carcinógenos potenciales, mitiga el estrés y ayuda a dormir plácidamente, previenen la creación de coágulos sanguíneos que obstruyen el flujo sanguíneo, los polifenoles presentes en el lúpulo y malta contienen antioxidantes que ayudan a la prevención de enfermedades crónicas y degeneración celular, siempre encontrarás una cerveza para todos los gustos y que se ajuste a cada ocasión.

Típicamente, la cerveza se prepara con combinaciones de diferentes tipos de malta según las cualidades ideales a obtener; las maltas opacas contribuyen a la tonalidad de las cervezas, sin embargo, las maltas calentadas a una baja temperatura aportan con una alta actividad enzimática (GARCÍA, QUINTERO, LÓPEZ, 2004).

Los adjuntos cerveceros son compuestos alternativos solubles en el mosto que sustituyen parte de la malta en el proceso de obtención de la cerveza. Muchos productores de cerveza utilizan adjuntos cerveceros como un sustituto de la malta por cuestiones económicas; sin embargo, algunos adjuntos pueden conceder cualidades positivas a las cervezas (ODDONE, 2021).

El mercado de cerveza artesanal actual ofrece diversos estilos cerveceros, empleando en su formulación maltas de distintas variedades de cereales y/o granos como el trigo, maíz, arroz, sorgo y avena, del mismo modo vienen empleando diversidad de frutas oriundas y tropicales



como el maracuyá, camu - camu, mago, aguaymanto, junto a otros insumos dependiendo de la materia prima accesible.

Una de las principales explicaciones para producir una cerveza artesana sustituida parcialmente con malta de *Zea mays L.* es la no existencia de un estilo cervecero elaborado principalmente con maíz morado, además no existe información o investigaciones del impacto que generan los adjuntos cerveceros, emplear el maíz morado en elaborar cerveza artesanal no solo fue una idea creativa se buscó también aportar conocimiento científico sobre el comportamiento de los porcentajes de sustitución en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de la cerveza, a la vez dinamizar una expansión en la producción de nuestro cereal andino, que tiene un uso restringido en el mercado peruano, proporcionar otro tipo de utilidad a nuestro grano bandera, que no sea el mismo que el refresco o la mazamorra. Al sustituir porcentajes de malta de cebada por malta de *Zea mays L.*, impulsaremos el avance y la utilización de éste y otros cereales peruanos en la producción y/o elaboración de cervezas artesanales especiales.

Considerando las contemplaciones anteriores, el objetivo general de la investigación fue valorar el impacto de sustitución de malta de *Zea mays L.* variedad “Morado Canteño” como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale, para lograr el objetivo general se planteó 6 con la finalidad de evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la densidad original del mosto, en la capacidad de espuma, en la estabilidad de espuma, en el pH final y en el grado alcohólico, así mismo en su aceptación. La Investigación presento un diseño experimental estadístico DCA (Diseño completamente al azar) de un solo factor, permitiéndonos evaluar y calcular los efectos causados en las variables dependientes, a la vez determinar cuál es el porcentaje de sustitución aceptable de malta de *Zea mays L.* en la producción de cerveza artesanal tipo ale. Concluida la investigación se pudo confirmar la existencia de efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad en la cerveza artesanal tipo ale con sustitución de malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero.



## RESUMEN

El mercado actual de cervezas artesanales demanda nuevos sabores y estilos cerveceros, que satisfagan a la vez la necesidad de nuevas experiencias gastronómicas y sociales, se analizó el efecto de un adjunto cervecero en la elaboración y aceptabilidad de una cerveza artesanal, a razón de que existe insuficiente información y está a la vez resulta de gran interés dentro de la comunidad cervecera. El objetivo principal de la investigación fue establecer el efecto de la malta de maíz (*Zea mays L.*) como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas es decir grado alcohólico, capacidad de espuma, estabilidad de la espuma, densidad, pH final, y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale. El proceso para la obtención de cerveza artesanal consistió en extraer los componentes solubles de la malta y lúpulo, que confieren a la cerveza características organolépticas y fisicoquímicas propias, en la hidrólisis con el fin de obtener el sustrato más adecuado para la fermentación se usó secuencias específicas de temperatura. Este último se logró convirtiendo enzimáticamente el almidón de las maltas empleadas en azúcares fermentecibles, los mismos que brindaron la graduación alcohólica luego de un proceso de fermentación por acción de la levadura. Se considero 3 tratamientos (S0); (S1); (S2) con porcentajes de sustitución de malta de *Zea mays L.* de 0%; 20%; 35% respectivamente como adjunto cervecero Las densidades obtenidas fueron de 1011.8; 1011; 1010.4 para las muestras (S0), (S1), (S2) respectivamente expresadas en g/ml a una temperatura de 20°C, Los grados alcohólicos obtenidos fueron de 5.12; 4.09 y 3.6 para las muestras (S0), (S1), (S2), expresado en % ABV, la capacidad espumante fue de 41.1; 48; 53 para las muestras (S0), (S1), (S2) expresado en % OVERRUM, la estabilidad espumante fue de 28.2; 17.2; 13.2 para las muestras (S0), (S1), (S2), determinada por la disminución del volumen de espuma y expresada en % OVERRUM en un tiempo de 30 minutos, el pH final obtenido fue de 4.43; 4.37; 4.49 para las muestras (S0), (S1), (S2), en aceptabilidad un 100 % respondieron que les gusta (S1) y un 61.5 % de disgusto para (S2), la prueba hedónica se realizó con un total de 13 jueces entrenados. Concluyendo que la sustitución de malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero genera efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad en la cerveza artesanal tipo ale, siendo el tratamiento S1 es decir con sustitución parcial del 20% de la malta de maíz morado el que obtuvo mayor concentración de alcohol (4.09%) y el mejor índice de aceptación general 100%.

**Palabras clave:** *Cerveza artesanal, adjunto cervecero, fermentación, características fisicoquímicas, Zea mays L.*



## ABSTRACT

The current market for craft beers demands new flavors and beer styles that satisfy the need for new gastronomic and social experiences. The effect of a brewing adjunct on the brewing and acceptability of a craft beer was analyzed, since there is insufficient information and it is of great interest within the brewing community. The main objective of the research was to establish the effect of corn malt (*Zea mays L.*) as a brewing adjunct on the physicochemical characteristics, i.e., alcohol content, foam capacity, foam stability, density, final pH, and acceptability of craft ale beer. The process for obtaining craft beer consisted of extracting the soluble components of malt and hops, which give the beer its own organoleptic and physicochemical characteristics, in the hydrolysis in order to obtain the most suitable substrate for fermentation, specific temperature sequences were used. The latter was achieved by enzymatically converting the starch of the malts used into fermentable sugars, which provided the alcoholic graduation after a fermentation process by the action of the yeast. Three treatments were considered (S0); (S1); (S2) with malt substitution percentages of *Zea mays L.* of 0%; 20%; 35%, respectively, as brewing adjunct. 4 for samples (S0), (S1), (S2) respectively expressed in g/ml at a temperature of 20°C, the alcoholic strength obtained was 5.12; 4.09 and 3.6 for samples (S0), (S1), (S2), expressed in % ABV, the foaming capacity was 41.1; 48; 53 for samples (S0), (S1), (S2) expressed in % OVERRUM, the foaming stability was 28.2; 17.2; 13.2 for samples (S0), (S1), (S2), determined by the decrease of foam volume and expressed in % OVERRUM in a time of 30 minutes, the final pH obtained was 4.43; 4.37; 4.49 for samples (S0), (S1), (S2), in acceptability 100% responded that they liked (S1) and 61.5% disliked (S2), the hedonic test was carried out with a total of 13 trained judges. In conclusion, there is a significant effect on the physicochemical characteristics and acceptability of craft ale beer substituted with *Zea mays L.* malt as a brewing adjunct, with treatment S1, that is, with partial substitution of 20% of the purple corn malt, obtaining the highest alcohol concentration (4.09%) and the best overall acceptability index of 100%.

**Keywords:** *Craft beer, brewer's adjunct, fermentation, physicochemical characteristics, Zea mays L.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La cerveza acompaña a la humanidad desde los inicios de la civilización, desde entonces los egipcios, celtas, griegos belgas, romanos, galos y germanos han mejorado el proceso de elaboración y han creado diversas recetas en torno a la cerveza, la industria cervecera ha crecido enormemente, especialmente el de cerveza artesanal, debido a particularidades como sabor, aroma, cuerpo y calidad de insumos empelados en su elaboración, además las preferencias de los consumidores demandan constantemente nuevos productos y/o estilos cerveceros (FERNÁNDEZ, YÁÑEZ, SANTANDER, CEA y MERY, 2017).

En México, existes eventos donde más de 100 marcas de cerveza artesanal exponen sus mejores recetas y estilos cerveceros, en la actualidad los cerveceros artesanales de México enfrentan muchas dificultades, tales como posicionamiento, la demanda de grandes cervecerías industriales, pero principalmente costos elevados de insumos cerveceros básicos (lúpulo, maltas diversas, cebada malteada), así como un control y regulación no adecuada e inoportuna, no permitiendo un producto que cumpla con la calidad esperada (MÉNDEZ y RIMAC, 2019).

En el Perú empresas como Barbarían, Cumbres, Barranco Beer Company, Nuevo Mundo, Zenith y entre otras están orientadas a la producción y comercialización de cervezas artesanales, estas empresas actualmente afrontan obstáculos respecto de adquisición de los principales insumos. Estas dificultades hacen que los consumidores no tengan acceso a un producto cervecero de alta calidad que sería considerado un producto premium por la calidad de sus insumos (MÉNDEZ y RIMAC, 2019).

En regiones como Lima, Cusco, Arequipa y Apurímac la cerveza artesanal se vende en restaurantes, bares, quintas, cevicherías o es comercializada propiamente por los cerveceros artesanos, los cerveceros artesanales utilizan en sus formulaciones variedades de frutas tropicales y regionales como maracuyá, mango, aguaymanto camu camu, naranjas, para crear estilos tropicales de cerveza, además emplean tubérculos, granos y cereales andinos como el trigo, maíz, quinua, etc. como adjuntos cerveceros para conferir aromas, cuerpo y espuma, siendo de vital importancia un estudio para conocer los efectos, propiedades, cualidades, características físico-químicas y organolépticas producidas en las cervezas y si estas las hacen atractivas para el cliente.



Otra limitante que afrontamos los productores locales es que es que los precios de los insumos básicos son altos al considerarnos pequeños productores y no una gran industria, tenemos límites para acceder a los insumos principales, otro obstáculo son las exigencias y certificaciones requeridas sumado a todo ello el dinero y financiamiento suficiente para la elaboración de los productos.

En consecuencia, el principal obstáculo encontrado a nivel nacional, regional y local es la adquisición de insumos, básicamente maltas cerveceras, y entendiendo que el 92% de la importación de insumos lo tiene acaparada la empresa Backus, este obstáculo se convierte a la vez en una limitante para los cerveceros nacionales, que se encuentran impedidos de incrementar su oferta de estilos y producción cervecera. Además, existiendo poca información y la necesidad de estudiar el efecto de los adjuntos cerveceros en el proceso de elaboración de cervezas artesanales para generar una alternativa de creación de nuevas formulaciones que sean bien recibidas en el mercado nacional la presente investigación se planteó obtener una cerveza elaborada empleando malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, sustituyendo parcialmente a la malta de cebada, para estudiar su efecto en las características fisicoquímicas y aceptabilidad además el de potenciar y dar un uso más destacado a nuestro maíz morado.

## 1.2 Enunciado del Problema

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la densidad original de cerveza artesanal tipo ale?
- ¿Cuál es el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en el grado alcohólico del producto final, de cerveza artesanal tipo ale?
- ¿Cuál es el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la capacidad espumante de cerveza artesanal tipo ale?
- ¿Cuál es el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la estabilidad espumante de cerveza artesanal tipo ale?
- ¿Cuál es el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en pH final de cerveza artesanal tipo ale?





- ¿Cuál es el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

En la actualidad, existe una tendencia mundial por el consumo de productos orgánicos, con alto valor nutricional y sobre todo con capacidad antioxidante. La cerveza artesanal y sus beneficios no es ajena con la actual tendencia global hacia lo saludable y natural, por el contrario, la misma ha generado una correlación con un estilo de vida saludable. Una cerveza artesanal es considerada una bebida saludable porque está elaborada con insumos naturales, posee conservantes conferidos por el propio lúpulo, estas propiedades permiten que los componentes de la cerveza permanezcan en el producto, tiene cientos de componentes, otorgados por sus ingredientes y por el propio proceso de fermentación, numerosos estudios científicos han confirmado su actividad antioxidante y, por lo tanto, sus beneficios para la salud son múltiples. Los componentes presentes en la cerveza vinculados con la salud incluyen minerales, vitaminas, maltodextrina y antioxidantes (DE LAMA, 2019)

Los consumidores valoran la innovación y la diversidad (tipos, estilos y marcas) en el mercado de la cerveza artesanal, ya que esto satisface su necesidad de ampliar su cartera de sabores y descubrir nuevas experiencias gastronómicas. Esto significa salir de su zona de confort y experimentar nuevas sensaciones referente a sabores, aromas y cuerpo, la variedad de opciones de cerveza es el principal beneficio que la cerveza artesanal ofrece a los consumidores (GASTELLO, MERINO, MEZA y RAMÍREZ, 2017).

La cerveza artesanal es obtenida por un proceso de fermentación alcohólica de un extracto denominado mosto, compuesto básicamente por almidón (propio de productos amiláceos) que se puede transformar en azúcares mediante asimilación enzimática, solo o mezclado con otros (malta de diversos cereales, granos integrales que contienen almidón, del mismo modo que azúcares fermentescibles), a través de una cepa de levadura previamente seleccionada, a la cual se adiciona lúpulo y / o derivados, los mismos que son expuestos a un proceso de cocción. En el transcurso de la fermentación de las cervezas, recurrimos a la densidad inicial y final como variables para predecir la cantidad o grado de alcohol, sin embargo, de manera recurrente relegamos la importancia de la densidad final y su efecto en el cuerpo y



sabor de la cerveza, la densidad final puede ser limitada debido a las variedades de granos utilizados en la formulación, el ciclo de fermentación y el tipo de levadura a emplear.

El maíz morado como grano contiene un porcentaje de almidón de 80%, proteínas un 11%, de minerales un 2%, complementando vitaminas del complejo B (GUILLÉN, MORI y PAUCAR, 2014), componentes que dotan a este cereal propiedades como adjunto cervecero,

Los adjuntos cerveceros más famosos, pero desafortunadamente demonizados son los granos ricos en almidón como el arroz y el maíz. El trigo, centeno y avena también son empleados como adjuntos, pero debido a su alto contenido de proteínas, confieren mayor cuerpo, sabor, entre otras características a la cerveza. Los adjuntos cerveceros son compuestos alternativos solubles en el mosto que sustituyen parte de la malta en el proceso de obtención de la cerveza. Muchos productores de cerveza utilizan adjuntos cerveceros como un sustituto de la malta por cuestiones económicas; sin embargo, algunos adjuntos pueden conceder cualidades positivas a las cervezas (GALECIO y HARO, 2012). Para presentar al mercado nuevos tipos de cervezas, ya sea con malta de maíz morado u otros granos amiláceos como adjuntos cerveceros, y a la vez ampliar el valor agregado de los mismos, es de vital importancia conocer las cualidades, características físico-químicas y organolépticas en las cervezas y porque las hacen atractivas para el cliente y/o los consumidores. Siendo la evaluación sensorial una herramienta útil para evaluar la aceptabilidad de este tipo de bebidas. Actualmente, en Perú, el maíz morado se cultiva por pequeños y medianos productores, su obtención se enfoca principalmente a la comercialización del producto en estado fresco es decir sin intermediar transformación y/o tratamiento alguno, ya que no existe información acerca de la creación de productos o derivados que se basen en el maíz como ingrediente principal salvo los empleados para la obtención de refrescos en polvo y colorantes de confitería y repostería.

Con la elaboración de esta bebida, se pretende brindar conocimiento científico de los efectos de la malta de *Zea mays L.* en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de la cerveza artesanal, a la vez poder emplear esta malta como adjuntos cervecero, brindando una solución viable a la dificultad de adquirir maltas cerveceras en el país, este conocimiento también servirá para la creación y formulación de nuevas recetas cerveceras, además, impulsar el estudio del



comportamiento de otros granos y cereales bandera como adjuntos cerveceros en la elaboración de cervezas artesanales, lo que contribuirá a desarrollar nuevos sectores de negocio para la cerveza artesanal, del mismo modo se busca el promover al maíz morado como materia prima en la elaboración de nuevos productos e introducirlo en el mercado, lo que impulsará a futuro su producción por emprendedores, mejorando sus condiciones socioeconómicas.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale.

##### 2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la densidad original de cerveza artesanal tipo ale.
- Evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en el grado alcohólico del producto final, de cerveza artesanal tipo ale.
- Evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la capacidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.
- Evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la estabilidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.
- Evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en el pH final de cerveza artesanal tipo ale.
- Evaluar el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale.

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.1 Hipótesis general

La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero afecta las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale.

##### 2.2.2 Hipótesis específicas

- La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la densidad original de cerveza artesanal tipo ale.
- La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta el grado alcohólico del producto final, de cerveza artesanal tipo ale.
- La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la capacidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.
- La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la estabilidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.



- La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta el pH final de cerveza artesanal tipo ale.
- La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale.

### 2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Indicadores	Índices
<b>Variable independiente</b>			
Niveles de Sustitución de malta de cebada por malta de <i>Zea mays L.</i>	Se define niveles de sustitución al reemplazo parcial de cantidades (peso) de malta de cebada por malta de maíz morado, en la formulación de la malta total empleada en la elaboración de cerveza artesanal tipo ale (RODRIGUEZ, 2003).	<u>Peso de MMM (g)</u> Peso de MT(g)	Porcentaje de sustitución (%)
<b>Variable dependiente</b>	Una variable dependiente constituye un valor que está determinado o depende del cambio la variable independiente (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA, 2014).		
Densidad Original	Es la densidad del mosto previa a la fermentación y está establecida por la medida de los sólidos desintegrados en el fluido (solutos) (RODRIGUEZ, 2003).	$\rho$	g/ml a una T°
Grado alcohólico	El grado alcohólico precisa la cantidad de etanol producido en el transcurso de la fermentación del mosto, que se realiza en condiciones anaeróbicas (MORALES, 2018).	%ABV	%ABV = (D1 – D2) * K K= 131.25

Capacidad espumante	La Capacidad de espuma (E) es la habilidad de agregar CO <sub>2</sub> a una solución en forma de burbujas de gas finamente distribuidas que persisten en la superficie del líquido sin coalescer ni colapsar en el espacio de vapor. (ROMERO, BENÍTEZ, PERUCHENA, SOSA y LOZANO, 2017)	(E) %OVERRUM	$E = \frac{(VT-VL)}{VI}$
Estabilidad espumante	La estabilidad de espuma es la facultad de conservación de espuma que tiene una cerveza a partir del instante en que es servida (BARRIENTOS, 2011).	EE1 EE2 %OVERRUM	EE1 * 30 min EE2 * 30 min
pH	El pH, es la medición de la concentración de ion hidronio en una solución, es esencialmente una medición de que tan ácida o básica es una sustancia (RODRIGUEZ, 2003).	pH	pH
Aceptabilidad de cerveza tipo ale.	La aceptabilidad de una cerveza es determinada por pruebas con escalas hedónicas que mide si le gusta o no le gusta el producto. (UREÑA, D'ARRIGO y GIRÓN, 1999)	Aceptabilidad	% de aceptabilidad

Donde:

MMM: Malta de maíz morado

MT: Malta total

%ABV: (Alcohol By Volume)

E: Espuma

EE: Estabilidad Espumante

%OVERRUM: Porcentaje de aire contenido en una mezcla

pH: Potencial de hidrógeno



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) SILVA *et al.*, (2022) realiza un estudio denominado “Propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante de cervezas artesanales portuguesas y materias primas” en el cual, describe los cambios en los parámetros químicos, la actividad antioxidante y contenido fenólico de algunas variedades artesanales e industriales de cervezas portuguesas y las materias primas empleadas en su elaboración. Concluyendo que las cervezas industriales tiene menor contenido fenólico que la cerveza artesanal, también se observó que muchas medidas de caracterización de la cerveza como el color, contenido de alcohol, amargor, azúcares reductores, acidez total están correlacionados con el TPC (Total Phenolic Content), pudiendo ser usado el mismo, como un indicador de elección para el consumidor; además, el estudio e las muestras cerveceras revelaron una mayor capacidad y diferente actividad antioxidante que las materias primas, lo que sugiere que se requiere una selección cuidadosa para conseguir finalmente un producto con mayor capacidad antioxidante.
- b) CASTORENA, JUÁREZ, CANO, SANTIAGO y LÓPEZ (2020) en su evaluación determinada “Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal con adjunto de maíz azul y derivados de caña de azúcar” evaluó media docena de estilos artesanales de cerveza formulados a partir de dos recetas, en las cuales se modificó la proporción de malta de cebada en referencia a la cascarilla de maíz azul en proporción de malta: cascarilla de maíz azul siendo estas 75:25, 50:50, 25:75. Se evaluó características fisicoquímicas como grado alcohólico, color, amargor y fenoles totales. Para las variables evaluadas, los efectos fueron estadísticamente representativos. Obteniéndose de las muestras analizadas específicamente (Fo-2) cinco veces el contenido de alcohol y 2,5 veces la escala de colores SRM, mientras que para Fo-1 se obtuvo 3,8 veces el contenido de fenoles totales. Para el amargor, dado que se utilizó la misma cantidad de lúpulo en todos los estilos, se obtuvo una ligera diferencia numérica.
- c) LEÓN (2019) en la investigación realizada de nombre “Evaluación de la concentración de lúpulo y miel de abeja en la elaboración de cerveza artesanal a base de malta de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*)” utiliza cebada y adjuntos cerveceros como quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*) con un tratamiento al malteado de tipo caramelo para obtener cerveza artesanal estilo Pale Ale,

al realizar los análisis correspondientes tanto fisicoquímicos como microbiológicos para identificar la mejor formulación, se aceptó la hipótesis alterna propuesta, ya que el comportamiento de la receta sí afectó las propiedades sensoriales de la cerveza artesanal Pale Ale, de lo cual se concluyó que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos se encontraban dentro de los valores establecidos por la norma NTE. INEN 2262. Por medio del análisis sensorial, la cerveza elaborada fue aprobada por los jueces

- d) CABALLERO (2019) realiza una investigación denominada “Análisis del comportamiento del consumidor de cerveza artesanal, en el cercado de Arequipa, 2019” Se cree que los consumidores eligen la cerveza artesanal por sus atributos más persuasivos, siendo el sabor (38% de aprobación), diversidad de marcas y presentaciones (44% y 45% de aprobación). Los atributos o cualidades que se encuentran para modular la satisfacción del cliente en la cerveza artesanal son el sabor, atributos relacionados con la experiencia sensorial de los consumidores; y diferentes presentaciones de marcas y ofertas, enfocándose en el posicionamiento del producto y la especificidad que se puede impartir a los compradores a través de sus atributos innatos.
- e) En la investigación realizada por ARROYO (2019) denominada “Diseño de un proceso de producción de cerveza artesanal de maracuyá” De acuerdo a los resultados del seguimiento de la investigación de mercado realizada en la región Piura, se concluyó que existe un mercado potencial que se puede cubrir ofreciendo cerveza artesanal de maracuyá, y el tipo de tecnología (automatización de procesos mecánicos o semi-procesos de producción), no solo en función de la demanda, sino también en función del costo de producción, la capacidad de producción se selecciona de acuerdo con la disponibilidad de insumos y materias primas, los posibles mercados, la tecnología y la disponibilidad de mano de obra, lo que sugiere que la experimentación con nuevas materias primas es continua, siguiendo una metodología que amplía la oferta de productos con nuevos sabores.
- f) En la investigación realizada por ECHIA (2018) denominada “Elaboración de cerveza utilizando una mezcla de malta de cebada y papa nativa amarilla 'Tumbay’” Llegó a la conclusión de que el uso de papas como ingrediente en la elaboración de cerveza podría dar como resultado una cerveza con un contenido de alcohol más alto que el actualmente disponible en el mercado local industrial y mayor al promedio en el mercado artesanal actual, siendo los porcentajes de sustitución o mezcla final para la producción de cerveza





artesanal 91% de malta de cebada y un 9% de papas 'tumbay' amarillas. Adicionalmente, la carbonatación azucarada promueve una mejor firmeza y estabilidad en la producción de espuma. Esto sugiere que, en ausencia de dispositivos de fermentación controlados, la producción de cervezas artesanales debe realizarse en otoño o invierno para lograr homogeneidad, y la producción a pequeña escala debe utilizar la carbonatación de azúcar para obtener una mejor espuma en la cabeza y con el tiempo el paso se mantiene estable.

- g) En la investigación realizada por GALECIO y HARO (2012) denominada “Bebidas fermentadas en base a maíz negro *Zea mays L. poaceae*; con el eco tipo racimo de uva y la variedad mishca de la serranía ecuatoriana.” Concluyeron que el maíz representa un potencial agroindustrial en la industria cervecera, representa un papel importante en la elaboración de cerveza porque el contenido de azúcares fermentables y compuestos fenólicos como antocianinas y taninos es significativo en el proceso de elaboración de bebidas con propiedades nutricionales y funcionales. Se recomienda examinar las diversas técnicas de procesamiento de estos granos, expandir la producción y brindar nuevas opciones a los consumidores, aumentar el interés en estos granos y promover una producción más significativa a nivel nacional, así como realizar más investigaciones o análisis para obtener información sobre propiedades prácticas y nutritivas del maíz negro para transformar en diferentes alimentos saludables.
- h) En la investigación realizada por CARVAJAL y INSUASTI (2010) denominada “Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot Esculenta Crantz*)” determinó que las cervezas artesanales elaboradas a base de cebada y yuca cumplió con los estándares establecidos en la Norma de Requisitos Microbiológicos de la Cerveza INEN como lo demuestran los análisis microbiológicos realizados y que la alternativa más recomendada en la elaboración de cerveza artesanal de cebada y yuca fue la M1 (85% Granos + 15% yuca), se sugiere otra investigación, utilizando diferentes tipos de materias primas que tengan almidón en su composición y puedan ser convertidas en azúcares fermentables para la elaboración de este tipo de cervezas.

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Maíz Morado

El *Zea mays L.* o también conocido como maíz morado se distingue por exhibir mazorcas y granos con fuerte coloración morado, está compuesta por 85% grano y



15% tusa, el fruto contiene un pigmento llamado antocianina, este pigmento es más abundante en la tusa y menos en el pericarpio del grano. Nuestro cereal bandera es uno de los alimentos básicos en la dieta peruana, suele utilizarse para preparar bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada, ha sido cultivado en tierras peruanas desde tiempos precolombinos, conocido también como “Kullisara”, su cultivo se ha extendido a la península de Yucatán, a tierras de las tribus Hobi y Navajo en Norte América. No obstante, se cultiva y emplea más ampliamente en suelo peruano (GUILLÉN, MORI y PAUCAR, 2014).

La variedad "Morado Canteño" es considerada la única variedad comercial distribuida en los mercados de Lima y a nivel nacional. Especialistas del proyecto de maíz UNA-La Molina han derivado de esta variedad dos variedades mejorada: Morado Caraz, para cultivo en la sierra del país, y la variedad Morado PMV-581, para cultivo en la sierra central costa del país (MANRIQUE, 2000)

Los granos del maíz morado poseen un color morado oscuro. Botánicamente, es de la misma especie a la que pertenece el maíz amarillo común, a diferencia que es rico en pigmentos hidrosolubles llamados antocianinas, así como en compuestos fenólicos. Las antocianinas son causantes de los tonos de color rojo, púrpura y violeta en diversas plantas (AGAMA *et al.*, 2004)

### 3.2.1.1 Definición

El *Zea mays L.* es originaria de las Américas, donde formaba parte de la alimentación de diferentes tribus indígenas en la época prehispánica, posee varios beneficios o propiedades curativas. Su longevidad es demostrada por las corontas que se encontraron en sepulcros antiguos, y los retratos del grano en cerámicas prehispánicas. Se cree que Cristóbal Colón e su viaje a España el año 1498 la llevo consigo, y fue plantada en los poblados de Andalucía y Castilla hacia 1826. De las variedades citadas por Soukup, existen varias variedades en el Perú, tenemos el culli con gránulos de color morado intenso empelado en la preparación de chicha morada o se usa como pigmento alimentario el haña – kaa (v. aymara) una variedad llamada maíz violeta o morado (SING DE UGAZ, 1997).



El *Zea mays L.* contiene un tinte llamado antocianina, que confiere a este maíz su color violeta o morado especial. La cantidad de antocianinas en el *Zea mays L.* depende estrictamente de las partes y tipo de maíz y su porción. La funcionalidad alimentaria concede ventajas que superan la nutrición básica debido a que optimiza algunas funciones del organismo, el *Zea mays L.* variedad arequipeña es considerado como alimento funcional por sus propiedades antioxidantes (VALERA, 2011).

Según TERRANOVA, (2001) la posición taxonómica del maíz es la siguiente.

Reino	Vegetal
División	Angiosperme
Clase	Monocotylrdoneae
Orden	Cereales
Familia	Poaceae
Genero	Zea
Especie	Mays
Nombre Científico	Zea Mays



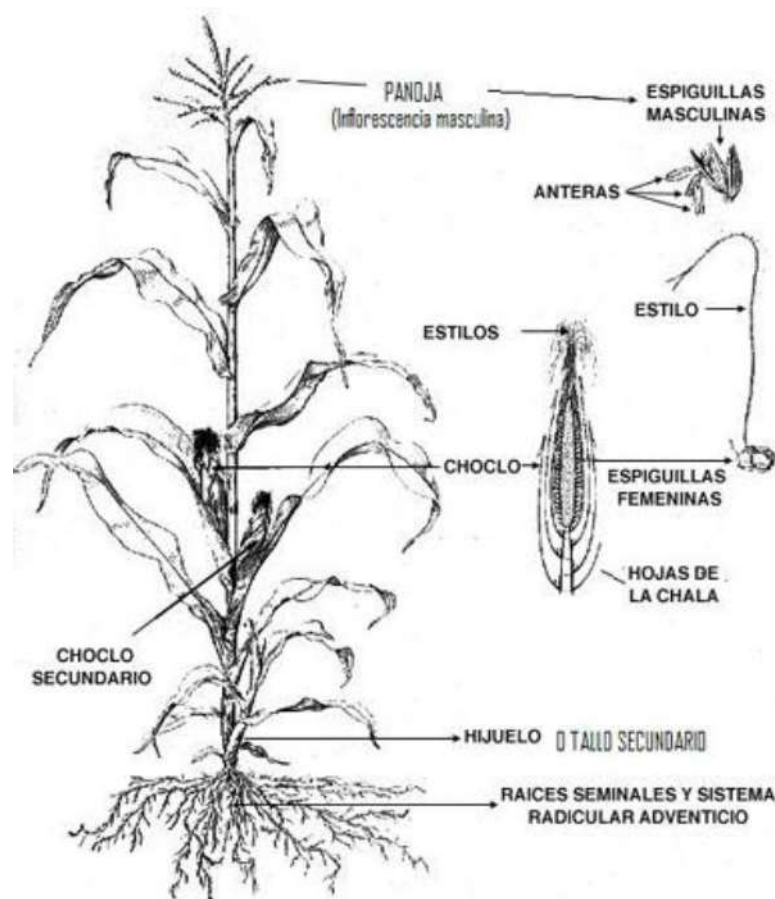


Figura 1 — Morfología de la planta de maíz morado (*Zea Mays*)

### 3.2.1.2 Descripción Botánica

El *Zea Mays L.* tiene arraigo en la familia de las gramíneas y se considera una planta con gran sistema de raíces fibrosas, alta y anual. Es una especie capaz de reproducirse por polinización cruzada, con flores femeninas (elote) y flores masculinas (espiguilla) ubicadas en diferentes partes de la planta. Las panículas (generalmente una por tallo) conforman la estructura de desarrollo del grano, comenzando en filas (12 a 16 filas) que van desde 300 a 1000 granos, con pesos que van de 190 a 300 gramos por 1000 granos. Los diferentes métodos de cultivo y técnicas genéticas conllevan al peso del grano. Los granos representan alrededor del 42% del peso seco de la planta (CARVAJAL y INSUASTI, 2010).

### 3.2.1.3 Características del maíz morado

El *Zea Mays L.* posee un tallo firme y erguido, logrando alcanzar alturas que desde los 60 cm hasta los 3.5 m de altura de acuerdo a la variedad, observándose una floración en la parte superior con forma de cimera, donde



la espiga lograra convertirse en mazorca. La encarda en apalea el pigmento colorante es la tusa del maíz morado (ACEVEDO, 2004).

Investigaciones científicas han concluido y comprobado que el *Zea Mays L.* o comúnmente denominado maíz morado contiene antocianinas 4 veces superior a los arándanos. La estabilidad y el matiz de los pigmentos de la antocianina está ligado a diversos factores como son la concentración y estructura del pigmento, intensidad y calidad de luz a las cuales se encuentra sometidos, iones metálicos, dióxido de azufre, pH, productos de degradación, temperatura, copigmentos presentes, ácidos orgánicos y enzimas con propiedades oxidantes y reductoras (QUISPE, 2017).

### 3.2.1.4 Propiedades del maíz morado

La estructura química presente en los granos de maíz morado está constituida principalmente por hidratos de carbono y proteínas. La tusa apalea una significativa porción de fibra, minerales e hidratos de carbono. En cuanto a los minerales en los granos de maíz morado, destacan contenidos importantes de Ca y P (RISCO, 2007).

La composición del grano del *Zea Mays L.* está comprendida por almidón en un 80% siendo el responsable de aportar energía, el contenido de proteínas es un 11%, el complejo vitamínico B y algunos minerales constituyen el 2% (RISCO, 2007).

Diversos estudios (MRAD *et al.*, 2014; MORENO *et al.*, 2013; HARAKOTR *et al.*, 2014) revalidan los atributos farmacológicos del maíz morado, debido a que disminuye las secuelas nocivas de los “radicales libres, estrés oxidativo y la carcinogénesis”. Referente a los grupos fenólicos y flavonoides investigaciones realizadas arguyen que el maíz morado comprende un número importante de estos grupos que protegen de los efectos de los radicales libres a las membranas celulares y el ADN. Además, engloba diversos tipos de antocianina, la cianidina-3- $\beta$ -glucósido, representa el mayor y principal pigmento, siendo además un poderoso antioxidante (RONCEROS *et al.*, 2012).



El maíz morado se considera un antioxidante de origen natural ya que retarda el envejecimiento celular debido principalmente a la acción de la “cianidina-3- $\beta$ -glucósido, pelargonidina-3- $\beta$ -glucósido, peonidina-3- $\beta$ -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina y hesperidina”(GUILLÉN *et al.*, 2014).

El porcentaje de antocianina presente en el *Zea Mays L.*, son las que conceden el color característico a las bebidas, dulces y confites, es empleada en la elaboración de insumos de panadería y repostería. En el Perú, son utilizadas mayoritariamente en la elaboración de refrescos con tonalidad morada, y en dulces tradicionales como la mazamorra morada, asimismo es usado en la producción de vino y vinagre. En Japón es ampliamente utilizado para conferir color a dulces, mantecados y bebidas (INCA, 2013).

Perú comercializa variedades de maíz morado a más de 8 a nivel mundial, donde es utilizado por sus múltiples propiedades etnofarmacológicas siendo este el caso de países como Alemania, la Republica de México, Los Estados Unidos de Norteamérica y Vietnam; en China y Turquía, la cáscara o cobertura del grano se utiliza muy a menudo para combatir y tratar cuadros de deposiciones acuosas y blandas mientras que el grano íntegro es usado para tratar metrorragias, igualmente es ocupado para combatir y/o prevenir la diabetes, para reducir niveles altos de presión arterial y como digestivo. En el caribe específicamente en Cuba y la Republica de Haití, los granos triturados, son usadas como emplasto para aliviar golpes, luxaciones y fisuras, en Filipinas es empleada en la aplicación de edemas en las gestantes; y en Taiwán para combatir la hepatitis (CASTAÑEDA y MANRIQUE, 2005).

Diversas investigaciones realizadas han afirmado que la presencia de ciertas antocianinas comprendidas en el maíz morado tienen efectos potenciados sobre la expresión del ARNm y la actividad de la superóxido dismutasa (SOD), la cual constituye una enzima importante en todo organismo vivo (HAN *et al.*, 2006).



### **3.2.1.5 Situación del cultivo de maíz morado en Perú**

La producción nacional de maíz morado en el Perú se haya concentrada en las regiones de Ancash, Lima, La Libertad, Arequipa, Cajamarca, Huánuco, Ayacucho e Ica, de las cuales el 80% de la producción está concentrada en regiones como Lima, Ancash, Huánuco, y La Libertad. Además, los niveles de producción del maíz morado han ascendido llegando a una tasa promedio anual de 25% en los últimos 5 años (QUISPE, 2017).

### **3.2.1.6 Consumo del maíz morado en Perú**

Consumir el maíz morado en su estado natural es muy usual en todas las regiones de nuestro territorio nacional, esto debido a que es uno de los ingredientes principales y el componente más nutritivo en la elaboración de la tradicional mazamorra morada, como también en la preparación de la refrescante y popular chicha morada. El empleo del maíz morado en la elaboración de diversos productos refleja en las familias un beneficio económico, lo que hace que la demanda por este insumo sea alta.

Un hecho importante para tener en consideración es que el maíz morado no es usado únicamente en la elaboración de chicha morada, en la actualidad constituye el principal ingrediente en el proceso de obtención de cápsulas, extractos filtrantes y otros; todos corresponden a la concentración de antocianinas, que debido a sus componentes nutricionales y beneficios para la salud es ampliamente consumida en países desarrollados o denominados de primer mundo. El equivalente de consumir 3 L de chicha morada es sintetizado en una capsula de antocianina de 200mg, de tal manera que son más que obvias los motivos por las cuales este tipo de concentrados o capsulas vienen convirtiéndose en bienes sustitutos del maíz morado. Sin embargo, es necesario tener en cuenta el hecho de que esto es más ocurrente en los países a los que se exportan el maíz morado (RISCO MENDOZA, 2007).

### **3.2.2 Cerveza**

La denominación de cerveza es concedida a una bebida fermentada cuyos cereales son la base de este principio. Surgió durante el periodo neolítico, cuando los primeros pueblos comenzaron a recolectar granos y almacenarlos para su uso posterior. En el sentido amplio, la denominación de cerveza está referida a una



bebida elaborada a razón de cualquier grano amiláceo, pero habitualmente es elegida la cebada malteada (FERNÁNDEZ *et al.*, 2017). Hervir los cereales en agua dio como producto la fermentación y está la producción de un caldo altamente nutritivo e inalterable que podía ser conservada con facilidad (CONTRERAS y ORTEGA, 2005). Los sumerios dejaron grabadas en tabletas de arcilla las primeras referencias de la cerveza hacen más de 6000 mil años, del mismo modo se encontró en Jericó restos de bebidas fermentadas que corresponderían al año 7000 a.c. (CONTRERAS y ORTEGA, 2005). Egipto ha otorgado una auténtica veneración a la cerveza, fueron conocidos distintos tipos: las cervezas con mayor claridad estaban destinados a las clases pobres y las cervezas elaboradas con miel y jengibre estaban destinadas para dignatarios de alto nivel. En Egipto añadieron lúpulo a sus cervezas, el cual brinda un particular amargor y compone hoy en día el principal ingrediente de las cervezas (CONTRERAS y ORTEGA, 2005).

Los carbohidratos constituyen en el proceso de fermentación la materia prima más importante, los podemos encontrar en cereales como el trigo, arroz y maíz, en frutas ejemplo la uva, en tubérculos el caso de la papa, y en tallos a la caña de azúcar. La selección de la materia prima a emplear es realizada acorde con el tipo de bebida que se desea procesar. En volúmenes de producción las bebidas de tipo alcohólico son las que ocupan el primer lugar en el marco de las empresas de biotecnología, siendo de entre estas la cerveza una de las más consumidas a escala global (MORENO *et al.*, 2013).

La cerveza es denominada como bebida alcohólica, con sabor casi amargo amarga elaborada a partir del grano de cebada u otros cereales y/o granos amiláceos cuyo almidón ha sido modificado en azúcares fermentecibles mediante digestión enzimática, normalmente aromatizada con lúpulo. Se conocen diversas variantes con amplios matices debido a las diferentes formas de preparación e ingredientes utilizados. Por lo general, es de coloración ámbar, con tonalidades que van desde el amarillo dorado hasta el negro y el marrón rojizo. Se considera "gaseoso" (contiene dióxido de carbono disuelto en saturación, a manera de burbujas sometida a una determinada presión atmosférica), se presenta con una espuma relativamente persistente. Puede tener una apariencia cristalina o turbia. Su grado





alcohólico puede llegar a rondar el 30% vol., aunque normalmente se sitúa entre el 3.5% y el 9.0% vol. (GOMEZ y VASQUEZ, 2019)

Hay muchas marcas y diferentes estilos de cerveza en el planeta, y cada cervecería está tratando de configurarse con su propia marca para estar cerca de los gustos del consumidor final y por consiguiente lograr una buena facturación.

A muchas de estas cerveceras se le pueden asignar ciertos estilos de cerveza, que ciertos países o regiones han desarrollado con el tiempo.

Dependiendo de la levadura empleada y el proceso de fermentación, se pueden distinguir en primer lugar dos grandes grupos o categorías de cervezas (RODRIGUEZ, 2003).

- Cervezas con fermentación alta
- Cervezas con fermentación baja

### 3.2.3 Requisitos de la cerveza

#### 3.2.3.1 Requisitos físico-químicos

En la tabla 2 se presentan los requerimientos fisicoquímicos exigidos por la Norma Técnica Peruana 213.014:2016.

**Tabla 2 — Requerimientos fisicoquímicos de la cerveza**

Requisitos	Unidades	Especificaciones
Grado Alcohólico	% Vol.	0-12.0
Extracto Original	% m/m	Min. 4.0
Unidades de Amargor	IBU	2.0 – 1.0
pH		3.0 – 4.8
CO <sub>2</sub>	% v/v	2.0 – 4.0

Extraído de Norma Técnica Peruana 213.014.1973

#### 3.2.3.2 Requerimientos microbiológicos

En la tabla 3 se exponen los requerimientos microbiológicos de la cerveza según la RM-591-2008/MINSA.



**Tabla 3 — Requisitos microbiológicos de la cerveza**

Microorganismos	Límites Máximos
Recuento total de microorganismos mesófilos, UFC/ml	100
Recuento total mohos, UFC/ml	20
Coliformes y microorganismos Patógenos	Ausente

Extraído de RM-591-2008/MINSA.

### 3.2.4 Composición proximal de la cerveza

En la edad media, la mayoría de la gente bebía cerveza en grandes cantidades debido a que resultaba microbiológicamente más seguro que beber agua, por ser una bebida hervida y a razón de las propiedades antibacterianas del alcohol; el lúpulo se introdujo más tarde en el siglo XV.

La cerveza elaborada a partir de los granos del sorgo aún provee cantidades significativas de proteínas y vitaminas en las dietas de muchas regiones cualificadas socioeconómicamente pobres del África subsahariana (MARCELLA y BAXTER, 1999).

En la tabla 4 se expone la composición de la cerveza.

**Tabla 4 — Composición de la cerveza por 100 g**

Composición de la cerveza	
Calorías	42 kcal
Grasa	0 g.
Carbohidratos	3.12 g.
Fibra	0 g.
Azúcares	3.12 g.
Proteínas	0.50 g.

Extraído de (BAXTER y HUGHES, 2001).

### 3.2.5 Composición química de la cerveza

Según Obregón, (2010) las cervezas son fabricada a básicamente con, malta de cebada, agua y lúpulo, adicionando consecutivamente otros aditivos. Siendo la composición final son agua en un 90%, hidratos de carbono no fermentables es decir dextrina, ácidos, fenoles, etanol, CO<sub>2</sub>, vitaminas y minerales, además de varios aditivos. como lo descrito en la tabla 6.



Tabla 5 — Composición química proximal de la cerveza

<i>Componente</i>	<i>Cantidad (%)</i>
Agua	90
Proteína	0.3
Lípidos	0
Carbohidratos	5.1
Alcohol etílico	4.5
Ceniza	0.1
	<i>Cantidad (mg)</i>
Fósforo	15
Hierro	0.1
Vitamina B1	0.01
Vitamina B2	0.03
Vitamina B3	0.06
Energía (kJ)	150.62

Extraído de (COLLAZOS, 2009)

### 3.2.6 Clasificación de la cerveza

Acorde al tipo y proceso fermentativo, las cervezas se clasifican en ales y lagers.

#### 3.2.6.1 Tipo ale.

Este tipo de cerveza es diferenciada por emplear en el proceso de fermentación cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, distinguida por ser una levadura de fermentación superior o alta, que tiene por peculiaridad la fermentación en la sección superior del contenedor con temperaturas en rango de 13-25 °C, descubierto por Pasteur en el año 1852 (RODRIGUEZ, 2003).

**a) Pale:** Con tonalidad clara (OG 1032- 1048) - elaboradas con maltas pálidas y con lúpulos de aroma intenso, habitualmente esta especialidad de cerveza es consumida en colonias alemanas y recibe la denominación de cerveza Kolsch.

**b) Bitter:** Son de un sabor amargo (OG 1033 – 1047) – y es la denominación empleada para las “pale ales” de barril.

**c) Brown:** Presentan un sabor amargo (OG 1032 – 1048) – se elaboran con maltas que aportan un color intenso y suelen ser más dulces y menos lupuladas que las maltas más claras.

**d) Mild:** Este estilo de cerveza hacer referencia a una cerveza joven o no madura (OG 1031 – 1039) – normalmente para cervezas en barril, con tonalidad parda; no obstante, en algunos lugares se elaboran cervezas “mild muy claras”.

e) **Stout:** Este estilo de cerveza posee un (OG 1031 – 1054) – siendo la tonalidad más oscura; algunas presentan un amargor más intenso y otras son de sabor más dulce.

f) **Vinos de cebada:** (OG 1064 – 1100) – son de característica muy pálidas.

### 3.2.6.2 Tipo lager.

Este tipo de cervezas se fermentan con la levadura *Saccharomyces carlsbergensis*, este tipo de levadura es popular por realizar un fermentación baja o inferior, fue descubierta en Alemania de manera casual por cerveceros de la zona sur, de que envejecían o maduraban la cerveza a baja temperatura en cuevas o determinados lugares de los Alpes. La levadura *Saccharomyces carlsbergensis* posee la peculiaridad de realizar el proceso de fermentación en la base del contenedor a 7-10 °C y produciendo cervezas de sabor ligero. (RODRIGUEZ, 2003).

a) **Pale:** Pilsner o Hell posee un (OG 1031- 1047) – este estilo de cerveza es elaborada a partir de malta clara, es aromatizada con lúpulo y carente de sabor dulce.

b) **Dark:** Dunkel posee un (OG1041 – 1054) – es elaborada con malta de tonalidad oscura, a veces tenuemente dulce y con mayor fuerza que las pálidas.

c) **Marzen bock:** Posee una densidad de (OG 1054 – 1060) – es un estilo de cerveza con mayor fuerza elaboradas únicamente en determinadas estaciones del año.

### 3.2.6.3 Calidad de la cerveza tipo ale

RODRIGUEZ, (2003) alude que la calidad en los estilos y tipos de cerveza obedece a diversos factores afines a la materia prima empleada, al proceso productivo y especialmente al segmento de mercado y/o consumidor que evalúa la calidad. Los componentes fundamentales o de mayor importancia para evaluar un estilo cervecero de calidad son: sabor, presencia y la permanencia de espuma, como la tonalidad o color, la concentración de alcohol y la presencia de sedimentos.

En la tabla 7 se exhiben características importantes que debe exhibir una cerveza tipo ale.



Tabla 6 — Características de una cerveza tipo ale de calidad

<i>Característica</i>	<i>Parámetro</i>
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

Extraído de (GONZÁLEZ y MUÑIZ, 2000)

### 3.2.7 Materias primas e insumos para la elaboración de cerveza

El insumo primordial para la elaboración de cerveza es el grano de los cereales, debido a que estos proporcionan el almidón y el azúcar que son transformados en etanol y CO<sub>2</sub> durante el proceso de fermentación (CHOQUE, 2012).

#### 3.2.7.1 Cebada

Es un grano que pertenece a la caterva de granos de invierno, posee una forma cónica, con extremos puntiagudos y centro robusto, su cascarilla corresponde en peso del grano el 13% y la escuda de los depredadores, es empleada en procesos de maltería como en la elaboración de cervezas, su alineación es afín a la del trigo, pero se desarrolla en suelo drenado y no necesita ser tan fértil como el trigo (MOLINA, 2007).

La variedad de cebada (*Hordeum Vulgare*) se deriva de la cebada (*Hordeum spontaneum*) cultivada en Asia continental. Las dos variedades anteriores son diploides y, debido al cultivo de cebada, se desarrollaron dos variedades industriales, cebada de dos hileras (*Hordeum distichum*) para la producción de cerveza y cebada de seis hileras para la producción de alimentos. La cebada (*Hordeum distichum*) o cebada de dos hileras produce granos más grandes, redondos y similares, pero con una cáscara más delgada (proporcionan mayores rendimientos de extracto) y menor contenido de cáscara y proteína". (MOLINA, 2007).



En la tabla 8 se expone la composición química proximal de la cebada de dos carreras (*Hordeum vulgare var. distichum*).

**Tabla 7 — Composición química proximal de la cebada de dos carreras *Hordeum Vulgare* variedad *Distichum***

<i>Componente</i>	<i>Cantidad (g/100 g de porción comestible)</i>
Agua	12.1
Proteína	6.9
Lípidos	1.8
Carbohidratos	76.6
Ceniza	2.6
<i>Cantidad (g/100 g de porción comestible)</i>	
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

Extraído de (COLLAZOS, 2009)

### 3.2.7.2 Malta

El propósito fundamental del malteado es aumentar la actividad enzimática del grano, principalmente la descomposición del almidón.

La malta es el producto obtenido luego de someter al grano a un proceso de transformación natural de la cebada (germinación), durante el cual cambia la estructura del grano (CRUZ y MEYER, 2019).

Las dos enzimas primordiales durante el proceso de malteado son las  $\alpha$  y  $\beta$  amilasa. Los derivados de la  $\alpha$  amilasa son principalmente dextrinas compuesto por carbohidratos complejos de cadenas ramificadas y lineales. La  $\beta$  amilasa igualmente expelle dextrinas de cadena ramificada, siendo el producto fundamental la maltosa (HOUGH, J, 2012).

Para los cerveceros, la maltosa es un azúcar fácilmente fermentable y el principal ingrediente del mosto. La beta-amilasa está presente en el grano de cebada antes de la germinación, si bien la mayor parte está inactiva. Sin embargo, la alfa amilasa se sintetiza durante las primeras etapas de la



germinación y esta síntesis es inducida por la acción de las fitohormonas (HOUGH, J, 2012).

### 3.2.7.3 Levadura

Las levaduras son microorganismos unicelulares que se alimentan de azúcares fermentescibles comprendidos en el mosto en condiciones anaeróbicas, las cuales producen etanol y dióxido de carbono como subproductos (CRUZ y MEYER, 2019).

El rol que desempeñan las levaduras es fisiológico, durante el proceso de reproducción la levadura utiliza casi la totalidad de nutrimentos concentrados en el néctar o mosto. Las levaduras al transformar la D-glucose, libera productos de desecho del proceso, que no son más que dióxido de carbono y alcohol, presentes en todas las cervezas (GALECIO y HARO, 2012).

Existen principalmente 2 tipos de levaduras para la elaboración de cervezas; ale's y lager's. La de tipo ale es aquella levadura de alta fermentación, cuya característica es que al finalizar el proceso de fermentación esta se sitúa en la parte superior de la cuba de fermentación, la temperatura optima de fermentación oscila entre 12°C y 25°C. Esta levadura es utilizada en la elaboración de home brew (MORALES, 2018).

Las de tipo lager son levaduras de baja fermentación, esta a diferencia de la ale al finalizar el proceso de fermentación se sitúa en el fondo de la cuba de fermentación a temperaturas cercanas a los 10°C y generalmente producen cervezas más suaves (MORALES, 2018). La Tabla 9 muestra la clasificación de *Saccharomyces cerevisiae*.

**Tabla 8 — Taxonomía de la levadura *Sacharomyces cerevisiae***

Taxonomía	
Reino	Fungí
División	Ascomycota
Clase	Saccharomycetes
Orden	Saccharomycetales
Familia	Saccharomycetaceae
Género	<i>Saccharomyces</i>
Especie	<i>S. cerevisiae</i>

Extraído de (SIERRA, 2007)





**Figura 2 — Levadura *Sacharomyces***

#### **3.2.7.4 Agua**

La cerveza está constituida básicamente por el 93% de agua. Las características del agua utilizada en la producción influyen decisivamente la calidad de la cerveza, debiendo ser este un líquido puro, potabilizado, exento de sabor, olor y color, con baja carga de sales y casi nula presencia de materias orgánicas para la preparación de cervezas. Las reacción enzimática y coloidal en el proceso de fabricación son afectadas indirectamente por el contenido de sales en el agua (HOUGH, J, 2012).

En la producción de una cerveza estilo pilsner que es más ligera, se utiliza agua baja en calcio, llamada agua blanda. Por otro lado, la cerveza oscura se puede hacer con agua más dura. Pero para la elaboración de cerveza se prefieren las aguas moderadamente duras, especialmente rica en sulfato de calcio, debido que crean un nivel de ácido más elevado, el cual fortalece la actividad de las enzimas, no disolviendo los polifenoles que favorecen al sabor de la cerveza (RODRIGUEZ, 2003).

#### **3.2.7.5 Lúpulo**

Es una planta trepadora dioica, con uso diverso, está comprendida dentro de la familia de las cannabináceas (GALECIO y HARO, 2012).

El lúpulo cuyo nombre científico corresponde a *Humulus lupulus* es conformada por la flor femenina de la planta y se utiliza en cervecerías por su sabor amargo. El lúpulo contiene lupulina (gránulos amarillos que se encuentran en las flores femeninas no fecundadas), que a su vez contienen humulonas y lupulonas, ácidos cristalizables que provocan el amargor. Estos ácidos amargos son propensos a la polimerización oxidativa y pierden su amargor, el oxígeno como la humedad y temperatura son acelerantes de este





fenómeno. Por lo tanto, es muy importante mantener el lúpulo a 0°C y 70-75% de humedad relativa para protegerlo (CARVAJAL y INSUASTI, 2010). En ciertas regiones de clima frío tales como República Checa, como Estados Unidos, Australia, Polonia, Argentina, Nueva Zelanda, Chile, Alemania los lúpulos son típicas plantas perennes (NIEVAS *et al.*, 2021).

Las industrias comercializadoras del lúpulo han logrado exponer los productos en cuatro categorías, que incluyen flor entera, flor triturada y lúpulo paletizado, pasta de lúpulo y aceite de flor destilado. El lúpulo paletizado mantiene una proporción relativamente alta de aroma, sabor, y la calidad del producto es generalmente estable. (CARVAJAL y INSUASTI, 2010).

Como agente clarificante, ayuda a precipitar las proteínas del mosto, modificando sus características aromáticas y amargas específicas, favorece la preservación de la cerveza por los compuestos antibióticos que contiene, y favorece la formación de espuma por el contenido de pectina. (CARVAJAL y INSUASTI, 2010). En la tabla 10 se describe la taxonomía del lúpulo.

**Tabla 9 — Taxonomía del Lúpulo**

Taxonomía	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Hamamelidae
Orden	Urticales
Familia	Cannabaceae
Género	<i>Humulus</i>
Especie	<i>Humulus lupulus</i>

Extraído de (SIERRA, 2007)





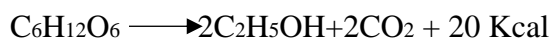
Figura 3 — *Humulus lupulus*

### 3.2.8 Características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza

#### 3.2.8.1 Grado alcohólico

La concentración de alcohol es la proporción en volumen de etanol comprendido en una bebida alcohólica a una determinada temperatura, normalmente ajustada durante su medición experimental y referenciada a 20°C. (NTN, 2007).

El contenido de alcohol determina la cantidad de etanol formado en el mosto durante la etapa de fermentación anaeróbica. (RODRIGUEZ, 2003).



Los niveles de alcohol variarán según el tipo y estilos de cervezas, el lugar donde se elabora, los insumos que proporcionan azúcares fermentescibles como también el tipo de microorganismos. Las cervezas tipo Ale oscilan entre 4 y 5% de alcohol (MORALES, 2018).

#### 3.2.8.2 Capacidad y estabilidad espumante

La espuma se puede definir como la propagación de burbujas de gas contenidas en una solución viscosa o semisólida, formadas por la adsorción de moléculas reactivas en la interfase gas-líquido (RODRIGUEZ, 2003).

Uno de los factores más importantes de valuación de calidad para el público cervecero es la producción de espuma, debido a que emite la principal percepción del producto cuando se vierte en el vaso. La espuma es formada a partir de gases, principalmente dióxido de carbono, distribuidos en sustancias líquidas y sólidas (RODRIGUEZ, 2003).

Las sustancias que intervienen activamente en la producción de espuma son proteínas con elevado peso molecular presentes en maltas y las isohumulonas contenidas en lúpulos. La malta modificada en demasía o ligeramente seca es a menudo una característica de la cerveza con poca capacidad de formación de espuma. Cabe señalar que a una menor proporción de malta - lúpulo, menor es la producción espuma (RODRIGUEZ, 2003).

En una cerveza industrial su rango de capacidad espumante oscila entre el 50 – 70 % (HOUGH, J, 2012).

La estabilidad de la espuma está directamente relacionada con la capacidad que tiene la cerveza para retener la espuma desde el momento que es servida. Los criterios de estabilidad incluyen el fenómeno de decaimiento y drenaje (PÉREZ y BOAN, 2008).

La velocidad a la que el volumen de espuma decae o disminuye en un determinado tiempo es específica del tipo y estilo de cerveza (BARRIENTOS, 2011).

En el momento en que la espuma alcanza un estado estacionario, se produce el drenado seguido del decaimiento (BARRIENTOS, 2011). Para medir la velocidad de drenaje de la espuma, se debe considerar el volumen del líquido drenado en la cerveza a un tiempo fijo (ROMERO *et al.*, 2017).

### **3.2.8.3 Densidad**

La densidad final del mosto de una cerveza oscila entre 0,997 y 1,040 g/ml, según el tipo de cereal empleado. Sin embargo, la densidad final del mosto está íntimamente relacionada con el grado alcohólico producido en la cerveza (durante el proceso de fermentación los azúcares son transformados en alcohol, y esto la vuelve más ligera) siendo un indicador de que la fermentación se realizó satisfactoriamente (RODRIGUEZ, 2003).

### **3.2.8.4 Potencial de iones de hidrogeno (pH)**

El pH final de la cerveza se encuentra en rangos de 3,2 y 4,8. Las cervezas elaboradas con una mayor proporción de malta y otros adjuntos, poseen un



pH más alto que las cervezas elaboradas solo con malta base. El nivel de pH final mantiene una dependencia del valor de pH inicial, que generalmente se ajusta durante la maceración, que a la vez depende del tipo de agua utilizada y del tratamiento de acondicionamiento a base de ácido y/o sal cálcica (RODRIGUEZ, 2003).

#### **3.2.8.5 Índice de amargor**

El lúpulo es el encargado de conferir ese amargor especial de las cervezas, debido a que está compuesto por dos elementos catalogados como resinas: las denominadas humulonas o ácido alfa lupulínico y las lupulonas también denominadas ácido beta lupulínico (RODRIGUEZ, 2003).

CHOQUE, (2012) menciona que el amargor de la cerveza es medida por el Bitterness Index (°IBU del Reino Unido, International Bitterness Unit), el cual calcula la cantidad existente de beta y alfa ácidos por unidad de peso de lúpulo presente en el mosto. RODRIGUEZ, (2003), afirma que el °IBU varía de 10 a 60 según el tipo de cerveza y el lugar donde se produce.

#### **3.2.8.6 Evaluación sensorial orientada al consumidor con pruebas afectivas**

El análisis sensorial en productos alimenticios es actualmente una de los instrumentos más importantes para el óptimo desarrollo de actividades en la industria alimentaria (ANZALDÚA, 2005).

Por tal motivo la evaluación sensorial puede ser definida como un procedimiento experimental a través del cual se juzga, califica, percibe, caracteriza las propiedades sensoriales de muestras o testigos que han sido adecuadas y presentadas de manera correcta, en condiciones ambientales predeterminadas y en base a patrones de evaluación conforme al análisis estadísticos (UREÑA, D'ARRIGO y GIRÓN, 1999).

ANZALDÚA, (2005) planteó que una prueba afectiva es aquella en la cual un juez manifiesta una reacción intrínseca ante un producto, exteriorizando si le agrada o desagrada, lo admite o rechaza, o le gusta sobre el otro producto. Estas pruebas exhiben un mayor índice de variación en los resultados y por ende son consideradas difíciles de interpretar al ser evaluaciones totalmente individuales. Las pruebas afectivas suelen dividirse en pruebas de satisfacción, preferencia, aceptación.

Una prueba de aceptabilidad general con una escala hedónica está diseñada para medir cuánto le gusta o no le gusta un producto. En estas escalas



categorías, los panelistas indicaran cuánto les gusta cada muestra eligiendo la categoría apropiada. Las ventajas de esta prueba son que requiere menos tiempo de evaluación, brinda a los jueces un procedimiento más interesante, tiene una amplia gama de aplicaciones, puede ser utilizada por jueces no entrenados y usarse con una gran cantidad de estímulos (UREÑA, D'ARRIGO y GIRÓN, 1999).

### **3.2.9 Proceso de elaboración de cerveza**

#### **3.2.9.1 Recepción y limpieza de cebada**

En esta etapa se recibe y almacena la cebada, con un proceso de limpieza física mediante equipos tipo criba antes del proceso de germinación (VILLAS y NOGUEIRA, 2020).

#### **3.2.9.2 Remojo**

La cebada se sumerge en agua, seguida de una etapa de drenaje para aumentar su humedad, lo que a su vez activa la germinación del grano. Durante el remojo, se burbujea aire para facilitar la respiración del grano (VILLAS y NOGUEIRA, 2020).

#### **3.2.9.3 Germinación de la cebada**

Una vez concluido el remojo, cuando el grano absorbió la cantidad adecuada de agua, a la temperatura correcta, el embrión pasa de latente a activo e induce la segregación de enzimas que son desplegadas por todo el endospermo, desdoblando los organofosforados, proteínas, grasas, y almidones (GORDILLO, 2019).

En la parte inferior de la cebada comienzan a surgir raíces, entretanto se desarrolla el germen va avanzando hacia el final, mientras que en el interior la pared celular comienza a disolverse. La germinación debe ser interrumpida al momento que el embrión ha desplegado una raicilla que alcanza las  $\frac{3}{4}$  partes del tamaño del grano (GORDILLO, 2019).

#### **3.2.9.4 Malteado**

Durante el proceso de malteo, el grano (principalmente cebada) pasa por un proceso vigilado de germinación con la finalidad de activar las enzimas presentes en el grano, estas mismas serán necesarias durante el proceso de maceración. Según el grado de tueste obtenido obtendremos maltas claras o más oscuras, que aportará el matiz de la cerveza.



### 3.2.9.5 Maceración

La etapa de maceración se realiza en equipos de gran tamaño referidos como cubas de fermentación o mezcla, bajo un control de temperatura (34°C - 76°C), tiene una duración promedio de tres horas, el calor conferido hace trabajar a las enzimas que obran sobre las proteínas y almidones, convirtiéndolas en aminoácidos y en azúcares (maltosa y glucosa). Concluido el proceso de maceración, obtenemos un compuesto denominado mosto en el cual el almidón se ha convertido en glucosa. El rango de la temperatura final de la mezcla debe ser de 75 a 77°C para que el producto presente una viscosidad óptima y una filtración rápida (VILLAS y NOGUEIRA, 2020).

### 3.2.9.6 Fermentación

La fermentación consiste en la conversión enzimática de materia orgánica utilizando microorganismos (GALECIO y HARO, 2012).

Mediante la fermentación podemos obtener la cerveza, y esta acontece como parte del metabolismo de la levadura, los microorganismos se reproducen usando los componentes del mosto mientras forman principalmente etanol, CO<sub>2</sub> y otros congéneres (GALECIO y HARO, 2012).

La fermentación se realiza en cisternas llamadas fermentadores, en este proceso el índice de reproducción de las levaduras es exponencial, llegando hasta triplicar la biomasa. La multiplicación de las levaduras está directamente relacionada con los nutrientes fundamentalmente nitrógeno y oxígeno. Una vez agotado el oxígeno la fase de reproducción se detiene comenzando el proceso anaeróbico, dando como resultado la producción de CO<sub>2</sub> y alcohol (MORALES, 2018).

### 3.2.9.7 Maduración

La cerveza filtrada se transfiere a una serie de tanques para la fase de maduración, el tiempo de maduración envejecimiento depende del tipo y estilo de cerveza. En esta fase completa las reacciones de estratificación, la fermentación de azúcares reductores y la formación de moléculas complejas que confieren el sabor y aroma. Una vez finalizada la maduración, es filtrada y se le añade CO<sub>2</sub> (GOMEZ y VASQUEZ, 2019).



### 3.2.9.8 Envasado

Posterior a la maduración, la cerveza es filtrada, carbonatada a una concentración de CO<sub>2</sub> de 0,5% y envasada bajo presión de CO<sub>2</sub> (GOMEZ y VASQUEZ, 2019).

### 3.3 Marco conceptual

- a) **Cerveza.** Es una bebida obtenida luego de una de fermentación alcohólica en un proceso controlado por levaduras cerveceras, elaboradas a partir de maltas, agua, a la cual se le agrega lúpulo en sus diversas presentaciones. El agregar otros granos y azúcar es opcional.
- b) **Malta.** Esta denominación hace referencia a la cebada que ha pasado por un proceso de germinación vigilada y posterior tostado en condiciones adecuadas de elaboración cervecera.
- c) **Mosto de cerveza.** Este es el nombre que se le da a las soluciones de carbohidratos, proteínas, sales minerales y otros compuestos disueltos en agua producidas por un proceso tecnológico apropiado por conversión enzimática de la malta, con o sin coadyuvantes cerveceros.
- d) **Bebida alcohólica fermentada.** Son bebidas con graduación alcohólica obtenidas luego de un proceso de fermentación, por conversión de azúcares de origen frutado o derivados de almidón.
- e) **Métodos de prueba.** Se denomina así al procedimiento analítico utilizado en laboratorio, para verificar que un producto cumple con las especificaciones establecidas en la norma.
- f) **Grado alcohólico.** Es el contenido de etanol en porcentaje, comprendido en una bebida alcohólica, referido a 20 °C.
- g) **Adjuntos de malta o adjuntos cerveceros.** Hace referencia a materias primas ricas en almidón, distintos de la malta de cebada, generalmente se refieren a granos sin maltar utilizados para la producción de cerveza, conformado por granos como maíz, trigo, avena, arroz y sorgo.
- h) **Ale.** Es un tipo de cerveza elaborada con fermentación alta, suelen ser de color más oscuro, a menudo presentan un fuerte sabor amargo y tienen un contenido de alcohol de 3 a 5%.
- i) **Lager.** Es un tipo de cerveza elaborada con fermentación baja, suelen ser de colores claros, y presentar sabores suaves, posee un contenido de alcohol entre 3.5-5.5%.



- j) **Lúpulo.** Es una planta aromática cuyas flores se utilizan ampliamente en procesos cerveceros, cuya principal función es dotar de amargor a la cerveza, esto gracias a las resinas y aceites esenciales presentes en la flor.
- k) **Tecnología.** Se define al conjunto de técnicas y conocimientos aplicadas de manera lógica y ordenada, que proporciona a las personas la capacidad de transformar su entorno físico o virtual para adaptarlo a sus necesidades, es un proceso mixto de pensamiento y acción para forjar soluciones útiles.
- l) **Producción Artesanal.** Es aquella producción que se efectúa de manera manual con nula o escasa participación de energía mecánica. Típicamente, las producciones artesanales utilizan materia prima y recursos locales, y las labores se desarrollan en talleres comunales o familiares.
- m) **Maceración.** Es conocido como el proceso de extracción sólido-líquido, extracción es el término usualmente usado en la industria química mientras que el término maceración se utiliza para alimentos, flores, hierbas y otros productos destinados al consumo humano.
- n) **Fermentación.** A los procesos catabólicos de oxidación incompleta se denomina fermentación, este proceso no demanda oxígeno y el producto final es un compuesto orgánico. Estos derivados finales son característicos de varios tipos de fermentación.
- o) **Análisis fisicoquímico.** Se define a los métodos que nos permite determinar la naturaleza de las interacciones entre los componentes del sistema mediante el estudio de la relación entre las propiedades físicas y la composición del sistema al analizar productos químicos.
- p) **Evaluación sensorial.** Es una valuación de las características sensoriales de un producto, que se puede lograr con los sentidos humanos. En otras palabras, es una valoración de la textura, apariencia, aroma, y sabor de un insumo, alimento o materia prima.
- q) **Sustitución.** Es el resultado de reemplazar una cosa material o inmaterial por otra que cumple la misma o similar función.



## CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

### 4.1 Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicado ya que nos permitirá generar nuevos conocimientos que mejorarán el proceso productivo, aumentando así la calidad y reduciendo el costo de producción, de igual manera presenta un nivel de investigación experimental, que será realizado con un enfoque científico, manteniendo constante a la variable independiente, mientras que el otro conjunto de variables serán medidas como sujeto del experimento. Este es un proceso dinámico que armoniza teoría y práctica para presentar una base de conocimientos sobre el efecto de la de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale según el tratamiento.

### 4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación corresponde al diseño experimental estadístico DCA (Diseño completamente al azar) de un solo factor, donde se pudo reconocer, calcular y evaluar estadísticamente los efectos causados en las variables dependientes (grado de alcohol, estabilidad y capacidad espumante, densidad y pH final) mediante el uso del Software estadístico SPSS Statistic V27. (QUINTANA y MONTGOMERY, 2006).

### 4.3 Población y muestra

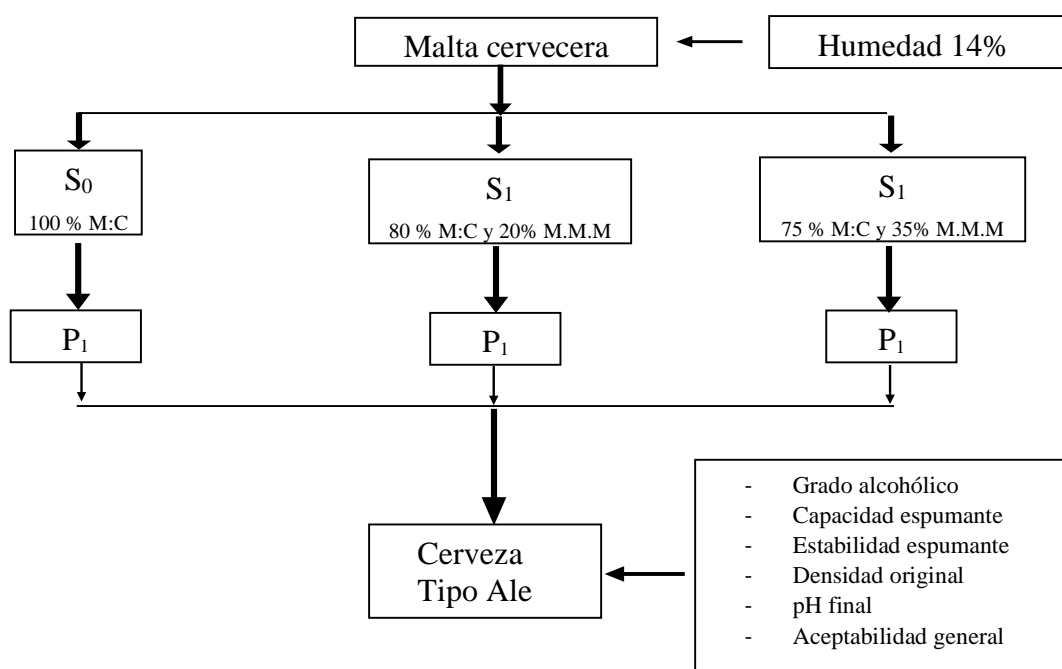
La población es un conjunto de componentes que posiblemente se pueden descomponer en la realidad problemática (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA, 2014), en la investigación para la elaboración de cerveza artesanal se utilizó dos formulaciones S1: 4 kilogramos de malta de cebada + 1 kilogramos de malta de *Zea mays L.* y S2: 3.250 kilogramos de malta de cebada + 1.75 kilogramos de malta de *Zea mays L.* obteniendo 15 litros de cerveza artesanal tipo ale para cada tipo de tratamiento, la cual constituirá la población de estudio.

Una muestra es un conjunto de sujetos obtenidos de una población mayor aplicando procesos y/o técnicas de muestreo probabilístico o no probabilístico (SÁNCHEZ, REYES y MEJÍA, 2018). En la investigación se empleará una muestra no probabilística de 280 ml de cerveza artesanal tipo ale para cada tratamiento, el muestreo utilizado fue por conveniencia.



#### 4.4 Procedimiento

La presente investigación se fundamenta en el efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale, presentando como variable independiente el porcentaje de sustitución de malta de *Zea mays L.* y como variables dependientes el grado alcohólico, la estabilidad y capacidad espumante, la densidad original, el pH final y la aceptabilidad general.



**Figura 4 — Esquema experimental de la investigación sobre la producción de cerveza artesanal tipo ale sustituida parcialmente con malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero**

#### Leyenda

S0: Sin sustitución de cebada por de *Zea mays L.*

S1: Sustitución de 20% de cebada por malta de *Zea mays L.*

S2: Sustitución de 35% de cebada por malta de *Zea mays L.*

M.C: Malta de cebada

M..M.M: Malta de maíz morado

P1: pH inicial de fermentación, 5.5

El procedimiento experimental describe el ingreso de la malta cervecera formulada con porcentajes de sustitución de 20 y 35 % de malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero.



Asimismo, el proceso de maceración se ajustó a un pH inicial de 5.5. Para finalmente poder determinar las características fisicoquímicas y su aceptación general de la cerveza artesanal tipo ale, producida con malta de maíz morado como adjunto cervecero, entre los consumidores habituales.

#### 4.4.1 Factores en estudio

Efecto de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale.

T1 = S0: Sin sustitución

T2 = S1: 20% malta de *Zea mays L.* y 80% malta de cebada

T3 =S2: 35% malta de *Zea mays L.* y 65% malta de cebada

#### 4.4.2 Tratamientos

En la tabla 10 se muestra los tratamientos, repeticiones y porcentajes de sustitución de malta de cebada (*Hordeum Vulgare*) por malta de maíz morado (*Zea Mays L.*) como adjunto cervecero.

**Tabla 10 — Tabla de tratamientos, repeticiones y porcentajes de sustitución**

N° de Repeticiones	T1	T2	T3
	S <sub>0</sub> = 100% M.C	S <sub>1</sub> = 20% M.M.M 80% M.C	S <sub>2</sub> = 35% M.M.M 65% M.C
R 1	T1*R1	T2*R1	T3*R1
R 2	T1*R2	T2*R2	T3*R2
R 3	T1*R3	T2*R3	T3*R3
R4	T1*R4	T2*R4	T3*R4
R5	T1*R5	T2*R5	T3*R5

M.C: Malta de cebada

M..M.M: Malta de maíz morado

#### 4.4.3 Proceso experimental

La ejecución de la investigación se realizó en dos etapas: elaboración de la malta de maíz morado, y elaboración de cerveza artesanal tipo ale con sustitución parcial de malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero.

##### 4.4.3.1 Producción de malta cervecera de maíz morado (*Zea mays*)

- **Recepción de la materia prima:** Como materia prima se empleó maíz morado (*Zea Mays L.*), de la variedad “Morado Canteño”, procedente del distrito de Majes provincia de Caylloma región Arequipa.



- **Selección:** La selección se realizó diligentemente, evitando la presencia de granos agrietados o enmohecidos. Una vez recibida la materia prima, se separó la corona del grano para retirar aquellos granos que hayan sido dañados por insectos o roedores, del mismo modo se procedió con los granos con presencia de moho y/o con cualquier tipo de posibles impurezas como paja, piedras de basura, etc.
- **Clasificación:** Los granos de maíz morado se clasificaron de acuerdo a atributos de calidad como tamaño y forma, utilizando el grano del centro de la mazorca y quitando los de las esquinas debido a que presenta granos de menor tamaño, obteniendo así granos del mismo tamaño para un remojo parejo.
- **Pesado:** Los granos de maíz morado se pesaron en una balanza digital con muestras de 500 g por bandeja para asegurar una buena germinación.
- **Malteado:** Esta comprendido por tres pasos importantes que son el remojo, germinado y secado.
  - a) **Remojo:** Este paso implica acrecentar el porcentaje de humedad del grano en condiciones aeróbicas. En el transcurso de 24 horas, se sumergió el maíz en agua hasta que alcance una humedad del 42% a temperatura controlada (15-20 °C). Se cambio el agua diariamente de ser necesario y deje los granos sin hidratar durante una hora para permitir que los granos absorban el oxígeno. La humedad final necesaria para activar los procesos de crecimiento y desarrollo se sitúa entre el 40% y el 45%. (Gomez y Vasquez, 2019).
  - b) **Germinado:** Durante esta parte del proceso, se inspeccionó visualmente la germinación, determinando si el maíz está inactivo o en el camino de germinación normal a través del cual está listo para pasar a la siguiente etapa del proceso, es fundamental que quede este punto de operación registrado, ya que debe existir evidencia objetiva del desempeño del trabajo (Molina, 2007).

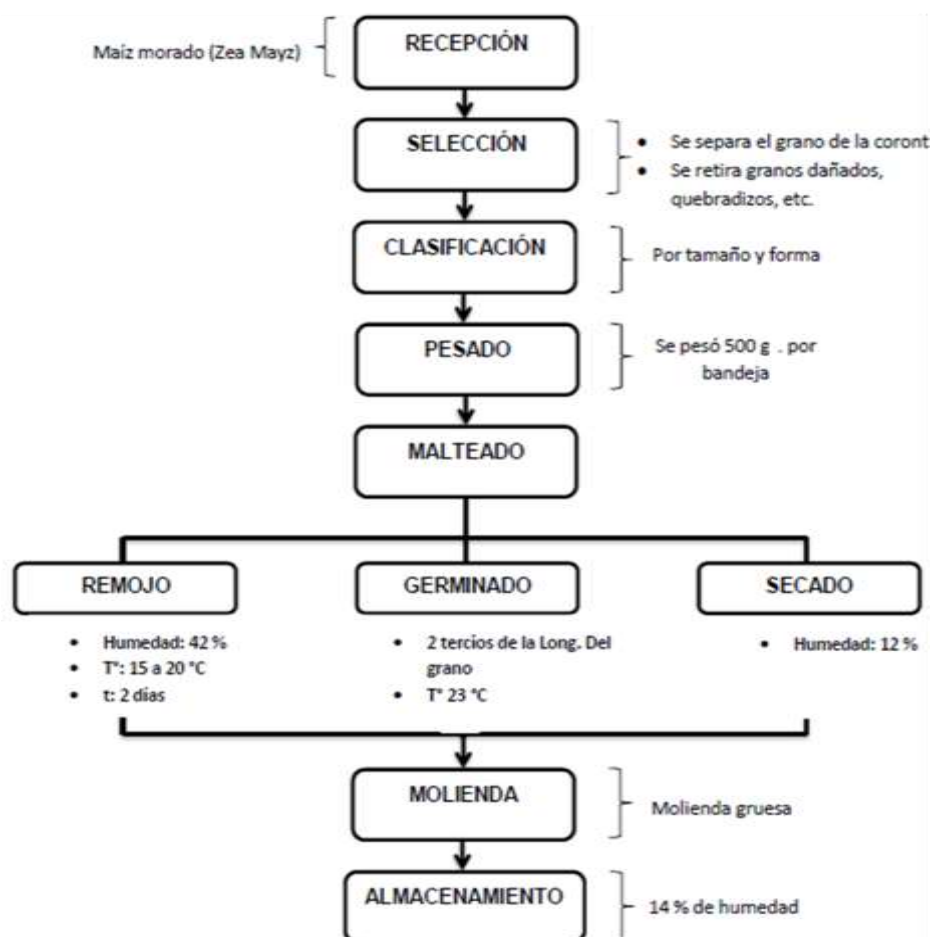
Al regar y escurrir las semillas, se pudo mantener una humedad constante en la bandeja para impedir la proliferación de hongos. Se germinó durante cuatro días a  $23 \pm 2$  °C para permitir que el germen



se desarrolle hasta alcanzar los dos tercios requeridos de la longitud del grano.

c) **Secado:** La etapa de secado es importante debido a que es la etapa que detiene el proceso de germinación. Se trata de un secado lento de la malta hasta que alcanza un 12% de humedad en condiciones controladas, lo que detiene la reacción enzimática sin causar daño enzimático.

- **Molienda:** El proceso de molienda se realizó en un molino de tornillo sin fin, se regulo el espesor de la molienda con la finalidad de obtener una molienda tosca. La finalidad de reducir el tamaño del grano es que acelera el proceso de cocción, es sabido que los granos grandes tardan más en cocinarse que los pequeños (MOLINA, 2007).
- **Almacenamiento:** Se almacenó la malta de maíz morado (*Zea Mays L.*) y malta de cebada en bolsas de polipropileno en un ambiente seguro, seco, limpio y desinfectado con un 14 % de humedad para evitar la infestación de insectos, agentes fúngicos y roedores.



**Figura 5 — Flujograma para obtener malta de *Zea mays L.***

#### **4.4.3.2 Producción artesana de cerveza tipo ale sustituida parcialmente con malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero.**

Se realizó la producción artesana de cerveza tipo ale sustituida parcialmente con malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero de acuerdo a las etapas descritas en el esquema experimental y en concordancia al flujo de proceso que se muestra en la Figura 5. El proceso fermentativo corresponde a una fermentación alta, realizada mediante levaduras de la especie *Saccharomyces Cereviciae* que tienden a flotar en la superficie del producto al final del proceso de fermentación.

- a) **Pesado:** Los ingredientes fundamentales como el lúpulo y levadura fueron pesados mediante una balanza analítica de precisión según la siguiente formulación: 4 L de agua tratada por osmosis inversa y 3.5 g de lúpulo por cada kg. de malta, además 5 g de levadura liofilizada por 10 L de mosto lupulado (HOUGH, J, 2012).
- b) **Molienda:** El proceso de molienda se realizó en un molino de tornillo manual, tomando en consideración no destruir la cascarilla, ya que se utilizó como lecho filtrante en operaciones donde sea necesaria la filtración (HOUGH, J, 2012).
- c) **Mezclado y regulación del pH:** La malta molida se colocó en la rejilla interior del tanque de maceración y se mezcló con agua previamente filtrada a 60 °C en una proporción de 1:4 de malta y agua. Se corrigió el pH del mosto a 5,5 mediante la adición de ácido fosfórico 0,5 N (VILLAS y NOGUEIRA, 2020).
- d) **Macerado o Infusión:** La solución formada en el tanque de maceración fue sometida a un tratamiento térmico continuo a diferentes temperaturas y tiempos regulados para sacarificar el almidón y descomponerlo en maltosa y dextrina, dando lugar al mosto (VÍLCHEZ, 2005). El tratamiento térmico fue continuo, dividido en 65 °C x 60 min, 72 °C 25 min y 76 °C 5 min (Villas y Nogueira, 2020).



- e) **Filtrado y lavado:** Este proceso tuvo lugar en un tanque de maceración, recirculando el mosto obtenido que fluirá por un grifo y se re- depositará (con la ayuda de un recipiente plástico previamente acondicionado), en el lecho filtrante compuesto por glumas y glumillas de la malta. El propósito de este proceso es extraer la mayor cantidad de mosto generado hasta que el mismo se vuelva claro. Una vez finalizado el proceso, se retiró la rejilla de la olla que contiene el bagazo (VILLAS y NOGUEIRA, 2020).
- f) **Cocción:** Esta operación consistió en hervir de manera constante el mosto previo filtrado en un depósito de maceración durante 90 minutos. Una vez iniciado el proceso de ebullición se agregará el 50 % de lúpulo (lúpulo amargo) al mosto, 25 % de lúpulo (lúpulo de sabor) después de 30 minutos y el 25 % restante después de 65 minutos, lo que incorporará el lúpulo de aroma (CARVAJAL y INSUASTI, 2010).
- g) **Sedimentación:** El mosto cocido y lupulado se removió tangencialmente durante 15 minutos en una olla de maceración, este proceso también es conocido Whirlpool. El propósito de esta operación es permitir que los residuos de harina, taninos, proteínas y lúpulo se depositen en el fondo del tanque de maceración para conseguir un mosto clarificado (VILLAS y NOGUEIRA, 2020).
- h) **Enfriado:** Durante este proceso, el mosto clarificado fue transferido a otra cubeta de acero, que se colocó sobre un lecho de hielo, para enfriar el mosto a la temperatura óptima de inoculación de las levaduras. Para cervezas tipo ale, la temperatura óptima es de 20 °C (MOLINA, 2007).
- i) **Oxigenación e inoculación:** Se añadió levadura a la cuba de fermentación precargado con 1 L de mosto a 20 °C con agitación constante durante 15 minutos logrando así oxigenación del medio y la activación de la levadura. Seguidamente, se dejó en reposo para que la levadura se asiente durante 15 minutos



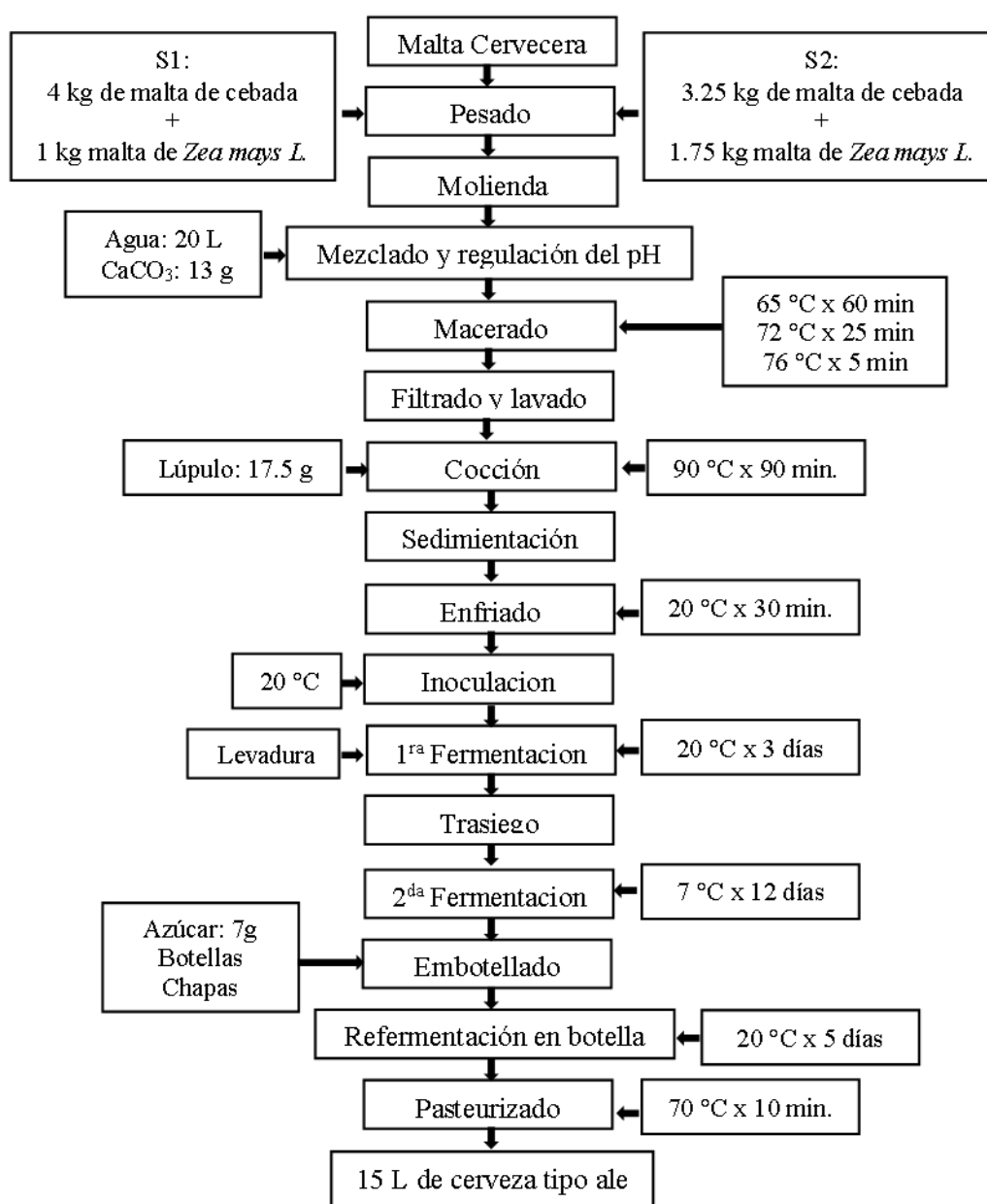
permitiendo que se aclimate al medio (GOMEZ y VASQUEZ, 2019).

- j) **Fermentación primaria:** Se traslado el mosto a 20 °C al depósito de fermentación, luego, se agregó el mosto con levadura activa al fermentador sellando el mismo de manera hermética para evitar el ingreso de aire, se conectó una esclusa de aire a la salida del fermentador, que actuó como trampa de aire o airlock. La aparición de burbujas de aire durante la fermentación es el indicador del proceso de fermentación. Este proceso se completará en 3 días (GOMEZ y VASQUEZ, 2019).
- k) **Trasiego:** En esta etapa del proceso, las mangueras de grado alimentario se colocaron herméticamente en las tuberías del fermentador y, al abrirlas, con la ayuda de la gravedad, el mosto fermentado pudo transferirse a otro fermentador sin barriles de protección de sedimentos (sin trampas de aire) (GORDILLO, 2019).
- l) **Fermentación secundaria o guarda:** En esta operación se colocó el fermentador de almacenamiento en un frigorífico a 5 - 7 °C durante 12 días para permitir que el mosto fermentado obtenga una maduración sensorial u organoléptica, a la vez se facilitó el proceso de clarificación mediante la sedimentación de partículas (GOMEZ Y VASQUEZ, 2019).
- m) **Embotellado:** En esta etapa, la manguera de alta presión se colocó herméticamente en las cañerías del fermentador y mediante la gravedad se transferirá la cerveza libre de sedimentos a botellas de vidrio, que se esterilizarán y almacenarán a 7 °C. La solución de sacarosa se preparará previamente a razón de 7 g de sacarosa por litro de cerveza. La solución se incorporó en cada botella. Este proceso se conoce como carbonatación natural. Se lleno cada botella con la medida requerida y se procedió al enchapado correspondiente con la ayuda de una engarzadora manual (GORDILLO, 2019).
- n) **Refermentación en botella:** Se almaceno las botellas previamente llenadas a 20 °C por un periodo de 5 días a cuya



finalidad fue activar la levadura por segunda vez iniciando un proceso fermentativo para la producción de dióxido de carbono (GORDILLO, 2019).

- o) **Pasteurizado:** Las botellas con contenido fueron sometidas a tratamiento térmico hasta que la temperatura interna alcance los 70 °C por un periodo de 10 minutos, este proceso se realizó mediante baño maría (Vílchez, 2005), luego por aspersion se procedió a un enfriamiento primario, hasta que la temperatura alcance los 35 °C, siendo posteriormente refrigerarla a 5 °C (GOMEZ y VASQUEZ, 2019).



**Figura 6 — Diagrama de flujo para la producción de cerveza tipo ale sustituida parcialmente con malta de *Zea mays L* como adjunto cervecero**

## 4.5 Técnica e instrumentos

### 4.5.1 Técnica

Se define al conjunto de operaciones que facilitan la obtención de resultados de acuerdo a una tarea específica, favoreciendo en el desarrollo óptimo de la investigación, identificando así técnicas de recolección y procesamiento de datos (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

- a) **Grado alcohólico:** El contenido o grado alcohólico fue determinado empleando la técnica del Densitómetro de Stevenson, se registró la densidad tras la cocción del mosto (D1) y luego de la primera fermentación (D2). La densidad (D1) fue medida antes de la fermentación primaria, cuyo procedimiento es dejar que el densitómetro flote de manera libre en la probeta la cual contenía 100 ml de mosto a una temperatura de 20 °C, se registraron las lecturas de densidad específica y la correspondiente a la escala de alcohol potencial. (alcohol by attenuation % v/v). La densidad D2 siguió el mismo procedimiento o técnica, esta densidad (D2) fue medida al final de la fermentación primaria. Posteriormente, el grado o contenido alcohólico fue calculado sustrayendo la densidad D2 a la densidad D1 y multiplicando el valor restado por la constante 131,25 (PÉREZ y BOAN, 2008).

$$\%ABV = (D1 - D2) * 131.25$$

- b) **Capacidad y estabilidad espumante:** Esta variable fue determinada por la técnica Constant (ROMERO *et al.*, 2017), donde se tomó una muestra de 40 ml de cerveza a la cual le correspondió la denominación (VI), la misma muestra de 40 ml se agito durante 10 minutos mediante un agitador magnético. La velocidad será de 2000 rpm. Seguidamente, se midió el volumen de líquido (VL), el volumen de espuma (VE) y el volumen total (VT). Posteriormente, la capacidad espumante (E) fue calculada empleando la fórmula siguiente:

$$E = \frac{(Vt - VL)}{Vl} = \frac{VE}{Vl}$$

Se consideraron dos variables, EE1 y EE2, para determinar la estabilidad de la espuma. EE1 corresponderá a la medición de la



reducción del volumen de espuma en intervalos de medida de 5 minutos durante un tiempo determinado de 30 minutos, EE2 corresponde a la velocidad que el líquido drena de la espuma en un intervalo de medición de 5 minutos en un tiempo de 30 minutos. En ambos casos se consideró partir de un volumen inicial de espuma de 40 ml (ROMERO *et al.*, 2017).

- c) **Densidad:** La densidad final de la cerveza fue determinada mediante el densímetro de triple escala Stevenson. A través del siguiente procedimiento, se abrió la botella y colocó una muestra de 200 ml de cerveza a una temperatura de 20 °C en la probeta, se dejó que el densímetro flote libre. Seguidamente, se registró la densidad final de la cerveza (PÉREZ y BOAN, 2008). Se tuvo en consideración que el Densímetro Stevenson está graduado para ser usado a una temperatura de 20 °C, por lo tanto, cuando la temperatura de la cerveza sea diferente, se corregirá la lectura de acuerdo a la Tabla 12.

**Tabla 11 — Corrección de la densidad específica en función a la temperatura**

Temperatura de medición	Corrección
10	-0.002
25	-0.001
20	-
24	+0.001
28	+0.002
32	+0.003

Extraído de (VILLEGAS, 2013)

- d) **Determinar pH:** La concentración de iones hidrógeno fue determinada siguiendo el procedimiento descrito por (VILLAS y NOGUEIRA, 2020). Fue de suma importancia calibrar el pH-metro a emplear con solución buffer de 7.0 y 4.0 antes registrar cualquier lectura.
- e) **Índice de amargor:** El índice de amargor (°IBU) fue determinada empleando la fórmula matemática detallada por (LOVISO y LIBKIND, 2018) que contempla el uso de un solo tipo de lúpulo:

$$^{\circ}IBU = \frac{Wh * \%AA * \%Uaa}{Vw * 10}$$



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)

%Uaa: Porcentaje de alfa ácidos que se utiliza realmente en el proceso de ebullición.

Vw: Volumen del mosto, en litros.

La Tabla 12 muestra el porcentaje de lúpulo utilizado (% Uaa) en función de la densidad o concentración del mosto y el tiempo de ebullición. Se determinará la densidad del mosto antes de la cocción, luego tome el valor de % Uaa en función al momento de agregar el lúpulo. Generalmente, el lúpulo se agrega en fracciones, con diferentes valores de %Uaa, en relación con los diferentes momentos en que se agrega el lúpulo, para el aporte final de alfa-ácidos. Asimismo, es perceptible que el % Uaa disminuye cuando la densidad o concentración del mosto es mayor y se incrementa en relaciona al tiempo de ebullición (VILLAS y NOGUEIRA, 2020).

**Tabla 12 — 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)	%Uaa								
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

Extraído de (RODRÍGUEZ, 2003)

f) **Aceptabilidad de la cerveza tipo ale:** Se determino la aceptabilidad mediante una prueba hedónica con una escala estructurada constituida de 5 puntos, donde 5: Me disgusta mucho, 4: Me disgusta, 3: Me es indiferente, 2: Me gusta, 1: Me gusta mucho (ANZALDÚA, 2005).

La Figura 7 contenida en el anexo 2 muestra la cartilla a emplear para evaluar la aceptabilidad de la cerveza tipo Ale.

#### 4.5.2 Instrumentos

Son herramientas utilizadas para recopilar información sobre muestras seleccionadas y abordar las preguntas del problema de investigación (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

En la presente investigación emplearemos los siguientes instrumentos:

##### 4.5.2.1 Instrumentos de recopilación de datos

- Laboratorio de análisis de la muestra.
- Fichas de aceptabilidad
- Fichas de caracterización

##### 4.5.2.2 Instrumentos de procesamiento y/o interpretación de datos

- Microsoft Excel
- SPSS Statistic V.27

#### 4.6 Análisis estadístico

Los resultados del efecto de la malta de maíz morado (*Zea mays L.*) como adjunto cervecero en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale se determinó mediante el análisis estadístico, para lo cual previamente a dicho análisis se procedió a tabular la data o información recaba en hojas de cálculo de Microsoft Excel, preparando así los datos para luego ser procesados en el Software estadístico SPSS Statistic V.27. Se realizo una estadística descriptiva para entender el comportamiento de las

variables de estudio haciendo uso de tablas de frecuencia, medidas de tendencia central, entre otros. Las estadísticas descriptivas son procedimientos matemáticos que recolectan, organizan, exhiben y describen datos estadísticos para facilitar su interpretación, estas prácticas se utilizan en el proceso de investigación, durante la etapa en que los investigadores deben procesar y analizar la información recopilada en los estudios mencionados (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014). La estadística inferencial se realizó con el 95% de un nivel de confianza con el apoyo del Software estadístico SPSS Statistic V.27 para poder comprobar las hipótesis planteadas. La estadística inferencial es el método y el conjunto de técnicas que permiten derivar, a razón de la información que se obtiene de una muestra, cuál es el comportamiento de una población específica con un margen de error medible en términos de probabilidad (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014). En concordancia con la prueba inferencial se realizó la prueba de normalidad, para decidir si se optaba por una prueba paramétrica o no paramétrica determinado así la prueba estadística según corresponda el caso es decir ANOVA o la prueba Kruskal-Wallis. Para poder probar las hipótesis estadísticas fue necesario utilizar la regla de decisión, crucial para poder aceptar o rechazar la hipótesis nula. Con la finalidad de comprobar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos y además conocer qué concentración es la que genera más cambios se usó las comparaciones por parejas.



## CAPÍTULO V

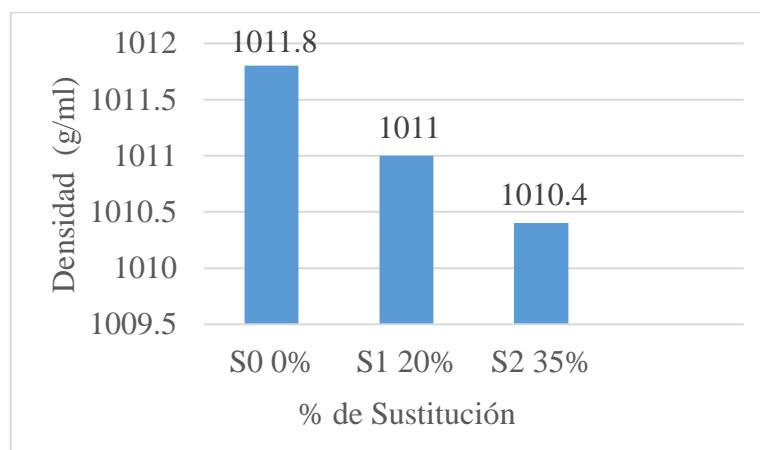
### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

Se obtuvo artesanalmente una cerveza tipo ale, sustituida parcialmente con malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero. Las características evaluadas en la presente investigación fueron densidad original, grado alcohólico, capacidad espumante, estabilidad espumante, pH final y aceptabilidad. Cuyos resultados se detallan y discuten a continuación

##### 5.1.1 Efecto de la malta de *Zea mays L.* en la densidad

En la figura 8 se muestra la densidad en función al porcentaje de sustitución de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, observándose valores muy similares en todos los tratamientos, en la tabla 13 contenida en el anexo 3 se exhibe también los valores de la densidad al agregar malta de *Zea mays L.*, en donde los resultados indican valores 1011.8, 1011, 1010.40, para las muestras (S0), (S1), (S2) respectivamente expresadas en g/ml, se notó una diferencia pequeña entre los valores evaluados.



**Figura 8 — Densidad en función al porcentaje de sustitución**

Luego de realizar la prueba de normalidad tabla 14, prueba de homogeneidad tabla 15 contenidas en el anexo 3 y en vista que uno de los valores fue menor que 0.05 se rechazó la hipótesis nula. es decir, que los datos no cuentan con distribución normal. Entonces se utilizó la estadística no paramétrica, específicamente la prueba de H de Kruskal-Wallis.

Tabla 16 — Estadístico de prueba de H de Kruskal-Wallis prueba<sup>a,b</sup> para densidad

	Densidad
H de Kruskal-Wallis	5,404
gl	2
<b>Sig. asin.</b>	<b>,067</b>

En base a los resultados obtenidos en la tabla 16, se establece un p-valor de 0.067, lo cual indica que no existen cambios significativos de densidad entre las diferentes sustituciones o concentrados de malta de maíz, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, es decir la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, no afecta la densidad original de cerveza artesanal tipo ale.

### 5.1.2 Efecto de la malta de *Zea mays L.* en el grado alcohólico

En la figura 9 se muestra el grado alcohólico obtenido en función al porcentaje de sustitución de malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, observándose que el grado alcohólico disminuyó a razón del incremento del porcentaje de sustitución, en la tabla 17 contenida en el anexo 3 se exhiben también los valores del grado alcohólico al agregar malta *Zea mays L.*, dichos resultados indican valores 5,12; 4,09 y 3,60 para las muestras (S0), (S1), (S2) respectivamente expresadas en % ABV, se notó una diferencia notoria entre los valores evaluados. Además, los valores de la desviación estándar son bastante pequeños, cercanos al cero, indicando que los datos no están dispersos.

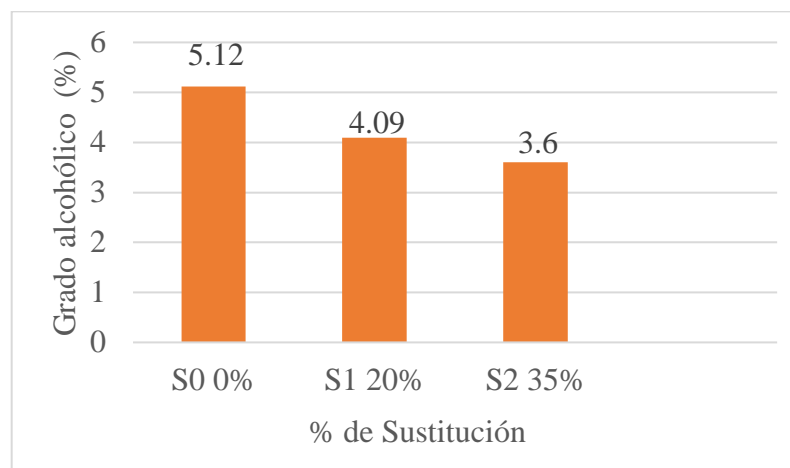


Figura 9 — Grado alcohólico en función al porcentaje de sustitución

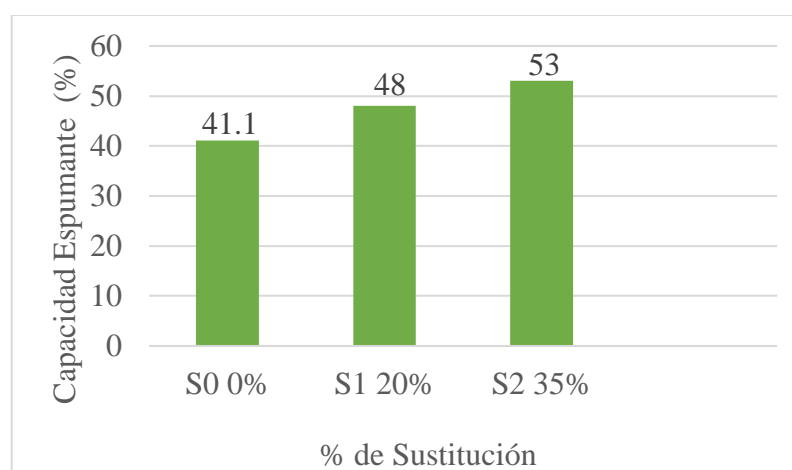
Luego de realizar la prueba de normalidad y homogeneidad tablas 18 y 19 contenidas en el anexo 3, no se rechaza la hipótesis nula, es decir los datos cuentan con distribución normal. Por ello se utilizó la estadística paramétrica, específicamente la prueba de ANOVA de un factor, en base a los resultados de la tabla 20 contenida en el anexo 3, se establece un p-valor de 0.000, lo cual indica que, si existen cambios



significativos entre las diferentes sustituciones, para este caso aceptamos la hipótesis alterna, es decir la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta el grado alcohólico del producto final. Además, para conocer qué concentración es la que genera más cambios en el grado de alcohol se usó la prueba Tukey (tabla 21 contenida en el anexo 3), notándose que todas las concentraciones generan diferencias en el nivel de grado de alcohol, a razón que el p-valor es 0.000. Y al evaluar los subconjuntos homogéneos (tabla 22 contenida en el anexo 3), se notó que todos los niveles son diferentes y que mientras mayor sea el nivel de sustitución menor será el grado alcohólico.

### 5.1. Efecto de la malta de *Zea mays L.* en la capacidad espumante

En la figura 10 se muestra a la capacidad espumante en función al porcentaje de sustitución de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, observándose que la capacidad espumante fue aumentando con relación directa al incremento del porcentaje de sustitución, en la tabla 23 contenida en el anexo 3 se exhibe los valores de la capacidad espumante al agregar malta de *Zea mays L.* dichos resultados indican valores de 41,1; 48 y 53 para las muestras (S0), (S1), (S2) respectivamente, expresadas en % *OVERRUM*, Además, los valores de la desviación estándar son bastante pequeños, cercanos al cero, indicando que los datos no están dispersos.



**Figura 10 — Capacidad espumante en función al porcentaje de sustitución**

Luego de realizar la prueba de normalidad y homogeneidad en las tablas 24 y 25 contenidas en el anexo 3, se rechaza la hipótesis nula, es decir los datos no cuentan con distribución normal, utilizándose la estadística no paramétrica, específicamente la prueba Kruskal-Wallis.

Tabla 26 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	15
Estadístico de prueba	10,795 <sup>a</sup>
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,005
a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.	

En base a los resultados de la tabla 26, se establece un p-valor de 0.005, lo cual indica que, si existen cambios significativos entre las diferentes sustituciones o concentrados de malta de maíz, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula es decir la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la capacidad espumante de cerveza artesanal tipo ale. Además, para conocer qué concentración es la que genera más cambios en la capacidad espumante se usó las comparaciones por parejas cuyos resultados descritos en la tabla 27 contenido en el anexo 3, muestra que la concentración que genera mayor diferencia en la capacidad de espumante, es el S2 35%, debido a que el p-valor es 0.001.

### 5.1.3 Efecto de la malta de *Zea mays L.* en la estabilidad espumante

La estabilidad espumante en la cerveza se relaciona con dos variables: la disminución de la espuma en el tiempo (EE1) y el volumen del líquido drenado (EE2), cuanto menor sea la disminución de la espuma en el tiempo y menor sea el volumen del líquido drenado, mayor será la estabilidad espumante.

La figura 11 se muestra el volumen de espuma en función al porcentaje de sustitución de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, observándose que la disminución del volumen de espuma fue cada vez menor con relación directa al incremento del porcentaje de sustitución.

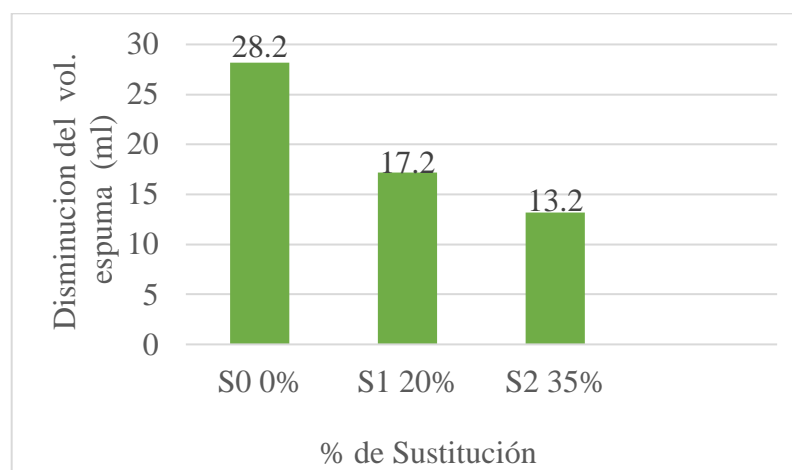
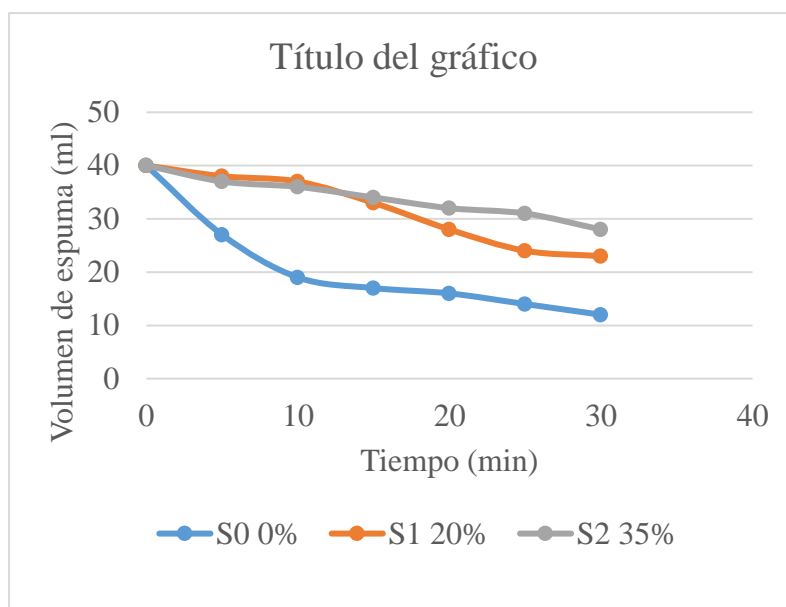


Figura 11 — Disminución del volumen de espuma en función al porcentaje de sustitución

En la figura 12 se muestra la variación del volumen de espuma en el tiempo, observándose que el comportamiento de la espuma en la muestra patrón es decir S0 0% es más radical, se produce una pérdida rápida de espuma, mientras que para las muestras con sustitución de 35% la caída de la espuma es más lenta manteniendo una estabilidad espumante durante los primeros diez minutos.



**Figura 12 — Variación del volumen de espuma en el tiempo**

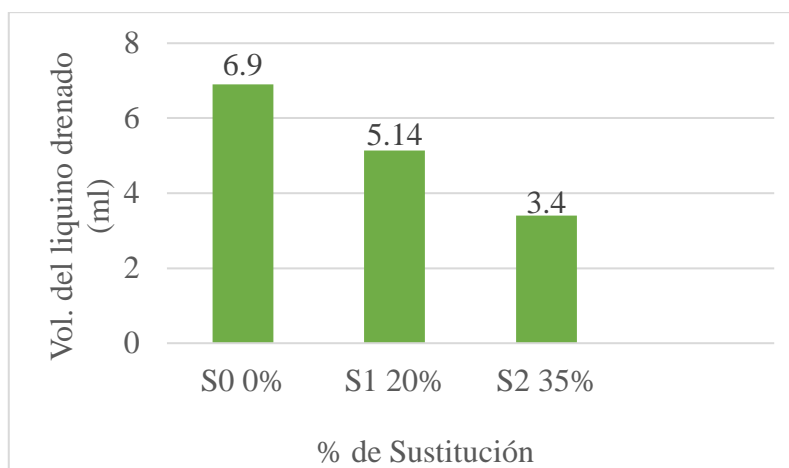
En la tabla 28 contenida en el anexo 3 se exhibe los valores de la disminución del volumen de espuma al agregar malta de maíz morado, dichos resultados indican valores 28.2;17.2 y 13 para las muestras (S0), (S1), (S2) respectivamente, se notó una diferencia notoria entre los valores evaluados. Además, los valores de la desviación estándar son bastante pequeños, cercanos al cero, indicando que los datos no están dispersos. Luego de realizar la prueba de normalidad y homogeneidad (tablas 29 y 30 contenidas en el anexo 3), se rechaza la hipótesis nula, es decir los datos no cuentan con distribución normal, utilizándose la estadística no paramétrica, específicamente la prueba Kruskal-Wallis tabla 31 contenida en el anexo 3, en esta prueba se estableció un p-valor de 0.002, lo cual indica que, si existen cambios significativos entre las diferentes concentraciones de malta de *Zea mays L.* por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna, es decir la malta de maíz morado *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la estabilidad espumante de cerveza artesanal tipo ale. Además, como se puede observar en la tabla 32, para conocer qué concentración es la que genera más cambios en la estabilidad espumante se usó las comparaciones por parejas. Notándose que la evaluación o concentraciones que generan mayores

diferencias en la estabilidad de espumante, es el S2 35%, debido a que el p-valor es 0.000.

**Tabla 32 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma**

Sample 1-Sample 2	Estadístico		Desv. Estadístico		Sig. ajustada <sup>a</sup>
	de prueba	Desv. Error	de prueba	Sig.	
S2 35%-S1 20%	4,600	2,793	1,647	,100	,299
S2 35%-S0 0%	9,800	2,793	3,509	,000	,001
S1 20%-S0 0%	5,200	2,793	1,862	,063	,188

En la figura 13 se muestra el volumen del líquido drenado en función al porcentaje de sustitución de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, observándose un menor volumen del líquido drenado (mayor estabilidad espumante) con relación directa al incremento del porcentaje de sustitución, la tabla 33 del anexo 3 exhibe los valores del líquido drenado al agregar malta de *Zea mays L.*, dichos resultados indican valores 6,9; 5,14 ; 3,40 para las muestras (S0), (S1), (S2) respectivamente expresadas en ml, se notó una diferencia notoria entre los valores evaluados. Siendo los valores de la desviación estándar bastante pequeños, cercanos al cero, indicando que los datos no están dispersos.



**Figura 13 — Volumen del líquido drenado en función al porcentaje de sustitución**

Luego de realizar la prueba de normalidad y homogeneidad (tablas 34 y 35 contenidas en el anexo 3), se rechazó la hipótesis nula, es decir los datos no cuentan con distribución normal, por ello se utilizó la estadística no paramétrica, específicamente la prueba Kruskal-Wallis (tabla 36 contenida en el anexo 3), se determinó un p-valor de 0.001, lo cual indica que, si existen cambios significativos entre las diferentes concentraciones de malta de *Zea mays L.*, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula es



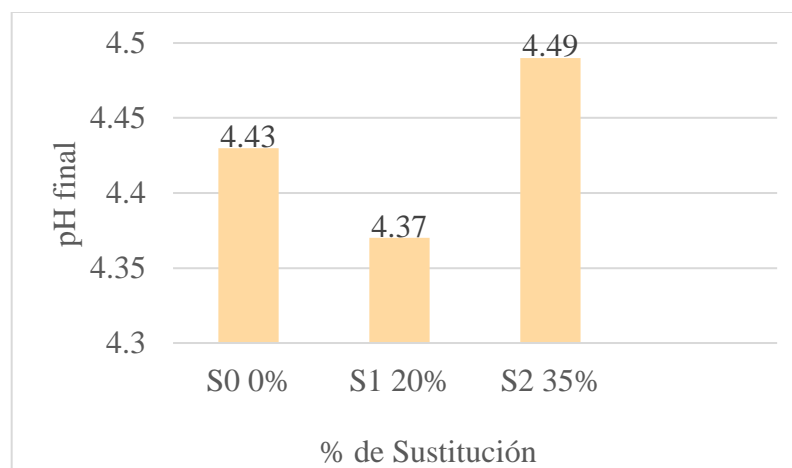
decir la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la estabilidad espumante de cerveza artesanal tipo ale. Además, para conocer qué concentración es la que genera más cambios en la estabilidad espumante se usó las comparaciones por parejas como se muestra en la tabla 37. Notándose que la evaluación o concentraciones que genera mayor estabilidad espumante, es el S2 35%, debido a que el p-valor es 0.001.

**Tabla 37 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para estabilidad espumante en función al liquido drenado**

Sample 1-Sample 2	Estadístico		Desv. Estadístico		Sig. ajustada <sup>a</sup>
	de prueba	Desv. Error	de prueba	Sig.	
S2 35%-S1 20%	5,000	2,772	1,804	,071	,214
S2 35%-S0 0%	10,000	2,772	3,607	,000	,001
S1 20%-S0 0%	5,000	2,772	1,804	,071	,214

#### 5.1.4 Efecto de la malta de *Zea mays L* en el pH final

En la figura 14 se muestra el pH final en función al porcentaje de sustitución de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, observándose diferencias significativas es decir límite inferior y superior con relación directa al incremento del porcentaje de sustitución, en la tabla 38 contenida en el anexo 3 se exhibe los valores de pH final al agregar malta de *Zea mays L.* dichos resultados indican valores de 4,43; 4,37 y 4,49 para las muestras (S0), (S1), (S2) respectivamente, se notó una diferencia notoria entre los valores evaluados. Además, los valores de la desviación estándar son bastante pequeños, cercanos al cero, indicando que los datos no están dispersos.



**Figura 14 — pH final en función al porcentaje de sustitución**

Luego de realizar la prueba de normalidad y homogeneidad (tablas 39 y 40 contenidas en el anexo 3), se rechazó la hipótesis nula, es decir los datos no cuentan con distribución normal, para lo cual se utilizó la estadística no paramétrica, específicamente la prueba Kruskal-Wallis (tabla 41 contenida en el anexo 3), se determinó un p-valor de 0.002, lo cual indica que, si existen cambios significativos entre las diferentes sustituciones o concentrados de *Zea mays L.*, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, es decir la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta el pH final de cerveza artesanal tipo ale. Además, para conocer qué concentración es la que genera más cambios de pH final se usó las comparaciones por parejas, como se puede observar en la tabla 42, notándose que la evaluación o concentración que genera mayor diferencia en el pH, es el S2 35%, debido a que el p-valor es 0.000, pero respecto sólo al S1 20%, sin embargo, con el tratamiento sin sustitución S0 0% no se evidencia ninguna diferencia significativa.

**Tabla 42 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para pH final**

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada <sup>a</sup>
S1 20%-S0 0%	5,000	2,811	1,779	,075	,226
S1 20%-S2 35%	-10,000	2,811	-3,558	,000	,001
S0 0%-S2 35%	-5,000	2,811	-1,779	,075	,226

### 5.1.5 Efecto de la malta de *Zea mays L* en la aceptabilidad

La tabla 43 exhibe los valores de aceptabilidad en función al porcentaje de sustitución de la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, en donde los resultados indican que a un 84.6% le gusta S0; a un 100% le gusta S1 y al 61.5% le disgusta S2, se notó una diferencia notoria entre los S1 20% y S2 35%, siendo la primera formulación es decir con sustitución de 20% de cebada por malta de *Zea mays L.* la cual es más aceptable.



Tabla 43 — Prueba de aceptabilidad

Niveles_sustitucion_2	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
S0 20%	Válido Me gusta	13	100,0	100,0
S0 35%	Válido Me es indiferente	5	38,5	38,5
	Me disgusta	8	61,5	100,0
	Total	13	100,0	100,0
S0 0%	Válido Me gusta	11	84,6	84,6
	Me es indiferente	2	15,4	100,0
	Total	13	100,0	100,0

En base a los resultados de la tabla 44 contenida en el anexo 3, se estableció un p-valor de 0.000, lo cual indica que, si existen cambios significativos entre las diferentes sustituciones o concentrados de malta de *Zea mays L.*, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, es decir la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale. Además, para conocer qué concentración es la que generó más cambios de aceptabilidad se usó las comparaciones por parejas como se puede observar en la tabla 45. Notándose que la evaluación o concentración que genera mayor diferencia en la aceptabilidad es decir disgusto, es el S2 35%.

Tabla 45 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para aceptabilidad

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada <sup>a</sup>
S0 20%-S0 0%	-2,385	3,881	-,614	,539	1,000
S0 20%-S0 35%	-20,115	3,881	-5,183	,000	,000
S0 0%-S0 35%	17,731	3,881	4,569	,000	,000

## 5.2 Contrastación de hipótesis

### Hipótesis nula $H_0$ :

H01: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, no afecta la densidad original de cerveza artesanal tipo ale.

H02: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, no afecta el grado alcohólico del producto final de cerveza artesanal tipo ale.



H03: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la capacidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.

H04: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la estabilidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.

H05: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta el pH de cerveza artesanal tipo ale.

H06: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale.

#### **Hipótesis Alterna $H_a$ :**

Ha1: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la densidad original de cerveza artesanal tipo ale.

Ha2: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta el grado alcohólico del producto final, de cerveza artesanal tipo ale.

Ha3: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la capacidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.

Ha4: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la estabilidad espumante de cerveza artesanal tipo ale.

Ha5: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la pH de cerveza artesanal tipo ale.

Ha6: La malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero, afecta la aceptabilidad de cerveza artesanal tipo ale.

**Nivel de confianza** 95%

#### **Regla de decisión**

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$  no se rechaza la hipótesis nula

### **5.3 Discusión**

#### **5.3.1 Discusión densidad original**

Concluido el trabajo de investigación y en base a la información recabada del análisis estadístico durante el desarrollo de la misma, los resultados indican un valor medio de densidad de 1011.8 g/ml para S0 0%, 1011 g/ml para S1 20% y 1010.40 g/ml para S2 35%. Se estableció mediante la prueba de H de Kruskal-Wallis un  $p\text{-valor}$  de 0.067, indicando la inexistencia de cambios significativos entre las diferentes sustituciones o concentrados de malta de maíz. Cabe mencionar que estos resultados





concuerdan con lo descrito por (RODRÍGUEZ, 2003), quien planteó que la densidad de la cerveza se ve modificada dependiendo del tipo de almidón utilizado, además, la densidad es afín con la cantidad de alcohol generado en la cerveza, es decir, se vuelve menos densa o más ligera a medida que los azúcares fermentecibles se convierte en alcohol. (SEVERIANO, 2006) mencionó la existencia de cervezas de alta y baja densidad. Son consideradas cervezas de densidad baja (0.988 - 1.018 g/ml) obtenidas generalmente a partir de maltas base o maltas suave como por ejemplo Pilsen 3 EBC y malta Pale ale 4 EBC, mientras que las consideradas cervezas de densidad alta (1.020 -1.060 g/ml) son elaboradas con maltas y adjuntos cerveceros como maíz, arroz y azúcar para proporcionar más cuerpo a la cerveza.

### **5.3.2 Discusión grado alcohólico del producto final**

En lo concerniente al grado alcohólico del producto final los resultados indican valores de grado alcohólico de 5,12 %v/v para la formulación S0 0%, 4,09%v/v para S1 20% y 3,60%v/v para S2 35%, destacando una diferencia notoria entre los valores evaluados, además los valores de la desviación estándar son bastante pequeños, cercanos al cero, indicando que los datos no están dispersos, luego de aplicar ANOVA de un factor se estableció un p-valor de 0.000, lo cual indica que si existen diferencias significativos entre las diferentes sustituciones o concentrados de malta de maíz, se usó la prueba Tukey para conocer qué concentración es la que genera más cambios determinándose que mientras mayor sea el nivel de sustitución menor será el grado alcohólico . Los resultados que se obtuvieron concuerdan con lo mencionado por (SUÁREZ, 2013): quien señala que las fermentaciones de los mostos que se obtienen con la adición de granos adjuntos son más débiles que las que se llevan a cabo con maltas base de cebada. Asimismo, argumenta que los granos adjuntos causan un menor rendimiento en la fermentación primaria debido a que disminuyen la capacidad diastática de la mezcla, por lo que su uso es exclusivo para obtener estabilidad, principalmente porque reducen los compuestos nitrogenados que se hallan en exceso en mostos elaborados con malta pura.

Del mismo modo (DE MESONES, 2005) afirma que la producción de azúcares fermentables y la conversión de estos en alcohol están condicionadas por la cantidad de enzimas presentes en la malta, por el pH y por las temperaturas y tiempos de maceración. Asimismo, afirma que el pH inicial de la maceración es ajustado para que exista un equilibrio entre la actividad de la alfa amilasa y la beta amilasa, la segunda es la que más se deteriora y la que se utiliza como base para elegir los



parámetros de la maceración. Las cervezas pilsner con mayor porcentaje de alcohol se adaptan mejor a un pH de maceración de 5.5, que es el más adecuado para la actividad de la beta amilasa.

### 5.3.3 Discusión capacidad espumante

Los resultados detallan para la capacidad espumante un valor medio de de 41,1% para S0 0%, 48% para S1 20% y 53% para S2 35%, resaltando una diferencia notoria entre los valores evaluados, se determinó un p-valor de 0.005, lo cual indica que, si existen diferencias significativas entre las diferentes sustituciones de malta de maíz, luego de realizar la prueba de normalidad para los grupos evaluados, se obtuvo valores p de 0.192, 0.006 y 0.006 para S0 0%, S1 20% y S2 35%, respectivamente, en donde dos valores fueron menores que 0.05 es decir los datos no cuentan con distribución normal, luego de aplicar la prueba Kruskal-Wallis se establece un p-valor de 0.005, lo cual indica que si existen diferencias significativas entre las diferentes sustituciones, para conocer qué concentración es la que genera más cambios en la capacidad espumante se usó las comparaciones por parejas observándose que la concentración que genera mayor capacidad de espumante, es el S2 35%. Los datos anteriores coinciden con lo señalado por (RODRÍGUEZ, 2003), quien explicó que los elementos que intervienen activamente en la producción de espuma son las proteínas cuyo peso molecular es alto, proveniente básicamente de la malta y las isohumulonas referidas al lúpulo. La malta demasadamente modificada o poco seca es a menudo un signo de poca capacidad de formación de espuma en la cerveza. (BARRIENTOS, 2011) agregó que cuanto menor es la proporción de malta a lúpulo, su capacidad espumante se verá menguada. De igual forma (DE MESONES, 2005) destaca que un exceso de proteína en la malta ayudaría a la cerveza a presentar mejor poder espumante, cuerpo y cremosidad en la espuma, lo que la diferenciaría de las cervezas industriales.

Según (WALLIN, 2010), es importante que el tipo de malta sea parte de la ecuación para garantizar una espuma de buena calidad, además, la beta amilasa tiene un efecto en la elección de los parámetros de temperatura, tiempo y pH durante el proceso de maceración, sin embargo, la elección de la misma es de gran importancia.

### 5.3.4 Discusión estabilidad espumante

Los resultados recabados en la investigación, indican un valor medio de volumen de espuma de 28,2 ml para S0 0%, 17,20 ml para S1 20% y 13,20 ml para S2 35%, del mismo modo la investigación arrojó un valor medio de volumen de líquido drenado



de 6,9 ml para S0 0%, 5,14 ml para S1 20% y 3,40 ml para S2 35% observándose diferencia notoria entre los valores evaluados, luego de realizar la prueba de normalidad para los grupos evaluados, se obtuvo valores p de 0.236, 0.021 y 0.006 respectivamente, en donde dos valores fueron menores que 0.05, por lo tanto los datos no cuentan con distribución normal, de la prueba Kruskal-Wallis se estableció también un p-valor de 0.002 y 0.001 para volumen de espuma volumen de líquido respectivamente, lo cual indica que si existen cambios significativos entre las diferentes sustituciones, se usó las comparaciones por parejas determinado que el tratamiento de mayor estabilidad espumante es S2 35%. Los resultados se ajustan a lo referido por (BARRIENTOS, 2011), quien explicó que el decaimiento o reducción del volumen de espuma puede verse afectado por la temperatura y la edad, debido a que, dependiendo del estilo, definitivamente se producirá la segunda fermentación en botella cambiando así la densidad y tensión superficial de la cerveza acorde envejece. De la misma manera (DE MESONES, 2005) afirma que la malta rica en proteínas contribuye a que el producto final sea una cerveza de espuma estable y con cuerpo, y lo más importante conserva su mismo carácter suave y cremoso a lo largo del tiempo. También (WALLIN, 2010) sugiere que los ingredientes altos en proteína optimaran la capacidad espumante al aumentar la viscosidad de la cerveza, ya que, al ser un líquido más pesado, discurre pausadamente en torno de las burbujas, favoreciendo su persistencia y evitando la fuga de CO<sub>2</sub>.

### 5.3.5 Discusión pH

Los resultados detallan un valor medio de pH de de 4.43 para S0 0%, 4.37 para S1 20% y 4.49 para S2 35%, los valores de la desviación estándar son bastante pequeños, cercanos al cero, indicando que los datos no están dispersos luego de realizar la prueba de normalidad para los grupos evaluados, se obtuvo valores p de 0.006, 0.094 y 0.453 para S0 0%, S1 20% y S2 35% es decir los datos no cuentan con distribución normal, se utilizó la prueba Kruskal-Wallis obteniendo un p-valor de 0.002, lo cual indica que, si existen cambios significativos entre las diferentes sustituciones o concentrados de malta de maíz, se usó las comparaciones por parejas observándose que la concentración que genera posee un mayor rango de pH, es el S2 35%. Los rangos de pH obtenidos coinciden con lo que (RODRÍGUEZ, 2003) describe, que las cervezas con una mayor proporción de malta y adjuntos cerveceros como granos y cereales malteados ostentan un mayor pH que aquellas cervezas que solo contienen malta. El nivel de pH final de la cerveza también está sujeto al nivel de pH inicial,



que es regularizado durante el proceso de maceración, este nivel está determinado por el tipo de agua y el tratamiento que se le da con sales de calcio o ácidos. Asimismo (SUAREZ, 2013) explica que para que el pH de la cerveza se encuentre dentro del rango óptimo (4.1 y 4.5), es necesario que los procedimientos previos se realicen adecuadamente, tomando en consideración que el agua que no sea demasiada alcalina o pesada, la regulación del pH durante el macerado de 5.5-5.9 para maximizar la efectividad de las enzimas y la regulación del pH del mosto que debe encontrarse entre 5.1 – 5.5 previamente a la fermentación. Adicionalmente (DE MESONES, 2005) afirma que la composición de sales en el agua afecta de manera indirecta su efecto en el pH de la cerveza y el mosto, y que un valor adecuado se ubica entre 5.0 y 6.0. En su estudio (MILLARAY, 2004) indica que un pH muy elevado es perjudicial para procesos vitales como la sacarificación, ya que provoca una menor eficacia de las enzimas, se genera menos azúcar, la proteína coagula menos y el amargor es más astringente (es decir, contiene polifenoles). Además, se pone arriesga la calidad microbiológica de la bebida. Asimismo, un pH muy bajo inhibe la actividad de enzimas, favoreciendo la presencia de bacterias lácticas.

#### **5.3.6 Discusión aceptabilidad**

Los resultados exhiben valores de aceptabilidad, indicando que le gusta a un 84.6% y es indiferente para un 15.4% la concentración con S0 0%, un 100% de aceptabilidad para S1 20%, para S2 35% los resultados indicaron que les disgusta a un 61.5% y a un 38.5% les es indiferente, prevaleciendo una diferencia notoria entre las sustituciones evaluadas, mediante el uso de la prueba Kruskal-Wallis se determinó un p-valor de 0.000, lo cual indica que, si existen cambios significativos entre las diferentes sustituciones o concentrados de malta de maíz, se usó las comparaciones por parejas observándose que la concentración que genera y posee un mayor rango de disgusto es el de S2 35%. La aceptación está relacionada con los resultados de (SANLATE, 2010) en su evaluación de la generalidad de la aceptación de cervezas de trigo estilo Weissbier, informó que existe una confirmación positiva alta entre el nivel de pH y la aceptabilidad general de la cerveza por los panelistas, lo que reveló, que mientras mayor sea el nivel de pH, mayor es la aceptación de los panelistas, resolviendo en su estudio que los panelistas optan por cervezas con un bajo nivel de acidez.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Con base en los objetivos y resultados alcanzados en la presente investigación, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- En cuanto al objetivo general de la investigación se obtuvo 15 litros de cerveza tipo ale sustituida parcialmente con malta de *Zea mays L.* a razón que la cantidad de sólidos solubles extraídos fueron los requeridos para alcanzar la fermentación. La formulación S1: 20% malta *Zea mays L.* y 80% malta de cebada (4 kg malta de cebada y 1 kg malta de *Zea mays L.*), dio como resultado una Cerveza organolépticamente aceptable cuyas características fisicoquímicas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el Requerimiento Fisicoquímico de la cerveza contemplada en la Norma Técnica Peruana 213.014.1973.
- Con respecto al objetivo específico 1 las densidades obtenidas luego del proceso de elaboración fueron de 1011.8; 1011; 1010.4 g/ml para (S0), (S1), (S2) respectivamente, estos valores indican que la totalidad de tratamientos estudiados presentaron densidades óptimas en cervecería, siendo las mismas, estadísticamente iguales. Referente al objetivo específico 2 el grado alcohólico fue la única variable que presentó una distribución normal, se empleó la estadística paramétrica, específicamente ANOVA de un factor y mediante comparaciones múltiples se determinó la mayor concentración de alcohol, siendo esta de 4.09 % v/v correspondiente al tratamiento S1, disminuyendo este porcentaje según se incrementa el % de sustitución de malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero. Concerniente a los objetivos específicos 3 y 4 capacidad y estabilidad espumante no presentaron distribución normal, mediante la prueba Kruskal-Wallis y de comparaciones múltiples se determinó que la muestra S2 35% de sustitución de malta de *Zea mays L.* presentó la mayor capacidad y estabilidad espumante. En cuanto al objetivo específico 5 los niveles de pH final obtenido fueron de 4.43; 4.37; 4.49 para las muestras (S0), (S1), (S2) encontrándose estos valores dentro del rango de niveles óptimos en cervecería. Referente al objetivo específico 6 el mejor porcentaje de aceptación general y con una graduación alcohólica de 4.09% la obtuvo el tratamiento S1 con sustitución parcial del 20% de malta *Zea mays L.* como adjunto cervecero. Confirmándose la existencia de efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad, en la cerveza artesanal tipo ale elaborada con sustitución de malta *Zea mays L.* como adjunto cervecero.



## 6.2 Recomendaciones

- Establecer una prueba sensorial concreta para la cerveza, con un staff de maestros cerveceros.
- Realizar el estudio de vida útil para establecer la duración mínima asignada a la cerveza y la seguridad de su consumo.
- Realizar el proceso de carbonatación forzada con inyección de CO<sub>2</sub> para conseguir y/o optimizar las características espumantes y sensoriales de la cerveza.
- Evaluar porcentajes de humedad en la etapa de remojo en el proceso de elaboración de malta de *Zea mays L.*
- Evaluar el impacto de reemplazar la malta de *Zea mays L.* como adjunto cervecero en la turbidez de la cerveza.
- Evaluar el poder diastático de la malta de *Zea mays L.*, variedad “Morado Canteño”, en unidades °Litner o °Wk (Windisch-Kolbach).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAMA ACEVEDO, E., ASTRID OTTENHOF, M., M. FARHAT, I., PAREDES LÓPEZ, O., ORTÍZ CERECERES, J. y BELLO PÉREZ, L.A., 2004. Efecto de la nixtamalización sobre las características moleculares del almidón de variedades pigmentadas de maíz. *INCI* [en línea], vol. 29, no. 11, pp. 643–649. Disponible en:

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442004001100009](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004001100009)

ANZALDÚA, A., 2005. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*

ACRIBIA S. Zaragoza - España: s.n. ISBN 978-84-200-0767-0

ARROYO LLUEN, J.M., 2019. *Diseño de un proceso de producción de cerveza artesanal de maracuyá (Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas)* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD DE PIURA. Disponible en:

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4098/ING\\_630.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4098/ING_630.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

BAMEULE, I.T., GRANDINETTI, M.M., LOPEZ CAMELO, V. y MARANI, A.J., 2017. “*El mercado de cerveza artesanal en Argentina*” [en línea]. S.l.: Universidad Argentina de la Empresa. Disponible en:

[https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/7708/TEESIS\\_17-07\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/7708/TEESIS_17-07_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

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

CABALLERO BENAVENTE, J.N., 2019. “*Análisis del Comportamiento del Consumidor de Cerveza Artesanal , en el Cercado de Arequipa , 2019* ” (Tesis para optar el grado academico de bachiller en administracion) [en línea]. S.l.: Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en:

[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2831/Jennifer\\_Caballero\\_Trabajo\\_de\\_Investigacion\\_Bachiller\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2831/Jennifer_Caballero_Trabajo_de_Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



- CARVAJAL, L.D. y INSUASTI, M.A., 2010. “*Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot Esculenta Crantz*)*” ( *Tesis previa a la obtención del Título Profesional*) [en línea]. S.l.: Universidad Tecnica del Norte. Disponible en: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/558/1/03\\_AGI\\_256\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/558/1/03_AGI_256_TESIS.pdf)
- CASTAÑEDA CASATAÑEDA, B., LUCY, A.I. y MANRIQUE MEJÍA, R., 2005. *Estudio Fitoquímico Farmacológico Zea mays L. Amilaceae st (maíz morado)* [en línea]. 2005. S.l.: s.n. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/far696d/sources/far696d.pdf>
- CASTORENA, J., JUÁREZ, V., CANO, M., SANTIAGO, V. y LÓPEZ, A., 2020. Caracterización físico-química de cerveza artesanal con adjunto de maíz azul y derivados de caña de azúcar. *ConCiencia Tecnológica*, no. 60, pp. 1. ISSN 1405-5597
- CHOQUE, E., 2012. Factibilidad económica de la producción de cerveza artesanal en la provincia bustillo, potosí, bolivia
- CONTRERAS, C. y ORTEGA, I., 2005. *Bebidas y Regiones*. Mexico D, F: s.n
- CRUZ, E. y MEYER, L., 2019. Evaluación de la reutilización de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* para la implementación en un segundo proceso fermentativo de la cerveza tipo Pale Ale Belga producida en la cervecería Moonshine. *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA*, vol. 126, no. 1, pp. 1–7
- DE LAMA, M., 2019. *Análisis de beneficios valorados en cervezas artesanales en Lima moderna* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/625898>
- ECHIA MORALES, D.B., 2018. *Elaboración De Cerveza Utilizando Una Mezcla De Malta De Cebada Y Papa Nativa Amarilla “tumbay” (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y Agronegocios)* [en línea]. S.l.: Universidad San Ignacio de Loyola. Disponible en: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3098/1/2018\\_Echia-Morales.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3098/1/2018_Echia-Morales.pdf)
- FERNÁNDEZ, C., YÁÑEZ, D., SANTANDER, P., CEA, J. y MERY, R., 2017. Comportamiento Del Consumidor En El Campo De La Cerveza Aretesanal. *Revista Globla de*





*Negocios*, vol. 5, no. 1, pp. 1–15

GALECIO, G. y HARO, C., 2012. *Bebidas fermentadas en base a “Maiz negro” Zea Mays L. Poaceae; con el ecotipo “Racimo de Uva” y la variedad “Mishca” de la serranía ecuatoriana.* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3865/1/UPS-QT03423.pdf>

GASTELLO, A., MERINO, M., MEZA, R. y RAMIREZ, J., 2017. *El consumo de cerveza artesanal peruana en la población económicamente activa entre los 25 a 44 años de edad de los niveles socioeconómicos A y B que residen en Lima Moderna* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/621963>

GARCÍA GARIBAY, M., QUINTERO RAMÍREZ, R. y LÓPEZ - MUNGUÍA CANALES, A., 2004. *Biología Alimentaria-Libro.pdf* [en línea]. Editorial. Mexico D, F: s.n. Disponible en: [http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/Biología\\_Alimentaria-Libro.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/Biología_Alimentaria-Libro.pdf)

GOMEZ, H. y VASQUEZ, D., 2019. “Propuesta de mejora del proceso de elaboración de la cerveza artesanal y su impacto en los indicadores de calidad”

GORDILLO, S., 2019. *Propuesta de mejora de microcervecería mediante la implantación de un sistema de inocuidad alimentaria basado en la norma ISO 22000 e innovación en el desarrollo de cerveza artesanal ( Tesis para optar Título Profesional)* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA. Disponible en: [http://dehesa.unex.es/bitstream/10662/10309/1/TFGUEX\\_2019\\_Perez\\_Gordillo.pdf](http://dehesa.unex.es/bitstream/10662/10309/1/TFGUEX_2019_Perez_Gordillo.pdf)

GUILLÉN SÁNCHEZ, J., MORI ARISMENDI, S. y PAUCAR MENACHO, L.M., 2014. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, vol. 5, pp. 211–217. ISSN 20779917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2014.04.05

HAN, K.H., SEKIKAWA, M., SHIMADA, K. ichiro, HASHIMOTO, M., HASHIMOTO, N., NODA, T., TANAKA, H. y FUKUSHIMA, M., 2006. Anthocyanin-rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats. *British Journal of*



*Nutrition*, vol. 96, no. 6, pp. 1125–1133. ISSN 00071145. DOI 10.1017/BJN20061928

HARAKOTR, B., SURIHARN, B., TANGWONGCHAI, R., SCOTT, M.P. y LERTRAT, K., 2014. Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking. *Food Chemistry*, vol. 164, pp. 510–517. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.05.069

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2014. *Metodología de la Investigación*. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960

HOUGH, J, S., 2012. *Biotechnology of malting and brewing*. 2012. S.l.: s.n

INCA, P., 2013. No Title. *onozca más sobre el Maíz Morado Beneficios y composición que cuidan la salud* [en línea]. Disponible en:  
<http://www.productoresmaizmorado.com/maizmorado.html>

LEÓN, J., 2019. “Evaluación de la concentración de lúpulo y miel de abeja en la elaboración de cerveza artesanal a base de malta de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*)” [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI. Disponible en: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/879/1/011> Evaluación de la concentración de lúpulo y miel de abeja en la elaboración de cerveza artesanal.pdf

LOVISO, C.L. y LIBKIND, D., 2018. Synthesis and regulation of flavor compounds derived from brewing yeast: Esters. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea], vol. 50, no. 4, pp. 11. ISSN 03257541. DOI 10.1016/j.ram.2017.11.006. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.11.006>

MANRIQUE, A., 2000. *Maíz Morado Peruano*. INIA. LIMA - PERÚ: s.n

MARCELLA, R. y BAXTER, G., 1999. The information needs and the information seeking behaviour of a national sample of the population in the United Kingdom, with special reference to needs related to citizenship. *Journal of Documentation*, vol. 55, no. 2, pp. 159–183. ISSN 00220418. DOI 10.1108/EUM0000000007142



MOLINA, J.L., 2007. LA CEBADA CERVECERA (calidad, cultivo y nociones sobre fabricación de malta y cerveza). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* [en línea], vol. 19–20, no. 87, pp. 40. Disponible en: [bit.ly/3qhNJdZ](http://bit.ly/3qhNJdZ)

MORALES, M., 2018. Reacciones químicas en la cerveza. *Revista de Química*, vol. 32, no. 1, pp. 1–9

MORENO, Y.S., SALINAS, C.G., ESTRADA, B.C. y VIDAL MARTÍNEZ, V.A., 2013 Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 36, no. SUPPL.3, pp. 285–294. ISSN 01877380. DOI 10.35196/rfm.2013.3-s3-a.285

MRAD, R., DEBS, E., SALIBA, R., MAROUN, R. y LOUKA, N., 2014. Optimización múltiple de las propiedades químicas y texturales del maíz morado expandido tostado utilizando la metodología de superficie de respuesta. *revista de ciencia de los cereales*, vol. 60, no. 2, pp. 397–405

NIEVAS, W., VILLARREAL, P., ROSATI, A., RODRÍGUEZ, A. y LAGO, J., 2021. El cultivo del lúpulo Aspectos agroambientales y económicos para el Alto Valle del río Negro

NTN, 2007. Norma tecnica obligatoria nicaragüense. [en línea], pp. 1–10. Disponible en: <https://martinurbinac.files.wordpress.com/2011/07/nton-haccp-diretrices.pdf>

ODDONE, S., 2021. Uso de Adjuntos Cerveceros. [en línea]. [Consulta: 12 febrero 2023]. Disponible en: <https://capacitacioneselmolino.com/wp-content/uploads/2021/02/Uso-de-Adjuntos-Cerveceros.pdf>

PÉREZ, C. y BOAN, M., 2008. Evaluación Sensorial de Cerveza. *B.A. Malt S.A* [en línea], pp. 1–24. Disponible en: [http://somoscerveceros.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/3\\_evaluacion\\_sensorial\\_santafe2008.pdf](http://somoscerveceros.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/3_evaluacion_sensorial_santafe2008.pdf)  
[http://www.somoscerveceros.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/3\\_evaluacion\\_sensorial\\_santafe2008.pdf](http://www.somoscerveceros.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/3_evaluacion_sensorial_santafe2008.pdf)

QUINTANA, A. y MONTGOMERY, W., 2006. Metodología de Investigación Científica Cualitativa



QUISPE, C., 2017. De la biodiversidad del maíz amiláceo: EL MORADITO saludable a antioxidante natural. *Minagri* [en línea], pp. 1–8. Disponible en:

[http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia\\_plantas/f01-cultivo/maiz\\_morado.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/maiz_morado.pdf)

REYNA, I., 2016. Maíz morado. *Comisión Nacional contra la Biopiratería* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 12. Disponible en:

<https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/369580/Boletín+Nº+2++Tema+MAÍZ+MORADO/26d8fe5c-e027-42d6-8a30-c4fb4b441782>

RISCO MENDOZA, M., 2007. Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. *Solid Perú* [en línea], pp. 89. Disponible en:

<https://pdfslide.net/documents/conociendo-la-cadena-productiva-del-maiz-morado-en-ayacucho.html>

ROBIN, C.F., MARTÍNEZ, D.Y., ASTORGA, P.S. y VALENCIA, J.C., 2017.

Comportamiento Del Consumidor En El Campo De La Cerveza Artesanal. *Revista Global de Negocios*, vol. 5, no. 1, pp. 1–15

RODRIGUEZ, H., 2003. *Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Héctor Alejandro Rodríguez Cárdenas* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/far696d/sources/far696d.pdf>

ROMERO, C. V, BENÍTEZ, E.I., PERUCHENA, N.M., SOSA, G.L. y LOZANO, J.E., 2017.

¿A Que Se Debe La Formación Y Estabilidad De La Espuma En La Cerveza? Estudio En Cervezas Regionales Del Nordeste Argentino. [en línea], no. 4. Disponible en:

<http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/05/formacion-y-estabilidad-de-espumas.pdf>

RONCEROS, G., RAMOS, W., ARROYO, J., GALARZA, C., GUTIÉRREZ, E.L., ORTEGA-LOAYZA, A.G., LA ROSA, C., CUCHO, C. y PALMA, L., 2012. Estudio comparativo del maíz morado (*Zea mays* L.) y simvastatina en la reducción de lípidos séricos de pacientes



diabéticos normotensos con dislipidemia. *Anales de la Facultad de Medicina*, vol. 73, no. 2, pp. 113. ISSN 1025-5583. DOI 10.15381/anales.v73i2.859

SÁNCHEZ, H., REYES, C. y MEJÍA, K., 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786124735141. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1480/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SING DE UGAZ, O.L., 1997. *Colorantes naturales*. LIMA - PERÚ: s.n

SILVA, S., OLIVEIRA, A., CRUZ, A., OLIVEIRA, R., ALMEIDA, R. y PINHO, C., 2022. Portuguese Craft Beers and Raw Materials. [en línea], pp. 1–15. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules27228007>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/22/8007>

TERRANOVA EDITORES, 2001. *Enciclopedia agropecuaria*. 2a. Bogota - Colombia: s.n

UREÑA, M., D'ARRIGO, M. y GIRÓN, M., 1999. *Evaluación sensorial de los alimentos*. LIMA - PERÚ: s.n

VALERA, J., 2011. *Alimentacion medicinal 2*. LIMA - PERÚ: s.n

VILLAS, J. y NOGUEIRA, J., 2020. Requisitos de producto para um projeto de cerveja artesanal. *Innovar* [en línea], vol. 30, no. 77, pp. 14. ISSN 0121-5051. DOI 10.15446/innovar.v30n77.87428. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v30n77/0121-5051-inno-30-77-39.pdf>



# ANEXOS



ANEXO 1  
PANEL FOTOGRAFICO DE MUESTRAS Y PROCESO



Figura 15 — Pesado de muestra para determinación de humedad



Figura 16 — Muestras de malta de maíz morado (*Zea mays L.*)



**Figura 17** — Muestras de malta de cebada (*Hordeum vulgare*)



**Figura 18** — Extracción de harina de malta de maíz morado y malta de cebada





**Figura 19 — Acondicionamiento del agua para el proceso de macerado**



**Figura 20 — Proceso de Macerado de malta de cebada y maíz morado**



**Figura 21 — Proceso de recirculado o lavado de grano**



**Figura 22 — Medición de la Temperatura y densidad del mosto**



**Figura 23 — Proceso de cocción y adición de lúpulo**



**Figura 24— Proceso de enfriamiento y fermentación**



**Figura 25—** Proceso de clarificado y medición de pH final



**Figura 26—** Equipos utilizados en el proceso de elaboración



**Figura 27— Obtención del producto final**

## ANEXO 2 ANALISIS SENSORIAL

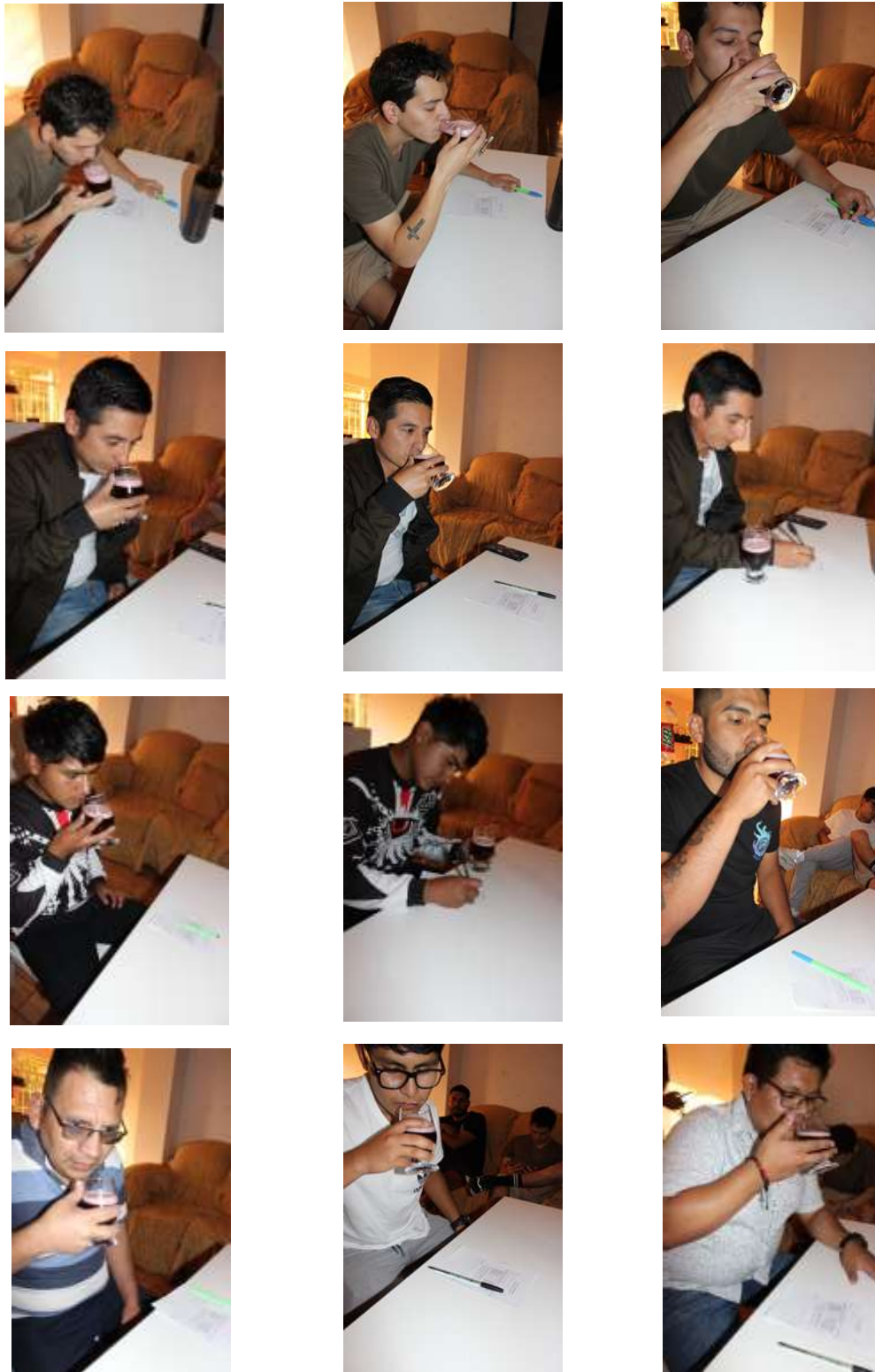


Figura 28— Evaluación sensorial de cerveza artesanal elaborada con malta de *Zea mays* L. como adjunto cervecero

CARTILLA DE EVALUACION SENSORIAL

Escala hedónica – escala estructural

Fecha:

.....

Nombre:

.....

Evalué en la muestra los 5 atributos para describir su nivel de grado usando la escala presente, enjuague la boca, luego pase a la siguiente muestra.

Puntuación		Aroma	Amargor
1	Me gusta mucho	Florales	Insignificante
2	Me gusta	Frutales	Bajo
3	Me es indiferente	A madera	Moderado
4	Me disgusta	A tostado	Fuerte
5	Me disgusta mucho	Sin aroma	Muy fuerte



Nº Muestra	Color	Olor	Permanencia de Espuma	Aroma	Amargor



COMENTARIOS:

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

GRACIAS

Figura 7 — Cartilla de evaluación sensorial / aceptabilidad de cerveza artesanal



**ANEXO 3  
RESULTADOS**

**Tabla 13 — Estadísticos descriptivos para densidad**

g_ml		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
S0 0%	Densidad	5	1011,00	1012,00	1011,8000	,44721
	N válido (por lista)	5				
S1 20%	Densidad	5	1010,00	1012,00	1011,0000	,70711
	N válido (por lista)	5				
S2 35%	Densidad	5	1009,00	1012,00	1010,4000	1,14018
	N válido (por lista)	5				

**Tabla 14 — Prueba de normalidad para densidad**

g_ml		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Densidad	S0 0%	,473	5	,001	,552	5	,000
	S1 20%	,300	5	,161	,883	5	,325
	S2 35%	,237	5	,200*	,961	5	,814

**Tabla 15 — Prueba de homogeneidad de varianza para densidad**

		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
Densidad	Se basa en la media	1,955	2	12	,184
	Se basa en la mediana	1,167	2	12	,344
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,167	2	9,290	,353
	Se basa en la media recortada	1,970	2	12	,182

**Tabla 17 — Estadísticos descriptivos para grado alcohólico**

g_ml		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
S0 0%	Grado alcohólico	5	5,03	5,15	5,1165	,05362
	N válido (por lista)	5				
S1 20%	Grado alcohólico	5	3,99	4,12	4,0859	,05343
	N válido (por lista)	5				
S2 35%	Grado_alcohólico	5	3,48	3,74	3,6039	,09159
	N válido (por lista)	5				

**Tabla 18 — Prueba de normalidad para grado alcohólico**

g_ml	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Grado_alcohólico S0 0%	,268	5	,200*	,799	5	,080
S1 20%	,294	5	,182	,790	5	,067
S2 35%	,281	5	,200*	,927	5	,575



**Tabla 19 — Prueba de homogeneidad de varianza para grado alcohólico**

		Estadístico de Levene			
			gl1	gl2	Sig.
Grado_alcohólico	Se basa en la media	,277	2	12	,763
	Se basa en la mediana	,293	2	12	,751
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,293	2	9,827	,752
	Se basa en la media recortada	,292	2	12	,752

**Tabla 20 — ANOVA de un solo factor para grado alcohólico**

Grado_alcohólico					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5,970	2	2,985	634,290	,000
Dentro de grupos	,056	12	,005		
Total	6,027	14			

**Tabla 21 — Prueba Tukey comparaciones múltiples para grado alcohólico**

Variable dependiente: Grado_alcohólico						
HSD Tukey						
(I) Niveles sustitución	(J) Niveles sustitución	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
S0 0%	S1 20%	1,03058*	,04339	,000	,9148	1,1463
	S2 35%	1,51252*	,04339	,000	1,3968	1,6283
S1 20%	S0 0%	-1,03058*	,04339	,000	-1,1463	-,9148
	S2 35%	,48194*	,04339	,000	,3662	,5977
S2 35%	S0 0%	-1,51252*	,04339	,000	-1,6283	-1,3968
	S1 20%	-,48194*	,04339	,000	-,5977	-,3662



**Tabla 22 — Sub conjuntos homogéneos para grado alcohólico**

Grado_alcohólico		Subconjunto para alfa = 0.05		
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Niveles sustitución	N	1	2	3
S2 35%	5	3,6039		
S1 20%	5		4,0859	
S0 0%	5			5,1165
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tabla 23 — Estadísticos descriptivos para capacidad espumante**

Niveles sustitución	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
S0 0% Capacidad espumante	5	35,00	45,00	41,1000	4,58803
N válido (por lista)	5				
S1 20% Capacidad espumante	5	45,00	50,00	48,0000	2,73861
N válido (por lista)	5				
S2 35% Capacidad espumante	5	50,00	55,00	53,0000	2,73861
N válido (por lista)	5				

**Tabla 24 — Prueba de normalidad para capacidad espumante**

Niveles_sustitucion	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad espumante S0 0%	,261	5	,200*	,849	5	,192
S1 20%	,367	5	,026	,684	5	,006
S2 35%	,367	5	,026	,684	5	,006

**Tabla 25 — Prueba de homogeneidad de varianza para capacidad espumante**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Capacidad espumante	Se basa en la media	3,867	2	12	,051
	Se basa en la mediana	,446	2	12	,651
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,446	2	11,722	,651
	Se basa en la media recortada	3,332	2	12	,071

**Tabla 27 — Comparaciones por parejas de niveles sustitución para capacidad espumante**

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico		Sig. ajustada <sup>a</sup>
			de prueba	Sig.	
S0 0%-S1 20%	-4,800	2,741	-1,751	,080	,240
S0 0%-S2 35%	-9,000	2,741	-3,283	,001	,003
S1 20%-S2 35%	-4,200	2,741	-1,532	,125	,376

**Tabla 28 — Estadísticos descriptivos para estabilidad de espuma en función a la disminución del volumen de espuma**

Niveles sustitución		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
S0 0%	Estabilidad_espumante_espuma	5	25,00	30,00	28,2000	2,04939
	N válido (por lista)	5				
S1 20%	Estabilidad_espumante_espuma	5	15,00	18,00	17,2000	1,30384
	N válido (por lista)	5				
S2 35%	Estabilidad_espumante_espuma	5	12,00	15,00	13,2000	1,64317
	N válido (por lista)	5				

**Tabla 29 — Prueba de normalidad para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma**

	Niveles_ sustitución	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		Shapiro-Wilk	
		Estadístico	g Sig.	Estadístico	g Sig.
Estabilidad_espumante_espuma	S0 0%	,261	5 ,200*	,862	5 ,236
	S1 20%	,330	5 ,079	,735	5 ,021
	S2 35%	,367	5 ,026	,684	5 ,006



**Tabla 30 — Prueba de homogeneidad de varianza para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma**

		Estadístico de Levene			
		de Levene	gl1	gl2	Sig.
Estabilidad_ espumante_ espuma	Se basa en la media	,509	2	12	,614
	Se basa en la mediana	,226	2	12	,801
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,226	2	11,458	,801
	Se basa en la media recortada	,548	2	12	,592

**Tabla 31 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para estabilidad espumante en función a la disminución del volumen de espuma**

N total	15
Estadístico de prueba	12,328 <sup>a</sup>
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,002

**Tabla 33 — Estadísticos descriptivos para estabilidad espumante en función al liquido drenado**

Niveles sustitución		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
S0	Estabilidad_ espumante_liquido	5	6,50	7,00	6,9000	,22361
0%	N válido (por lista)	5				
S1	Estabilidad_ espumante_liquido	5	5,00	5,50	5,1400	,20736
20%	N válido (por lista)	5				
S2	Estabilidad_ espumante_liquido	5	3,00	3,50	3,4000	,22361
35%	N válido (por lista)	5				

**Tabla 34 — Prueba de normalidad para estabilidad espumante en función al liquido drenado**

	Niveles sustitución	Kolmogorov- Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad_espumante_liquido	S0 0%	,473	5	,001	,552	5	,000
	S1 20%	,376	5	,020	,739	5	,023
	S2 35%	,473	5	,001	,552	5	,000

**Tabla 35 — Prueba de homogeneidad de varianza para estabilidad espumante en función al liquido drenado**

		Estadístico de Levene			
		gl1	gl2	Sig.	
Estabilidad_espumante_liquido	Se basa en la media	,024	2	12	,976
	Se basa en la mediana	,016	2	12	,984
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,016	2	11,261	,984
	Se basa en la media recortada	,014	2	12	,986

**Tabla 36 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para estabilidad espumante en función al liquido drenado**

N total	15
Estadístico de prueba	13,011 <sup>a</sup>
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,001

**Tabla 39 — Prueba de normalidad para pH final**

	Niveles_sustitucion	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ph	S0 0%	,367	5	,026	,684	5	,006
	S1 20%	,355	5	,038	,808	5	,094
	S2 35%	,300	5	,161	,908	5	,453

**Tabla 38 — Estadísticos descriptivos para pH final**

Niveles sustitución	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
S0 0% pH	5	4,42	4,44	4,4320	,01095
N válido (por lista)	5				
S1 20% pH	5	4,30	4,41	4,3740	,04336
N válido (por lista)	5				
S2 35% pH	5	4,47	4,52	4,4900	,01871
N válido (por lista)	5				

**Tabla 40 — Prueba de homogeneidad de varianza para pH final**

		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
pH	Se basa en la media	1,864	2	12	,197
	Se basa en la mediana	,978	2	12	,404
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,978	2	6,206	,427
	Se basa en la media recortada	1,475	2	12	,268

**Tabla 41 — Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para pH final**

N total	15
Estadístico de prueba	12,658 <sup>a</sup>
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,002

**Tabla 44— Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para aceptabilidad**

N total	39
Estadístico de prueba	32,079 <sup>a</sup>
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000