

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**

**(Creada por Ley N° 25265)**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA**

**AGROINDUSTRIAL**

**TESIS**



“Optimización de cerveza artesanal de malta  
centenario cultivadas en Huancavelica”

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Johan Franz LOZANO BONIFACIO

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**HUANCAVELICA, PERÚ**

**2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por la Ley 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la ciudad Universitaria de Común Era de la Facultad de Ciencias Agrarias; se llevó a cabo la sustentación, mediante Google Meet. El viernes 22 de julio del 2022 a horas 11:00 am, donde se reunieron; el jurador calificador, conformado de la siguiente manera:

**PRESIDENTE** : Dr. CHUQUILIN GOICOCHEA, Roberto Carlos

<https://orcid.org/0000-0002-8751-691X>

DNI N°: 42154955

**SECRETARIO** : Dr. RUIZ RODRIGUEZ, Alfonso

<https://orcid.org/0000-0002-0852-5878>

DNI N°: 23641445

**VOCAL** : Mg. VALDERRAMA PACHO, Virgilio

<https://orcid.org/0000-0002-8948-0383>

DNI N°: 01263155

Con la finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis virtual cuyo enlace: [meet.google.com/muj-zgyv-axq](https://meet.google.com/muj-zgyv-axq), titulado “OPTIMIZACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL DE MALTA CENTENARIO CULTIVADAS EN HUANCVELICA”, aprobada mediante Resolución N° 144-2022-D-FCA-UNH; donde fija la hora y fecha para el mencionado acto.

**Sustentante:**

Bach. LOZANO BONIFACIO, Johan Franz

DNI N°: 40208072

Luego de haber absuelto las preguntas que le fueron formuladas por los miembros del jurado, se procede a la deliberación con el resultado:

APROBADO  DESAPROBADO  POR: MAYORÍA

Para constancia se expide la presente Acta, en la ciudad de Huancavelica a los 22 días del mes de julio del 2022.

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

## **Título**

“Optimización de cerveza artesanal de malta centenario cultivadas en  
Huancavelica”

**Autor**

Bach. Johan Franz LOZANO BONIFACIO

**Asesor**

Dr. David RUIZ VILCHEZ

<http://orcid.org/0000-0001-8871-5833>

*DNI N°: 20033973*

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi agradecimiento, admiración y respeto a las personas que me apoyaron para la realización de este proyecto de investigación.

- A mi alma mater la UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA por darme la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables y antes de todo esto ni pensaba que fuera posible que algún día si quiera me topara con una de ellas.
- Agradezco mucho por el apoyo a mis formadores, al Dr. David Ruíz Vílchez y al Dr. Roberto Carlos Chuquilin Goicochea, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

## Tabla de Contenidos

Título .....	iii
Autor .....	iv
Asesor.....	v
Agradecimiento .....	vi
Tabla de Contenidos.....	vii
Tabla de contenidos: Tablas.....	ix
Resumen.....	x
Abstract .....	xi
Introducción .....	xii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>14</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>14</b>
1.1. Descripción del problema .....	14
1.2. Formulación del problema .....	15
1.3. Objetivos .....	15
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos.....	15
1.4. Justificación .....	15
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>17</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1. Antecedentes .....	17
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación .....	19
2.2.1. Variedad de cebada: Centenario .....	19
2.2.2. Definición de cerveza.....	20
2.2.3. Cerveza artesanal.....	20

2.2.4. La tecnología de ultrasonido para mejora de extracción.....	21
2.3. Hipótesis .....	22
2.4. Operacionalización de variables .....	22
CAPÍTULO III.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
3.1. Ámbito temporal y espacial .....	23
3.2. Tipo de Investigación.....	23
3.3. Nivel de Investigación .....	23
3.4. Población, muestra y muestreo .....	23
3.4.1. Población.....	23
3.4.2. Muestra.....	23
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
3.5.1. Diseño de Investigación.....	23
3.5.2. Método de investigación.....	23
3.5.3. Esquema experimental.....	24
3.5.4. Determinación del contenido alcohólico.....	24
3.5.5. Determinación de sólidos solubles.....	25
3.5.6. Determinación del pH.....	25
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	25
CAPÍTULO IV.....	26
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	26
Conclusiones .....	31
Recomendaciones.....	32
Referencia bibliográfica .....	33
Apéndice .....	36

## **Tabla de contenidos de Tablas**

Tabla 1 Diferencia en la cerveza Industrial y Artesanal .....	20
Tabla 2 Definicion Operativa e Indicadores .....	22
Tabla 3 Analisis de varianza del modelo cuadratico para contenido alcoholico .....	27
Tabla 4 Analisis de varianza del modelo cuadratico para solidos solubles .....	28
Tabla 5 Analisis de varianza del modelo cuadratico para pH.....	30

## **Tabla de contenidos de Figuras**

Figura 1 Esquema experimental.....	24
Figura 2 Optimizador de respuestas.....	29

## **Resumen**

El objetivo de este estudio fue investigar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en determinadas propiedades fisicoquímicas. Una cerveza artesanal tipo ale obtenida de malta de Cebada centenario se trató mediante ultrasonido (frecuencia de 40 kHz) durante 3,96 a 11,03 min y de 30,85 a 59,14 °C, respectivamente. Los principales atributos de calidad de la cerveza, como el contenido de etanol, sólidos solubles y el pH, apenas se vieron afectados por las variables de estudio. Por tanto, a pesar de no hallarse efectos significativos, estos resultados obtenidos pueden servir como referencia de una extracción mayor asistida por ultrasonido para el procesado de la cerveza.

**Palabras clave:** termosonicación, cerveza, alcohol, atributos de calidad.

## **Abstract**

The objective of this study was to investigate the effect of ultrasonication time and temperature on certain physicochemical properties. An ale-type craft beer obtained from malt Centenario was treated by ultrasound (40 kHz frequency) for 3.96 to 11.03 min and from 30.85 to 59.14 °C, respectively. The main beer quality attributes, such as ethanol content, soluble solids, and pH, were hardly affected by the study variables. Therefore, despite not finding significant effects, these results obtained can serve as a reference for a greater extraction assisted by ultrasound for the processing of beer.

**Keywords:** thermosonication, beer, alcohol, quality attributes.

## Introducción

La cerveza es una de las bebidas más populares del mundo (Salanță *et al.*, 2020; Van Doorn *et al.*, 2019), sin embargo, hasta hace poco tiempo ha sido poco estudiada. Las tendencias actuales sugieren que los patrones de consumo de cerveza están cambiando, en parte debido a un aumento en la demanda de bebidas alcohólicas reducidas, incluida la cerveza sin alcohol (Betancur *et al.*, 2020).

Aunque la cerveza industrial alberga más tradición que la artesanal, la producción de cerveza artesanal pasó de un hobby a convertirse en un potencial económico y distintivo. Hoy en día, muchos emprendimientos de cerveza artesanal han fomentado este turismo a través de las cervecerías, caracterizándose por ser de pequeña escala con alto componente de innovación (Calvillo, 2017).

Acerca del tamaño del mercado de la cerveza artesanal a nivel mundial, “Grand View Research Inc. (2017) considera que, para antes de 2025, tendrá un valor de \$502.9 mil millones de dólares a una tasa de crecimiento anual de 19.9%, en gran medida por la creciente demanda de esta bebida” (Calvillo, 2017).

Para la elaboración de cerveza artesanal, se requiere de malta de excelente calidad, la malta cervecera es un bien intermedio, que se utiliza como insumo principal para la elaboración de cervezas, el bien final (Colomer Gilbert *et al.*, 2020). De enero a julio del 2021, el Perú importó un total de 25 583 986 kilos de malta, insumo básico para la cerveza, con crecimiento promedio anual de 29% (Koo, 2021). Aprovechando esta coyuntura y demanda sostenida de cerveza, se puede aprovechar algunas variedades de cebada que se producen en Perú y han demostrado ser una buena materia prima para cervecería, como la variedad Centenario. En la campaña agrícola 2019-20 de cebada, Huancavelica ha producido 14,6 mil ha (10,7 % de la producción nacional) (ENIS, 2019). Las variedades Centenario y UNA-80 son muy cultivadas en Huancavelica. En el Perú han aumentado los lugares de producción y comercialización de cervezas artesanales, cuyo crecimiento es significativo anualmente, ocupando lugar en el mercado por el uso de ingredientes originales y equipos indispensables para producir una cerveza de excelente calidad; brindándole al consumidor la oportunidad de escoger entre cientos de sabores en el festival anual de cerveza artesanal “Lima

Beer Week” (Colomer Gilbert *et al.*, 2020). Se puede deducir que la producción de malta estaría asegurada para colocarla en el mercado peruano.

Sin embargo, se puede mejorar la extracción con métodos emergentes como es la aplicación de ultrasonido, lo que permite mayor rendimiento de extracto de malta y por lo tanto mayor cantidad de alcohol en el producto final.

El ultrasonido es un método "verde e innovadora" en el procesamiento, pasteurización y extracción de productos agroindustriales, pues minimiza el gasto de agua, elimina el postratamiento de aguas residuales y tiene consumo energético bajo y renovable (Chemat *et al.*, 2017, 2020). En este método, la energía se transfiere al fluido mediante la propagación de ondas de ultrasonido en el rango de frecuencia de 20 a 100 kHz durante un tiempo que va de segundos a varios minutos (Chemat *et al.*, 2017). Se generan así zonas alternas de compresión y rarefacción, lo que conduce al colapso de las microburbujas provocando cavitación. El creciente interés en el ultrasonido se basa a sus efectos prometedores en cervecería, como un mayor rendimiento del producto, tiempos de procesamiento más cortos, costos de operación y mantenimiento reducidos, mejor sabor, sabor y color, y la reducción de patógenos a temperaturas más bajas (Chemat *et al.*, 2017; Chemat & Khan, 2011; Knorr *et al.*, 2004). A nivel de laboratorio se mejoró el rendimiento de la cerveza al inicio de la maceración, o durante la fermentación se aceleró el proceso en un 36 – 50 % y para clarificar la cerveza antes de embotellarla (Chemat & Khan, 2011; Knorr *et al.*, 2004). En hidratación de granos como el sorgo, los fenómenos de transferencia de masa usando ultrasonido se mejoran cuando se forma un número razonable de cavidades y/o cuando existen conexiones entre éstas y el medio externo, formando canales, con base en estos resultados, se puede obtener un mejor procesamiento usando tecnología de ultrasonido (Miano *et al.*, 2016).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal optimizar el nivel de alcohol final de una cerveza artesanal usando cebada Centenario usando la ultrasonicación.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

La cerveza es la bebida alcohólica más antigua del mundo, además es la tercera bebida popular, después del agua, en cuanto a las levaduras utilizadas y la temperatura de fermentación la cerveza se divide en dos: Lager y Ale (Deng et al., 2018), la cerveza es obtenida por la fermentación de granos malteados, la levadura crea compuestos en el sabor de la cerveza lo cual es beneficioso así como alcoholes superiores, ácidos orgánicos y esteroides, además establecen sabores indeseables como el diacetilo y otros carboxilos y compuestos de azufre (Milani & Silva, 2017).

La tecnología de ultrasonidos ha revolucionado la industria de procesamiento de alimentos con su amplia aplicación en diversos procesos, sirviendo como una alternativa sustentable y de bajo costo. Esta tecnología no destructiva ofrece varias ventajas tales como procesos rápidos, eficiencia mejorada del proceso, eliminación de pasos del proceso, producto de mejor calidad y retención de las características del producto (textura, valor nutricional, propiedades organolépticas), vida útil mejorada (Bhargava *et al.*, 2021).

La aplicación de la tecnología de ultrasonidos en la década pasada empezó a ser usada en varias industrias, y en la que interesa, es decir cervecería, se ha empleado con diferentes objetivos, por citar: esta técnica se puede utilizar para desgasificar bebidas carbonatadas como la cerveza (desfobbing) antes del embotellado, para desplazar el aire de la superficie del líquido para evitar daños organolépticos del producto por bacterias y oxígeno, la aplicación de ultrasonidos de intensidad relativamente baja durante la fermentación de saké, cerveza y vino resultó en una reducción del tiempo requerido en un 36-50% (Chemat & Khan, 2011), termosonicación para mejora de las características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza (Milani & Silva, 2017), entre otras aplicaciones que se citan en el marco teórico.

Uno de los factores que afectan la calidad de la cerveza es el rendimiento de extracción de la malta, y es por ello, que se ha pensado mejorar la extracción de sólidos solubles en la malta de la variedad Centenario, asistiendo con ultrasonido. Se ha planteado este trabajo con el objetivo de efectuar una extracción asistida por ultrasonido y así incrementar el contenido alcohólico en la cerveza artesanal.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario.
- Determinar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en los sólidos solubles de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario.
- Determinar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en el pH de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario

## **1.4. Justificación**

La presente investigación se justifica teóricamente por el desconocimiento del efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario cultivada en Huancavelica.

Evidencia científica sugiere que la extracción asistida por ultrasonido puede mejorar el rendimiento de extracción de componentes como azúcares, proteínas y demás componentes que de manera indirecta incrementaría el contenido alcohólico por fermentación con levadura cervecera.

El resultado de este trabajo puede proporcionar una herramienta que permita obtener una cerveza artesanal de buena calidad con materia prima cultivada en la región de Huancavelica.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

El empleo de ultrasonido en cervecería ha sido desarrollado desde hace más de una década, aunque en estos últimos años han logrado despertar mayor interés para su aplicación industrial, a continuación, se citan los trabajos más relevantes y recientes, a nivel mundial y nacional.

Todo el mundo ha tenido la experiencia de una bebida carbonatada enlatada que se desborda y ensucia la ropa. Es difícil adivinar la cantidad de desbordamiento antes de abrir la lata, aunque el fenómeno puede explicarse simplemente como resultado de la formación de burbujas de gas. Sahu *et al.* (2006) publicó un artículo, informando un sorprendente resultado, sobre que la agitación intensiva con vibración ultrasónica puede calmar este efecto en la cerveza. Estos experimentos mostraron evidencia de un efecto memoria en el líquido. El “calming down” o el “calmarse” de la cerveza se debe a un delicado acto de equilibrio entre un cambio en la cantidad de microburbujas (o embriones) y un cambio en el patrón de distribución de su tamaño. La evidencia experimental muestra que la modificación de las microburbujas preexistentes influye notablemente en la nucleación posterior, y esto puede abrir una nueva ruta para los estudios de nucleación.

Reis *et al.* (2015) obtuvieron extractos ricos en arabinoxilanos (AX) del grano gastado de la cerveza (BSG) mediante la aplicación de extracción asistida por ultrasonido (EAU) y extracción alcalina convencional (AKE). Ellos optimizaron la EAU y AKE se optimizaron para la producción del mayor rendimiento de material insoluble en etanol utilizando la metodología de superficie de respuesta (RSM). Establecieron la eficiencia de la EAU mediante la reducción significativa de tiempo de extracción (7 h a 25 min) y consumo de energía en comparación con AKE, para recuperar cantidades similares de AX (60%) de BSG, esto lleva a una producción de extracto rico en AX sin almidón.

Milani & Silva (2017) investigaron la pasteurización térmica asistida por ultrasonido de cerveza o termosonicación (TS), con el objetivo de inactivación de ascosporas de *Saccharomyces cerevisiae*, la forma más resistente de la levadura. Estudió la eficacia de 30 s de TS en modo de operación por lotes y continuo a 60, 65 y 70 °C. Posteriormente, modelaron la inactivación de ascosporas en cervezas y se recomendaron las condiciones de pasteurización de TS. Por último, compararon la inactivación de ascosporas de *S. cerevisiae* en cerveza por TS frente al procesamiento térmico a 55 °C. El ultrasonido solo y la operación continua de TS no fueron suficientes para lograr el requisito mínimo de pasteurización de la cerveza que apunta a la inactivación de las esporas de *S. cerevisiae*. Las curvas de supervivencia de TS se ajustaron con un modelo de Weibull. TS a 50 °C – 1,9 min y TS a 55 °C – 26 s fueron suficientes para la pasteurización, a diferencia del proceso térmico de 55 °C – 38 min. Los resultados son útiles para diseñar condiciones de termosonicación adecuadas para pasteurizar cerveza con diferentes contenidos de alcohol y otras bebidas.

Deng *et al.* (2018) investigaron el efecto de la tecnología térmica asistida por ultrasonido también conocido como termosonicación (TS) en determinadas propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza. Trataron una cerveza lager china típica por TS (frecuencia de 24 kHz y potencia volumétrica de 2,7 W/mL) durante 2 min a 40, 50 y 60 °C, respectivamente. Los principales atributos de calidad de la cerveza, como el contenido de etanol, el extracto original, el pH y el amargor, apenas se vieron afectados por tres tratamientos de TS. Sin embargo, se observó un aumento significativo en el valor del color después del tratamiento con TS a 60 °C durante el almacenamiento. La sensibilidad a las proteínas y la turbidez coloidal de tres cervezas tratadas con TS aumentaron ligeramente. Los resultados también revelaron que el desarrollo de levaduras y bacterias de descomposición (incluidas las bacterias del ácido láctico y las bacterias aeróbicas) se inhibió durante 12 meses de almacenamiento para las muestras tratadas con TS, excepto para la cerveza tratada con TS a 40 °C. Además, la cerveza tratada con TS a 60 °C dio como resultado una carga térmica más alta en comparación con otras dos muestras de TS (a 40 y 50 °C) según los resultados de la estabilidad

oxidativa. El tratamiento con TS a 60 °C también tuvo un efecto negativo menor en el perfil volátil al aumentar los compuestos de envejecimiento en comparación con otros dos tratamientos con TS. Por tanto, estos resultados obtenidos pueden servir como referencia de la posible aplicación del tratamiento térmico asistido por ultrasonidos para el procesado de la cerveza.

## **2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación**

### **2.2.1. Variedad de cebada: Centenario**

Los datos agronómicos de esta variedad son los siguientes (Paucar Vila, 2015):

- a) **Institución responsable de su obtención:** Universidad Nacional Agraria la Molina Programa de cereales y granos nativos.
- b) **Origen genealogía:** Mutante de la variedad Buenavista irradiado con rayos gama a la dosis de 300 grays.
- c) **Lugar y fecha de obtención:** Perú el año 2003 se inició las pruebas en campos de agricultores.
- d) **Rangos de adaptación.** se adapta en condiciones de sierra del Perú.
- e) **Descripción botánica:** La planta es vigorosa con una altura promedio 100 cm con un follaje de color verde claro la espiga es decumbente (le confiere tolerancia al granizo) aristada, de 2 hileras con 24 a 26 granos grandes con pubescencia en la raquia y en las glumas.
- f) **Época de siembra:** Sierra alta octubre - noviembre y sierra media diciembre - enero.
- g) **Densidad de siembra:** 150 kg semilla /ha
- h) **Abonamiento:** Muestra buena respuesta a la dosis 60-60-00 de NPK.
- i) **Comportamiento en relación con enfermedades:** La variedad es resistente a la roya amarilla (*Puccinia striiformis*) enfermedad más importante en la región altoandina.
- j) **Características Físicas de la semilla:** El tamaño de grano es grande, en promedio el peso de 1000 granos es 62 g, la cáscara de color cremoso.

- k) **Rendimiento:** Tiene un potencial de rendimiento 5600 kg/ha en condiciones de secano se obtuvo 4200 kg/ha.

### 2.2.2. Definición de cerveza

Según la NTP 213.014:2014 Cerveza. Requisitos. La cerveza es una bebida fermentada controlada, haciendo uso de levaduras cerveceras en un medio conocido como mosto o extracto de malta, la cual se ha sometido a un proceso de cocción, adicionándolo Lúpulo.

La cerveza es una bebida alcohólica que se consume en todo el mundo. Se produce mediante la sacarificación del almidón y la fermentación de la glucosa, la maltosa y la maltotriosa resultantes (Ducruet *et al.*, 2017). La cerveza llega a ser el resultado de la fermentación de la malta de algún tipo de cereal específico, la producción de cerveza no se debería limitar a emplear únicamente cereales y/o granos, sino que también hay otros recursos como el aprovechamiento del almidón de algunos tubérculos y hortalizas, que cuentan con una cantidad considerable de azúcares para la fabricación de cerveza usándolos como suplementos (Araujo Espejo & Pilco Maslucán, 2014).

### 2.2.3. Cerveza artesanal

Son bebidas fermentadas con un cereal o más, su elaboración se da en cantidades menores por lo que es más preciso en atender cada detalle, asegurando un producto final con excelente calidad y frescura; gran parte de este proceso es manual (Vera Rey, 2017).

**Tabla 1**

*Diferencia en la cerveza Industrial y Artesanal*

<b>Cerveza industrial</b>	<b>Cerveza artesanal</b>
Contiene otros cereales	Materias primas de calidad
Poca lupulación	Mejor lupulación y variedad de lúpulo
Posee una fermentación más severa	Fermentación lenta
Su filtrado es químico	Filtro natural

---

Adición de CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> generado por las levaduras
Contiene aditivos químicos	Propiedades organolépticas cuidadas
Pasteurización (consecuentemente pierde ciertas propiedades)	Gran variedad e innovación

---

**Fuente:** Vera Rey (2017).

#### **2.2.4. La tecnología de ultrasonido para mejora de extracción**

La tecnología de ultrasonidos ha sido ampliamente estudiada como una alternativa para mejorar el procesamiento de alimentos en operaciones tales como extracción (Awad *et al.*, 2012) y en operaciones de unidades de transferencia de masa, la tecnología de ultrasonidos se ha utilizado con éxito en la extracción (Riera *et al.*, 2004). La mejora del funcionamiento de la unidad de transferencia de masa mediante la tecnología de ultrasonidos se ha atribuido a diferentes mecanismos. Estos se consideran efectos directos e indirectos del ultrasonido. Los efectos directos están relacionados con el "efecto esponja" y el flujo de inercia. Cuando las ondas ultrasónicas viajan a través del producto, provocan una rápida compresión y expansión alternas de la matriz tisular, que se compara con una esponja apretada y liberada repetidamente (De la Fuente-Blanco *et al.*, 2006; Mulet *et al.*, 2003; Yao *et al.*, 2009).

El efecto indirecto está relacionado con la formación de microcanales debido a la cavitación acústica (Chemat & Khan, 2011). Cuando las ondas de ultrasonido viajan a través del producto, el fenómeno de cavitación tiene lugar en el agua dentro o fuera de las células del producto, lo que resulta en la rotura de células y tejidos y la consiguiente formación de cavidades y microcanales. Sin embargo, la formación de microcanales y su importancia para el flujo másico no se ha estudiado para alimentos secos, como los cereales. Como la actividad del agua de estos productos es baja, la menor presión de vapor de agua puede limitar la cavitación, lo que refuerza la necesidad de evaluación (Miano *et al.*, 2016).

### 2.3. Hipótesis

La hipótesis de la investigación es:

Existe efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario.

### 2.4. Operacionalización de variables

**Tabla 2**

*Definición Operativa e Indicadores*

<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Escala de medición</b>
Tiempo	Independiente	Tiempo	Cronómetro	minutos
Temperatura	Independiente	Temperatura	Termómetro	Celsius
Contenido alcohólico	Dependiente	Densidad	Mostímetro	Gay Lusac
Sólidos solubles	Dependiente	Índice de refracción	Refractómetro	°Brix
pH	Dependiente	Potencial de H <sup>+</sup>	Potenciómetro	pH

# **CAPÍTULO III**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1.Ámbito temporal y espacial**

El experimento se realizó con materia prima Cebada Centenario del distrito y departamento de Huancavelica. La ejecución se realizó en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales y Análisis Instrumental 02 en la filial Acobamba de la Universidad Nacional de Huancavelica. Dicho trabajo se inició el 2019 y concluyó el 2020.

### **3.2.Tipo de Investigación**

La presente investigación fue de tipo aplicada.

### **3.3.Nivel de Investigación**

El nivel de investigación fue experimental.

### **3.4.Población, muestra y muestreo**

#### **3.4.1.Población**

Se utilizó cebada Centenario del distrito y provincia Huancavelica.

#### **3.4.2.Muestra**

Se usaron 15 kg de cebada Centenario.

### **3.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1.Diseño de Investigación**

Se usó un Diseño Compuesto Central Rotable (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008). Se emplearon 14 corridas, de las cuales se bloquearon en 2 (ver Apéndice 3) y se midió el contenido alcohólico, sólidos solubles y pH.

#### **3.5.2.Método de investigación**

El método general utilizado en la investigación fue el método hipotético – deductivo.

### 3.5.3. Esquema experimental

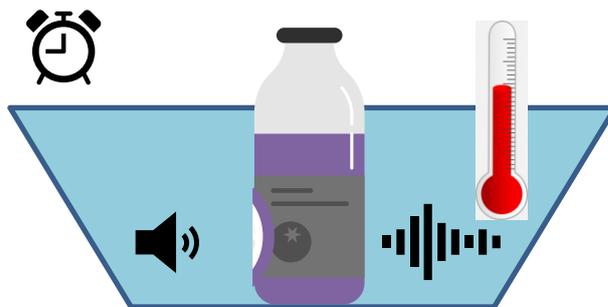
Se utilizó un baño ultrasónico de 2,8 L, con alimentación de 115V, frecuencia aplicación de 40 kHz, graduable hasta 69 °C, marca Branson modelo 2510.

Se extrajo la muestra del proceso de elaboración, al terminar la etapa de maceración, y se colocó en botellas de vidrio de 330 mL para luego ser expuestas al ultrasonido.

Una vez encendido el equipo se graduó la temperatura, y se colocó la botella conteniendo el mosto y aún la malta. Se tomó tiempo y temperatura según lo demandaba el diseño DCCR (Figura 1). Después se continuó con las siguientes etapas hasta su conclusión del proceso de la cerveza.

#### *Figura 1.*

Esquema experimental



### 3.5.4. Determinación del contenido alcohólico

Para determinar con exactitud el porcentaje de alcohol de tu cerveza, debes medir su densidad antes de la fermentación. Se usa el densímetro cómo se ha explicado antes, previo a añadir la levadura. Anota la densidad específica y la lectura equivalente en la escala de Alcohol Potencial (Alcohol por atenuación % (v/v)). Después de la fermentación, se usa el densímetro igual que antes para medir la densidad final. Esto deberá hacerse cuando esté completa la fermentación y antes de añadir azúcar para la gasificación. Anota la densidad específica y la lectura equivalente en la escala de alcohol potencial (Alcohol por atenuación % (v/v)). El porcentaje de alcohol puede ser calculado restando la lectura final de la inicial del alcohol potencial.

Ejemplo Densidad inicial: 1.082 =11% Alcohol potencial

Densidad final: 1.008 =1% Alcohol potencial

Contenido de Alcohol calculado = 10% Volumen de alcohol.

Nota: Si la gravedad final ha sido 0.992 (-1% Alcohol potencial), entonces el volumen de alcohol sería 12%=11%-(-1)

#### **3.5.5. Determinación de sólidos solubles**

Se determinó con un refractómetro digital marca HANNA.

#### **3.5.6. Determinación del pH**

Se determinó con un potenciómetro digital marca HANNA.

### **3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Obtenidos los datos se procedieron al procesamiento de los datos con apoyo del software de Minitab v.17, en versión de prueba de 30 días. Se realizó un análisis de varianza para un modelo cuadrático completo.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La Tabla 3 muestra el análisis de varianza del modelo cuadrático completo y se puede observar que, ninguno de los términos del modelo influye significativamente en el contenido alcohólico de la cerveza ( $p > 0,05$ ). La falta de ajuste resultó no significativa ( $p > 0,05$ ), y representa el 26 % del error, por lo que no se puede afirmar que el modelo no se ajusta a los datos. El error puro es 74%, lo que significa que, el experimento no es replicable pues afecta el resultado final. Los bloques muestran que no son significativos ( $p > 0,05$ ) y por lo tanto, se deduce que el experimento no fue influenciado por la técnica de determinación. En cuanto al coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que fue bajo, indica que los términos del modelo cuadrático solo explican el 39,02% de la variación del contenido alcohólico. El modelo presentado muestra efecto negativo del tiempo y la temperatura de ultrasonificación en el contenido alcohólico, pero al no haber efecto significativo, esto es un dato no representativo.

Así como no se encontraron efectos significativos en el contenido alcohólico, Deng *et al.* (2018) observó que, los principales atributos de calidad de la cerveza, como el contenido de etanol, el extracto original, el pH y el amargor, apenas se vieron afectados por tres tratamientos de termosonificación (24 kHz y 40, 50 y 60 °C) aplicados al final del proceso de cervecería en botella de polietileno tereftalato.

La Tabla 4 muestra el análisis de varianza del modelo cuadrático completo y se puede observar que, ninguno de los términos del modelo influye significativamente en el contenido de sólidos solubles del mosto ( $p > 0,05$ ). La falta de ajuste resultó no significativa ( $p > 0,05$ ), y representa el 34 % del error, por lo que no se puede afirmar que el modelo no se ajusta a los datos. El error puro es 66%, lo que significa que, el experimento no es replicable pues afecta el resultado final. Los bloques muestran que no son significativos ( $p > 0,05$ ) y por lo tanto, se deduce que el experimento no fue influenciado por la técnica de determinación. En cuanto al coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que fue bajo, indica que los términos del modelo cuadrático solo explican el 39,79% de la variación del contenido en sólidos solubles. El modelo presentado muestra efecto negativo del tiempo y la temperatura de ultrasonificación en

el contenido sólidos solubles, pero al no haber efecto significativo, esto es un dato no representativo.

**Tabla 3**

*Análisis de varianza del modelo cuadrático para contenido alcohólico*

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Modelo	6	1,22562	0,204270	0,75	0,631
Bloques	1	0,69978	0,699779	2,56	0,154
Término lineal	2	0,17310	0,086550	0,32	0,739
Temperatura	1	0,16465	0,164651	0,60	0,463
Tiempo	1	0,00845	0,008450	0,03	0,865
Término cuadrático	2	0,33584	0,167921	0,61	0,568
Temperatura*Temperatura	1	0,25274	0,252738	0,92	0,369
Tiempo*Tiempo	1	0,10634	0,106338	0,39	0,553
Término de Interacción	1	0,01690	0,016900	0,06	0,811
Temperatura*Tiempo	1	0,01690	0,016900	0,06	0,811
Error	7	1,91527	0,273610		
Falta de ajuste (26%)	3	0,49907	0,166357	0,47	0,719
Error puro (74%)	4	1,41620	0,354050		
Total	13	3,14089			

\*Significativo a  $\alpha = 0,05$

**Resumen del modelo**

$$s = 0,523 \quad R^2 = 39,02 \%$$

$$\text{Contenido alcohólico} = 12,82 - 0,20 \text{ Temperatura} - 0,418 \text{ Tiempo} + 0,00185$$

$$\text{Temperatura*Temperatura} + 0,0192 \text{ Tiempo*Tiempo} + 0,0026 \text{ Temperatura*Tiempo}$$

Al usar ultrasonido para la extracción asistida, el tiempo de sonicación debe optimizarse cuidadosamente porque la irradiación ultrasónica puede dañar la calidad de los materiales sensibles al calor. Por supuesto, el rendimiento de la extracción podría aumentar notablemente a medida que aumenta el tiempo de sonicación, sin embargo, los tiempos de extracción prolongados no son rentables debido a su alto consumo de energía y la posible degradación de los compuestos activos (Galanakis, 2012). Los resultados de esta investigación contravienen a los hallazgos de Reis *et al.*

(2015) quienes establecieron la eficiencia de extracción con la reducción significativa de tiempo de extracción (7 h a 25 min) y consumo de energía, para recuperar cantidades similares de arabinosilanos (60%) de malta gastada.

**Tabla 4**

*Análisis de varianza del modelo cuadrático para sólidos solubles*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p
Modelo	6	0,067059	0,011176	0,77	0,617
Bloques	1	0,011429	0,011429	0,79	0,404
Término lineal	2	0,041642	0,020821	1,44	0,300
Temperatura	1	0,036642	0,036642	2,53	0,156
Tiempo	1	0,00500	0,00500	0,34	0,576
Término cuadrático	2	0,003988	0,001994	0,14	0,874
Temperatura*Temperatura	1	0,000032	0,000032	0,00	0,964
Tiempo*Tiempo	1	0,003878	0,003878	0,27	0,621
Término de Interacción	1	0,01000	0,01000	0,69	0,434
Temperatura*Tiempo	1	0,01000	0,01000	0,69	0,434
Error	7	0,101513	0,014502		
Falta de ajuste (34%)	3	0,034846	0,011615	0,70	0,601
Error puro (66%)	4	0,066667	0,016667		
Total	13	0,16857			

\*Significativo a  $\alpha = 0,05$

**Resumen del modelo**

$$s = 0,120 \quad R^2 = 39,78 \%$$

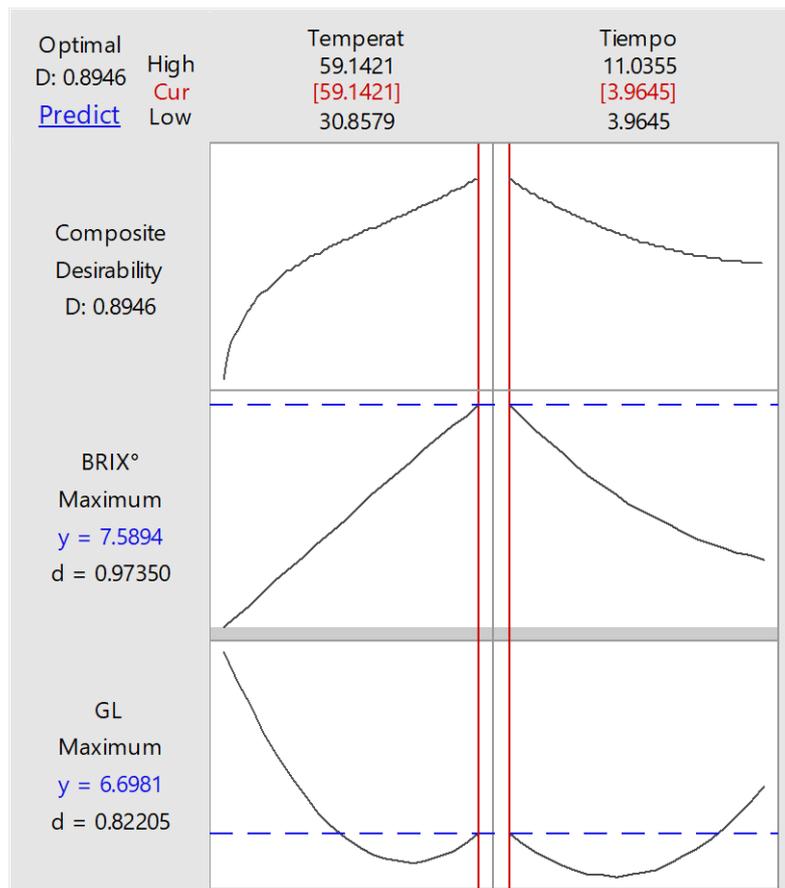
$$\begin{aligned} \text{Sólidos solubles} = & 6,58 - 0,0236 \text{ Temperatura} - 0,025 \text{ Tiempo} + \\ & 0,000021 \text{ Temperatura*Temperatura} + 0,00367 \text{ Tiempo*Tiempo} + \\ & 0,002 \text{ Temperatura*Tiempo} \end{aligned}$$

Por otro lado, la Figura 2 es útil, a pesar de que los modelos hallados no explican las variables de respuesta, para tener una idea de las condiciones que podrían ser trabajadas en otros trabajos. Se calcula una deseabilidad individual para cada respuesta y pondera cada una de acuerdo con la importancia que se le asigne. Estos valores se combinan para determinar la deseabilidad compuesta, o general, del sistema de múltiples respuestas. Una solución óptima se obtiene cuando la deseabilidad

compuesta alcanza su nivel máximo (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008), en este caso se observa que un tiempo de 3,96 min y una temperatura de 59,14 °C elevarían la deseabilidad a 0,8946, valor que es bien considerado en términos de optimización.

**Figura 2.**

*Optimizador de respuestas*



La Tabla 5 muestra el análisis de varianza del modelo cuadrático completo y se puede observar que, ninguno de los términos del modelo influye significativamente en el pH del mosto ( $p > 0,05$ ). La falta de ajuste resultó significativa ( $p < 0,05$ ), y representa el 99,5 % del error, por lo que se puede afirmar que el modelo no se ajusta a los datos. Los bloques muestran que no son significativos ( $p > 0,05$ ) y por lo tanto, se deduce que el experimento no fue influenciado por la técnica de determinación. En cuanto al coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que fue bajo, indica que los términos del modelo cuadrático solo explican el 59,30% de la variación del pH. El modelo presentado

muestra efecto negativo del tiempo y la temperatura de ultrasonificación en el pH, pero al no haber efecto significativo, esto es un dato no representativo. Esto coincide con Chang & Chen (2002) que investigaron el efecto del ultrasonido de 20 kHz sobre el envejecimiento del vino de arroz y observaron que el tratamiento ultrasónico no podía influir significativamente en el pH del vino.

**Tabla 5**

*Análisis de varianza del modelo cuadrático para pH*

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Modelo	6	0,095727	0,015954	1,70	0,251
Bloques	1	0,006007	0,006007	0,64	0,450
Término lineal	2	0,050780	0,025390	2,70	0,135
Temperatura	1	0,015250	0,015250	1,62	0,243
Tiempo	1	0,035529	0,035529	3,78	0,093
Término cuadrático	2	0,002840	0,001420	0,15	0,862
Temperatura*Temperatura	1	0,002654	0,002654	0,28	0,611
Tiempo*Tiempo	1	0,000308	0,000308	0,03	0,861
Término de Interacción	1	0,0361	0,0361	3,85	0,091
Temperatura*Tiempo	1	0,0361	0,0361	3,85	0,091
Error	7	0,065709	0,009387		
Falta de ajuste (99,5%)	3	0,065442	0,021814	327,21	0,000
Error puro (0,5%)	4	0,000267	0,0000267		
Total	13	0,161436			

\*Significativo a  $\alpha = 0,05$

**Resumen del modelo**

$$s = 0,0968 \quad R^2 = 59,30 \%$$

$$pH = 7,30 - 0,0158 \text{ Temperatura} - 0,129 \text{ Tiempo} + 0,000190 \text{ Temperatura}$$

$$* \text{Temperatura} + 0,00103 \text{ Tiempo} * \text{Tiempo} + 0,0038 \text{ Temperatura} * \text{Tiempo}$$

## Conclusiones

- ✓ No existe el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario.
- ✓ No existe el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en los sólidos solubles de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario.
- ✓ No existe el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonicación en el pH de la cerveza tipo ale con malta de cebada (*Hordeum vulgare*) Centenario.

## **Recomendaciones**

- ✓ Estudiar la aplicación de ultrasonido en la etapa previa a la maceración de la malta.
- ✓ Utilizar otros valores de frecuencia de ultrasonido que puedan generar efecto en las variables de respuesta.
- ✓ Utilizar un ultrasonicador que esté en contacto directo con el líquido en estudio.

## Referencia bibliográfica

- Araujo Espejo, N., & Pilco Maslucán, W. (2014). *Influencia del porcentaje de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz) y azúcar en la producción de cerveza artesanal de cebada (Hordeum vulgare)*.
- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410–427.
- Betancur, M. I., Motoki, K., Spence, C., & Velasco, C. (2020). Factors influencing the choice of beer: A review. *Food Research International*, 137, 109367.
- Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., & Sharanagat, V. S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105293.
- Calvillo, E. (2017). *La Cerveza Artesanal Una experiencia multisensorial*.
- Chang, A. C., & Chen, F. C. (2002). The application of 20 kHz ultrasonic waves to accelerate the aging of different wines. *Food Chemistry*, 79(4), 501–506.
- Chemat, F., & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.-G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.-S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540–560.
- Chemat, F., Vian, M. A., Fabiano-Tixier, A.-S., Nutrizio, M., Jambrak, A. R., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Binello, A., & Cravotto, G. (2020). A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products. *Green Chemistry*, 22(8), 2325–2353.
- Colomer Gilbert, J. M., Ibárcena Vera, D. A., Lopez Flores, E. L., Morales Aranguri, J. E., & Quirita Bejar, C. R. (2020). *Producción y comercialización de cerveza artesanal a base de pan utilizando el modelo de economía circular*.
- De la Fuente-Blanco, S., De Sarabia, E. R.-F., Acosta-Aparicio, V. M., Blanco-Blanco, A., & Gallego-Juárez, J. A. (2006). Food drying process by power

- ultrasound. *Ultrasonics*, 44, e523–e527.
- Deng, Y., Bi, H., Yin, H., Yu, J., Dong, J., Yang, M., & Ma, Y. (2018). Influence of ultrasound assisted thermal processing on the physicochemical and sensorial properties of beer. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.07.017>
- Ducruet, J., Rébénaque, P., Diserens, S., Kosińska-Cagnazzo, A., Héritier, I., & Andlauer, W. (2017). Amber ale beer enriched with goji berries–The effect on bioactive compound content and sensorial properties. *Food Chemistry*, 226, 109–118.
- ENIS. (2019). *Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019*.
- Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, 26(2), 68–87.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2da ed.). Mc Graw Hill - Interamericana.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D.-U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261–266.
- Koo, W. (2021). *Malta Perú Importación 2021 Julio*. Agrodataperu.
- Miano, A. C., Ibarz, A., & Augusto, P. E. D. (2016). Mechanisms for improving mass transfer in food with ultrasound technology: Describing the phenomena in two model cases. *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 413–419.
- Milani, E. A., & Silva, F. V. M. (2017). Ultrasound assisted thermal pasteurization of beers with different alcohol levels: Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* ascospores. *Journal of Food Engineering*, 198, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.015>
- Mulet, A., Cárcel, J. A., Sanjuan, N., & Bon, J. (2003). New food drying technologies- Use of ultrasound. *Food Science and Technology International*, 9(3), 215–221.
- Paucar Vila, P. (2015). *Adaptabilidad de tres variedades de cebada (hordeum vulgare L.) en tres zonas agroecológicas de la Provincia de Acobamba - Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Reis, S. F., Coelho, E., Coimbra, M. A., & Abu-Ghannam, N. (2015). Improved

- efficiency of brewer's spent grain arabinoxylans by ultrasound-assisted extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 24, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.10.010>
- Riera, E., Golás, Y., Blanco, A., Gallego, J. A., Blasco, M., & Mulet, A. (2004). Mass transfer enhancement in supercritical fluids extraction by means of power ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11(3–4), 241–244. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2004.01.019>
- Sahu, K. K., Hazama, Y., & Ishihara, K. N. (2006). Gushing in canned beer: The effect of ultrasonic vibration. *Journal of Colloid and Interface Science*, 302(1), 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2006.05.059>
- Salanță, L. C., Coldea, T. E., Ignat, M. V., Pop, C. R., Tofană, M., Mudura, E., Borșa, A., Pasqualone, A., Anjos, O., & Zhao, H. (2020). Functionality of special beer processes and potential health benefits. *Processes*, 8(12), 1613.
- Van Doorn, G., Timora, J., Watson, S., Moore, C., & Spence, C. (2019). The visual appearance of beer: A review concerning visually-determined expectations and their consequences for perception. *Food Research International*, 126, 108661.
- Vera Rey, M. A. (2017). *Desarrollo Y Formulación De Cervezas Artesanales* (p. 36). Universidad San Martín de Porras.
- Yao, Y., Zhang, W., & Liu, S. (2009). Feasibility study on power ultrasound for regeneration of silica gel—a potential desiccant used in air-conditioning system. *Applied Energy*, 86(11), 2394–2400.

## **Apéndice**

## Apéndice 1

### Base de datos

Corrida	Orden de ejecución	Bloques	Temperatura	Tiempo	Sólidos solubles	pH	Contenido alcohólico
1	13	2	45	7.5	7.2	6.44	6.29
2	12	2	45	7.5	7.5	6.44	4.98
3	14	2	45	7.5	7.3	6.44	6.55
4	10	2	45	4	7.3	6.47	6.55
5	8	2	31	7.5	7.2	6.46	6.81
6	11	2	45	11	7.3	6.55	6.55
7	9	2	59	7.5	7.3	6.51	6.55
8	2	1	55	5	7.6	6.08	6.55
9	7	1	45	7.5	7.3	6.48	6.81
10	1	1	35	5	7.3	6.48	7.07
11	5	1	45	7.5	7.2	6.5	6.81
12	4	1	55	10	7.4	6.48	6.55
13	6	1	45	7.5	7.4	6.5	6.81
14	3	1	35	10	7.3	6.5	6.81

## Apéndice 2

### Testimonio fotográfico



*Fotografía 1.* Filtrado de la cerveza



*Fotografía 2.* Preparación de la muestra para el ultrasonicador



*Fotografía 3.* Programación del ultrasonificador



*Fotografía 4.* Muestra de la cerveza después del ultrasonificador



**Fotografía 5.** Medida de los grados alcohólicos de la cerveza



**Fotografía 6.** Grados alcohólicos de la cerveza

## Apéndice 3

### Matriz de Consistencia

**Título:** “Optimización de cerveza artesanal de malta centenario cultivadas en Huancavelica”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cuál es el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ) Centenario?	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) Centenario.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Determinar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) Centenario. Determinar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en los sólidos solubles de la cerveza tipo ale con malta de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) Centenario. Determinar el efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en el pH de la cerveza tipo ale con malta de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) Centenario.</p>	Existe efecto del tiempo y temperatura de ultrasonificación en el contenido alcohólico de la cerveza tipo ale con malta de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ) Centenario	Tiempo Temperatura Contenido alcohólico Sólidos solubles pH	Tiempo Temperatura Densidad Índice de refracción Potencial de H <sup>+</sup>