

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL
TESIS

“Determinación del proceso de elaboración de cerveza tipo Ale para cuatro variedades cebada (*Hordeum vulgare* L.) Cultivadas en Huancavelica”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR:

Bach. Nésida CHÁVEZ SOLANO

Bach. Anina ONOFRE CARRILO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

HUANCAVELICA, PERÚ

2020



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL

En la ciudad Universitaria de "Común Era", que se llevó la sustentación por vía virtual cuyo enlace meet.google.com/oha-cewf-vsg. A los 09 días del mes de DICIEMBRE del año 2020, a horas 09:00 am, se reunieron; los miembros del Jurado Calificador, que está conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Dr. David, RUÍZ VILCHEZ.
SECRETARIO : Mtro. Alfonso, RUÍZ RODRÍGUEZ.
VOCAL : Mg. Almer, VENTURA ROMAN.

Designados con resolución N°- 071-2020-CF-FCA-UNH; del proyecto de investigación Titulado:
"DETERMINACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA TIPO ALE PARA CUATRO VARIETADES CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) CULTIVADAS EN HUANCVELICA"

Asesorado por: M. Sc. Roberto Carlos, CHUQUILÍN GOICOCHEA.

Cuyos autores son los graduados BACHILLERES:

ONOFRE CARRILLO, Anina.

CHAVEZ SOLANO, Nesida.

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar la plataforma virtual; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

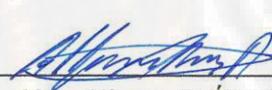
APROBADO POR : MAYORIA

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.



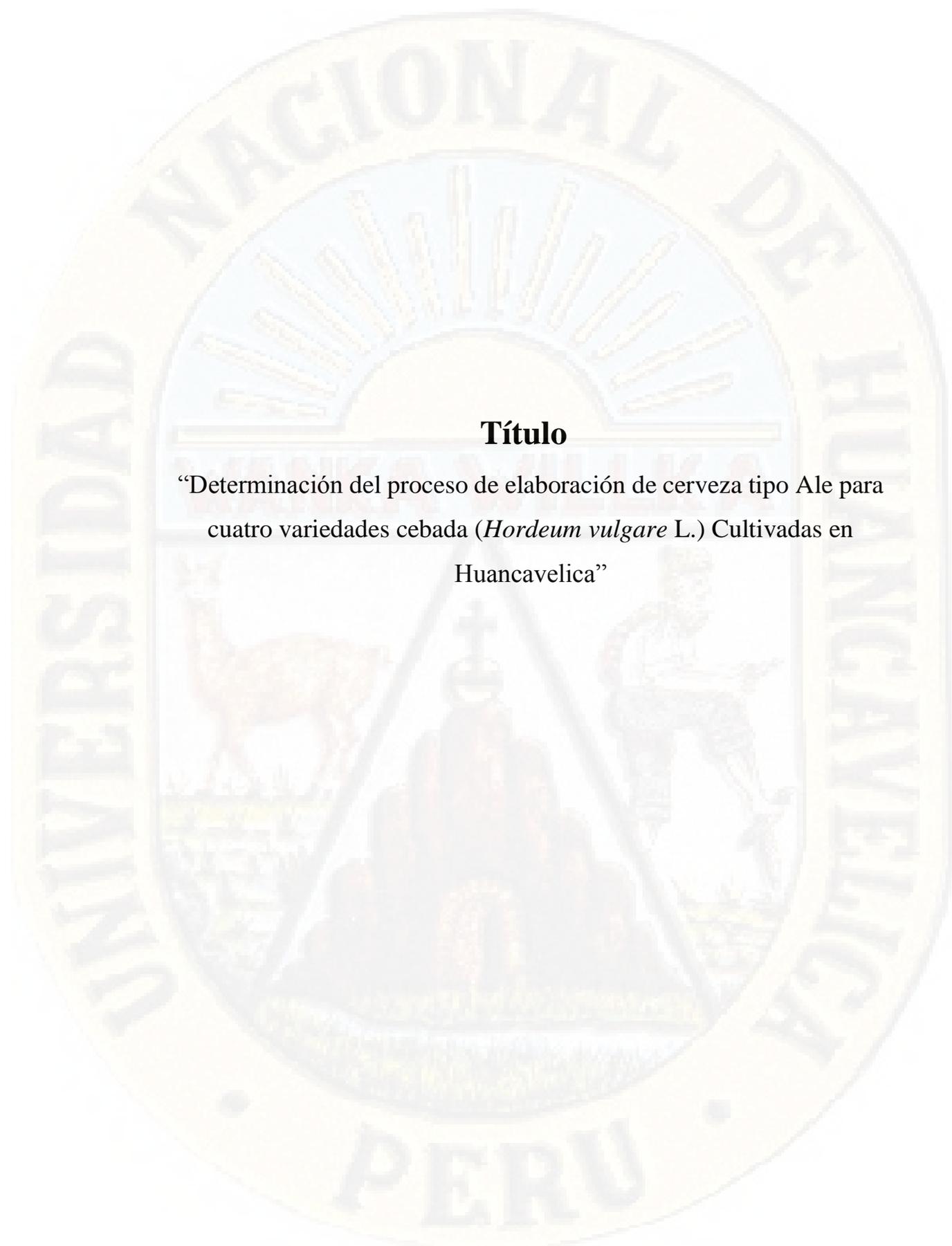
Dr. David, RUÍZ VILCHEZ.
Presidente



Mtro. Alfonso, RUÍZ RODRÍGUEZ.
Secretario

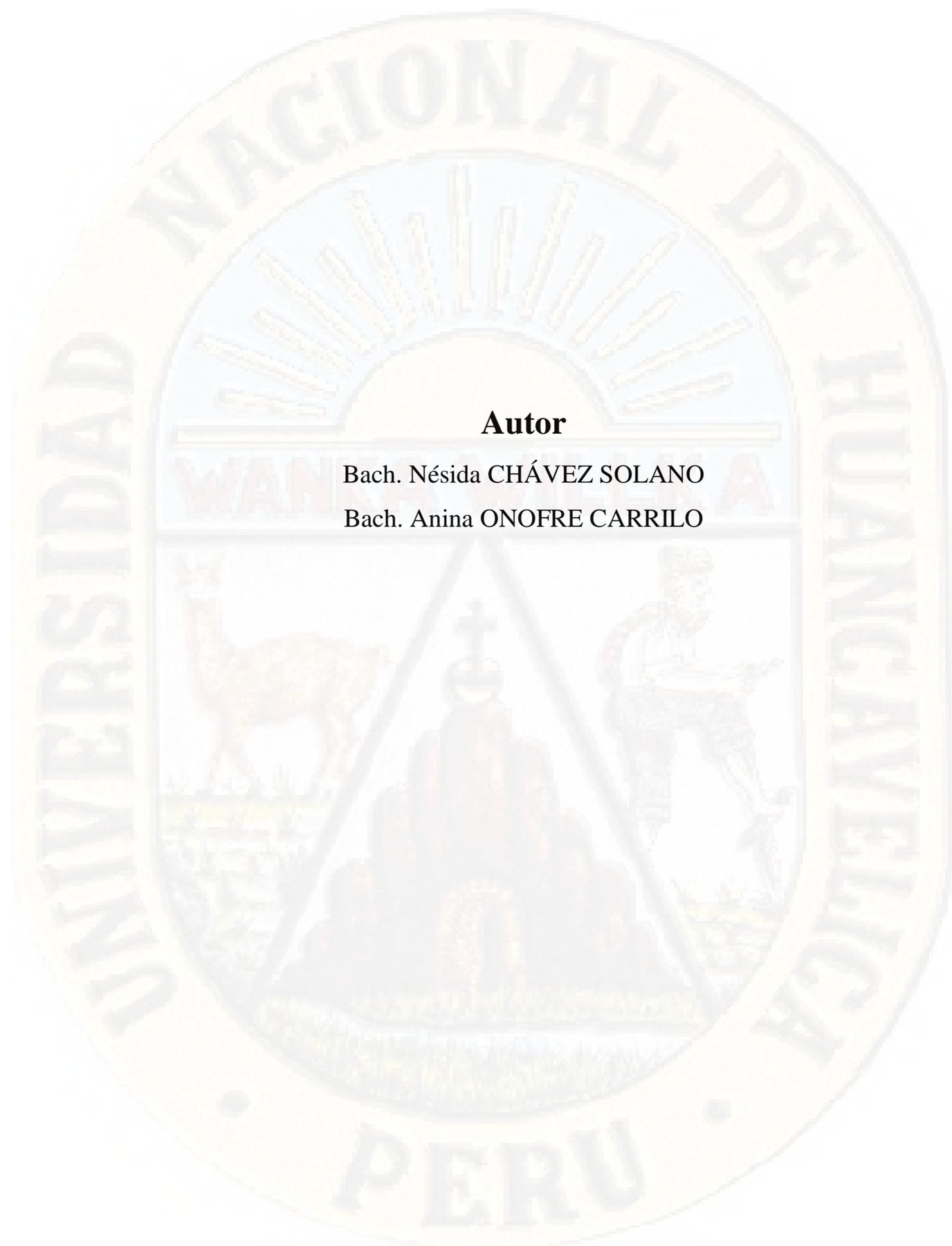


Mg. Almer, VENTURA ROMAN.
Vocal



Título

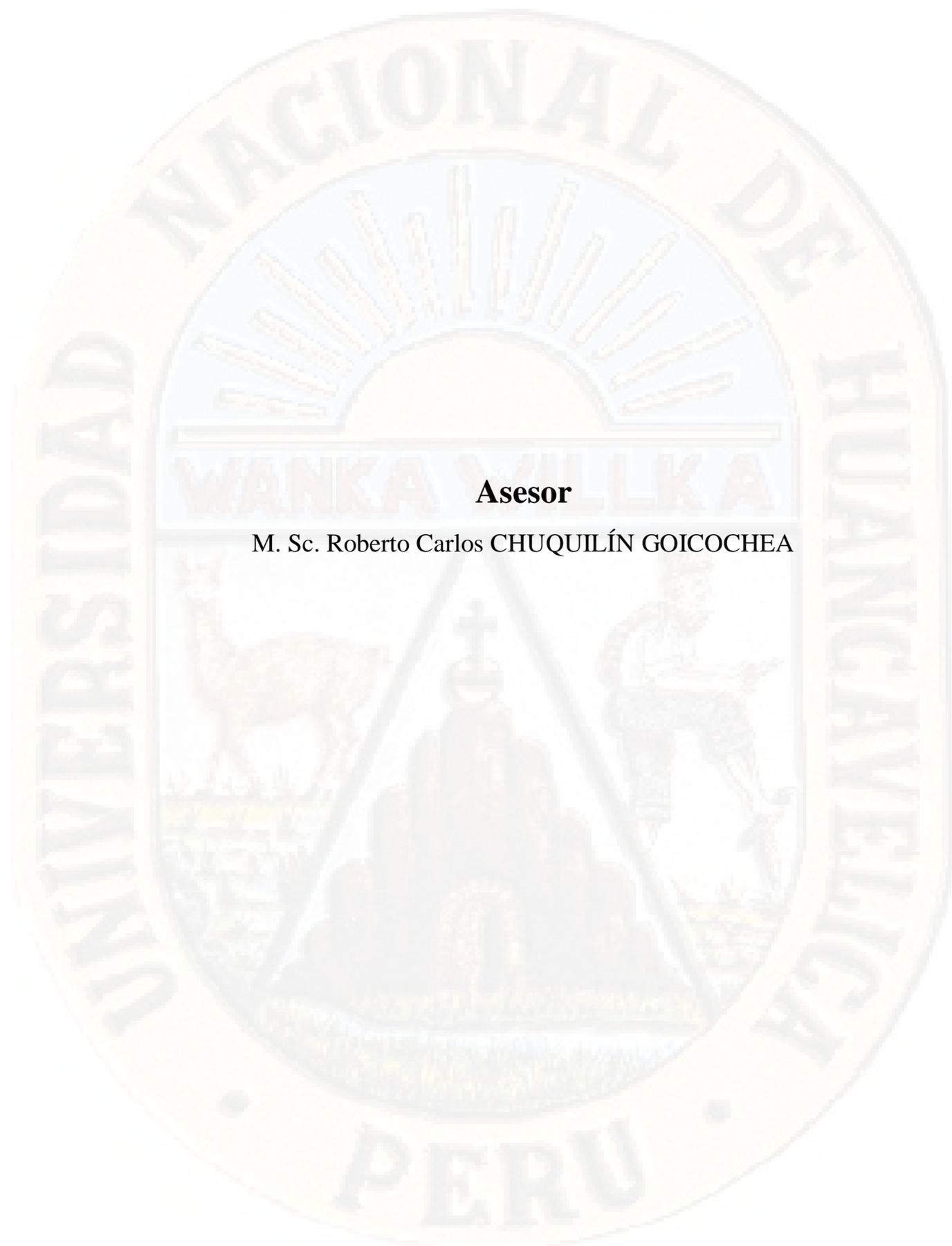
“Determinación del proceso de elaboración de cerveza tipo Ale para cuatro variedades cebada (*Hordeum vulgare* L.) Cultivadas en Huancavelica”



Autor

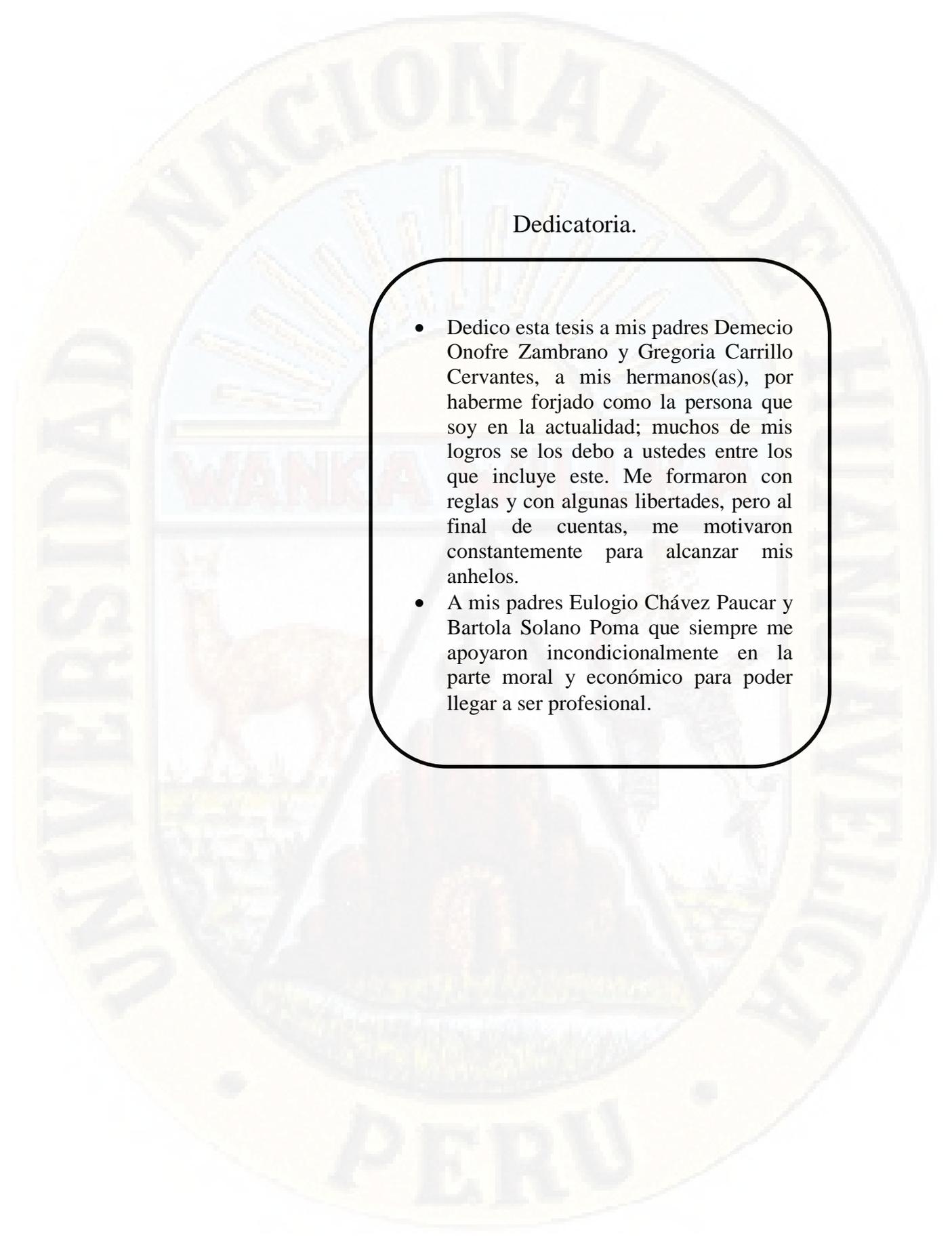
Bach. Nésida CHÁVEZ SOLANO

Bach. Anina ONOFRE CARRILO



Asesor

M. Sc. Roberto Carlos CHUQUILÍN GOICOCHEA



Dedicatoria.

- Dedico esta tesis a mis padres Demecio Onofre Zambrano y Gregoria Carrillo Cervantes, a mis hermanos(as), por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.
- A mis padres Eulogio Chávez Paucar y Bartola Solano Poma que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económico para poder llegar a ser profesional.

Agradecimiento

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

- Mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que colaboraron de una u otra manera al desarrollo y término de esta tesis.
- A mi alma máter la UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA por abrirme sus puertas para conseguir mi carrera profesional, así mismo a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, a todos los catedráticos que laboran en esta Escuela por compartir sus conocimientos científicos, experiencias y exigencias.

Nésida y Anina.

Tabla de contenido

Título.....	i
Autor	ii
Asesor.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Tabla de contenido	vi
Tabla de contenidos: Tablas.....	vii
Tabla de contenidos: Figuras	vii
Resumen.....	viii
Abstract	ix
Introducción	x
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
CAPÍTULO III.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
CAPÍTULO IV.....	27
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
CONCLUSIONES	43
Recomendaciones.....	44
Referencias bibliográficas.....	45
Anexos	50

Tabla de contenidos: Tablas

Tabla 1.....	12
Tabla 2.....	14
Tabla 3.....	19
Tabla 4.....	27
Tabla 5.....	28
Tabla 6.....	29
Tabla 7.....	30
Tabla 8.....	31
Tabla 9.....	32
Tabla 10.....	33
Tabla 11.....	34
Tabla 12.....	35
Tabla 13.....	36
Tabla 14.....	36
Tabla 15.....	37
Tabla 16.....	38
Tabla 17.....	39
Tabla 18.....	40
Tabla 19.....	42

Tabla de contenidos: Figuras

Figura 1. Morfología de la cebada (Mateo Box, 2005).....	14
Figura 2. Diseño Cuasiexperimental para el malteado.....	21
Figura 3. Diseño Cuasiexperimental para la elaboración de cerveza.....	21
Figura 4. Flujograma de malteado	23
Figura 5. Contenido en humedad de la malta.....	27
Figura 6. Porcentaje de grano sano de la malta.....	30
Figura 7. Porcentaje de impurezas de malta.....	31
Figura 8. Poder germinativo de malta	32
Figura 9. Contenido alcohólico de cerveza a 20 °C.....	34
Figura 10. Color de cerveza en unidades EBC.....	35
Figura 11. °Brix de cerveza.....	37
Figura 12. PH de cerveza	39
Figura 13. Preferencia de las cuatro variedades de cerveza.....	41

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar cuatro variedades cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivadas en Huancavelica para la producción de malta y cerveza tipo Ale de adecuada calidad. Se usó un diseño Cuasiexperimental para evaluar las características físicas, químicas y sensoriales, con las normas técnicas peruanas vigentes para cebada maltera y cerveza. De las variedades evaluadas para malta sólo: Centenario y UNA – 80, alcanzaron los niveles exigidos por la normativa. La variedad Centenario demostró mejores cualidades para obtener una cerveza tipo Ale artesanal de calidad adecuada a la norma vigente: $1,1 \pm 0,13$ % de alcohol (20 °C), $28 \pm 0,13$ EBC y $0,7 \pm 0,12$ °Brix. Se recomienda investigar la optimización del proceso de cerveza usando la variedad Centenario y mejorar el proceso de la variedad UNA – 80, pues ambas presentan potencial a nivel agronómico y agroindustrial.

Palabras clave: Centenario, Puka puncho, Yanabarba, UNA-80, lúpulo, *Saccharomyces cerevisiae*.

Abstract

The objective of this work was to evaluate four barley varieties (*Hordeum vulgare* L.) grown in Huancavelica for the production of malt and Ale-type beer of adequate quality. A Quasi-experimental design was used to evaluate the physical, chemical and sensory characteristics, with the current peruvian technical standards for malting barley and beer. Of the varieties evaluated for malt only: Centenario and UNA - 80, reached the levels required by the regulations. The Centenario variety showed better qualities to obtain an artisan ale type beer of adequate quality to the current standard: $1.1 \pm 0.13\%$ alcohol (20°C), 28 ± 0.13 EBC and 0.7 ± 0 , 12° Brix. It is recommended to investigate the optimization of the beer process using the Centenario variety and to improve the process of the UNA - 80 variety, since both have potential at an agronomic and agro-industrial level.

Keywords: *Centennial, Puka puncho, Yanabarba, UNA-80, hops, Saccharomyces cerevisiae.*

Introducción

Las regiones con mayor participación para la campaña agrícola 2019-20 de cebada, en miles de hectáreas son: La Libertad con 28,2 mil ha (20,5 %), Puno 26,8 mil ha (19,5 %), Huancavelica 14,6 mil ha (10,7 %), Cusco 14,1 mil ha (10,3 %), Ayacucho 13,6 mil ha (10 %) y Cajamarca 10,4 (7,6 %); y el cultivo de cebada grano en Huancavelica será mayor en 4,1 mil ha (38.6%) (ENIS, 2019). Huancavelica ocupa el tercer lugar en producción de cebada a nivel nacional, pero ninguna variedad es usada en cervecería, ya que solamente se utiliza entero o molido (harina, mashka, entre otros).

La cebada presenta generalmente espigas de dos y seis hileras, y se cultiva en primavera (noviembre en Huancavelica). Cualquier cultivar de cebada no es apto para fabricar cerveza de calidad, solamente aquellas cebadas llamados “cerveceras”, y son de hábito primaveral y con espigas de dos hileras (Salvo, 1992).

El grano de un cultivar de cebada cervecera debe cumplir una serie de características físicas y bioquímicas, las cuales inciden directamente en la calidad de la cerveza, y por ende en el éxito de la comercialización del grano en la industria (Salvo, 1992). En cuanto a características físicas, el grano debe ser grueso, redondeado y de tamaño uniforme, de color amarillo claro y libre de infecciones de microorganismos. La clasificación por tamaño se conoce como “mallaje”. Un parámetro bioquímico común es el porcentaje de proteína en base seca, cuyo rango aceptable es de 9,5 a 11 %, por encima de este rango se obtiene cervezas de baja calidad (Salvo, 1992).

Si bien es cierto, estas características del grano responden a un componente genético de cada variedad, sus parámetros pueden ser influenciados por el ambiente; localidad, condiciones climáticas y manejo agronómico, entre otros.

La cebada para malteado debe ser de alta viabilidad, baja latencia (en el momento del malteado) y de germinación uniforme para producir un producto de malta homogéneo. Tanto las cebadas de dos como las de seis hileras se pueden utilizar para la producción de malta y sus características de calidad únicas las hacen adecuadas para una amplia gama de productos de malta. Estas variedades normalmente han sido probadas y aprobadas por organizaciones certificadoras, por su idoneidad para el malteado y la

elaboración de cerveza a lo largo de varias temporadas para producir constantemente malta de calidad satisfactoria (MacLeod & Evans, 2015).

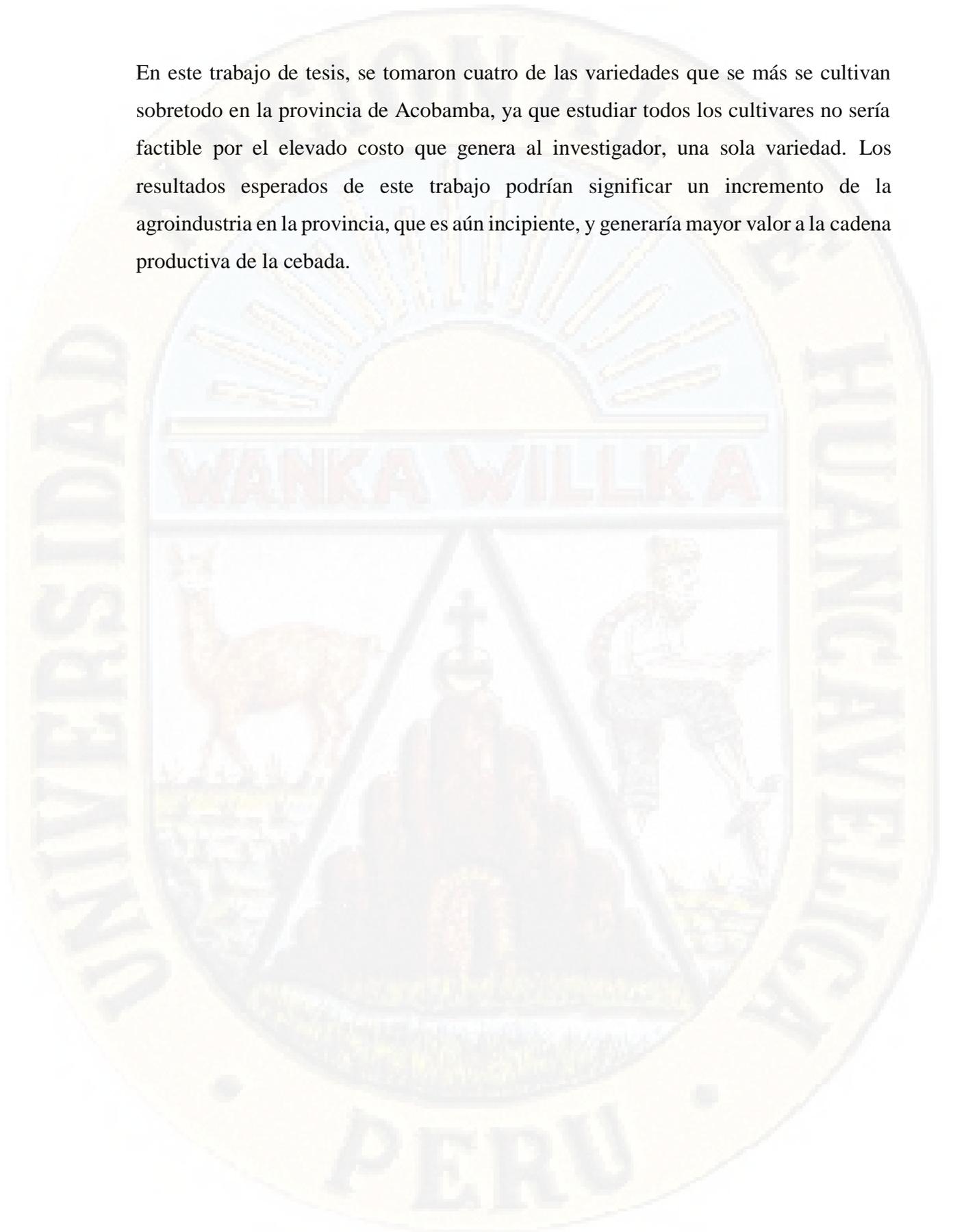
Las normas de comercialización de cebada cervecera varían en cada país; en Europa los países productores de cebada cervecera crearon la “Convención Europea de Cervecería” o EBC (European Brewery Convention). En nuestro país existe la norma técnica NTP 205.016 1980 (revisada el 2014) Cebada maltera, con el cuál puede evaluarse adecuadamente si un cultivar de cebada es apto para cervecería, debido a que los cultivares existentes liberados por el INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria), sólo han sido evaluados con parámetros agronómicos como: alto nivel de rendimiento, resistencia a la tendadura, resistencia a los principales patógenos del cultivo, y adaptación a las diferentes áreas agroecológicas.

De acuerdo a lo anterior, para que el productor tenga éxito en el cultivo de cebada cervecera, a parte de un aspecto agronómico, se debe considerar en la elección de la variedad, si esta presenta o no calidad maltera, ya que son aspectos genéticos intrínsecos de cada variedad; y el uso de variedades no evaluadas traerá consigo fatales resultados, pues una variedad no cervecera nunca podrá igualar a un grano utilizable para la industria.

Si se toma en cuenta que, la producción de cerveza artesanal para el año 2019 representa el 0,2% del mercado nacional de cervezas, pero en este nicho compiten más de 100 marcas, de las cuales 40 tienen mayor presencia (Diario Gestión, 2019). Sin embargo, su precio de venta es elevado, debido al costo de producción por litro de cerveza artesanal, sobre todo por las materias primas e insumos importados. Esta situación genera una necesidad de producir materias primas de bajo costo en nuestro país, por ello, evaluar no sólo la calidad de malteado sino también la producción de cerveza con un proceso estándar, como la cerveza tipo Ale, cuya preferencia es mayor entre los peruanos, es prioritario.

Huancavelica ocupa el tercer lugar en producción nacional de cebada y cultivan muchas variedades de cebada como: Zapata, Milagrosa, UNA-80, Centenario, Pukapuncho, Yanabarba, entre otras; y cada una de estas variedades, necesitan ser evaluadas bajo el marco normativo vigente, si son aptas o no para cervecería.

En este trabajo de tesis, se tomaron cuatro de las variedades que se más se cultivan sobretodo en la provincia de Acobamba, ya que estudiar todos los cultivares no sería factible por el elevado costo que genera al investigador, una sola variedad. Los resultados esperados de este trabajo podrían significar un incremento de la agroindustria en la provincia, que es aún incipiente, y generaría mayor valor a la cadena productiva de la cebada.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el cuarto cereal más importante después del trigo, maíz y el arroz, ocupando a nivel mundial casi 60 millones de hectáreas, la razón de su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones. En el Perú, la cebada está entre las primeras especies alimenticias en función a superficie cultivada. Se siembra mayormente sobre los 3000 m de altura. Las principales regiones productoras del cereal son: La Libertad, Puno, Huancavelica, Cusco y Junín.

La transformación de la cebada en malta es un capítulo de la tecnología de cereales tan importante como antiguo, y a la fecha se ha ido perfeccionando por cada productor, que se esmera por dar la mejor calidad a sus clientes.

La cerveza a su vez, es una bebida tan antigua que se ha encontrado en la cultura sumeria, en escritura cuneiforme y actualmente, se ha encontrado propiedades que, en cantidad adecuadas, puede mejorar sobremanera la salud humana.

Sin embargo, en el Perú las grandes empresas importan la malta cervecera de países como Suecia y Argentina, y la industria de la cerveza artesanal que, ha ido creciendo en los últimos años, también busca en el exterior la materia prima.

La teoría dice que la cebada de dos y seis hileras de grano, son las que se pueden usar para el malteado con fines cerveceros (Salvo, 1992), pero experiencias previas (pre experimentos), han demostrado que, la variedad de UNA 80, produce una malta de excelente calidad, lo que ha llevado a pensar que otras variedades cultivadas en la región Huancavelica, podrían ser estudiadas, para obtener en primera instancia una malta de alta calidad, y en segunda instancia una cerveza de excelente calidad.

De esta manera, pretende elucidar la factibilidad de fabricar cerveza con variedades adaptadas a las condiciones de Huancavelica, y lograr un impulso agroindustrial, con materia prima de alta calidad.

1.2. Formulación del problema

¿Es posible obtener de cerveza artesanal tipo Ale de calidad adecuada con cuatro variedades cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivadas en Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar cuatro variedades cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivadas en Huancavelica para la producción de malta y cerveza tipo Ale de adecuada calidad.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros de calidad de malta para cada variedad de cebada.
- Determinar los parámetros de calidad de la cerveza de las cuatro variedades en estudio.
- Evaluar las características sensoriales de la cerveza de las cuatro variedades estudiadas.

1.4. Justificación

La presente investigación se justifica teóricamente por el desconocimiento de un proceso óptimo de elaboración de cerveza con variedades de cebada cultivadas en Huancavelica. Como es sabido, toda la cebada producida en Huancavelica, es usada para fines tecnológicos como derivados de cereales para alimentos instantáneos, morón americano entre otros, mas no para producción de malta, mucho menos de cerveza. La malta usada por las grandes empresas es importada, durante los 12 meses del 2017, Perú importó un total de 74.122.101 kilos de malta, insumo básico para la cerveza, por un valor CIF de US\$ 39.003.782. Estos valores representan un incremento de 41% con respecto a lo alcanzado en el 2016. El precio actual en el mercado internacional es de US\$ 0,53 por kilo (Agraria.pe, 2019).

Es en lo anteriormente expuesto, que se halla su valor práctico, ya que el Perú, sobretudo Huancavelica, cuenta con zonas productoras de cebada por las

condiciones climáticas que lo permiten, colocando a Huancavelica en el cuarto lugar en producción de cebada con 21742 toneladas métricas en el 2018 (MINAGRI, 2018).

Una gran ventaja representa el hecho que, se tienen variedades mejoradas y probadas en Huancavelica, que a pesar de que en teoría no se puede maltear, estudios preliminares a este, se ha demostrado su potencial.

1.5. Limitaciones

La presente investigación por su carácter básico y descriptivo se limita a los siguientes aspectos:

- a) Reporta esencialmente datos de calidad de la malta y la cerveza de variedades de cebada cultivadas en Huancavelica.
- b) Los resultados se limitan al ámbito espacial del estudio.
- c) Aquellos aspectos que no se reportan ni discuten serán puestos en la sección de recomendaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se han encontrado investigaciones del entorno internacional, nacional y local, las mismas que a continuación se mencionan.

La malta de cebada es un importante cultivo de tierras altas en México. Debido a la alta demanda de la industria de la malta, es necesario aumentar su producción a través de cultivares de alto rendimiento y resistentes a enfermedades para condiciones de secano. El nuevo cultivar 'Adabella' fue desarrollado por el Programa Nacional de Cría de Cebada del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Ganaderas de México. Adabella es tolerante a todas las enfermedades que ocurren en las tierras altas centrales de México, tiene un alto rendimiento, grano de excelente calidad industrial y es adecuada para condiciones de secano en áreas de productividad media a mayor. Adabella se evaluó en combinaciones de más de 50 años y su rendimiento fue un 15% más alto que el del cheque comercial "Esmeralda" (Zamora Díaz *et al.*, 2008).

El contenido de lípidos de una cerveza afecta su capacidad para formar una cabeza estable de espuma y desempeña un papel importante en el envejecimiento de la cerveza. La concentración y la calidad de los lípidos en la cerveza dependen de su composición en las materias primas y del proceso de elaboración y pueden ejercer una influencia considerable en la calidad de la cerveza. Este artículo presenta una investigación sobre la influencia de la variedad de cebada y el proceso de malteado en el contenido de lípidos de la malta terminada. Se utilizaron cinco muestras de cebada, cultivadas en Italia, que representan 4 cebada de primavera y 1 de cebada de invierno. Las muestras fueron micro-malteadas y analizadas. El objetivo de esta investigación fue verificar la influencia de diferentes variedades de cebada en el contenido de lípidos de la malta y también en los cambios en el perfil de ácidos grasos (FA) durante el proceso de malteado. Se evaluaron el contenido de lípidos y el perfil de FA. El análisis de componentes principales (PCA) se utilizó para

establecer relaciones entre las diferentes muestras. También se realizó una evaluación de la correlación entre el contenido de lípidos de las cebadas y la calidad de las maltas resultantes. Los datos mostraron que el contenido total de lípidos durante el proceso de malteado disminuyó significativamente a medida que la cebada se convertía en malta. Las diferentes variedades de cebada presentan diferentes contenidos de FA y diferentes patrones de FA. La correlación entre el contenido de lípidos de la cebada y la calidad de la malta resultante confirmó la influencia negativa de los lípidos (Bravi et al., 2012).

La cerveza es la segunda bebida fermentada más consumida en el mundo. La importación de cebada encarece la producción en Honduras por lo cual, el objetivo del estudio fue el desarrollo de una formulación de cerveza artesanal utilizando como malta base, maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja, seleccionando el mejor tratamiento para su caracterización fisicoquímica. Se usaron Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial, utilizando dos tipos de cerveza, ale y lager, dos tipos de edulcorante, azúcar y miel de abeja para carbonatación natural medidos al día cuatro y ocho. El uso del grano de maíz variedad tuxpeño malteado mostró ser eficiente en relación maíz y cebada (70:27%), sin embargo, se necesitó adicionar azúcar para aumentar la cantidad de azúcares disponibles para producir una cerveza artesanal con un grado alcohólico superior al 5%. El uso de miel de abeja para la carbonatación natural en botella fue influyente para una aceptación y preferencia superior a la carbonatada con azúcar. Las cervezas producidas con 70% de malta de maíz mostraron niveles aceptables en pH, color, grado alcohólico, gravedad específica, tiempo de retención de espuma categorizando dentro de los estilos Imperial Stout para Ale y Doppelbock para Lager. El uso de malta de maíz redujo considerablemente los costos de producción de cerveza artesanal para ambos estilos, por lo que permite competir con el mercado importado de cervezas artesanales (Mencia Sánchez & Pérez Gallegos, 2016).

El impacto de la variedad de lúpulo y el aroma de lúpulo en la intensidad de amargor percibido de la cerveza y el carácter se investigó mediante métodos

analíticos y sensoriales. Las cervezas hechas de extracto de malta se saltaron con 3 variedades de lúpulo distintivas (Hersbrucker, East Kent Goldings, Zeus) para lograr niveles equi-amargos. Un panel sensorial capacitado determinó el perfil de carácter de amargura de cada cerveza de un solo salto utilizando un nuevo léxico. Los resultados mostraron diferentes perfiles de caracteres de amargura para cada cerveza, y también se encontró que el aroma del lúpulo cambia los perfiles de carácter de amargura de la cerveza derivados de la variedad de lúpulo. Las evaluaciones de clasificación de rangos mostraron además el efecto significativo del aroma a lúpulo en los atributos de carácter de amargor clave seleccionados, al aumentar el amargor persistente y persistente, la astringencia y la intensidad de amargura a través de las interacciones de sabor cruzadas. Este estudio avanza en la comprensión de la complejidad de la percepción del sabor amargo de la cerveza al demostrar que la selección de la variedad de lúpulo y el aroma del lúpulo impactan significativamente en la intensidad percibida y en el carácter de este atributo sensorial clave (Oladokun *et al.*, 2017).

La elaboración con grandes fracciones, hasta el 100%, de granos crudos sin maltear de ciertas variedades de trigo mediterráneo, se ha demostrado experimentalmente como técnicamente viable, lo que lleva a que las cervezas conserven todas las características básicas de los productos tradicionales, además de mostrar cualidades potencialmente saludables, en términos de contenido total de polifenoles y actividad antioxidante, comparables al 100% de las cervezas de malta de cebada. La cerveza se ha convertido en la bebida alcohólica más consumida en todo el mundo y, aunque pocos jugadores globales y productos estandarizados dominan su mercado, las cervecerías artesanales se han extendido rápidamente en muchos países. Sin embargo, han surgido problemas graves sobre la sostenibilidad económica de las microcervecerías, principalmente debido a una alta inversión inicial de capital, costos de energía, escala y, en ocasiones, impuestos. Recientemente, se ha introducido una tecnología de elaboración avanzada, más barata y más eficiente basada en cavitación hidrodinámica controlada, cuya aplicabilidad a los granos crudos sin maltear de variedades

típicas de trigo viejo se demuestra experimentalmente, lo que lleva a resultados comparables con las técnicas tradicionales, pero a una fracción del costo, abriendo una nueva forma de aumentar la rentabilidad de las cervecerías artesanales. A su vez, la elaboración rentable de una fracción de las variedades antiguas de trigo podría representar un apoyo viable para la ampliación del cultivo respectivo, este último representa una condición necesaria para aliviar los problemas de sostenibilidad económica y mejorar la sostenibilidad ambiental. Junto con el alto valor nutricional y saludable de algunas variedades antiguas de trigo en comparación con las modernas, su propagación podría contribuir tanto a reducir la huella ambiental del sector de los cereales como a mejorar la salud pública, así como a contribuir a una perspectiva ambiental y ambiental. Cambio muy favorable de la dieta humana de proteínas de origen animal a proteínas de origen vegetal (Albanese et al., 2018).

Este estudio evalúa la ubicación del cultivo, el año, las condiciones del suelo y el fertilizante iniciador, y determina el rendimiento y la calidad de la cebada malteada. Se aplicó cromatografía líquida de alto rendimiento de exclusión por tamaño (SE-HPLC) para determinar la composición de la proteína en cebada madura y malteada. Los efectos de los tratamientos de fertilizantes iniciales sobre el rendimiento y la calidad de la cebada malteada se ocultaron en gran medida por el impacto de la ubicación de crecimiento y el año de cultivo en estos parámetros. Aquí, el rendimiento más alto y la concentración de proteína de grano más baja se encontraron en muestras cultivadas en suelo arenoso con precipitación adecuada y una temperatura del suelo relativamente baja (por debajo de 15-17 ° C) durante el llenado de grano. En los granos malteados, el cambio general en la composición de proteínas en relación con los granos maduros fue una disminución en las fracciones de proteínas polimerizadas y un aumento en proteínas más fácilmente extraíbles y más pequeñas. Sin embargo, las condiciones de cultivo impactaron los cambios en las fracciones de proteínas; las tasas de descomposición más altas de las proteínas polimerizadas se encontraron para muestras cultivadas en suelos arenosos con precipitación suficiente y una temperatura del suelo relativamente

baja (por debajo de 15-17 ° C) durante el llenado del grano. Por lo tanto, el suelo arenoso, la precipitación suficiente y la temperatura relativamente baja del suelo fueron los más beneficiosos tanto para el rendimiento de grano como para la calidad basada en proteínas de la cebada malteada (Holm et al., 2018).

Se determinó la posibilidad del uso de zumos de cereza de cornalina (CC) en la tecnología de elaboración de cerveza. Analizamos las propiedades fisicoquímicas básicas, la concentración de polifenoles e iridoides y la actividad antioxidante de la cerveza elaborada. La concentración de polifenoles totales (F-C) en la cerveza CC varió de 398,1 a 688,7 mg de cerveza GAE / l. La actividad antioxidante medida con los ensayos de DPPH% y FRAP fue la más alta en la cerveza con la adición de jugo de la variedad CC de fruta roja. Entre los iridoides identificados, el ácido logánico fue el compuesto predominante y su concentración más alta, que representa 184,6 mg de cerveza LA / L, se encontró en la cerveza con jugo hecho de la variedad CC de fruta de coral. Los polifenoles identificados incluían antocianinas y derivados de flavonol. La novedad de este estudio fue elaborar cervezas que contengan compuestos del grupo de iridoides (Kawa-Rygielska et al., 2019).

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Malta

El principal objetivo de los indicadores de producción es un ejemplo del suministro de enzimas que degradan el ataque, las proteínas y otros componentes de grano. Estos subsiguientes cambios enzimáticos brindan cantidades de azúcares de primera clase y las necesidades necesarias para apoyar el crecimiento (p. ej., aminoácidos y ácidos grasos) de los otros sustratos. También hay un importante atributo en el color y cuerpo final. Características de la cerveza terminada. Para producir cebada malteada, los granos de cebada se empapan por primera vez en 10–15 ° C de agua aireada y luego germina a 15–20 ° C durante 3 – 7 días. Durante este tiempo, la humedad de los mismos aumenta aproximadamente en un 45%. Al germinar, los brotes se eliminan, dejando el medio rico en α -amilasa, β -

amilasa, proteasas y sustratos respectivos. La malta se seca y se cuece al horno, en condiciones controladas que eliminan el agua sin inactivar las enzimas deseadas, hasta aproximadamente el 5% de humedad y molido. El sabor de la cerveza terminada puede verse influido por la cantidad de compuestos de sabor no enzimáticos y generados por el calor que se forman durante el proceso de secado. Las cervezas oscuras se hacen usando malta más oscura y sabrosa, mientras que la malta menos tostada se usa para elaborar cervezas más pálidas. La molienda expone el endospermo almidonado del grano, lo que hace que los carbohidratos estén más disponibles (Harrison & Albanese, 2017).

2.2.2. Operaciones principales de malteado

Las etapas del malteo son: remojo, germinación y secado; en todas son muy importantes los parámetros ambientales: temperatura, humedad y flujo de aire (Harrison & Albanese, 2017).

- a. **Remojo:** Para iniciar la germinación, la cebada requiere humedad de 40%, lo cual se logra en uno o 2 días, según la temperatura del agua; generalmente se usa a 40 o 45 °C. En la industria se alternan períodos con y sin agua, pero es indispensable airear para que el grano no se ahogue. El grano flotante se elimina. El remojo se detiene cuando el grano ha comenzado a puntear, es decir cuando las raicillas empiezan a aparecer.
- b. **Germinación:** Esta debe ser rápida, vigorosa y uniforme. La humedad ambiental debe ser de 92% y es necesario mover el grano del fondo a la superficie de los contenedores, periódicamente para oxigenarlo; generalmente se usan volteadores, para ello. Si es necesario, se riega también. En esta etapa la humedad sube a 45% en unos 4 días. Por el extremo opuesto al de las raicillas, es decir por el lado dorsal, sale la plúmula en la germinación; cuando ésta ha alcanzado el largo del grano se ha obtenido la “malta verde” y es el momento de detener la germinación.

- c. Secado:** Para detener el crecimiento de la plántula y conservar la actividad enzimática, la germinación se interrumpe mediante el secado, en el cual se reduce la humedad del grano de 45 % hasta 4 o 5 %, en unas 24 horas, mediante un proceso de 2 etapas, para evitar la inactivación de enzimas: la primera etapa se lleva a cabo a temperaturas de 55 a 60 °C, hasta llegar a 12 % de humedad; en la segunda etapa, se utilizan temperaturas entre 65 y 75 °C para alcanzar 4 o 5 % de humedad. El control de la temperatura es fundamental para conservar la actividad enzimática. Cuando la “malta verde” se seca se obtiene “malta pálida”. Cuando la “malta verde” se tuesta se obtiene “malta caramelo”. Cuando la “malta pálida” se tuesta se obtiene “malta negra” o “malta oscura”.
- d. Operaciones finales:** Después del secado y/o tostado, se hace una limpieza para eliminar raicillas, plúmulas y fragmentos. Finalmente, la malta se somete a una maduración, que consiste en almacenarla a temperatura ambiente durante 4 a 6 semanas, para asegurar que no continúen las reacciones en el interior de grano, lo cual reduciría la calidad de la malta al utilizarla.

2.2.3. Tipos de fermentación

Dependiendo de las clases de levaduras usadas en la elaboración de cerveza, se pueden clasificar en dos categorías: la cerveza de alta fermentación o Ale a una temperatura de 20 °C, y la cerveza de baja fermentación o Lager a una temperatura de 11 °C – 13 °C.

2.2.3.1. Fermentación alta o cerveza Ale

Son cervezas de fermentación alta, poseen más aroma a comparación de las Lager, dentro de su elaboración permite una gran combinación de ingredientes dando como resultado una mayor variedad de cervezas según su color y contenido alcohólico. Según como muestra la tabla 2. Las cervezas tipo ale utilizan una fermentación alta y su relación con el color, estilo o cuerpo es nula; en la cerveza influye el tipo y la cantidad de malta utilizada, la variedad del lúpulo y sus % de alfa-ácidos no

obstante también el tipo de maduración que experimente. Este tipo de cerveza ale utiliza cepas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, denominada en gran parte “de alta fermentación” (Vicente Norte, 2016).

2.2.3.2. Fermentación baja o cerveza Lager

Hay varias clases dependiendo de los insumos, color, contenido de alcohol y amargor, es una cerveza clara, rubia y brillante; con espuma pronunciada, permanente y blanca. Se perciben aromas ligeramente frutales y de poco amargor, con cuerpo ligero o medio y con un retrogusto agradable (Ojeda García, 2010).

La cerveza tipo lager cuenta con levaduras de fermentación inferior a temperaturas de 8 a 12°C, por ende, su fermentación es más limpia permitiendo un mayor énfasis en los sabores de malta (Deng *et al.*, 2018). Convirtiéndose hasta hoy una forma principal de cerveza en todo el mundo. El tiempo de fermentación en las cervezas tipo lager normalmente suelen extenderse por semanas a meses, por las bajas temperaturas. Las levaduras producen menos subproductos en la fermentación que son los que confieren sabor; por ende, se consideran las cervezas lager con los aromas y sabores más limpios y frescos a comparación de la Ale (Vicente Norte, 2016).

2.2.4. Características sensoriales

El pH y el oxígeno se consideran generalmente como los principales factores que influyen en la estabilidad organoléptica de la cerveza (François *et al.*, 2006).

Tabla 1

Diferencias sensoriales en cervezas Ale y Lager (Vicente Norte, 2016).

Ale	Lager
Sabores fuertes	Sabores ligeros
Afrutada y aromatizada	Carbonatada o crujiente
Sabor y aroma más complejos	Sabor y aroma más sutil equilibrado y limpio
Temperatura óptima de 7 a 12 °C	Temperatura óptima de 3 a 7 °C
Amargor de mayor intensidad	Más suave

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Cebada

La cebada cultivada, *Hordeum vulgare*, es un miembro de la familia de las gramíneas Poaceae. Se cree que la cebada se domesticó por primera vez hace unos 10.000 años a partir de su pariente silvestre *Hordeum spontaneum*. Hay evidencia de que la cebada se cultivó por primera vez en Israel – Jordania en el área de Fertile Crescent (Badr *et al.*, 2000) (con *H. spontaneum* aún se encuentra en esta región), y evidencia también de la domesticación de la cebada en el Tíbet (Wang *et al.*, 2015). La cebada es un pasto anual con tipos tanto de primavera como de invierno; los anuales de invierno se siembran en otoño y requieren un período de frío antes de que florezcan. Originalmente, la cebada antigua tenía dos hileras, pero las variedades modernas de cebada varían en la morfología de las espigas, con tipos de dos y seis filas. Tanto los tipos con y sin casco también están presentes entre los cultivares modernos. La cebada tiene un número de cromosoma diploide de 14 y se auto poliniza. En 2016/2017 la producción mundial de cebada fue de 145 millones de toneladas métricas. Esto coloca a la cebada en el cuarto lugar en términos de producción detrás del maíz, el trigo y el arroz. Los principales países productores de cebada son Rusia, Alemania, Francia, Ucrania, Australia y Canadá. La cebada es un cultivo muy adaptable y robusto que ahora es cultivada en más de 100 países en

todo el mundo. Aunque se cultiva principalmente en países templados, también se cultiva en algunas regiones tropicales. Al menos el 60% del cultivo de cebada se utiliza para la alimentación animal y el resto se utiliza para el consumo humano, principalmente en la industria cervecera. Fuera de su uso en la industria cervecera, la cebada ahora solo constituye un componente menor de la alimentación humana, excepto en regiones específicas del mundo como el Tíbet. Sin embargo, la cebada es una buena fuente de beta-glucano. Se cree que esta fibra soluble ofrece una gama de beneficios para la salud, incluida la reducción de los niveles de colesterol LDL, lo que hace que el cultivo sea cada vez más popular como alimento integral. La mutación genética ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de genotipos mejorados de cebada desde su primer uso en la década de 1930. Las últimas cuatro décadas han visto aumentos en los rendimientos de cebada del 60% en Europa. Esto se debe en gran parte al éxito en la obtención de cultivares más productivos con enfermedades más eficientes y resistencia a los insectos. Las prácticas agrícolas mejoradas también han jugado un papel importante (Friedt, 2011). El rendimiento promedio de la cebada fue de 6.1 toneladas por hectárea en el Reino Unido en 2017 (National Statistics, 2017).

2.3.1.1. Clasificación taxonómica

La cebada pertenece a la subfamilia poideae, dentro de la familia poaceae e incluye plantas cultivadas y espontaneas. Todos los tipos cultivados se agrupan en una sola especie poliforma *Hordeum vulgare* (Mateo Box, 2005). La clasificación taxonómica de la cebada es la siguiente (Pérez-Ruiz et al., 2015):

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Liliopsida

Orden : Poales

Familia : Poaceae

Género : *Hordeum*

Especie : *Hordeum vulgare* L.

2.3.1.2. Morfología del grano de cebada

El grano de cebada está compuesto por la cascarilla, la raquilla y el fruto; el fruto, a su vez, está formado por: el pericarpio que es la envoltura de la semilla, el endospermo que es la parte con alto contenido de almidón, y el embrión a partir del cual se desarrolla la nueva planta en la germinación (Mateo Box, 2005).

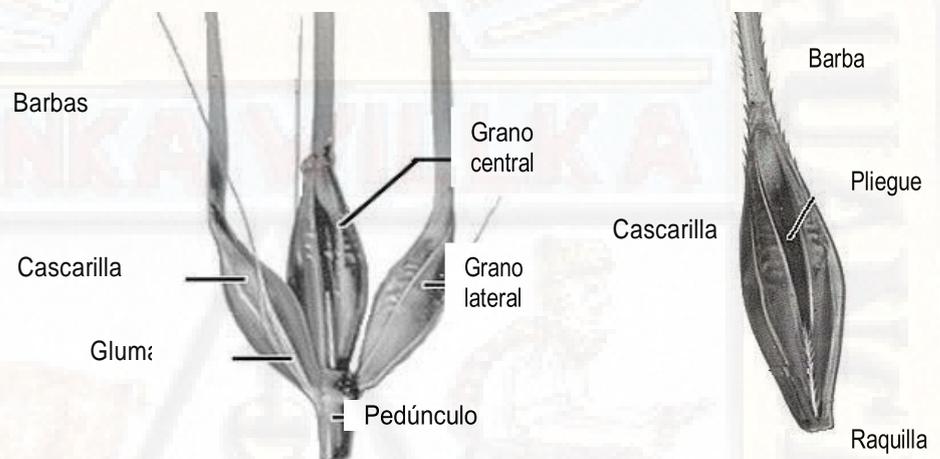


Figura 1. Morfología de la cebada (Mateo Box, 2005).

2.3.1.3. Variedades de cebada

Las siguientes variedades que se encuentran en la región de Huancavelica son:

- UNA-80
- Puka puncho
- Centenario
- Yanabarba

2.3.2. 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, 2019).

Tabla 2

Diferencia en la cerveza Industrial y Artesanal

Cerveza industrial	Cerveza artesanal
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 ₂	CO ₂ generado por las levaduras
Contiene aditivos químicos	Propiedades organolépticas cuidadas
Pasteurización (consecuentemente pierde ciertas propiedades)	Gran variedad e innovación

2.3.3. Levaduras

La utilización de las levaduras para la fermentación industrial de alimentos y bebidas se ha diversificado, existiendo numerosas cepas diferentes para cada proceso de fermentación específico. Gallone *et al.* (2018) explican que la naturaleza y el alcance de la diversidad fenotípica y genética, y las adaptaciones específicas de los nicho industriales empiezan aclarándose para el adomesticamiento para las levaduras; tal es el caso de las *Saccharomyces* donde la domesticación es más pronunciada en cepas de cerveza, probablemente porque viven continuamente en su nicho industrial, permitiendo sólo la mezcla genética limitada con las poblaciones silvestres y un mínimo contacto con los ambientes naturales; como resultado los genomas de levadura de cerveza muestran patrones complejos de domesticación y divergencia, haciendo que las productores de ale (*S. cerevisiae*) y lager (*S. pastorianus*) sean ideales para su estudio de domesticación y, más generalmente, mecanismos genéticos subyacentes a la rápida adaptación que presentan a nuevos nichos.

2.3.4. Lúpulo

El lúpulo es una planta utilizada como insumo en la cervecería por su poder amargo que lo confiere la lupulina (gránulos amarillos presentes en la flor), son ácidos amargos cristalizables. Siendo estos oxidables y se polimerizan con facilidad resultando en la pérdida de su poder amargo, siendo el oxígeno, temperatura y humedad factores que aceleran el proceso, por ende, su conservación depende de dichos factores. En su almacenamiento es recomendable lugares de 0 °C (Carvajal & Insuasti, 2010).

2.4. Definición de términos

Cebada: La cebada es un alimento energético, con alto contenido en carbohidratos, en la cual se halla el almidón de forma insoluble; por ende, en el proceso de malteo estos azúcares (almidón) se transforman en azúcares fermentales que se requieren básicamente para la elaboración de cerveza (García, 2015).

Malta: Es el producto al cual se somete el cereal a un proceso de germinación controlada (teniendo en cuenta Humedad, tiempo, Temperatura), posteriormente secado, tostado y triturado utilizada para elaborar cerveza (García, 2015).

Cerveza: El proceso natural de la cerveza por sus insumos principales (cereales, agua, levaduras y lúpulo), contiene características nutricionales la cual la hacen una bebida fermentada sana y nutritiva (Rodríguez Cárdenas, 2003).

Lúpulo: El lúpulo es una planta utilizada como insumo en la cervecería por su poder amargo que lo confiere la lupulina (gránulos amarillos presentes en la flor), son ácidos amargos cristalizables (Carvajal & Insuasti, 2010).

Cerveza tipo Ale: Existe gran variedad de cerveza en el mundo, prácticamente todas las variedades de cerveza se logran dividir en dos formas principales tomando en cuenta el tipo de levadura utilizada en el proceso y la temperatura de fermentación, se obtiene las cervezas tipo Ale y tipo Lager (Deng *et al.*, 2018). En la actualidad se conocen dos grandes grupos, cervezas tipo Ale y Lager teniendo

una su clasificación de estilos que tienen relación por su color, composición y grado de alcohol. La distinción que se hace a las cervezas según la fermentación que está presente; fermentación alta (Ale) o baja (Lager), las características principales que las diferencia son: el tipo de levaduras que se utilizan (levaduras de fermentación altas o bajas), la temperatura de fermentación y, finalmente, en la forma en que, una vez finalizada la fermentación se recolecta la levadura, para separarla del mosto fermentado o cerveza joven (Cruz Tandaypan & Luján Corro, 2010).

2.5. Hipótesis

Es posible obtener una cerveza artesanal de buena calidad para cuatro variedades cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivadas en Huancavelica.

2.6. Variables

Las variables independientes que a continuación se presentan no tienen niveles, puesto que este es un trabajo de investigación de descriptivo. Las variables dependientes que se medirán serán comparadas con la norma técnica peruana correspondiente, para observar si cumple con los requisitos mínimos.

2.6.1. Malta

Variables independientes

- Variedad de cebada

Variables dependientes (Norma técnica peruana 205.016 1980 revisada el 2014)

- Humedad de la malta
- Calibre de grano
- Porcentaje de grado sano
- Porcentaje de impurezas
- Poder germinativo

2.6.2. Cerveza

Variables independientes

- Variedad de cebada

VARIABLES DEPENDIENTES

Características fisicoquímicas según la norma 213.014 2016

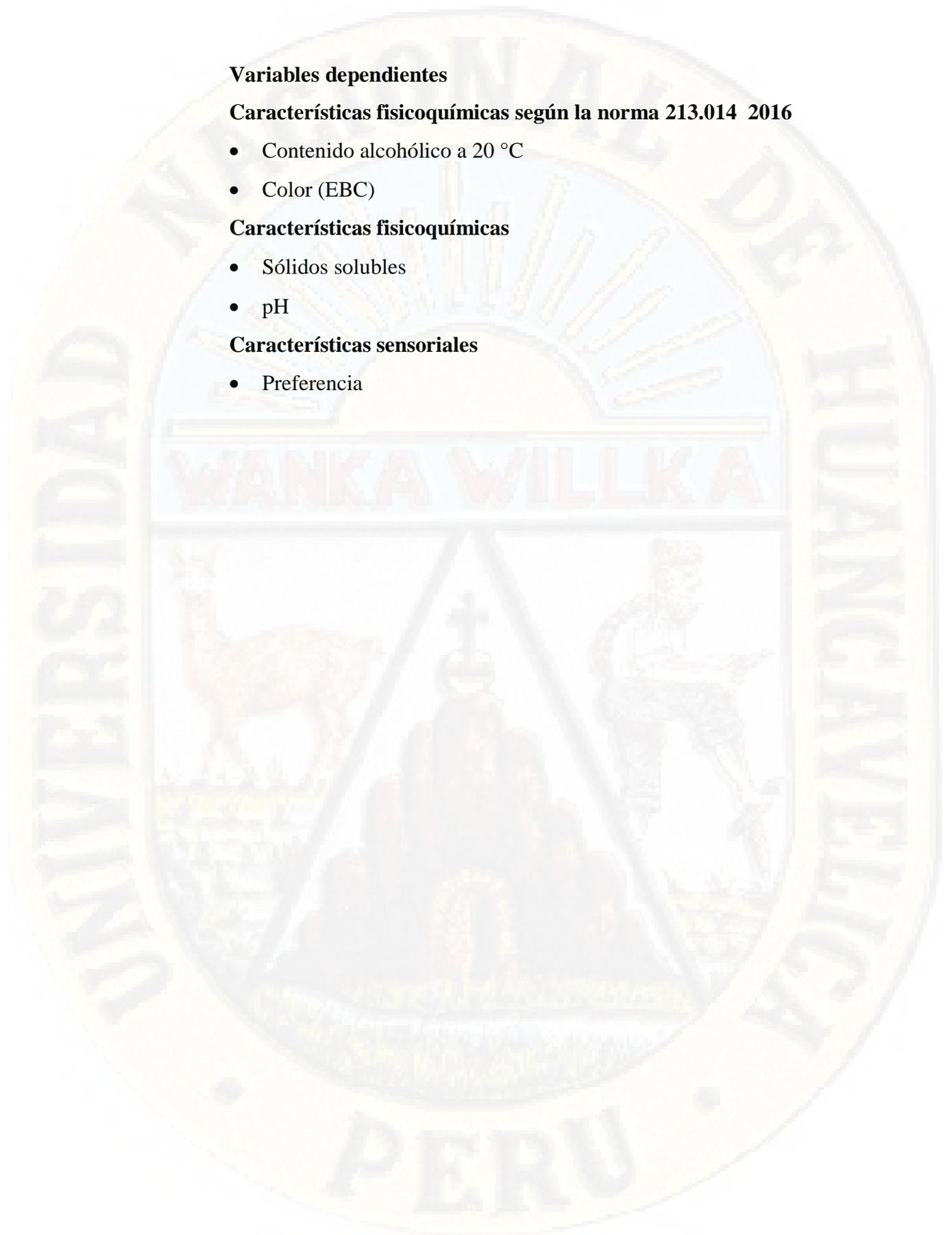
- Contenido alcohólico a 20 °C
- Color (EBC)

Características fisicoquímicas

- Sólidos solubles
- pH

Características sensoriales

- Preferencia



2.7. Operacionalización de variables

Tabla 3

Definición operativa de variables (Dependientes).

Variables	Unidad	Fuente y/o instrumento
Variable independiente		
Variedad de cebada	UNA-80	INIA
	Puka puncho	
	Centenario	
	Yanabarba	
Malta		
Humedad de la malta	% de humedad	Norma técnica
Porcentaje de grado sano	% grado sano	peruana
Porcentaje de impurezas	% impurezas	205.016 1980
Poder germinativo	% grano sano germinado	revisada el 2014
Cerveza		
Contenido alcohólico a 20 °C	% Volumen	NTP 213.014
Color (EBC)	EBC	2016
Sólidos solubles	Grados Brix	Refractómetro
pH	Adimensional	Potenciómetro
Evaluación sensorial	Preferencia	Prueba de ordenamiento

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito temporal y espacial

El experimento se realizó con materia prima cultivada en la región Huancavelica. La ejecución se realizó en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales y Análisis instrumental 2 en la filial Acobamba de la Universidad Nacional de Huancavelica. Dicho trabajo se inició el mes de julio hasta diciembre del 2019.

3.2. Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo básica.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación fue descriptivo.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Se utilizaron semillas de cebada cultivadas en la provincia de Acobamba, región Huancavelica.

3.4.2. Muestra

Se usaron 18 kg de cebada: Centenario, Yanabarba, UNA – 80 y Puka puncho.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Diseño de Investigación

El diseño a utilizar fue el Diseño Cuasiexperimental, en los cuasiexperimentos no se asignan al azar los sujetos a los grupos experimentales, sino que se trabaja con grupos intactos. Los cuasiexperimentos alcanzan validez interna en la medida en que demuestran la equivalencia inicial de los casos, fenómenos o grupos participantes y la equivalencia en el proceso de experimentación (Hernández et al., 2013).

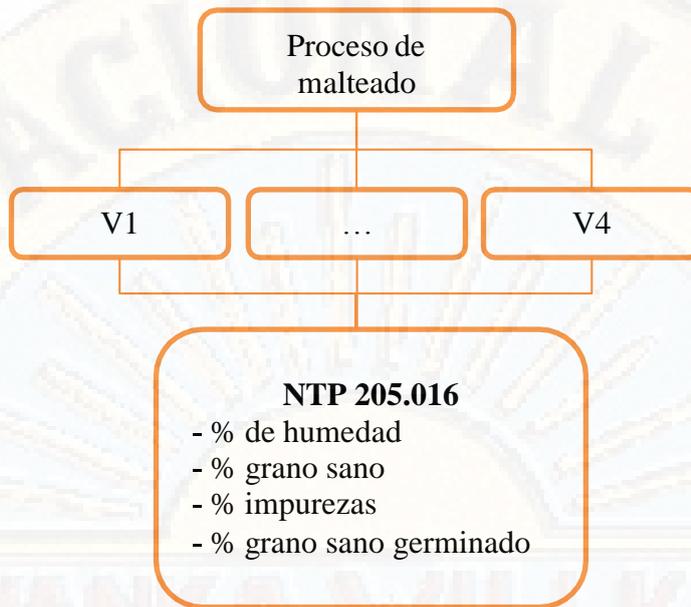


Figura 2. Diseño Cuasiexperimental para el malteado.

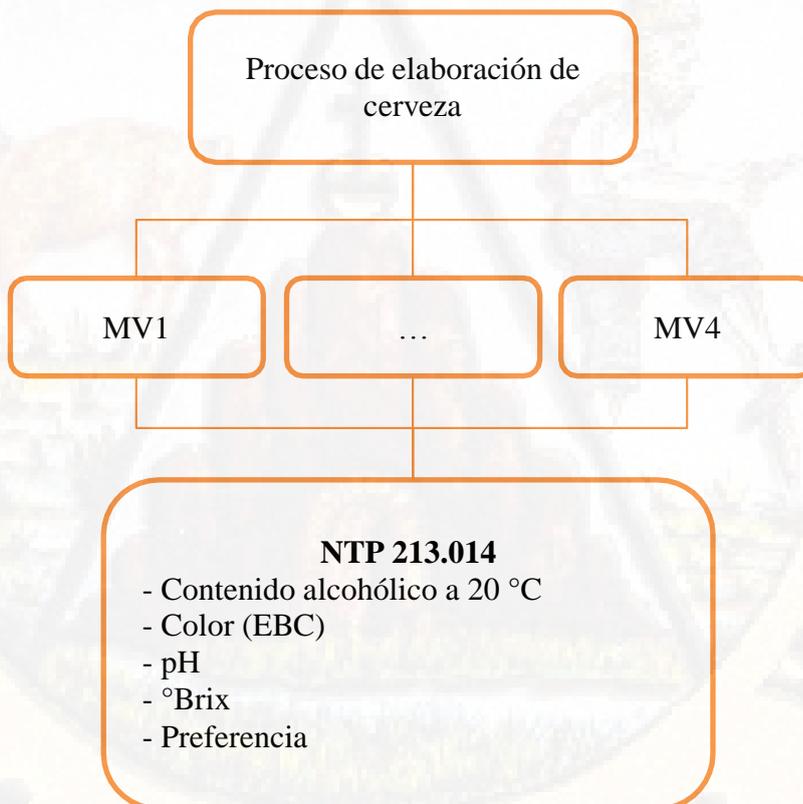


Figura 3. Diseño Cuasiexperimental para la elaboración de cerveza.

3.5.2. Procedimiento de malteado

Descripción del proceso

- a. **Recepción de cebada:** se adquirió la materia prima de las variedades: Centenario, Puka puncho, UNA 80 y Yanabarba.
- b. **Selección:** Se separaron los granos buenos de los malos.
- c. **Limpieza:** se retiraron las impurezas (piedrecillas, pajas, hojas, etc.) de una forma manual.
- d. **Lavado:** los granos de cebada pasaron por un lavado manual con agua tratada, eliminándose la tierra u otros tipos de suciedad presente en la materia prima.
- e. **Hidratado:** los granos de cebada en la operación de hidratación, se colocaron por un tiempo de 12 horas, suministrando previamente una cantidad de agua tratada, hasta adquirir la humedad necesaria para su germinación a una temperatura de 18 °C (Joaquín, 2018).
- f. **Germinado:** se colocaron los granos sobre unas bandejas durante 72 a 96 h, hasta obtener un germen de $\frac{3}{4}$ de la longitud del grano de cebada (Joaquín, 2018).
- g. **Secado:** se secaron los granos a 60 °C por un tiempo de 16 horas. Con la finalidad de detener la actividad enzimática y reducir humedad de la malta a menos de 12 % se llegó a secar a una temperatura de 100 °C por 1 hora aproximadamente, con pausas de 1 min para homogenizar los granos con la temperatura moviéndolo obteniendo un mejor secado, todo esto se realizó cada 15 min (Velasco, 2007). Luego de este proceso se pasa a moler a 80 mesh (Joaquín, 2018).
- h. **Envasado:** se realizó en bolsa termosellable hasta que se usó en la elaboración de cerveza.



Figura 4. Flujograma de malteado

3.5.3. Procedimiento de elaboración de cerveza tipo Ale

A continuación, se describe cada operación del flujograma de proceso para elaboración de cerveza tipo Ale.

Descripción del proceso

- a. **Pesado:** Se utilizaron 4 tipos de malta de cebada, esta operación se llevó a cabo en una balanza de precisión de acuerdo a la proporción 1:4 (malta: agua) (De Mesones, 2005).
- b. **Molienda:** Se trituró la malta en 5 partes por grano; en un molino manual de tornillo; se consideró triturar las maltas evitando que la cáscara sufra el mayor daño posible puesto que esta sirva para formar un lecho filtrante para el filtrado del mosto (Obregón, 2010).
- c. **Mezclado:** La malta triturada se agregó sobre una bolsa de macerado adecuada para el proceso de maceración, colocando la malta molida sobre la rejilla interna de acero inoxidable en la olla de maceración. El

mezclado se realizó con agua tratada a una temperatura inicial de 50 °C. El mezclado se hará a una temperatura de 60 °C.

- d. Macerado:** se convirtió el almidón en azúcares fermentables, se utilizaron 3 tiempos para la extracción de diferentes componentes de la malta, para extraer las gluconasas y proteasas a una temperatura de 40 a 60 °C por un reposo aproximado de 10 min, para la extracción de las beta-amilasas se optó por una temperatura de 63 a 70 °C por un reposo aproximado de 30 min y para la extracción de las alfa-amilasas a una temperatura de 71 a 80 °C por un reposo aproximado de 30 min, se recomienda un tiempo de 60 a 90 min removiendo constantemente cada 10 minutos, mantener la temperatura 62 – 74 °C (rango de actuación de las amilasas) (Velasco, 2007).
- e. Filtrado y Lavado:** esta operación se realizó extrayendo la bolsa filtrante con los restos de las maltas y lavando con agua a una temperatura de 75 °C para recuperar una parte de mosto que retiene los residuos de la malta (bagazo), en la mayor cantidad posible hasta obtener el mosto cervecero (Joaquín Lizárraga, 2018).
- f. Cocción:** el mosto cervecero filtrado se llevó a la olla de maceración, a una ebullición fuerte durante 60 min; se debe llevar a los 90 °C por 90 min (Rodríguez Cruz, 2015). Al inicio de la ebullición se agregó el lúpulo confiriéndole el amargor característico de la cerveza, sabor y aromas respectivos (Carvajal & Insuasti, 2010).
- g. Enfriado:** este proceso se realizó hasta obtener una temperatura de fermentación de 20 – 23 °C, se tomaron los datos correspondientes del caldo (Densidad, sólidos solubles y pH) y posteriormente trasvasó el mosto al fermentador. Se recomienda utilizar el método a la australiana; que consiste en trasladar el mosto con temperatura de cocción al fermentador y dejarlo reposar 24 horas (o tiempo necesario) cerrado herméticamente, hasta que se enfríe. Tener en cuenta desinfectar el fermentador antes de trasvasar el mosto; la cantidad ideal a diluir es de 4

g/L si se dispone de chemipro OXI; cerrar el fermentador y agitarlo con fuerza (Vera Rey, 2019).

- h. Oxigenación e inoculación:** Cuando se obtuvo el mosto cervecero a una temperatura de 40 °C se extrajo 40 mL en un Backer con tapa rosca para acelerar el enfriado a temperatura de 23 °C e inocularon las levaduras Safale S-04 la cual se dejó reposar por unos 15 – 30 min antes de agregar al fermentador con el resto del mosto cervecero, de la misma manera, se recomienda diluir las levaduras en un recipiente aparte en donde previamente se adicionará 1 L de mosto a 20 °C, agitándose constantemente por un tiempo de 15 minutos, para activar las levaduras; posteriormente dejar reposar las levaduras por un periodo de 15 minutos para que se adecuen al medio (De Mesones, 2005).
- i. Fermentación:** Se agregaron las levaduras inoculadas y se tapó el fermentador colocando su airlock, se recomienda que en este proceso se agreguen las levaduras sin inocular sobre el mosto, que posteriormente se oxigenarán durante el traslado del mosto, tapar el fermentador y colocar el airlock (Vera Rey, 2019). El tiempo que las cepas empiezan a fermentar es entre 12 – 24 horas; la fermentación tomó de 4 a 7 días en cervezas de tipo Ale, considerando una temperatura de 18 °C en promedio (Vera Rey, 2019), logrando así culminar la 1° fermentación.
- j. Trasiego:** se trasegó a una olla para evitar el traslado de sedimentos.
- k. Embotellado:** en este proceso el mosto filtrado y fermentado, se pasó a envasar en botellas de vidrio de color ámbar de 330 mL, las cuales se desinfectaron con agua hervida y luego con alcohol de 70° previamente; se recomienda agregarle una solución de sacarosa en la relación de 3 g sacarosa/L cerveza (Vílchez, 2005). Este proceso es conocido por carbonatación natural. Posteriormente enchaparon las botellas correspondientes.
- l. Maduración:** se realizó en las botellas a una temperatura de 18 °C por un periodo de 20 días, en este proceso se realizó en las botellas llenas

durante un periodo de 5 días a 20 °C con el propósito de que las levaduras vuelvan a fermentar y produzcan CO₂ (Obregón, 2010).

3.5.4. Determinación de características de la malta

- a. **Humedad de la malta:** según la norma técnica nacional 21:02-003 Cereales y Menestras. Determinación del contenido de humedad. Método usual. Se podrá determinar la humedad empleando un sistema eléctrico u otro aparato, que garantice las lecturas de no más de 0,5% de diferencia, con el método práctico mencionado anteriormente.
- b. **Porcentaje de grano sano:** según la norma técnica nacional 205.029 Cereales y Menestras. Análisis físicos.
- c. **Porcentaje de impurezas:** según la norma técnica nacional 205.029 Cereales y Menestras. Análisis físicos.
- d. **Poder germinativo:** según la norma técnica nacional 21:02-016 Cereales y Menestras. Determinación de la germinación de cebada.

3.5.5. Determinación de características fisicoquímicas de la cerveza

1. **Contenido alcohólico a 20 °C:** según la norma técnica 213.004:2015 Cerveza. Determinación de alcohol en cerveza por destilación.
2. **Color (EBC):** según la norma técnica 213.027:2016 Cerveza. Método espectrofotométrico para la determinación del color.
3. **Sólidos solubles:** se determinó con un refractómetro HANNA.
4. **pH:** se determinó con un potenciómetro HANNA.

3.5.6. Determinación de características sensoriales de la cerveza

Se determinó la preferencia usando la prueba de ordenamiento o ranking (Anzaldúa, 1994).

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

La técnica de procesamiento y análisis de datos se hizo a través de estadística descriptiva usando MS Excel.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Características de la malta

Para determinar la calidad de la malta obtenida, los resultados obtenidos fueron comparados con los requisitos de la Norma Técnica Peruana para Cebada Maltera NTP 205.016 1980 (revisada el 2014).

Tabla 4

Humedad de malta

Variedad	% H
Centenario	11,6 ± 0,31 ^a
Yanabarba	8,8 ± 0,29 ^b
UNA – 80	12,0 ± 0,85 ^a
Puka puncho	12,2 ± 0,63 ^a

La tabla 4 muestra los resultados de humedad de la malta de las cuatro variedades de cebada en estudio, se puede observar que, se mantuvo en un rango de 8,8 a 12,2 % de humedad (Figura 5), siendo mayor para la variedad Puka puncho, y menor para Yanabarba, este último mostró diferencias significativas con respecto a las otras tres maltas.

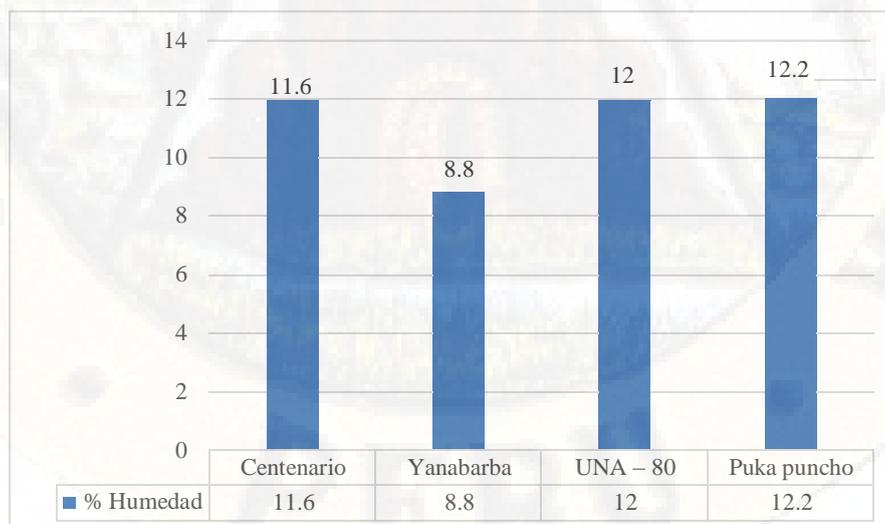


Figura 5. Contenido en humedad de la malta

Comparando los resultados obtenidos con la norma estos resultados están por debajo de la humedad máxima permisible (14,5 %). Es preciso señalar que, los niveles más altos de humedad inducen modificaciones más rápidas en la cebada, pero se producen mayores pérdidas (Briggs, 1978).

Es preciso señalar que, todos los granos de cereales pueden someterse a malteado, pero la cebada es particularmente adecuada porque los pálicos adherentes (lema y pálea) brindan protección a la plúmula en desarrollo, o acrospire, contra daños durante la manipulación necesaria de los granos en germinación. Además, la cáscara (pálida) proporciona una ayuda para la filtración cuando el licor de malta se elimina del residuo de los componentes insolubles del grano. Una ventaja de la cebada radica en la firmeza del grano con un alto contenido de humedad.

Tabla 5

Análisis de varianza de contenido en humedad de malta

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Variedad	3	22,650	7,5500	23,24	0,00*
Error	8	2,599	0,3249		
Total	11	25,249			

*Significativo a $\alpha = 0,05$

La prueba de hipótesis (Tabla 5) muestra que, hubo diferencias significativas en la humedad de la malta ($p < 0,05$), y se confirma con la prueba de Tukey que indicó que la humedad de Yanabarba es la única diferente a las demás, y es la que se encuentra en menor valor. Para entender los valores de humedad en la malta, se debe analizar que, en primer lugar, la cebada seleccionada se "macera", generalmente por inmersión en agua, durante un período elegido para lograr un nivel de humedad particular en el grano, en esta investigación fue de 8 horas, para no "ahogar" la cebada. El agua se drena del grano, que luego germina. Las condiciones se regulan para mantener el grano fresco (generalmente por debajo de 18 °C) y minimizar las pérdidas de agua. A medida que el grano germina, el coleoptilo (acrospire) crece debajo de la cáscara y el pericarpio, mientras que el

"chit" (vainita de la raíz) aparece en la base del grano, que se divide por las raicillas emergentes (Rosentrater & Evers, 2018). En la operación final del malteado, se da la reducción de humedad final de la malta está ligada al horneado final en el secado, cuyos objetivos adicionales son detener el crecimiento botánico, la modificación interna de la cebada, y desarrollar compuestos de color y sabor en la malta (Rosentrater & Evers, 2018). En este proceso se hizo en dos etapas: una primera se secó a temperatura baja 60 °C y largo tiempo 16 horas (para estabilizar la malta) y una segunda etapa donde se sometió a alta temperatura (100 °C) pero corto tiempo (1 hora) con el fin de desarrollar aromas y colores deseables, en una cerveza de tipo Ale.

La tabla 6 muestra otro parámetro de calidad de malta cervecera como es el porcentaje de grano sano. En este caso todas las maltas mostraron niveles superiores a los exigidos por la norma (Figura 6) similares a una calidad de grado I (95,1%).

Tabla 6

Porcentaje de grano sano de la malta

Variedad	% Grano sano
Centenario	99,2
Yanabarba	98,5
UNA – 80	99,6
Puka puncho	99,5

Es preciso comprender que, el grano de cebada tiene varios componentes: el embrión, el endospermo, el escutelo, la aleurona y la cáscara. En el grano intacto, el agua ingresa al grano y al embrión a través del micropilo. El embrión es la parte viva en términos metabólicos y el endospermo es la fuente inicial de nutrición almacenada para impulsar el crecimiento; es por esta razón que, los granos de cebada para malta deben mantener su integridad, pues de otra forma no podrían germinar (MacLeod & Evans, 2015). Muchos no valoran esta variable como informativa, hasta que se dan cuenta que realmente, todos los granos pueden

maltearse, sin embargo, estos deben contener la plúmula, que es especialmente importante para la germinación, sin ella no existiría este proceso (Rosentrater & Evers, 2018). He aquí la importancia de medir esta variable.

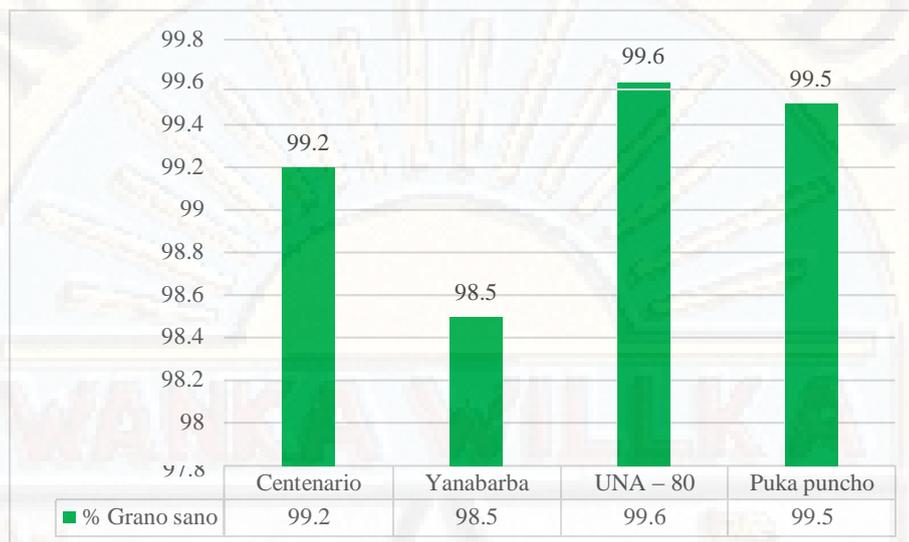


Figura 6. Porcentaje de grano sano de la malta

La tabla 7 muestra el porcentaje de impurezas, es preciso señalar que se entiende como impurezas el contenido de granos partidos y de materias extrañas como restos de cosecha, piedras o tierra.

Tabla 7

Porcentaje de impurezas de la malta

Variedad	% Impurezas
Centenario	0,8
Yanabarba	1,5
UNA - 80	0,4
Puka puncho	0,5

Este contenido de impurezas se encuentra por debajo del máximo permisible (4,5 % para grado I), aunque es notable que la variedad Yanabarba muestra mayor cantidad con respecto al resto de variedades (Figura 7), es una variedad local muy usada con fines de molienda para harinas en esta zona (Escobar Layme, 2013). La importancia de esta variable radica en dos temas importantes: el rendimiento

disminuye proporcionalmente al mayor contenido de impurezas, y por otro lado, la calidad de una buena malta se basa en su buena presentación, que es inversamente proporcional al contenido de impurezas.

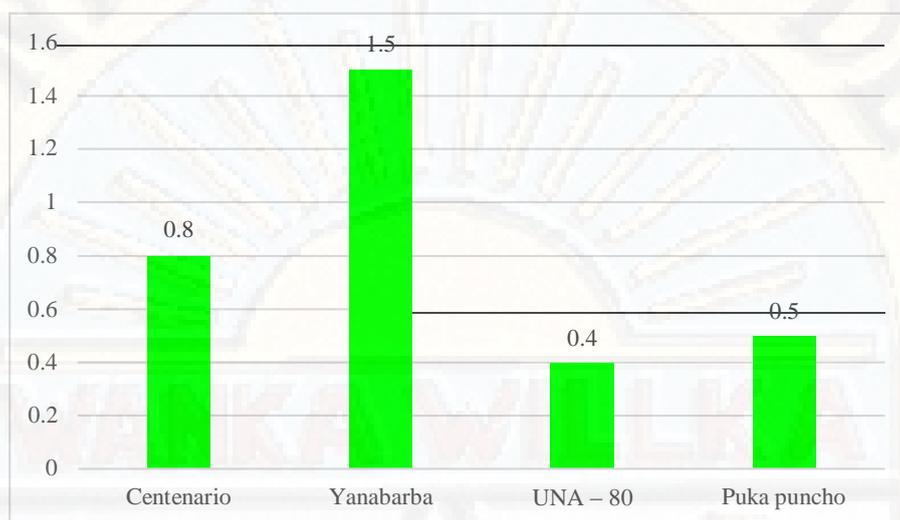


Figura 7. Porcentaje de impurezas de malta

El poder germinativo de las variedades de cebada estudiadas se muestra en la tabla 8. La capacidad de germinación se da cuantificando los granos que germinaron en el lapso de 168 horas, según la norma técnica peruana, siendo para la malta grado I y II de 95% y para la malta grado III y IV de 90%.

Tabla 8

Poder germinativo de la malta

Variety	% Grano germinado
Centenario	96,60 ± 0,57 ^a
Yanabarba	76,64 ± 3,28 ^b
UNA - 80	95,50 ± 0,72 ^a
Puka puncho	78,10 ± 2,38 ^b

La variedad Centenario mostró un poder germinativo de 96,60 ± 0,57 %, y como es una espiga de dos hileras (Collantes González, 2007), podría clasificarse como grado I, puesto que su valor está por encima de su valor mínimo permisible (95%). La variedad UNA - 80 es una variedad cuya espiga posee seis hileras (Quispe

Inga, 2016) y su poder germinativo fue de $95,50 \pm 0,72$ %, siendo muy similar al 95% como mínimo en una malta de grado I, según la norma.

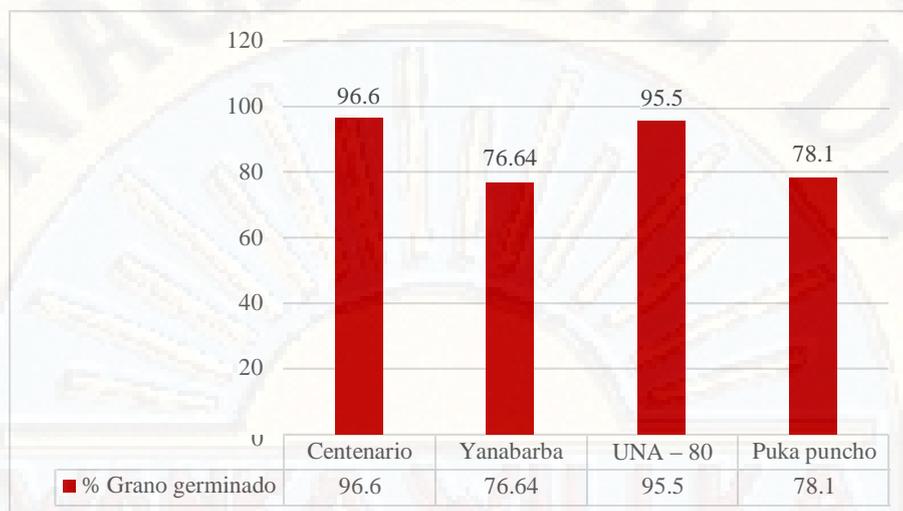


Figura 8. Poder germinativo de malta

Esto ubica a esta segunda variedad en dicha calidad. Las pruebas críticas para la cebada malteada son aquellas que determinan la viabilidad, la latencia, la energía germinativa y la sensibilidad al agua del grano (MacLeod & Evans, 2015). El análisis estadístico indica también que estas dos variedades, Centenario y UNA-80 son iguales, y a su vez son diferentes a las otras dos variedades en estudio, Yanabarba y Puka puncho (Figura 8).

Tabla 9

Análisis de varianza de poder germinativo de malta

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Variedad	3	1051,84	350,613	81,23	0,00*
Error	8	34,53	4,317		
Total	11	1086,37			

*Significativo a $\alpha = 0,05$

La tabla 9 muestra que, existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en el poder germinativo de las cuatro variedades de cebada. Estas dos últimas variedades no encajan en ninguna clasificación de la norma técnica (Yanabarba y Puka puncho).

Se requieren cuatro características de un tipo de cebada maltera (Harrison & Albanese, 2017; MacLeod & Evans, 2015; Rosentrater & Evers, 2018):

1. Alta capacidad de germinación y energía, con adecuada enzimática actividad.
2. Capacidad de los granos modificados por el malteado para producir un máximo de extracto cuando se machacan antes de la fermentación.
3. Bajo contenido de cascarilla.
4. Alto contenido en almidón y bajo contenido de proteínas.

Estas cualidades pueden verse afectadas por la cría y la manipulación, así como por factores genéticos: la pérdida de la capacidad de germinación puede resultar de daño al embrión durante la trilla o sobrecalentamiento durante el secado o almacenamiento. Siempre que los granos estén maduros, libres de infestación por hongos e intactos, el rendimiento del extracto de malta debe estar directamente relacionado con el contenido de almidón (Rosentrater & Evers, 2018).

4.2. Características de la cerveza

El contenido alcohólico de la cerveza obtenida para cada variedad se presenta en la tabla 10, se puede observar que estuvo en un rango de 0,20 a 1,70 % (V/V). Según la norma técnica una cerveza con alcohol debe tener como mínimo un contenido de 0,5 % (V/V), de acuerdo con esto, la cerveza de las variedades: Centenario ($1,10 \pm 0,13$ %), Yanabarba ($1,50 \pm 0,17$ %) y UNA-80 ($1,70 \pm 0,42$ %), solamente cumplen con este requisito (Figura 9). Estadísticamente la cerveza de Centenario y Yanabarba son similares, y Yanabarba con UNA-80, también son similares en contenido de alcohol.

Tabla 10

Contenido alcohólico de cerveza a 20 °C

Variedad	% (V/V)
Centenario	$1,10 \pm 0,13$ ^a
Yanabarba	$1,50 \pm 0,17$ ^{a, b}
UNA – 80	$1,70 \pm 0,42$ ^b
Puka puncho	$0,20 \pm 0,03$ ^c

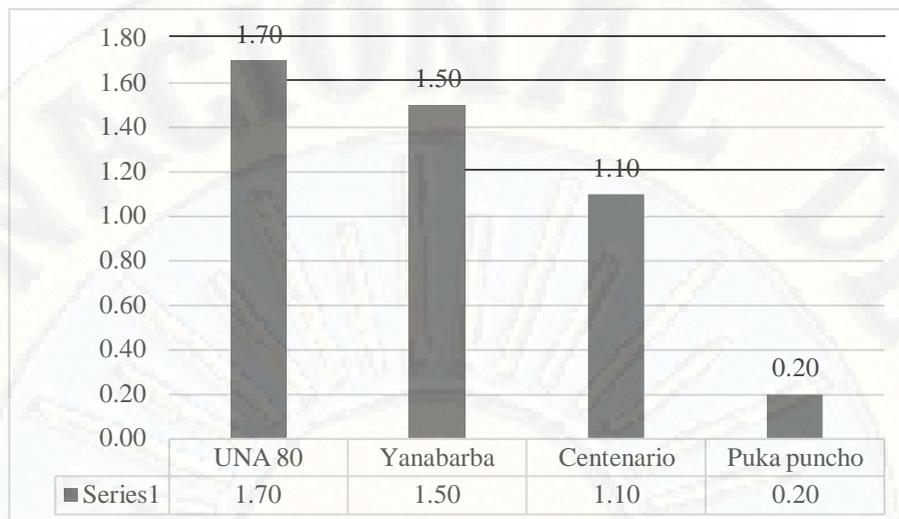


Figura 9. Contenido alcohólico de cerveza a 20 °C

En la tabla 11 se puede observar que, el contenido alcohólico fue estadísticamente diferente entre las cuatro variedades. El contenido de alcohol depende de la carga de carbohidratos inicial que la levadura puede convertir durante el paso de fermentación en alcohol etílico y dióxido de carbono (Harrison & Albanese, 2017). Por otro lado, el material toscamente molido, al hidratarse con licor de cerveza (es decir, agua, sales, azúcares, jarabes, etc.), produce un extracto de cervecero a partir de los materiales solubles en la malta y un lecho de filtración de la cáscara. La calidad del lecho filtrante depende del tamaño de la cáscara (Rosentrater & Evers, 2018). La disponibilidad de los azúcares es otro factor que influye en el contenido alcohólico de la cerveza, para mejorar se pueden usar técnicas como pre tratamientos que permitan aumentar el extracto en el mosto, tal como el ultrasonido (Deng *et al.*, 2018).

Tabla 11

Análisis de varianza de contenido alcohólico de cerveza a 20 °C

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Variedad	3	6,6375	2,2125	38,56	0,00*
Error	16	0,9180	0,05738		
Total	19	7,5555			

*Significativo a $\alpha = 0,05$

La tabla 12 muestra los resultados de color de la cerveza, y es notable que, se encuentra en un rango de 7,87 a 28 unidades EBC (Figura 10). De acuerdo, con la norma técnica peruana, las cervezas claras son aquellas que tienen menos de 30 unidades EBC, por lo tanto, estas cuatro variedades proporcionan una “cerveza clara”.

Tabla 12

Color de cerveza en unidades EBC

Variedad	Color (EBC)
Centenario	28,00 ± 0,13 ^a
Yanabarba	15,75 ± 0,17 ^b
UNA – 80	13,65 ± 0,43 ^c
Puka puncho	7,87 ± 0,03 ^d

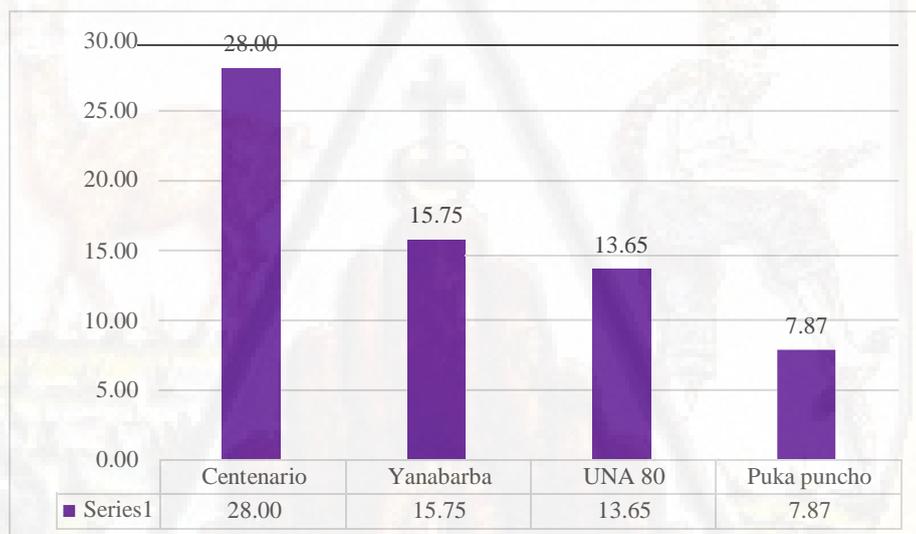


Figura 10. Color de cerveza en unidades EBC

La tabla 13 muestra el análisis de varianza de color de cerveza en unidades EBC, y se demostró que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el color de las cervezas, que mediante la prueba de Tukey se verificó que fue diferente entre las cuatro variedades. La malta también contribuye en gran medida al color final de la cerveza terminada; también se observan alteraciones en el color (cambio de ámbar claro a ámbar oscuro) durante el macerado; por otro lado, la adición de lúpulo también mejora el desarrollo del color y la maduración es el último paso

que permite que la cerveza desarrolle su sabor final, color y características corporales (Harrison & Albanese, 2017).

Tabla 13

Análisis de varianza de color de cerveza en unidades EBC

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Variedad	3	1076,39	358,80	6253,56	0,00*
Error	16	0,92	0,057		
Total	19	1077,31			

*Significativo a $\alpha = 0,05$

Una forma de mejorar el color final de la cerveza es el uso de técnicas emergentes como el ultrasonido. El considerable interés en el ultrasonido se debe a sus impactos prometedores en el procesamiento y conservación de la cerveza, 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, Rombaut, Meullemiestre, *et al.*, 2017; Chemat, Rombaut, Sicaire, *et al.*, 2017; Chemat & Khan, 2011).

El contenido en sólidos solubles de la cerveza al final del proceso de maduración estuvo en un rango de 0,7 a 3,1 °Brix (Tabla 14). El azúcar es añadido en la cerveza artesanal para proporcionar una carbonatación natural, y como consecuencia, presente una espuma prominente acorde con la presentación final de una buena cerveza.

Tabla 14

°Brix de cerveza

Variedad	°Brix
Yanabarba	3,10 ± 0,17 ^a
UNA – 80	2,70 ± 0,42 ^a
Puka puncho	1,80 ± 0,03 ^b
Centenario	0,70 ± 0,12 ^c

La variedad Yanabarba y UNA-80 presentaron el mayor valor de sólidos solubles, fueron estadísticamente similares, pero diferentes a las variedades Puka puncho y Centenario.

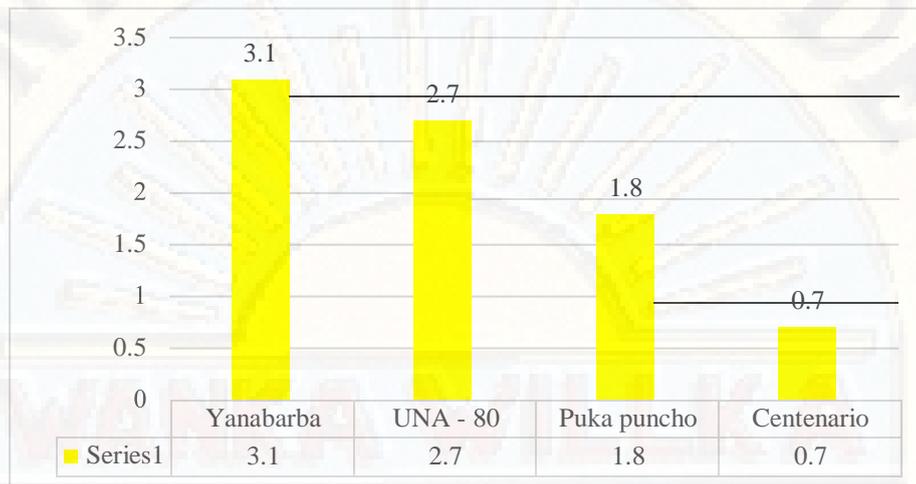


Figura 11. °Brix de cerveza

La tabla 15 indica que, existen diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles finales de la cerveza ($p < 0,05$). El mosto contiene los compuestos solubles, incluidos los azúcares fermentables y los oligosacáridos no fermentativos más largos, la combinación de granos utilizados y el grado de actividad enzimática influirán en la composición del mosto y su contenido en sólidos solubles (Harrison & Albanese, 2017).

Tabla 15

Análisis de varianza de °Brix de cerveza

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Variedad	3	17,0375	5,67917	98,98	0,00*
Error	16	0,9180	0,05738		
Total	19	17,9555			

*Significativo a $\alpha = 0,05$

En la fermentación intervienen dos procesos clave: primero, el almidón debe convertirse en azúcares solubles mediante enzimas amilolíticas, y segundo, estos

azúcares deben fermentarse en alcohol mediante el metabolismo de la levadura (es decir, las levaduras no fermentan el almidón, sino que fermentan la glucosa). En el primer proceso, las enzimas pueden producirse en los propios granos (endógenamente) o exógenamente, es decir, en otros organismos, y luego se añaden al fermentador o corriente arriba del fermentador. Alternativamente, se pueden agregar como extractos. El proceso mediante el cual se emplean las propias enzimas del grano se conoce como "malteado". Se trata de una germinación controlada del grano durante la cual se producen las enzimas capaces de catalizar la hidrólisis, no solo del almidón sino también de otros componentes del grano (Adebiyi *et al.*, 2017; Bravi *et al.*, 2012; Farzaneh *et al.*, 2017). Lógicamente un contenido en sólidos solubles adecuado es un indicador de un proceso de malteado adecuado.

El valor del pH de la cerveza obtenida de las cuatro variedades de cebada fue similar en todos los casos (Tabla 16 y Figura 12). Durante la fermentación, el pH desciende de ~5,2 a ~4,2 como resultado de los ácidos acético y láctico sintetizados por bacterias contaminantes introducidas inevitablemente con la levadura durante el proceso (Harrison & Albanese, 2017; Rosentrater & Evers, 2018).

Tabla 16

PH de cerveza

Variedad	pH
Yanabarba	4,80 ± 0,38 ^a
UNA – 80	4,74 ± 0,25 ^a
Puka puncho	4,71 ± 0,28 ^a
Centenario	4,70 ± 0,16 ^a

La tabla 17 presenta el análisis de varianza que señala que, en términos estadísticos, no existen diferencias significativas en el pH de las cervezas de las cuatro variedades. Durante la fermentación, la levadura genera el pH del medio que le permita una actividad metabólica óptima. El pH normal de la malta es de

aproximadamente 5,8 y no es lo suficientemente ácido para una actividad enzimática óptima. Para lograr una actividad óptima, el pH puede reducirse a aproximadamente 5,2 para la producción de cerveza.

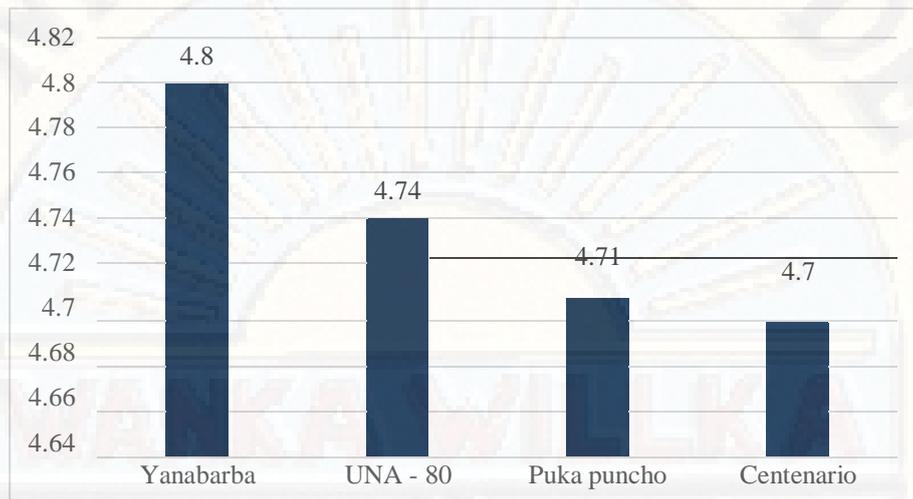


Figura 12. pH de cerveza

Tabla 17

Análisis de varianza de pH

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Variación	3	0,03037	0,01012	0,13	0,941
Error	16	1,2560	0,07850		
Total	19	1,28637			

*Significativo a $\alpha = 0,05$

El pH se ajusta para ser más ácido para la producción de cerveza. El ajuste de la acidez, si se desea, se puede lograr mediante la adición de ácido, generalmente ácido láctico, o mediante fermentación bacteriana. Aunque las bacterias del ácido láctico generalmente son contaminantes indeseables, *Lactobacillus delbrueckii* se ha utilizado para lograr esta reducción del pH en el pasado (Harrison & Albanese, 2017). En este trabajo no se acidificó de ninguna manera al mosto.

La tabla 18 muestra los resultados de la evaluación sensorial de la cerveza, que fueron hechas con treinta (30) jueces no entrenados, con un rango de edad de 18 a 22 años. Se codificaron con números aleatorios para evitar sesgos en la evaluación, que se basó en una prueba de ordenamiento. La figura 13 describe la tendencia de los promedios de preferencia, y la variedad Centenario tuvo mayor preferencia y la UNA – 80 presentó el menor valor de preferencia de las variedades en estudio.

Tabla 18

Resultados de prueba de ordenamiento de cerveza

Juez	Muestras de cerveza				Juez	Muestras de cerveza			
	826	865	783	536		826	865	783	536
1	1	2	3	4	16	1	2	3	4
2	4	1	2	3	17	1	2	3	4
3	3	4	1	2	18	4	1	2	3
4	1	3	4	2	19	3	4	1	2
5	1	2	3	4	20	1	3	4	2
6	3	1	2	4	21	1	2	3	4
7	2	3	1	4	22	3	1	2	4
8	3	1	4	2	23	2	3	1	4
9	2	1	3	4	24	3	1	4	2
10	2	1	3	4	25	2	1	3	4
11	1	2	4	3	26	2	1	3	4
12	4	3	2	1	27	1	2	4	3
13	1	3	2	4	28	4	3	2	1
14	4	2	1	3	29	1	3	2	4
15	3	1	2	4	30	4	2	1	3

826: UNA 80, 865: Yanabarba; 783: Puka puncho; 536: Centenario

La prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 19), indica que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en la preferencia de la cerveza. Además, se observa que, mediante el valor Z, las cervezas se ordenan por preferencia en forma ascendente

así: Yanabarba, UNA – 80, Puka puncho y Centenario. La prueba de Mann-Whitney mostró que la cerveza Centenario es diferente a las demás en preferencia. Una cerveza artesanal presenta un mayor contenido de polifenoles y sabor más equilibrado, en comparación con otras dos cervezas industriales (Mascia *et al.*, 2014).

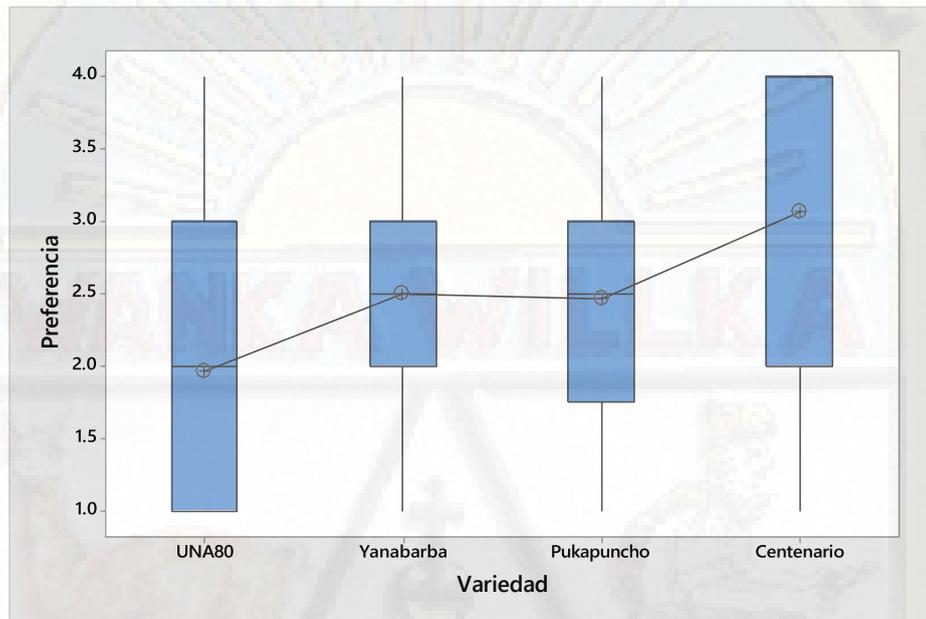


Figura 13. Preferencia de las cuatro variedades de cerveza

Las condiciones de horneado son críticas para determinar el carácter organoléptico de la malta: puede provocar una ligera mejora de los diversos atributos que se encuentran en la malta verde o puede destruirlos por completo. La malta contiene cantidades relativamente grandes de azúcares solubles y sustancias nitrogenadas y, si se ha horneado a bajas temperaturas, contiene altos niveles de enzimas hidrolíticas. Cuando la malta triturada o molida se mezcla con agua tibia, las enzimas catalizarán la hidrólisis del almidón, otros polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos, independientemente de si estos nutrientes provienen de la malta misma o de materiales que se mezclan con ella. La solución de los productos de hidrólisis extraídos de la mezcla de malta / agua se denomina "mosto". Forma la materia prima para la fermentación para la elaboración de cerveza o destilación

(Briggs, 1978). En definitiva, la malta también confiere color, aroma y sabor al producto final fermentado.

Finalmente, de las cuatro variedades se puede afirmar que, la malta de UNA – 80 y Centenario fueron las que cumplen con los requisitos mínimos de la norma técnica peruana. En cuanto al producto final obtenido, la variedad Centenario mostró una buena calidad, por lo que se sugiere optimizar el proceso en un trabajo de investigación posterior.

Tabla 19

Prueba de Kruskal-Wallis de preferencia en cerveza

Variedad	N	Z	Parámetro H	p
UNA 80 ^a	30	-0,99		
Yanabarba ^a	30	-1,98		
Puka puncho ^a	30	0,00	0,002	0,000*
Centenario ^b	30	2,98		

*Significativo a $\alpha = 0,05$

CONCLUSIONES

- ✓ Las variedades de cebada Centenario y UNA – 80 son las adecuadas para producir malta cervecera acorde con los requisitos mínimos de la norma técnica peruana.
- ✓ La cerveza de variedad Centenario presentó las mejores características químicas acorde con la norma técnica peruana.
- ✓ La cerveza de variedad Centenario presentó la mayor preferencia de entre las variedades estudiadas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Optimizar el proceso de malteado de las variedades de cebada Centenario y UNA – 80.
- ✓ Optimizar el proceso de cervecería con las maltas de las cebadas de variedad Centenario y UNA – 80.
- ✓ Realizar un estudio de mercado de cerveza artesanal en la región Huancavelica.
- ✓ Evaluar las propiedades funcionales de la cerveza obtenida con las variedades Centenario y UNA – 80.
- ✓ Evaluar la aplicación de pre tratamientos como el ultrasonido para mejorar las características físicas, químicas y sensoriales de la cerveza de la variedad Centenario.

Referencias bibliográficas

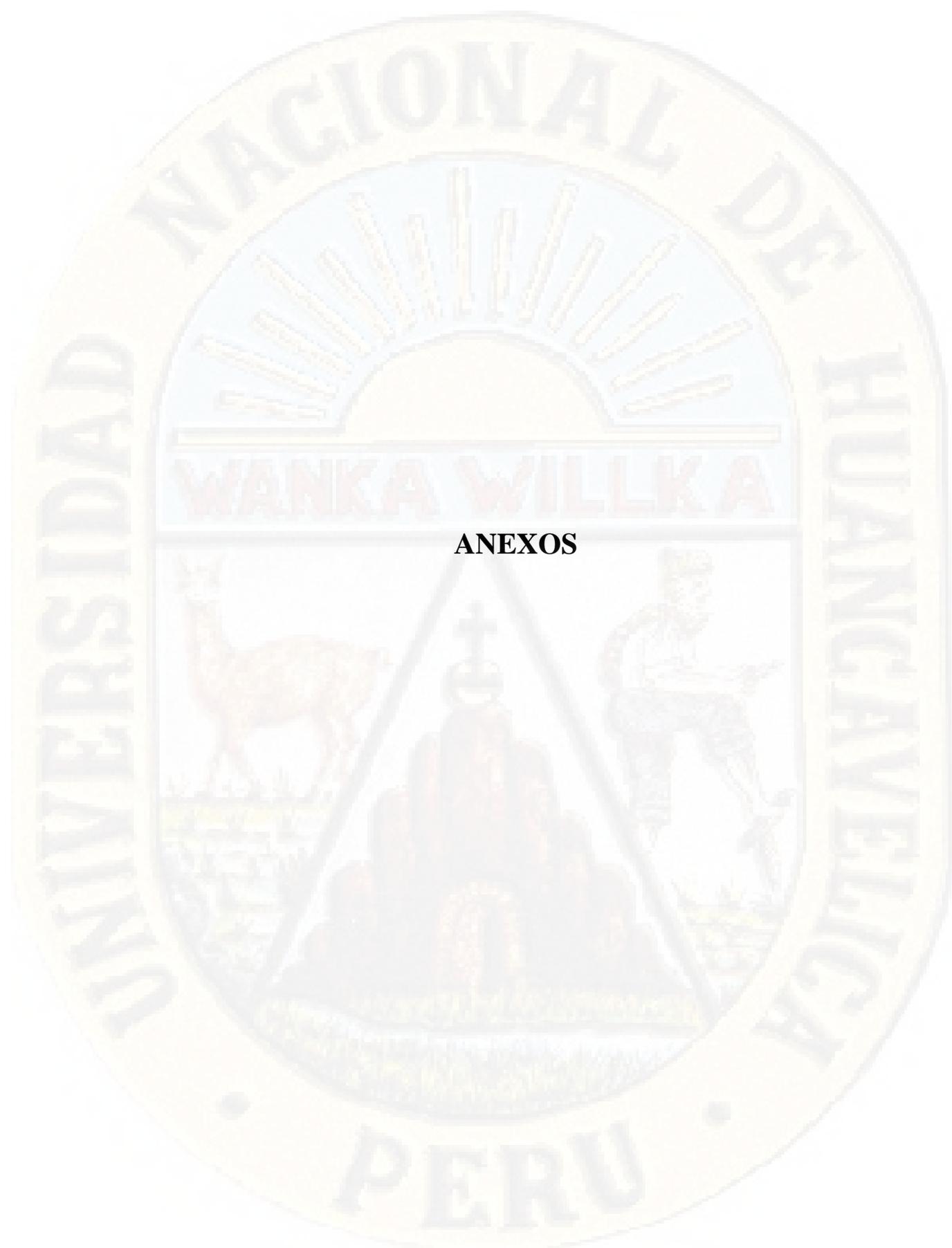
- Alonso, L., Fraga, M., & Juárez, M. (2000). Determination of trans fatty acids and fatty acid profiles in margarines marketed in Spain. *J. Am. Oil Chem. Soc*, 77, 131–136.
- Álvarez, C., García-Rebollar, P., Cachaldora, P., Méndez, J., & De Blas, J. (2005). Effects of dietary conjugated linoleic acid and high-oleic sunflower oil on performance and egg quality in laying hens. *Br Poult Sci*, 46, 80-86.
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis* (Décimo novena ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis* (Duodécima ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Aro, A., Van Amelsvoort, J., Becker, W., Van Erp-Baart, M., Kafatos, A., Leth, T., & Van Poppel, G. (1998). Trans fatty acids in dietary fats and oils from 14 European countries. *J. Food Compos. Anal*, 11, 137-149.
- Aydin, R., & Cook, M. (2004). The effect of dietary conjugated linoleic acid on egg yolk fatty acids and hatchability in Japanese quail. *Poultry Sci*, 83, 2016-2022.
- Bailey, A. (1996). *Bailey's industrial oil and fat products*. New York: John Wiley.
- Basulto Marset, J., Comas, M. T., Manera Bassols, M., & Baladia Rodríguez, E. (2009). Ácido esteárico y salud cardiovascular. *Actividad Dietética*, 13(4), 161-172.
- Bhanger, M., & Anwar, F. (2004). Fatty acid (FA) composition and contents of trans unsaturated FA in hydrogenated vegetable oils and blended fats from Pakistan. *J. Am. Oil Chem. Soc*, 81, 129–134.
- Bhangle, S., & Kolasinski, S. (2011). Fish oil in rheumatic diseases. *Rheum Dis Clin N Am*, 37, 77–84.
- Bockisch, M. (1998). *Fats and oils handbook*. Illinois: AOCS Press.
- Carvalho de Santana, F., Branco Shinagawa, F., da Silva Araujo, E., Costa, A., & Mancini-Filho, J. (2015). Chemical composition and antioxidant capacity of Brazilian Passiflora seed oils. *J Food Sci*, 80, C2647- C2654.
- Chau, C., & Huang, Y. (2004). Characterization of passion fruit seed fibres - A potential fibre source. *Food Chemistry*, 85(2), 189-194.
- Choe, E., & Min, D. (2007). Chemistry of Deep- Fat Frying Oils. *J. Food Sci.*, 72, R77–R86.
- Codex Alimentarius Commission. (2008). *Codex-Stan 210: codex standard for named vegetable oils*. Rome.

- Cruz, R., & Meléndez, C. (2004). *Obtención, refinación y caracterización de aceite de semilla de Passiflora edulis flavicarpa (Maracuyá)*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Curado Borgesa, M., de Miranda Moura Santos, F., Weiss Telles, R., Toulson Davisson Correia, M. I., & Costa Duarte Lanna, C. (2014). Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e lúpus eritematoso sistêmico: o que sabemos? *Revista Brasileira de Reumatología*, 54(6), 459-466.
- De la Cruz Pihue, S. (2018). *Determinación de la capacidad antioxidante, propiedades fisicoquímicas y reológicas del jugo de puro puro (Passiflora pinnatistipula Cav)*. Acobamba: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de Técnicas Instrumentales en el Análisis Industrial: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/4/T3gascromat.pdf>
- Debideen, W., & Sammy, G. (1978). Physicochemical Characteristics of Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) Seed Oil. *West Indian J. Eng*, 6, 33–38.
- Dixit, S., & Das, M. (2012). Fatty Acid Composition Including Trans- Fatty Acids in Edible Oils and Fats: Probable Intake in Indian Population. *Journal of Food Science*, 77(10), T188-T199.
- Facultad de Ciencias de la UCV. (2019). *Análisis de Grasas y aceites: Índice de refracción, yodo, saponificación y peróxido*. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Obtenido de <http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica13.pdf>
- Farmacopea. (2000). *Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos* (Vol. I y II). México.
- Ferrari, R. A., Colussi, F., & Ayub, R. A. (2004). Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá-aproveitamento das sementes. *Rev. Bras. Frutic*, 26(1), 101-102.
- Fieser, L., & Fieser, M. (1961). *Advanced Organic Chemistry*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Gaydou, E., & Ramanoelina, A. (1980). Valorization of the byproducts from the granadilla fruit juice industry: fatty acid and sterol composition of the seed oil. *Fruits*, 42 (1), 45-48.
- Gomis Yagües, V. (2008). *Cromatografía de gases*. Obtenido de Técnicas Instrumentales en el Análisis Industrial. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/4/T3gascromat.pdf>

- Haro, A. M., Artacho, R., & Cabrera-Vique, C. (2006). Ácido linoleico conjugado: interés actual en nutrición humana. *Med Clin (Barc)*, 127(13), 508-515.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2013). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hernández, A., & Bernal, R. (2017). Especies de Passifloraceae de Colombia. *ALCEP*, 2(2), 320 – 335. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/491/49110302/>
- Hernández-Rivera, J. A.-R., Rojas-Cardozo, M., & Aragón Novoa, D. M. (2018). Evaluation of Passiflora tripartita var. mollissima seed oil as potential nanoemulsion excipient. *J. Excipients and Food Chem*, 9(1), 16-27.
- Jové, M., Planavila, A., & Vázquez-Carrera, M. (2005). El ácido palmítico estimula la producción de interleucina 6 en células musculares esqueléticas por activación de la proteincinasa C y el factor nuclear κ B. *Clin Invest Arterioscl*, 17(6), 259-269.
- Kelly, M., Kolver, E., Bauman, D., Van Amburgh, M., & Muller, L. (1998). Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J Dairy Sci*, 81, 1630-1636.
- Kemény, Z., Recseg, K., Henon, G., Köövári, K., & Zwobada, F. (2001). Deodorization of vegetable oils: Prediction of trans polyunsaturated fatty acid content. *J. Am. Oil Chem. Soc*, 78, 973–979.
- Khanal, R., Dhiman, T., Ure, A., Brennand, C., Boman, R., & McMahon, D. (2005). Consumer acceptability of conjugated linoleic acid-enriched milk and cheddar cheese from cows grazing on pasture. *J Dairy Sci*, 88, 1837-1847.
- Lásztity, R. (1996). *The chemistry of cereal proteins*. Boca Raton: CRC Press.
- Leao, K., Sampaio, K., Pagani, A., & Da Silva, M. (2014). Odor potency, aroma profile and volatiles composition of cold pressed oil from industrial passion fruit residues. *Ind Crop Prod*, 58(1), 280-286. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.032>
- Liu, S., Singh, S., & Green, A. (2000). Genetic Modification of Cotton Seed Oil Using Inverted-Repeat Gene-Silencing Techniques. *Biochem. Soc. Trans*, 28, 927–929.
- López, A. (1980). Lipids from the Seeds of Passion Fruit (Passiflora edulis). *Rev. Theobroma*, 10, 47–50.
- Lühs, W., & Friedt, W. (1994). The Major Oil Crops. En D. Murphy, & H. Verlagsgesellschaft, *Designer Oil Crops: Breeding, Processing and Biotechnology* (págs. 5-71). Weinheim: VCH.

- Malacrida, C., & Neuza, J. (2012). Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* F. flavicarpa): Physical and chemical characteristics. *Braz Arch Biol Technol*, 55(1), 127-134. doi:<http://doi.org/10.1590/S1516-89132012000100016>
- Marticorena, A., Alarcón, D., Abello, L., & Atala, C. (2010). *Plantas trepadoras, epífitas y parásitas nativas de Chile* (Vol. 9). Santiago de Chile: Corporación Chilena de la Madera.
- Martínez, T., Mary, C., Martínez, L., Roca, A., Gina, C., Corcus, P., . . . Marcia, E. (2015). *Caracterización del Pachio (Passiflora cincinnata)*. Santa Cruz: Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.
- McNiven, M., Duynisveld, J., Charmley, E., & Mitchell, A. (2004). Processing of soybean affects meat fatty acid composition and lipid peroxidation in beef cattle. *Animal Feed Sci Technol*, 116, 175-184.
- Miranda Lopes, R., Cássio Sevilha, A., Gelape Faleiro, F., Barbosa Da Silva, D., Fontes Vieira, R., & Da Silveira Agostini-Costa, T. (2010). Estudio comparativo do perfil de ácidos graxos em semente de Passifloras nativas do cerrado brasil. *Rev. Bras. Frutic*, 32(2). doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000065>
- Miranda, J., Arias, N., Fernández-Quintela, A., & Del Puy Portillo, M. (2014). ¿Son los isómeros del ácido linolénico conjugado una alternativa a isómeros del ácido linoleico conjugado en la prevención de la obesidad? *Endocrinología y Nutrición*, 61(4), 209-219.
- Miyashita, K., & Takagi, T. (1986). Study on the Oxidative Rate and Prooxidant Activity of Free Fatty Acids. *JAOCS*, 63(10), 1380-1384.
- Montiel, N. (2014). *Tin tin (Passiflora pinnatistipula Cav)*. Cusco: Programa Nacional de Innovación en Recursos Genéticos y Biotecnología de la Estación Experimental Agraria Andenes.
- NMX-F-211-1987. (1987). *Alimentos. Aceites y Grasas Vegetales o Animales*. México: Normas Oficiales Mexicanas. Obtenido de <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-211-1987.PDF>
- Nyanzia, S., Carstensen, B., & Schwackb, W. (2005). A Comparative Study of Fatty Acid Profiles of Passiflora Seed Oils from Uganda. *JAOCS*, 82(1), 41-44.
- Paiva, R. (1998). Leite com Maracujá. *Revista Globo Rural*, 98, 9-15.
- Pariza, M., Park, Y., & Cook, M. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog Lipid Res*, 40, 283-298.
- Pereira, M., Hamerski, F., Andrade, E., de P. Scheer, A., & Corazza, M. (2017). Assessment of subcritical propane, ultrasound-assisted and Soxhlet extraction

- of oil from sweet passion fruit (*Passiflora alata* Curtis) seeds. *J. of Supercritical Fluids*, 128, 338-348.
- Puiggrós, C., Chacón, P., Armadans, L., Clapés, J., & Planas, M. (2002). Efectos de las dietas enriquecidas con ácido oleico y omega-3 en el perfil y oxidación lipídicos de pacientes con hipercolesterolemia poligámica. *Clin Invest Arterioscl*, 14(5), 277-280.
- Raes, K., De Smet, S., & Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Sci Technol*, 113, 199-221.
- Salimon, J., Salih, N., & Yousif, E. (2012). Industrial development and applications of plant oils and their biobased oleochemicals. *Arabian Journal of Chemistry*, 5(2), 135-145.
- Simopoulos, A. (2002). *Biomed. Pharmacother*, 56, 365-379.
- Szymczyk, B., & Pisulewski, P. (2005). Effects of dietary conjugated linoleic acid isomers and vitamin E on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. *J Animal Feed Sci*, 14, 109-123.
- Tarrago-Trani, M., Phillips, K., Lemar, L., & Holden, J. (2006). New and existing oils and fats used in products with reduced trans-fatty acid content. *J. Am. Diet Assoc*, 106(6), 867-880.
- Tocchini, R. (1994). Processamento: produtos, Caracterização e Utilização. En UNICAMP, *Maracujá: cultura, matéria-prima e aspectos econômicos* (Segunda ed., págs. 161-175). Campinas: UNICAMP.
- Waheed, A., Mahmud, S., Saleem, M., & Ahmad, T. (2009). Fatty acid composition of neutral lipid: Classes of Citrus seed oil. *J. Saudi Chem. Soc.*, 13, 269-272.
- Wassell, P., & Young, N. (2007). Food applications of trans fatty acid substitutes. *Int. J. Food Sci. Technol*, 42, 503-517.
- Williams, C. (2000). Dietary fatty acids and human health. *Annales de Zootechnie*, 165-180.
- Xu, S., Boylston, T., & Glatz, B. (2004). Effect of lipid source on probiotic bacteria and conjugated linoleic acid formation in milk model systems. *J Am Oil Chem Soc*, 81, 589-595.



ANEXOS

Matriz de Consistencia

Título: “Determinación del proceso de elaboración de cerveza tipo Ale para cuatro variedades cebada (*Hordeum vulgare* L.) Cultivadas en Huancavelica”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Es posible obtener de cerveza artesanal tipo Ale de calidad adecuada con cuatro variedades cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) cultivadas en Huancavelica?	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar cuatro variedades cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) cultivadas en Huancavelica para la producción de malta y cerveza tipo Ale de adecuada calidad.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los parámetros de calidad de malta para cada variedad de cebada. • Determinar los parámetros de calidad de la cerveza de las cuatro variedades en estudio. • Evaluar las características sensoriales de la cerveza de las cuatro variedades estudiadas. 	Es posible obtener una cerveza artesanal de buena calidad para cuatro variedades cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) cultivadas en Huancavelica.	<p>Variabes independientes</p> <p>Variiedad de cebada</p> <p>Variabes dependientes</p> <p>Malta</p> <p>Humedad de la malta</p> <p>Porcentaje de grado sano</p> <p>Porcentaje de impurezas</p> <p>Poder germinativo</p> <p>Cerveza</p> <p>Contenido alcohólico a 20 °C</p> <p>Color (EBC)</p> <p>Sólidos solubles</p> <p>pH</p> <p>Preferencia</p>	<p>4 variedades</p> <p>NTP 205.016 1980 revisada el 2014</p> <p>NTP 213.014 2016</p> <p>AOAC (2012)</p> <p>Prueba de ordenamiento</p>

**Ficha de evaluación
sensorial Prueba de
ordenamiento**

Nombre: _____ Fecha: _____ Prueba
N°: _____

Por favor deguste el producto de izquierda a derecha.

Luego escriba los códigos en orden creciente de preferencia en las casillas

Código	Menor			Mayor

Comentarios:

¡MUCHAS GRACIAS!



Fotografía 1. Preparación de la cebada para malteado



Fotografía 2. Evolución de la germinación en el proceso de malteado



Fotografía 3. Preparación del secado de malta a 100 °C por 1 hora.



Fotografía 3. Molienda de la malta



Fotografía 4. Malta molida lista para elaboración de cerveza artesanal



Fotografía 5. Pesado del lúpulo para adicionar al final de la extracción



Fotografía 7. Adición de levadura para la fermentación del extracto



Fotografía 8. Airlock adquirido para la fermentación del extracto



Fotografía 9. Fermentación del extracto de las cuatro variedades



Fotografía 10. Preparación de materiales para medición de parámetros de cerveza



Fotografía 11. Producto final: cerveza artesanal



Fotografía 12. Evaluación sensorial de cerveza artesanal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02

RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Néside Chávez Solano
Anina Onofre Carrillo

PRODUCTO DECLARADO : Cebada

NÚMERO DE MUESTRAS : 04

MUESTREADO POR : el solicitante

FECHA DE RECEPCIÓN : 13 de agosto del 2019

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 10 de setiembre del 2019

ENSAYO SOLICITADO : Poder germinativo de cebada

Variedad	% Grano germinado*
Centenario	96,60 ± 0,57
Yanabarba	76,64 ± 3,28
UNA – 80	95,50 ± 0,72
Puka puncho	78,10 ± 2,38

*Promedio de tres repeticiones.

Métodos utilizados:

1. Determinación de la germinación de cebada: según NTP 21:02-016 Cereales y Menestras.



N° Registro: 010-2019

Av. Evitamiento Este S/N – Acobamba – Huancavelica – Perú
Teléfono: 998793965
Correo: roberto.chuquillo@unh.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02

RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Nésida Chávez Solano
Anina Onofre Carrillo

PRODUCTO DECLARADO : Malta de Cebada y Cebada

NÚMERO DE MUESTRAS : 04

MUESTREO POR : el solicitante

FECHA DE RECEPCIÓN : 12 de agosto del 2019

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 09 de setiembre del 2019

ENSAYO SOLICITADO : Humedad de malta, porcentaje de grano sano e impurezas

Variedad	% Humedad*	% Grano sano	% Impurezas
Centenario	11,6 ± 0,31	99,2	0,8
Yanabarba	8,8 ± 0,29	98,5	1,5
UNA – 80	12,0 ± 0,85	99,6	0,4
Puka puncho	12,2 ± 0,63	99,5	0,5

*Promedio de tres repeticiones.

Métodos utilizados:

1. Humedad de la malta: según NTP 21:02-003 Cereales y Menestras.
2. Porcentaje de grano sano: según NTP 205.029 Cereales y Menestras. Análisis físicos.
3. Porcentaje de Impurezas: según NTP 205.029 Cereales y Menestras. Análisis físicos.



N° Registro: 010-2019

Av. Evitamiento Este S/N – Acobamba – Huancavelica – Perú
Teléfono: 998793955
Correo: roberto.chuquillo@unh.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02

RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Nésida Chávez Solano
Anina Onofre Carrillo
PRODUCTO DECLARADO : Cerveza
NÚMERO DE MUESTRAS : 12 botellas de 330 mL
MUESTREADO POR : el solicitante
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 de noviembre del 2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 12 de diciembre del 2019
ENSAYO SOLICITADO : Contenido de alcohol (V/V %) y Color

Variedad	% Alcohol*	Color (EBC)*
Centenario	1,10 ± 0,13	28,00 ± 0,13
Yanabarba	1,50 ± 0,17	15,75 ± 0,17
UNA – 80	1,70 ± 0,42	13,65 ± 0,43
Puka puncho	0,20 ± 0,03	7,87 ± 0,03

*Promedio de tres repeticiones.

Métodos utilizados:

1. Determinación de alcohol en cerveza por destilación: según NTP 213.004:2015
2. Método espectrofotométrico para color: según NTP 213.027:2016 Cerveza.



N° Registro: 011-2019

Av. Evitamiento Este S/N – Acobamba – Huancavelica – Perú
Teléfono: 998793955
Correo: roberto.chuquillín@unh.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02 RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Nésida Chávez Solano
Anina Onofre Carrillo

PRODUCTO DECLARADO : Cerveza

NÚMERO DE MUESTRAS : 12 botellas de 330 mL

MUESTREADO POR : el solicitante

FECHA DE RECEPCIÓN : 20 de noviembre del 2019

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 12 de diciembre del 2019

ENSAYO SOLICITADO : Sólidos solubles y pH

Variedad	°Brix*	pH*
Centenario	3,10 ± 0,17	4,80 ± 0,38
Yanabarba	2,70 ± 0,42	4,74 ± 0,25
UNA – 80	1,80 ± 0,03	4,71 ± 0,28
Puka puncho	0,70 ± 0,12	4,70 ± 0,18

*Promedio de tres repeticiones.

Métodos utilizados:

1. Sólidos solubles mediante refractómetro digital HANNA.
2. pH: mediante potenciómetro digital HANNA.



N° Registro: 012-2019

Av. Evitamiento Este S/N – Acobamba – Huancavelica – Perú
Teléfono: 998793965
Correo: roberto.chucullin@unh.edu.pe