



**Evaluación de la calidad de cerveza artesanal tipo “ale” utilizando malta de cebada (*Hordeum vulgare*)  
y oca (*Oxalis tuberosa*).**

Erazo Alvarez, Jose Esteban

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro

7 de febrero del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "Evaluación de la calidad de cerveza artesanal tipo "ale" utilizando malta de cebada (*Hordeum vulgare*) y oca (*Oxalis tuberosa*)." fue realizado por el señor Erazo Alvarez, Jose Esteban; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 4 de febrero del 2022



Creado electrónicamente por:  
GABRIEL  
ALEJANDRO LARREA  
CEDENO

Ing. Larrea Cedeno, Gabriel  
Alejandro, mgs  
C. C. 1709635039



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Erazo Alvarez, Jose Esteban**, con cédula de ciudadanía n° 1719563692, declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Evaluación de la calidad de cerveza artesanal tipo "ale" utilizando malta de cebada (*Hordeum vulgare*) y oca (*Oxalis tuberosa*)"**. es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 4 de febrero del 2022**



.....  
**Erazo Alvarez, Jose Esteban**  
C.C.: 1719563692



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Yo Erazo Alvarez, Jose Esteban, con cédula de ciudadanía n° 1719563692, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Evaluación de la calidad de cerveza artesanal tipo "ale" utilizando malta de cebada (*Hordeum vulgare*) y oca (*Oxalis tuberosa*)" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 4 de febrero del 2022**

.....  
**Erazo Alvarez, Jose Esteban**  
C.C.: 1719563692

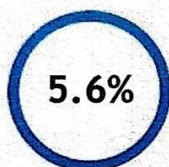


## Reporte de verificación de similitud de contenidos

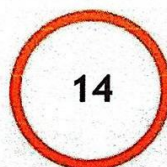


Erazo Alvarez Jose Esteban-Trabajo de titulación.docx

Scanned on: 19:14 February 9, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	363
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	175
Ommited Words	1367



Firmado digitalmente con:  
GABRIEL  
ALEJANDRO LARREA  
CEDENO

Ing. Gabriel Larrea Cedeño  
CC.1709635039

## **Dedicatoria**

A mis padres Rogger y Gioconda, que son una gran admiración para mí porque me enseñaron que con el sacrificio y esfuerzo la vida te recompensa.

A mis hermanos Iván y Rogger que, con su ejemplo, me motivaron a cumplir esta meta.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios que me dio la fuerza para seguir adelante en los momentos más complicados.

De manera especial agradecer al ingeniero Gabriel Larrea por los conocimientos compartidos, quien, con sus tutorías, paciencia, predisposición me permitió realizar esta investigación.

Finalmente, a mis padres, a quienes siempre les estaré agradecido, ya que sin su ayuda esto no sería posible, por los valores que siempre me inculcaron desde pequeño, por ese apoyo incondicional y por el amor que me tienen como hijo.

## Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación .....	2
Responsabilidad de Autoría .....	3
Autorización de Publicación .....	4
Reporte de verificación de similitud de contenidos .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Resumen .....	13
Abstract.....	14
Capítulo I.....	15
Introducción.....	15
Antecedentes .....	15
Justificación e importancia del tema .....	16
Objetivos .....	18
<i>Objetivo General</i> .....	18
<i>Objetivos Específicos</i> .....	18
Hipótesis .....	18
Capitulo II.....	19
Marco referencial.....	19
El cultivo de oca .....	19
<i>Origen</i> .....	19
<i>Taxonomía</i> .....	20



<i>Morfología de la Oca</i> .....	20
<i>Variedades</i> .....	23
<i>Composición nutricional</i> .....	24
<i>Usos</i> .....	25
La Cerveza .....	25
<i>Reseña histórica</i> .....	26
<i>La Cebada</i> .....	26
<i>Proceso de malteado</i> .....	27
<i>Color</i> .....	28
<i>Materias Primas</i> .....	29
<i>Proceso de elaboración</i> .....	29
Capítulo III.....	32
Materiales y métodos .....	32
Área de estudio.....	32
Elaboración de la cerveza.....	33
Formulación .....	37
Variables de estudio.....	38
<i>Características físicas</i> .....	38
<i>Características Químicas</i> .....	41
Análisis sensorial.....	42
Análisis estadístico .....	43
Capítulo IV.....	45
Resultados y Discusión.....	45
Resultados.....	45

<i>Características físicas</i> .....	45
Capítulo V.....	57
Conclusiones y recomendaciones .....	57
Conclusiones .....	57
Recomendaciones .....	58
Bibliografía .....	59

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación taxonómica de la Oxalis tuberosa</i> .....	20
<b>Tabla 2</b> <i>Varietades de oca más conocidas en el Ecuador</i> .....	24
<b>Tabla 3</b> <i>Composición nutricional en 100g de oca</i> .....	25
<b>Tabla 4</b> <i>Composición nutricional en 100g de cebada</i> .....	27
<b>Tabla 5</b> <i>Escala de color en unidades EBC</i> .....	28
<b>Tabla 6</b> <i>Formulaciones y cantidades para la elaboración de cerveza artesanal</i> .....	37
<b>Tabla 7</b> <i>Escala de color en unidades EBC</i> .....	40
<b>Tabla 8</b> <i>Valoración de las variables del análisis sensorial</i> .....	42
<b>Tabla 9</b> <i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar del valor numérico de la escala de color expresada en unidades EBC (European Brewing Convention)</i> .....	46
<b>Tabla 10</b> <i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar del pH y grados brix de la cerveza bajo 4 formulaciones a base de cebada y oca</i> .....	48
<b>Tabla 11</b> <i>Grados Brix iniciales del mosto para cada formulación de cerveza</i> .....	52

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Planta de Oxalis tuberosa.....	21
<b>Figura 2</b> Hojas de Oxalis tuberosa .....	21
<b>Figura 3</b> Inflorescencias de Oxalis tuberosa .....	22
<b>Figura 4</b> Tubérculos de Oxalis tuberosa .....	23
<b>Figura 5</b> Mapa satelital de la Ubicación Geográfica del IASA I .....	32
<b>Figura 6</b> Preparación de la malta de cebada y la oca .....	33
<b>Figura 7</b> Proceso de macerado.....	34
<b>Figura 8</b> Obtención del mosto y cocción del mosto. ....	35
<b>Figura 9</b> Whirlpool, enfriado del mosto y cerrado hermético del fermentador .....	36
<b>Figura 10</b> Fermentación, carbonatado, embotellado.....	36
<b>Figura 11</b> Disposición de las unidades experimentales .....	38
<b>Figura 12</b> Medición de la densidad .....	39
<b>Figura 13</b> Técnica de espectrofotometría .....	40
<b>Figura 14</b> Medición de grados Brix y pH.....	41
<b>Figura 15</b> Degustación de la cerveza por parte de los catadores .....	43
<b>Figura 16</b> Gráfico de barras que representa las diferencias de la densidad entre tratamientos..	45
<b>Figura 17</b> Relación entre el tiempo (días) y los grados Brix.....	51
<b>Figura 18</b> Balance de materia de sólidos solubles.....	52
<b>Figura 19</b> Gráfico de barras que contiene la media y la desviación estándar para la variable alcohol.....	53
<b>Figura 20</b> Gráfico de barras de las 12 variables evaluadas en el análisis sensorial para cada tratamiento considerando la misma escala. ....	55

### Resumen

El siguiente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad de cerveza artesanal tipo “ale” utilizando malta de cebada (*Hordeum vulgare*) y oca (*Oxalis tuberosa*). Se prepararon 4 formulaciones que son: F1= 100% cebada; F2= 80% cebada y 20% oca; F3= 70% cebada y 30% oca; F4= 60% cebada y 40% oca. Se elaboró la receta para 20 litros de cerveza con cebada malteada obtenida de la casa comercial Cheers y la oca se adquirió en el mercado del Quinche de la ciudad de Quito, las cuales fueron previamente puestas al sol por 15 días. La cerveza estuvo lista a los 15 días después de la preparación y se envasó en 4 botellas color ámbar de 300mL para cada formulación. Se midieron las variables físicas y químicas a los 15 días después del envasado. Se realizó un análisis de la varianza para un DCA, donde se encontró diferencias significativas en las variables de densidad, color, pH, grados Brix y alcohol ( $p < 0.0001$ ). La utilización de la oca en la cerveza presentó valores más altos en las variables físicas y químicas con respecto a la cerveza testigo. Además, se realizó un análisis sensorial con 27 personas que evaluaron las variables más importantes para determinar la calidad de una cerveza artesanal, donde se observó un potencial para el uso de la oca en la producción de la cerveza artesanal ayudando a que los agricultores puedan darle un valor agregado al producto.

**Palabras clave:** oca, cerveza artesanal, Ale, malta de cebada

### **Abstract**

The objective of the following study was to evaluate the quality of craft beer type "ale" using barley malt (*Hordeum vulgare*) and oca (*Oxalis tuberosa*). Four formulations were prepared, which are: F1= 100% barley; F2= 80% barley and 20% oca; F3= 70% barley and 30% oca; F4= 60% barley and 40% oca. The recipe for 20 liters of beer was prepared with malted barley obtained from the Cheers commercial house and the oca was purchased at the Quinche market in the city of Quito, which were previously put in the sun for 15 days. The beer was ready 15 days after preparation and was packaged in 4 amber bottles of 300mL for each formulation. Physical and chemical variables were measured 15 days after packaging. An analysis of variance was performed for a DCA, where significant differences were found in the variables of density, color, pH, degrees Brix and alcohol ( $p < 0.0001$ ). The use of oca in beer presented higher values in the physical and chemical variables with respect to the control beer. In addition, a sensory analysis was carried out with 27 people who evaluated the most important variables to determine the quality of a craft beer, a potential for the use of oca in the production of craft beer was demonstrated, helping growers to give it added value to the product.

**Keywords:** oca, craft beer, Ale, barley malt



## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

Ecuador es un país con una gran diversidad de productos los cuales predominan la papa, el banano, el arroz, entre otros (INEC, 2019). Por lo cual, el estado y las empresas grandes dedican más recursos para la producción e industrialización de dichos productos, marginando muchos cultivos que son parte del patrimonio alimentario y que han sido considerados alimentos de alto valor nutritivo, los cuales consumían nuestros ancestros (Miranda, 2013)

La producción y el consumo de las raíces y tubérculos andinos no tradicionales como la oca muestran una tendencia decreciente, debido a que el mercado ha marginado estos productos para cambiarlos por los cultivos tradicionales como la papa, la zanahoria y el melloco. Por esta razón, en los últimos años la oca ha sido relegada a cultivarse en pequeñas parcelas (Barrera et al., 2004).

Otro de los problemas que enfrenta la oca es el conocimiento local en el manejo del cultivo, el cual es bastante escaso, por ende, se han perdido las técnicas y algunos ecotipos que se producían en el país (Barrera et al., 2004).

La oca se cultiva en zonas de la sierra, principalmente en las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua. La producción de la oca a nivel nacional para el año 2001 fue de 1 861 toneladas, y presenta una disminución en la producción, debido a que en el año 1994 la producción fue de 3 487 toneladas (Brito et al., 2003). Si lo comparamos con la producción de papa para el mismo año fue de 237 066 toneladas y la zanahoria fue de 18 351 toneladas, siendo estos productos que han ido al alza con el pasar del tiempo ( Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2000).

El conocimiento limitado de la población y el poco interés de las organizaciones gubernamentales hacen que el cultivo de oca no sea tomado en cuenta a pesar de sus potencialidades que tiene tanto en la industria culinaria, como en la agroindustria, para poder darle un valor agregado adecuado aprovechando su alto valor nutritivo (Moya Alulema, 2017).

### **Justificación e importancia del tema**

Según el Ministerio de Cultura y Patrimonio (2016) la oca es un tubérculo que principalmente se produce en la parte andina y que se ha utilizado como sustituto o complemento de la papa, además de ser considerada como un patrimonio alimentario.

Ecuador es reconocido a escala mundial como uno de los países de mayor diversidad del mundo, por su riqueza y variedad de especies de importancia medicinal, alimenticia y nutricional (Ministerio de Turismo, 2014). “La región andina es cuna de un gran número de cultivos alimenticios, que fueron domesticados por pueblos autóctonos hace miles de años, inclusive mucho antes de la expansión de la civilización Inca (Barrera et al., 2004).

La oca tiene muchas propiedades nutricionales, siendo los que más predominan, los carbohidratos, calcio y hierro. Su textura es harinosa y posee un sabor dulce. En la sierra ecuatoriana se la consume de distintas formas como: hervidas, cocidas al horno, fritas y encurtidas. Por otro lado, la oca puede tener muchos usos en la industria como, por ejemplo: en la elaboración de pan, producción de chips de oca, extracción de alcohol, debido a su alto contenido de azúcares (Suquilanda, 2012).

El valor nutricional que tiene la oca comparada con la papa, que es el tubérculo de mayor consumo, es igual o puede llegar a ser mejor. Su contenido de proteína está por encima del 9% en la materia seca y con buena proporción de aminoácidos esenciales. En cuanto al contenido de vitaminas y minerales, destaca un mayor contenido de calcio y vitamina C en la oca (Suquilanda, 2012).

En la actualidad el estilo de alimentación de las personas va cambiando, debido a una adaptación a la industrialización y globalización. Por lo tanto, los productos procesados se van haciendo más comunes en el día a día. Una de las alternativas para poder explotar las potencialidades nutritivas de la oca y que sea más reconocida a nivel nacional es el darle un valor agregado, siendo la cerveza uno de los productos más consumidos en el mundo.

Actualmente, la cerveza artesanal en Ecuador se ha ido consolidando como una de las industrias de mayor crecimiento en los últimos años. Hace 8 años esta industria no existía en el país, únicamente encontrábamos a la cervecería nacional, pero ahora se ha posicionado con marcas reconocidas en el mercado generando más fuentes de empleo. Los procesos de elaboración de la cerveza artesanal cada vez son más ágiles en cuanto a producción y comercialización. Actualmente existen alrededor de 42 micro cervecerías, de las cuales 20 están en Quito (Martínez Gómez, 2015).

Se han realizado varios estudios de cerveza a base de tubérculos como la papa o la yuca y granos como la quinua o el amaranto, debido a su gran contenido de almidones, lo que ha incentivado a la realización de una cerveza artesanal a base de oca. El estudio realizado por Gallardo, (2017) en elaboración de una cerveza artesanal con quinua, menciona que el tratamiento de mayor aceptación fue el de 70% cebada y 30% de quinua. En otro estudio de elaboración de cerveza utilizando una mezcla de cebada y papa amarilla, el cual menciona que el tubérculo mejora las características organolépticas, físicas y químicas de la cerveza, sobre todo aumentando los grados alcohólicos, dándole un valor agregado de mejor calidad (Echia Morales, 2018). En la tesis realizada por Carvajal Martínez & Insuasti Andrade, (2011) donde elaboraron cerveza artesanal a base de cebada y yuca utilizando 5 formulaciones, obtuvo que el tratamiento de 85% cebada y 15% yuca fue el de mayor aceptación.

La estructuración de las formulaciones y que tipo de variables medir para evaluar una cerveza a base de cebada y oca, se obtuvo en base a los estudios y resultados obtenidos en investigaciones anteriores.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Evaluar la calidad de cerveza artesanal tipo “ale” utilizando malta de cebada (*Hordeum vulgare*) y oca (*Oxalis tuberosa*).

### ***Objetivos Específicos***

- Determinar el efecto en las características físicas de la cerveza elaborada con base a la adición oca.
- Evaluar el efecto en las características químicas de la cerveza elaborada con base a la adición de oca.

## **Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La cerveza artesanal elaborada con 20% 30% y 40% de oca presenta similar color, grado alcohólico y densidad que la cerveza elaborada con 100% de cebada.

**H<sub>1</sub>:** La cerveza artesanal elaborada con 20%, 30% y 40% de oca presenta mayor color, grado alcohólico y densidad que la cerveza elaborada con 100% de cebada.

## Capítulo II

### Marco referencial

#### El cultivo de oca

##### *Origen*

Se estima que la oca tiene alrededor de 8000 años de antigüedad, siendo uno de los cultivos más antiguos que se datan en los Andes. Los arqueólogos han encontrado restos de sus tubérculos comestibles en tumbas prehispánicas, lejos de sus lugares de cultivo originales. (Suquilanda, 2012). En 1810 el jesuita Giovanni Ignacio Molina describió botánicamente por primera vez a la oca. La palabra “okka” en el diccionario quechua, se refiere a una planta que produce tubérculos dulces y comestibles (Cárdenas, 1950).

La oca (*Oxalis tuberosa*), es un cultivo nativo de los Andes, siendo este una especie prehispánica, la cual se consumía mucho por las comunidades indígenas de esa época. La oca es considerada el segundo tubérculo de importancia en los Andes sudamericanos, después de la papa. La oca hace parte del grupo de cultivos nativos que forman la base de la dieta andina, incluso desde antes de que el maíz tomara importancia. La oca es una planta anual herbácea de entre 30 y 80 cm de alto, que se cultiva principalmente en las zonas de 2300 hasta los 4100 m.s.n.m. Requiere de clima frío y con una precipitación que supere los 600 milímetros. El cultivo se encuentra principalmente en países como: Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. (Suquilanda, 2012).

Los tubérculos son conocidos con los nombres comunes de “oca” en Ecuador, Bolivia, Perú y Chile. En Venezuela es conocido por el nombre de “cuiba” o “quiba” y en Colombia se lo denomina “ibia” (Barrera et al., 2004).

En Ecuador la oca es considerada como un patrimonio alimentario donde se cultiva y se produce principalmente en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Cañar, Azuay y Tungurahua. (Ministerio de Cultura y Patrimonio del Ecuador, 2016).

### ***Taxonomía***

La clasificación taxonómica de la oca se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la Oxalis tuberosa*

<b>TAXON</b>	<b>NOMBRE</b>
Clase	Dicotiledónea
Reino	Vegetal
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidácea
Género	Oxalis
Especie	<i>Oxalis tuberosa</i>
Nombre vulgar	Oca

*Nota.* Adaptado de Flora del Perú Dicotiledoneas, por R. Ferreyra, 1986, Lima s.n

### ***Morfología de la Oca***

La oca es una planta dicotiledónea, perenne, que alcanza hasta 1 metro de altura. Es una planta herbácea anual de tallo erecto (Cárdenas, 1989). Posee gran cantidad de tallos, que brotan desde la base de la planta, en los cuales también nacen numerosos tubérculos. Los entrenudos son más cortos y delgados en la parte inferior (Figura 1). Con frecuencia en plantas adultas los tallos se doblan con facilidad hacia afuera (León, 1964).



**Figura 1***Planta de Oxalis tuberosa*

*Nota.* Adaptado de Oxalis tuberosa [Fotografía], por Plant world, 2016,  
<http://plantworld2.blogspot.com/2016/05/oxalis-tuberosa.html>

Las hojas son alternas, trifoliadas y palmaticompuestas. Tienen peciolo largo y acanalado que nacen de rizomas o bulbos hipogeos con hojuelas crenadas (Brücher, 1969).

**Figura 2***Hojas de Oxalis tuberosa*

*Nota.* Adaptado de Oca (Ibia, Papa oca) [Fotografía], por L. Leyva, 2019,  
<https://www.tuberculos.org/oca-ibia/>

Las inflorescencias constan de 4 o 5 flores hermafroditas que están dispuestas sobre los pedúnculos y aparecen en las axilas de las hojas superiores. El cáliz está formado por 5 sépalos

agudos y verdes. La corola está formada por 5 pétalos amarillos, con tres nervios principales de color negro. Posee 10 estambres, dispuestos en dos verticilos pentámeros. Se facilita la polinización cruzada por su mecanismo floral eficiente (Ecured, s.f).

### **Figura 3**

*Inflorescencias de Oxalis tuberosa*



*Nota.* Adaptado de La flor de Oca [Fotografía], por KarelINT, 2015, <https://naturalezatropical.com/la-flor-de-oca-genero-oxalis/>

Los tubérculos de la oca tienen una forma alargada, lo cual concuerda con las colecciones de germoplasma de oca de tres países que son Ecuador, Perú y Bolivia (Cadima, 2006). En cuanto a sus colores, existen tubérculos blancos, cremas, amarillos anaranjados, rojizos, violetas oscuros y hasta morados (Barrera et al., 2004).

**Figura 4***Tubérculos de Oxalis tuberosa*

*Nota.* Adaptado de Producción orgánica de cultivos andinos (p.1) [Fotografía], por M.

Suquilanda, 2012, FAO,

[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf)

***Variedades***

En el campo se identifican con las siguientes variedades: chaucha, blanca, amarilla, rosada, roja, cañareja y leona. Las ocas chauchas presentan un tamaño mayor y un ciclo de cultivo de cinco meses. Los tubérculos de la oca amarilla denominada “cañareja” son bastante gruesos y es considerada la más rendidora. Las ocas rojas poseen una tonalidad marcada que les caracteriza de las demás (Suquilanda, 2012).

En Ecuador, el INIAP ha reportado más de 120 variedades de ocas que las dividen por su color, las cuales se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2***Variedades de oca más conocidas en el Ecuador*

<b>Variedad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estado de conservación</b>
<b>Oca blanca</b>	Color blanco con pintas rosadas. Rinde mejor en la altura y tiene un mayor tiempo de conservación.	Común
<b>Oca chaucha</b>	Se adapta a zonas bajas de entre 2800 y 2900 m.s.n.m	Común
<b>Oca morada</b>	Color morado que presenta mayor suavidad a la cocción	Escaso
<b>Oca zapalla</b>	Color amarillo y es dura.	Común
<b>Oca guira</b>	Color colorado y es de forma alargada. Tiene un sabor ácido. Se la utiliza para elaborar coladas	En peligro

*Nota.* Adaptado de Oca-Patrimonio Alimentario, por el Ministerio de Cultura y Patrimonio del Ecuador, 2016, <http://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Oca>

### ***Composición nutricional***

En cuanto a los valores nutricionales que posee la oca, estos pueden ser mejores o iguales que la papa. Contiene proteínas, carbohidratos y otros componentes. La composición nutritiva en 100 gr. del tubérculo fresco se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3***Composición nutricional en 100g de oca*

<b>Composición nutricional</b>	<b>Oca</b>
Energía (Kcal)	61
Agua (%)	84.1
Proteína (g)	1
Carbohidratos (g)	13.3
Ceniza (g)	1
Calcio (mg)	2
Fósforo (mg)	36
Hierro (mg)	1.6
Vitamina C (mg)	38.4

*Nota.* Adaptado de Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación, por M. Tapia, 1997, FAO.

**Usos**

La oca, al ser un alimento de alto valor nutritivo se lo puede utilizar como:

**Alimento.** al ser una fuente de carbohidratos, calcio y hierro, se lo consume hervida, cocida al horno o frita. Otra forma de consumo es para la elaboración de pan y la extracción de alcohol, debido a su alto contenido de azúcares.

**Medicinal.** Posee un efecto astringente, esto quiere decir que produce una acción cicatrizante, antiinflamatoria y antihemorrágica.

**Forraje.** El forraje que queda durante la cosecha de la oca se lo da como alimento a los animales (Suquilanda, 2012).

**La Cerveza**

Según la Real academia española (2021) la cerveza está definida como una “bebida alcohólica hecha con granos germinados de cebada u otros cereales fermentados en agua, y

aromatizada con lúpulo, boj, casia, etc.” Es la bebida alcohólica más consumida alrededor del mundo, además de ser la más antigua.

### **Reseña histórica**

Los historiadores creen que la cerveza existía en Mesopotamia y Sumeria en el año 10.000 a.C, producida mientras se remojabán en agua los cereales para la elaboración de pan. Se data que en Egipto se realizaban fermentaciones a gran escala de malta de cereales en el año 3500 a.C. A esta cerveza se le denomina históricamente como Nekhen-Hoffman de tipo ale. Antes de la incorporación de lúpulo se vendían mezclas de hierbas llamadas Gruit las cuales se vendían ya que tenían una “licencia de hierbas”, dentro de este grupo de hierbas se encuentran: la hidra, mirto, artemisa, comino, jengibre, entre otros. En el siglo XV, los mercaderes de Flandes y Holanda introdujeron el lúpulo en su elaboración, lo cual le daba cierto sabor amargo. Posteriormente, en 1516 las autoridades bávaras bajo la administración de Guillermo VI, introdujeron las leyes de pureza de la cerveza, el cual consistía en usar únicamente malta, agua y lúpulo. Finalmente, en el siglo XIX, el investigador francés, Luis Pasteur descubre que las levaduras son las responsables del proceso de fermentación, con esto se añadió a la preparación el proceso de fermentación (Huxley, 2005).

En Ecuador el año 1566 en el convento de San Francisco se creó la primera cerveza del continente en la ciudad de Quito, en la cervecería de San Francisco por Fray Jodoco Rique. Las instalaciones que armó el sacerdote siguen en pie y fueron usadas hasta hace aproximadamente 50 años (Quitoinforma, 2021).

### **La Cebada**

El principal componente de una cerveza es la cebada (*Hordeum vulgare*) que resulta ser una planta gramínea anual, originaria de Asia occidental, siendo este el quinto cereal más cultivado del mundo. Existen dos variedades principales de cebada con las que se elaboran



cerveza las cuales son: variedad cervecera y variedad dos carreras, siendo este último, la más apta para la elaboración de cerveza debido a que posee azúcares más fermentables y contiene menos proteínas (Huxley, 2005). En la siguiente Tabla 4 se muestra la composición nutricional de la cebada.

**Tabla 4**

*Composición nutricional en 100g de cebada.*

<b>Composición nutricional</b>	<b>Cebada</b>
Carbohidratos	78.2 g
Fibras	15.5 g
Energía	350 kcal
Grasa	1.2 g
Proteína	10 g

*Nota.* Adaptado de The effect of *Hordeum vulgare* on the monoaminergic system modulating neural-thyroid dysfunction in hypothyroid female rats, por Wahman. L & Abd-Rabo. M, 2019, Cellular and Molecular Biology, 65(4).

### ***Proceso de malteado***

Consiste en el proceso de germinación de la cebada para detener rápidamente las transformaciones que la planta realiza de forma natural durante su crecimiento. Con el fin de activar enzimas y empezar a producir azúcares fermentables. Cuando las condiciones de germinación son las adecuadas, el embrión suelta unas hormonas, principalmente ácido giberélico y ácido indol acético los cuales activan las enzimas. Estas son consideradas "tijeras químicas" que abren las paredes de los compartimentos y cortan las moléculas de proteína y almidón en trozos más pequeños que son solubles y más fáciles de metabolizar, dicho cambio se llama modificación. Una vez conseguido el grado de conversión requerido, se seca y se tuesta la malta verde a temperaturas diferentes durante distintos periodos según el producto final

deseado. Primero se seca lentamente a bajas temperaturas entre 35 °C y 60 °C y se tuesta con mayor rapidez a temperaturas más altas, 80 °C-105 °C, para parar la actividad de las enzimas (Huxley, 2005).

### **Color**

El color es una de las propiedades más representativas de una cerveza y depende, entre otros factores, a los compuestos llamados melanoidinas, que se producen durante el secado de la malta y durante la cocción del mosto. El color en Europa se mide en EBC (European Brewing Convention) y en los Estados Unidos se mide en SRM (Standard Reference Method) o Lovibond, siendo el EBC el valor más usado. El color se puede medir de forma visual, pero para ser más específicos a la hora de clasificar la cerveza por su color se utiliza la técnica de espectrofotometría a 430 nm (Picón, 2020). Finalmente, clasificamos la cerveza de acuerdo a lo propuesto en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Escala de color en unidades EBC.*

<b>Denominación</b>	<b>EBC</b>
Amarilla	< 8
Rubia	8 – 12
Dorada	12 – 20
Ámbar-rojiza	20 – 30
Caramelo-Cobriza	30 – 40
Tostada-Marrón	40 – 60
Negra	>60

*Nota.* Adaptado de La cerveza ciencia, tecnología, ingeniería, producción, valoración, por Boto. J & Boto. M, 2019, Universidad de León.

### ***Materias Primas***

Los ingredientes que conforman una cerveza son los siguientes:

**Lúpulo.** El lúpulo es una planta perenne que se reproduce a partir de esquejes. Generalmente se utiliza en forma de pellet comprimido para la elaboración de cerveza. Proporcionan el amargor que compensa el dulzor de la malta. Contribuyen a la formación y retención de la espuma. Proveen del sabor, aroma y amargor de la cerveza.

**Levadura.** Es un organismo eucariótico y unicelular, que es utilizado en la fabricación de pan, cerveza y vino. La característica más importante que se debe tomar en cuenta de la levadura es su habilidad para metabolizar azúcares y producir alcohol. Las levaduras cuando dejan de reproducirse por falta de oxígeno empiezan a metabolizar azúcares y a producir alcohol etílico, CO<sub>2</sub>, calor, y otros subproductos como fenoles, cetonas, ésteres, entre otros.

**Agua.** El agua compone hasta el 95 % de la cerveza, por lo tanto, los minerales disueltos en ella tienen mucha importancia en las reacciones necesarias durante la maceración. Por esta razón, antes de utilizar el agua se debe considerar los siguientes parámetros como la dureza, el pH, bicarbonatos, iones de sodio, iones de calcio y iones de cloro. El agua de mejor calidad para la elaboración de cerveza es la embotellada.

**Adjuntos.** Se denomina así a todo cereal u otra materia prima con alto contenido en almidón, que se utilizan para fabricar cerveza aprovechando el exceso de actividad enzimática que brinda la malta. Los adjuntos más utilizados son el maíz y el arroz (Huxley, 2005).

### ***Proceso de elaboración***

Existen distintas formas de elaboración de una cerveza artesanal, realizando de una forma casera hasta una forma más industrial. Uno de los procesos más utilizados por los cerveceros es el propuesto por Huxley (2005) el cual se explica a continuación:

**Molienda.** El primer paso es el molido de la malta, la cual hay que realizarla justo antes de elaborar la cerveza para que esta no se oxide. La malta necesita del proceso de molienda para poder extraer el máximo de azúcares y facilitar la acción de las enzimas en el macerado. El molido debe de ser lo más uniforme posible, no se debe romper las cáscaras del grano que nos servirá como filtro ni hacer harina con el grano, ya que entonces se nos hará una masa, lo ideal es que tenga una proporción de 10% de harina, 80% de grano partido en tres partes y un 10% de grano entero aproximadamente.

**Maceración.** Consiste en el procedimiento para extraer los azúcares fermentables de la malta. Se puede macerar por infusión simple o escalonada, con la finalidad de que se de un proceso enzimático para transformar los almidones en azúcares. El más utilizado es la maceración por infusión simple que consiste en mezclar la malta con agua caliente y estabilizar la mezcla a una temperatura aproximada de 67°C para que las enzimas trabajen y termine la conversión del almidón en azúcares. Las principales enzimas que actúan son la alfa amilasa y la beta amilasa, que descomponen las grandes moléculas de almidón en dextrinas, glucosa y maltosa.

**Recirculado y lavado.** La recirculación consiste en ir extrayendo el mosto a través de la llave de la olla e ir volviéndolo a colocar por la parte superior. Este proceso se realiza por 10 minutos para obtener un mosto más claro. Posteriormente, se realiza el lavado del grano a 67°C, para arrastrar todos los azúcares de la malta y así conseguir el máximo rendimiento.

**Cocción.** Se hierve el mosto, en presencia de los lúpulos, durante una hora. Este proceso es importante para parar la acción de las enzimas; esterilizar el mosto; eliminar compuestos volátiles indeseados como aceites de lúpulo ásperos, compuestos de azufre, especialmente el sulfuro de dimetilo; y coagular proteínas y polifenoles no deseados.

**Fermentación.** Para el proceso de fermentación es importante mantener el lugar limpio y enfriar la cerveza hasta aproximadamente 20°C. Se traspa el líquido a un fermentador donde se coloca la levadura y se lo cierra herméticamente. Posteriormente, se ajusta el airlock con agua destilada, el cual comenzará a realizar actividad debido a la fermentación pasadas 8 horas. Este proceso dura 7 días.

**Maduración.** Transcurridos los 7 días de fermentación, se traspa el fermentador a un refrigerador o cuarto frío, que estará condicionado a 4 °C y se dejará reposar por 4 días.

**Carbonatación artificial.** Para este proceso se requiere de tanque Cornelius o Keg, que nos facilitará la carbonatación de la cerveza. Se carbonata utilizando un tanque de CO<sub>2</sub> de grado alimentario, el cual junto con las tablas de carbonatación se introduce la presión requerida para obtener el gas adecuado para cada tipo de cerveza.

### Capítulo III

#### Materiales y métodos

##### Área de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de bioquímica y suelos y el laboratorio de poscosecha del campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, Hacienda El Prado, ubicado en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha (Figura 5). Geográficamente se localiza a 78° 24' 44" LO, 0° 23' 20" LS y 2748 m de altitud. La temperatura media anual es de 14 °C, y la precipitación anual de 1300 mm (Arce, 2009). Ecológicamente pertenece a bosque húmedo montano (Holdridge, 2000) y su formación vegetacional es el matorral altoandino o matorral húmedo montano (Sierra, 1999).

##### Figura 5

*Mapa satelital de la Ubicación Geográfica del IASA I*



*Nota.* Adaptado de Google Maps, por Google Maps, 2021,

[https://www.google.com.ec/maps/place/IASA+\(Carrera+Agropecuaria+Universidad+de+las+Fuerzas+Armadas+\)/@-0.3856423,-78.4185909,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d5bb2c607a54a7:0x41f3cfca99f509d5!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA+(Carrera+Agropecuaria+Universidad+de+las+Fuerzas+Armadas+)/@-0.3856423,-78.4185909,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d5bb2c607a54a7:0x41f3cfca99f509d5!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es)

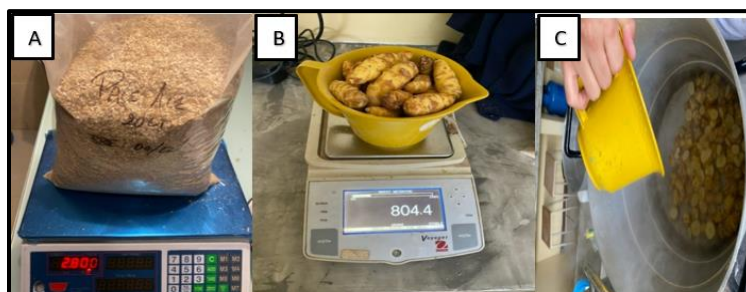
## Elaboración de la cerveza

Se realizó el procedimiento de elaboración tradicional de cerveza artesanal descrito por Huxley (2013) siguiendo los mismos pasos respecto a ingredientes, tiempos, temperaturas y se añadirá a la preparación la oca.

Se trabajó con granos de cebada ya malteados y molidos obtenidos de la casa comercial Cheers. La oca fue adquirida en el mercado central del Quinche en la ciudad de Quito y se mantuvo expuesta al sol por 15 días. La oca fue lavada, cortada en cuatro partes y colocada en un recipiente con agua donde se llevó a ebullición y permaneció por 10 minutos.

### Figura 6

*Preparación de la malta de cebada y la oca*



*Nota.* A) Pesaje de la malta de cebada, B) Pesaje de la oca, C) Cocción de la oca

Para el macerado se procedió a colocar 30 litros de agua embotellada en la olla de 40 litros de acero inoxidable, y se elevó la temperatura hasta los 67°C. Luego se sacó 10 litros de agua que sirvieron para el proceso de lavado. Posteriormente se procedió a poner la malta molida junto con la oca cocinada dentro de la malla para maceración y se añadió a la olla. Se colocó la enzima amilasa adquirida en la empresa CODAN y se utilizó la paleta de acero inoxidable para remojar todo el grano y remover el líquido, luego se dejó reposar por una hora. A los 50 minutos de macerado se realizó la recirculación del mosto, donde se utilizó la bomba magnética MKII durante 10 minutos.

**Figura 7**

*Proceso de macerado*



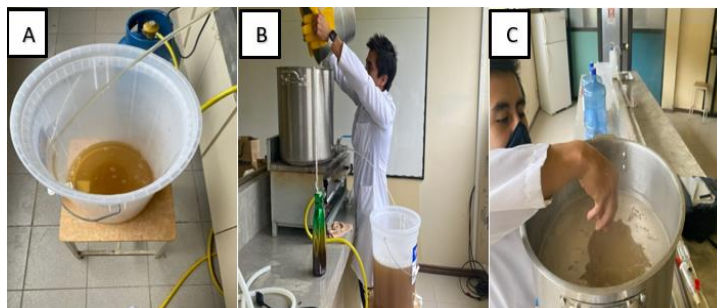
*Nota.* A) Colocación del agua, B) Medición de temperatura, C) Extracción de 10 litros de agua  
D) Colocación de malla para maceración, E) Remojo del grano, F) Recirculado

Pasado la hora de macerado se procedió a extraer el mosto inicial y se colocó los 10 litros de agua obtenidos al inicio en la olla que contiene el grano por 10 minutos. Una vez obtenido el mosto, se colocó en la olla, donde se esperó que el líquido llegue a punto de ebullición. En este punto se puso los primeros 18.3g de lúpulo, que otorga el amargor de la cerveza. Pasado los 45 minutos de ebullición del mosto se colocó los 18.3g de lúpulo que otorga el sabor. Por último, a los 60 minutos después de la ebullición, se apagó la llama y se añadió los últimos 18.3g de lúpulo que dió el aroma.



**Figura 8**

*Obtención del mosto y cocción del mosto.*



*Nota.* A) obtención del mosto, B) Colocación de los 10 litros, C) Colocación de los lúpulos.

Seguido, se apagó la llama de la cocina y se procedió a realizar el whirlpool, que consiste en utilizar la espátula y remover el mosto por alrededor de 10 minutos de forma circular para formar un remolino. Posteriormente, se conectó la manguera a la llave de salida del líquido de la olla y a uno de los lados de la bomba magnética MKII. Se conectó la segunda manguera por el otro lado de la bomba y al serpentín de cobre, el cual estuvo sumergido dentro de un envase de plástico lleno de agua fría. Se prendió la bomba y se abrió la llave con el fin de disminuir drásticamente la temperatura del mosto, es decir bajar la temperatura de 90 °C a 20°C. Se obtuvo el mosto enfriado y pasó al fermentador donde se colocó 11.5g de levadura SafaAle S-33, se selló herméticamente y se ajustó el airlock con agua destilada.

**Figura 9**

*Whirlpool, enfriado del mosto y cerrado hermético del fermentador*



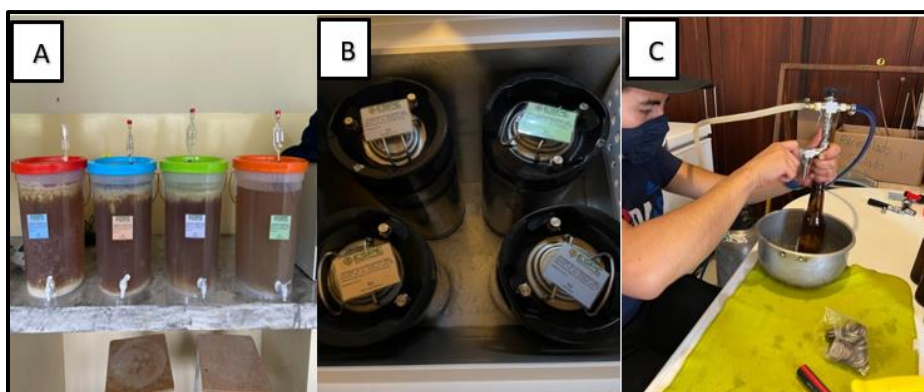
*Nota.* A) Whirlpool, B) Sistema de enfriado, C) Colocación de la levadura, D) Cerrado y colocación de airlock.

El mosto permaneció a temperatura ambiente en un cuarto oscuro durante 7 días.

Transcurridos los 7 días de fermentación, se procedió a traspasar el fermentador al refrigerador horizontal, que estuvo condicionado a 4 °C y se dejó reposar por 4 días. La cerveza fue carbonatada de forma artificial en los tanques cornelius de 20 litros por dos días y se utilizó las tablas de carbonatación. Finalmente, se envasó la cerveza en botellas color ámbar de 300 ml utilizando el llenador de botellas a contrapresión y se mantuvieron en el cuarto frío.

**Figura 10**

*Fermentación, carbonatado, embotellado*



*Nota.* A) Fermentación, B) Traspase de la cerveza a tanques Cornelius, C) Embotellado

## Formulación

Para la determinación de las formulaciones se utilizó de base la receta para elaborar 20 litros de cerveza estilo American Pale Ale propuesta por la empresa Cheers ubicada en Quito. Se trabajó con 4 formulaciones para la elaboración de cerveza como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Formulaciones y cantidades para la elaboración de cerveza artesanal.*

Nomenclatura	Formulación	Cantidades	Tratamiento
F1	100% cebada	4 kg	Tratamiento 1
F2	80% cebada	3.2 kg	Tratamiento 2
	20% oca	0.8 kg	
F3	70% cebada	2.8 kg	Tratamiento 3
	30% oca	1.2 kg	
F4	60% cebada	2.4 kg	Tratamiento 4
	40% oca	1.6 kg	

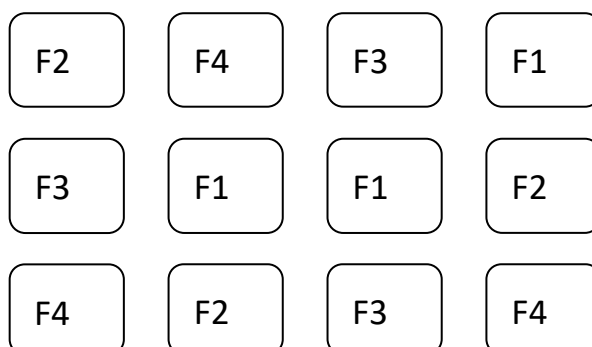
Las cervezas fueron envasadas en botellas de vidrio color ámbar de 300ml de capacidad.

Cada botella fue una unidad experimental y en total se utilizaron 16 unidades experimentales.

La disposición del experimento en el campo se muestra en la Figura 11.

**Figura 11**

*Disposición de las unidades experimentales*



*Nota.* Donde: F=formulación; (F1= 100% cebada, F2=80% cebada y 20% oca; F3=70% cebada y 30% oca, F4=60% cebada y 40% oca).

### **Variabes de estudio**

Las variables fueron evaluadas a los 15 días después del envasado de las botellas. Se trasladaron al laboratorio 4 botellas de cerveza por cada tratamiento y se procedió a llenar en frascos de vidrio neutro de aproximadamente 100 mL de cada unidad experimental. Finalmente se rotularon e identificaron las muestras inmediatamente.

### ***Características físicas***

Primeramente, se evaluó la densidad mediante un densímetro y los valores serán presentados en  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

**Figura 12**

*Medición de la densidad*



Posteriormente, el color se determinó mediante la técnica de espectrofotometría a 430 nm. El valor del parámetro se presentó en unidades EBC (European Brewing Convention) y se clasificó la cerveza de acuerdo a lo descrito en la Tabla 2. Para calcular los EBC se aplicó la siguiente fórmula:

$$EBC = 25 \cdot D \cdot A430$$

**Dónde:**

**EBC:** Valor numérico del color en escala EBC.

**A430:** Absorbancia a 430nm.

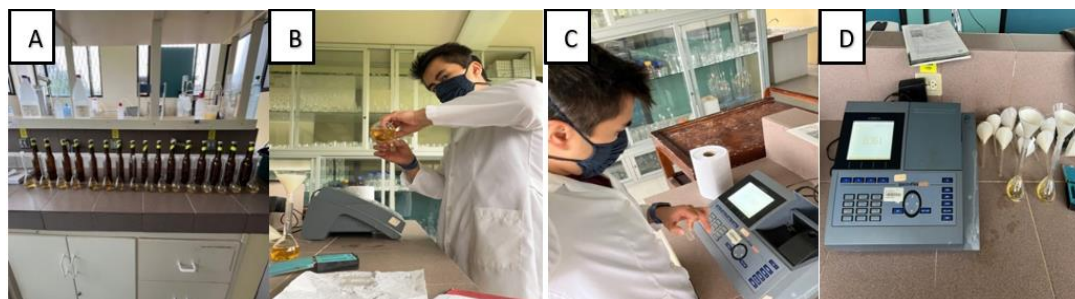
**D:** Factor de dilución (D=1 sin diluir; D=2 dilución 1:1 etc.)

(Picón, 2020)

**Tabla 7***Escala de color en unidades EBC.*

Denominación	EBC
Amarilla	< 8
Rubia	8 – 12
Dorada	12 – 20
Ámbar-rojiza	20 – 30
Caramelo-Cobriza	30 – 40
Tostada-Marrón	40 – 60
Negra	>60

*Nota.* Adaptado de La cerveza ciencia, tecnología, ingeniería, producción, valoración, por Boto. J & Boto. M, 2019, Universidad de León

**Figura 13***Técnica de espectrofotometría*

*Nota.* A) Muestras de cerveza, B) Colocación de la muestra en los cristales, C) Medición, D)

Absorbancia obtenida.

### **Características Químicas**

Para la determinación de los grados alcohólicos se basó mediante la siguiente fórmula

$$\%ABV = (di - df) * 131$$

**Dónde:**

**%ABV:** Contenido de alcohol en la cerveza.

**di:** Densidad Inicial.

**df:** Densidad Final

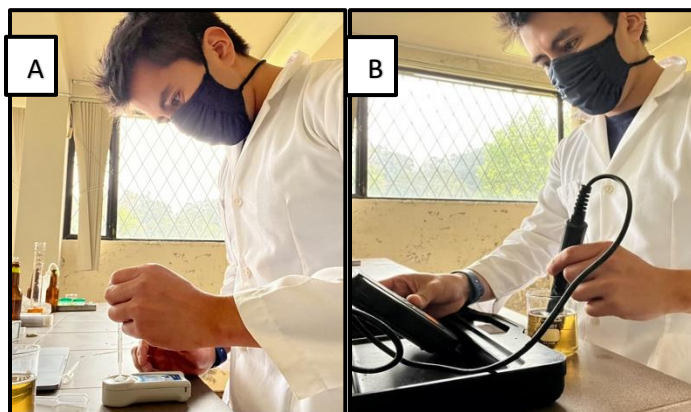
(Tribu Cervecera, s.f)

Se determinó la cantidad de etanol presente en la cerveza artesanal y se presentaron los datos en porcentaje. Para la evaluación de los grados Brix, se utilizó el refractómetro electrónico marca ATAGO, para dar lectura de la cantidad de azúcares que contiene cada bebida.

Finalmente, el pH fue evaluado utilizando un pHmetro digital de escala 1-14 marca HANNA.

### **Figura 14**

*Medición de grados Brix y pH*



*Nota.* A) Medición de los grados Brix utilizando un refractómetro electrónico, B) Medición de pH mediante el pHmetro

## Análisis sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de poscosecha de la Hacienda El Prado IASA I y participaron 27 estudiantes de la asignatura de Conservación, los cuales, fueron previamente capacitados. Para este estudio se realizaron fichas de cata, en donde se colocaron las variables más importantes para la degustación de una cerveza, las cuales fueron evaluadas con una puntuación de 1-5. La descripción de las variables estudiadas fue:

**Tabla 8**

*Valoración de las variables del análisis sensorial*

Variable	Puntuación				
	1	2	3	4	5
<b>Color</b>	Amarillo	Dorado	Rojizo	Caramelo	Negro
<b>Transparencia</b>	Cristalina	Poco transparente	Turbia	Semi opaca	Opaca
<b>Vivacidad</b>	Casi sin gas	Poca	Equilibrada	Abundante	Gran cantidad de gas
<b>Persistencia espuma</b>	Sin	Poco	Persistente	Muy persistente	No desaparece
<b>Aroma a alcohol</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intenso
<b>Gusto a alcohol:</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intenso
<b>Gusto dulce</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intenso
<b>Gusto salado</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intenso
<b>Gusto ácido</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intenso

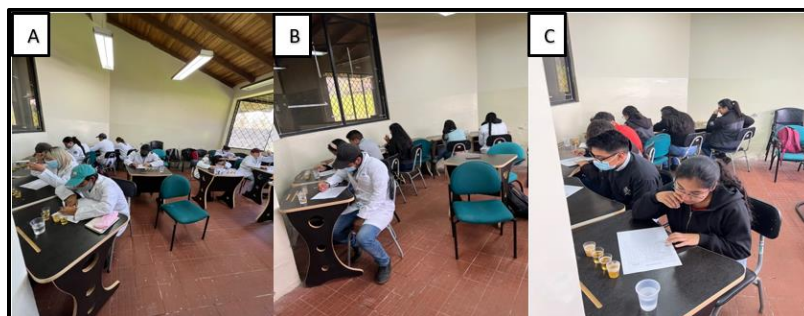


Variable	Puntuación				
	1	2	3	4	5
<b>Amargor</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intenso
<b>Astringencia</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intensa
<b>Efervescencia</b>	Inapreciable	Suave	Fuerte	Intenso	Muy intensa
<b>Valoración global</b>	Puntuación del 1 al 5				

*Nota.* Adaptado de Ficha de cata de cerveza, por Asociación Enológica Cultural "Club de Catas Torrejón, 2021, <http://catastorrejon.eu/eventos/cata-de-cervezas-por-video-conferencia/attachment/ficha-de-cata-de-cervezas-1/?fbclid=IwAR2BULIYckQOikJ9Q49ZAX4pvc6ehvkCFZdn1IcNkgPXvvGPdahHPVO4XGA>

**Figura 15**

*Degustación de la cerveza por parte de los catadores*



*Nota.* A) primer grupo de degustación, B) Segundo grupo de degustación, C) Tercer grupo de degustación

### **Análisis estadístico**

Las características físicas y químicas de la cerveza se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar).

Para evaluar el efecto de las formulaciones sobre las características físicas y químicas de la cerveza se realizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar con 4 repeticiones, cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + F_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$ = Características físicas y químicas

$u$ = Media general

$F_i$ = Efecto de la  $i$ -ésima formulación

$e_{ij}$ = error experimental

Para determinar diferencias de las características físicas y químicas entre formulaciones se realizó la prueba de comparación de medias LSD para las variables de color, pH, grados Brix y grados alcohólicos y para la variable de densidad se hizo la prueba de Friedman, utilizando el software estadístico Infostat con un nivel de significancia del 5%.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

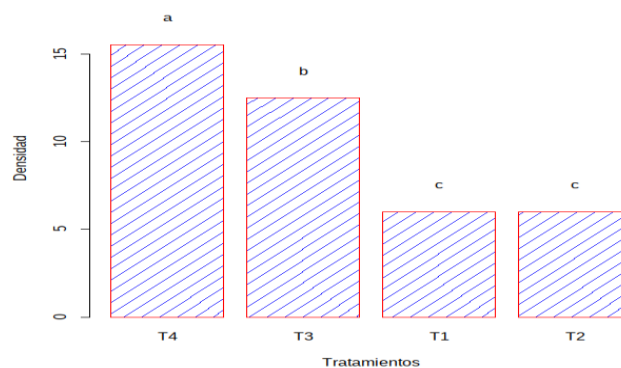
#### Resultados

##### *Características físicas*

**Análisis de la densidad.** La densidad de las cervezas, presentaron diferencias significativas entre formulaciones evaluadas ( $F= 137$ ;  $p<0.0001$ ); La cerveza con la formulación 4 tuvo una mayor densidad que el resto de cervezas (Figura 15).

#### Figura 16

*Gráfico de barras que representa las diferencias de la densidad entre tratamientos*



*Nota.* Gráfico de barras que representa la densidad tomada de cada formulación de cerveza. El análisis se basó en un DCA y se aprecian diferencias significativas según la prueba de Friedman ( $p<0.0001$ ). Cada barra representa la media (Barra azul)

Comparando los resultados con lo dicho por Huxley, (2005) la densidad final de una cerveza está comprendida entre 1.008 g/cc y 1.015 g/cc. La media de los tratamientos que se encuentran dentro de ese rango son: T1= 1.012 g/cc y T2= 1.012 g/cc, mientras que, los tratamientos 3 y 4 obtuvieron valores de 1.021 g/cc y 1.023 g/cc respectivamente, los cuales no se encuentran dentro del rango.

Estos resultados no difieren con los obtenidos en el estudio realizado por Echia, (2018) en donde lleva a cabo 5 formulaciones para elaborar una cerveza a base de papa y cebada, se observó una densidad final de 1.01 g/cc. De igual manera, en el estudio realizado por Carvajal & Insuasti, (2011) en la elaboración de una cerveza a base de cebada y yuca obtuvieron una densidad final de 1.0135 g/cc. Finalmente, en el estudio realizado por Gallardo, (2017) el cual hace una cerveza a base de quinua y cebada, utilizando diferentes proporciones de quinua, encontró que la densidad final de todos sus tratamientos estuvo comprendida entre 1.009 g/cc y 1.013 g/cc.

Es necesario resaltar que, a mayor densidad del mosto, más contenido de alcohol tendrá la cerveza y el tiempo de fermentación y maduración debe ser mayor. Es por esto, que el tratamiento 3 y 4 requieren de un tiempo mayor en cuanto a su fermentación y maduración debido a sus valores más altos en su densidad final, con lo cual, la cantidad de azúcares presentes en la cerveza no se lograron convertir, en su totalidad, en alcohol.

**Coloración.** En la siguiente tabla se expresan los valores de las unidades EBC y a que color pertenece cada una de las formulaciones.

**Tabla 9**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar del valor numérico de la escala de color expresada en unidades EBC (European Brewing Convention)*

Formulación	Tratamiento	EBC	Denominación
100% cebada	T1	7.90 $\pm$ 0.03 b	Amarilla
80% cebada 20% oca	T2	9.12 $\pm$ 0.31 a	Rubia
70% cebada 30% oca	T3	7.63 $\pm$ 0.03 b	Amarilla
60% cebada 40% oca	T4	6.54 $\pm$ 0.26 c	Amarilla

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

La escala de color expresada en unidades EBC mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,12} = 108.78$ ;  $p < 0.0001$ ). La cerveza del tratamiento 2 tuvo un color más intenso que el resto de tratamientos, dándole un color rubio, mientras que, el tratamiento 1, 3 y 4, pertenecen al color amarillo. Se observa que el tratamiento 4 fue el que menor intensidad de color tuvo en comparación al resto de los tratamientos.

Según lo mencionado por Suarez, (2013) los compuestos más importantes que forman el color en la cerveza y que son aportados principalmente por la malta u otros productos añadidos son: melanoidinas, polifenoles oxidados, riboflavinas, carotenoides, antocianinas, entre otros. Las melanoidinas son la principal causa del color, estas van desde un espectro amarillo al ámbar. Se generan por la reacción de Millard, debido a un tratamiento térmico al cual se ha sometido el tostado del grano. De igual manera Huxley, (2005) menciona que las melanoidinas son importantes para la formación del color en la cerveza y que estas dependen del secado y el tostado de la malta, los cuales se desarrollan en mayor intensidad durante la cocción.

En un estudio realizado por Campos et al., (2006) donde evalúa la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios en 4 especies de tubérculos andinos, entre ellos 14 genotipos de oca, encontró que la oca contiene cantidades considerables de antocianinas y carotenoides que están ligados directamente a su capacidad antioxidante. Estos compuestos pueden alterar la coloración de la cerveza.

Por otra parte, la turbidez en la cerveza se refiere a partículas que se encuentran suspendidas y que pueden ser observadas con la luz. Estas partículas suspendidas pueden tratarse de carbohidratos, proteínas o simplemente cuerpos extraños. Es un parámetro que se debe evaluar a cada momento en la elaboración de una cerveza artesanal, ya que depende

mucho la percepción del consumidor al observar una cerveza que contenga elementos flotando en el líquido, con lo cual, puede afectar la calidad de la cerveza (Valverde, 2020).

Es posible que en el tratamiento 2, al ser de menor proporción de oca, haya habido una interacción de las melanoidinas producidas por la malta de cebada y, por otro lado, los carotenoides junto con las antocianinas de la oca, le hayan aportado más intensidad a la coloración de la cerveza. De igual forma, probablemente es la cerveza que más elementos suspendidos tuvo. Mientras que, el tratamiento 4 obtuvo una coloración menos intensa debido a que las antocianinas presentes en la oca poseen una gran capacidad antioxidante, ayudando a que la coloración de la cerveza se torne más transparente. De la misma forma, puede ser la cerveza que menos elementos suspendidos tuvo al momento de ser evaluada.

**pH y Grados Brix.** En la siguiente tabla se presenta el efecto de los tratamientos con diferentes formulaciones de cerveza sobre el pH y los grados Brix.

**Tabla 10**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar del pH y grados brix de la cerveza bajo 4 formulaciones a base de cebada y oca*

Formulaciones	Tratamiento	pH	Grados Brix
100% cebada	T1	4.48 $\pm$ 0.01 a	1.83 $\pm$ 0.05 c
80% cebada 20% oca	T2	4.63 $\pm$ 0.01 b	1.90 $\pm$ 0.14 c
70% cebada 30% oca	T3	4.60 $\pm$ 0.01 c	2.48 $\pm$ 0.05 b
60% cebada 40% oca	T4	4.76 $\pm$ 0.02 d	3.48 $\pm$ 0.13 a

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El pH y los grados Brix mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,12}=446.14$ ;  $p < 0.0001$ ); ( $F_{3,12}=227.33$ ;  $p < 0.0001$ ). La cerveza con la formulación 4 tuvo un mayor pH que el resto de cervezas. Cabe recalcar, que el tratamiento 1, que es el tratamiento testigo, obtuvo el valor más bajo en cuanto a pH. Por otra parte, la cerveza con la formulación 1 tuvo mayor grados brix que el resto de formulaciones, mientras que, la cerveza de formulaciones 3 y 4 obtuvieron valores más bajos de grados brix (Tabla 9).

Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Suarez, (2013) en donde analiza los componentes y propiedades que debe tener una cerveza de buena calidad, menciona que una cerveza un pH favorable para el crecimiento de las levaduras ronda entre 4.4 a 5. Esto concuerda con lo dicho en un artículo publicado por HannaInstruments, (s.f) en donde mencionan que un pH óptimo esta entre 4.1 – 4.6, debido a que valores más altos pueden dañar la calidad por una baja acción enzimática y valores más bajos puede contribuir a la proliferación de bacterias que producen ácido láctico, convirtiendo así una cerveza mucho más amarga. Por otra parte, en la tabla de requisitos físicos y químicos de las normas INEN 2262, el pH mínimo de una cerveza artesanal es de 3.5 y un máximo de 4.8 INEN, (2013)

Estos resultados no difieren a los obtenidos por Gallardo, (2017) en su cerveza artesanal a base de cebada y quinua, donde obtuvo valores de pH entre 3.52 hasta 4.85, siendo valores que se encuentran en el límite del rango que propone las normas INEN.

Según Carvajal & Insuasti, (2010) en sus estudios en cerveza artesanal a base de cebada y yuca, indican un pH de 4.2 a 4.31 de los tratamientos que se encuentran dentro del rango óptimo para obtener una cerveza artesanal de buena calidad.

Por otro lado, en el estudio realizado por Echia, (2018) en la elaboración de una cerveza artesanal a base de cebada y papa nativa amarilla variedad “Tumbay”, indicó que obtuvo un pH

final de 3.79, siendo este un valor en el límite del rango propuesto por las normas INEN 2262, pero no se encuentra dentro de los valores óptimos.

A pesar de que existen diferencias significativas entre tratamientos, los resultados se encuentran dentro del rango óptimo de pH, para que la cerveza sea un medio adecuado para el crecimiento de las levaduras, las cuales se van a encargar de transformar los azúcares en alcohol y evitar que la cerveza se convierta en un medio de cultivo de bacterias que no son beneficiosas en la obtención de una cerveza artesanal de calidad. En definitiva, la oca no afectó el pH de la cerveza, por lo que, la cerveza se mantuvo en los valores óptimos para todos los tratamientos.

Los valores de los grados Brix dependen del tiempo de maceración al que estuvo expuesto la malta. En resumen, a mayor tiempo de exposición de la malta en el proceso de macerado, mayor será la cantidad de azúcares extraídos Hernández, Moncada & Bueso, (2009). De igual forma, según Huxley, (2005) el pH y la temperatura juegan un papel importante en la maceración, debido a que en este proceso las enzimas actúan sobre los almidones de la malta lo cual contribuye a la obtención de una mayor cantidad de azúcares. La medición de los grados Brix está directamente relacionada con la densidad, debido a que miden los sólidos solubles que se encuentran en el líquido. (Eizaguirre & Libkind, 2017).

Según Barrera et al., (2004) la oca es un cultivo que se lo puede consumir de varias formas, tanto en platos de sal, cuando la oca es recién cosechada o en platos de dulce, cuando la oca pasa por el proceso de asoleado o curado. Este proceso se refiere a exponer los tubérculos de la oca al sol durante un periodo de tiempo, el cual va a transformar los almidones en azúcares.



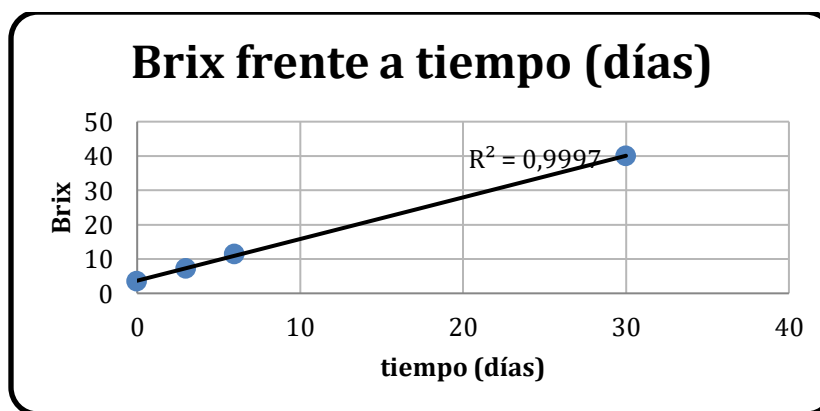
De la misma manera, en un estudio realizado por Cornejo, (2016) donde evalúa la concentración de azúcares en 10 clones de oca frescos y asoleados, observó que la oca B-25, de piel amarilla, similar a la usada en este estudio, obtuvo las concentraciones de 22.55% en fresco y 40.61% en asoleado, analizado a los 30 días.

En otro estudio realizado por Palate, (2013) donde evalúa los grados Brix de la oca en el tiempo y a diferentes temperaturas, menciona que la oca expuesta a 0 días obtuvo un valor de 3.5 °Brix, a los 3 días se determinó un valor de 7.13 °Brix y a los 6 días observó un valor de 11.42 °Brix, todos expuestos a una temperatura de 35 °C. Mientras que, Carrasco, (2020) evaluó la calidad de malta de dos variedades de cebada, determinando que los °Brix en el mosto de la cerveza tipo “Pale Ale” fue de 7.5.

Con los datos expuestos por Cornejo, (2016); Palate, (2013); y Carrasco, (2020) se obtuvo los grados brix a los 15 días de asoleado mediante el siguiente modelo de regresión lineal:  $^{\circ}\text{Brix} = 3.68 + 1.21(\text{tiempo})$ . Dando como resultado un valor de 21.87 °Brix como se muestra en la figura 16. De la misma manera, por medio de un balance de materia (Figura 17), se determinó los grados brix iniciales del mosto de la cerveza para cada formulación, los cuales están representados en la tabla 10.

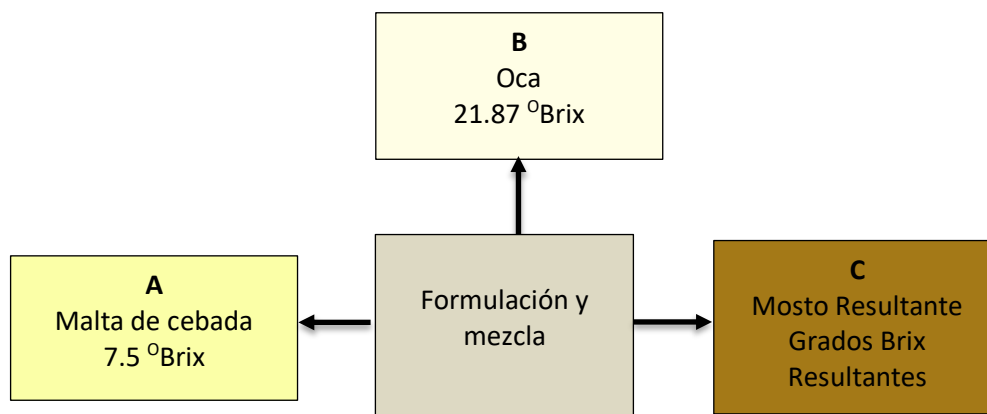
### Figura 17

*Relación entre el tiempo (días) y los grados Brix*



**Figura 18**

*Balance de materia de sólidos solubles*



*Nota.* Balance de materia de sólidos solubles utilizando la fórmula  $A+B=C$  donde; A= % de cebada y los grados Brix iniciales; B= % de oca y los grados Brix iniciales; C= cantidad de grados brix iniciales resultantes para cada formulación.

**Tabla 11**

*Grados Brix iniciales del mosto para cada formulación de cerveza*

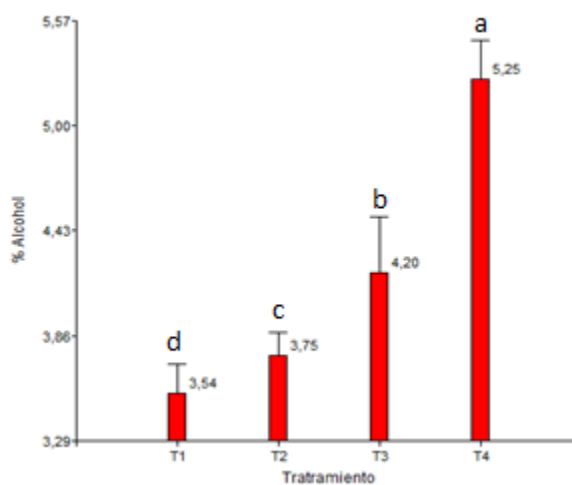
Tratamiento	Malta	Oca	°Brix inicial del mosto
T1	100%	0%	7.50
T2	80%	20%	10.40
T3	70%	30%	11.85
T4	60%	40%	13.30

Por consiguiente, el tratamiento 4 tuvo una mayor concentración de azúcares en el mosto inicial lo que implicaría un mejor rendimiento en cuanto a producción de alcohol en la cerveza. De igual forma, a mayor tiempo de exposición de la oca al sol, aumenta el contenido de azúcares en el mosto. Asimismo, el tiempo de exposición al proceso de maceración, fermentación y de maduración debe ser mayor, para aumentar la cantidad de azúcares y que estos puedan favorecer el crecimiento de levaduras.

**Grados Alcohólicos (g alcohol/100g de producto).** El porcentaje de alcohol de las cervezas, presentaron diferencias significativas entre formulaciones evaluadas ( $F_{3,12}= 227.33$ ;  $p= <0.0001$ ); La cerveza con la formulación 4 tuvo un mayor contenido de grados alcohólicos que el resto de las cervezas (Figura 19).

**Figura 19**

*Gráfico de barras que contiene la media y la desviación estándar para la variable alcohol.*



*Nota.* Gráfico de barras que representa el porcentaje de alcohol de cada formulación de cerveza. El análisis se basó en un DCA, según la prueba de LSD, y se aprecian diferencias significativas ( $p= <0.0001$ ). Cada barra representa la media (barras rojas),  $\pm$  desviación estándar.

Estos resultados se compararon con los rangos de contenido alcohólico propuesto por las normas INEN, (2013) en donde se permite un mínimo de 1 % máximo de 10 % de alcohol, por lo cual, están dentro de dicho rango.

Según VelpCientífica, (2020) el alcohol que se encuentra en la cerveza, es el resultado de la fermentación que realizan las levaduras al momento de metabolizar los azúcares del líquido. Asimismo, Huxley, (2005) menciona que, a mayor contenido de azúcares disueltas en el mosto, más alcohol tendrá la cerveza al finalizar el proceso, por lo cual, necesitaran de un mayor tiempo de fermentación para obtener una cerveza con una mayor cantidad de grados alcohólicos.

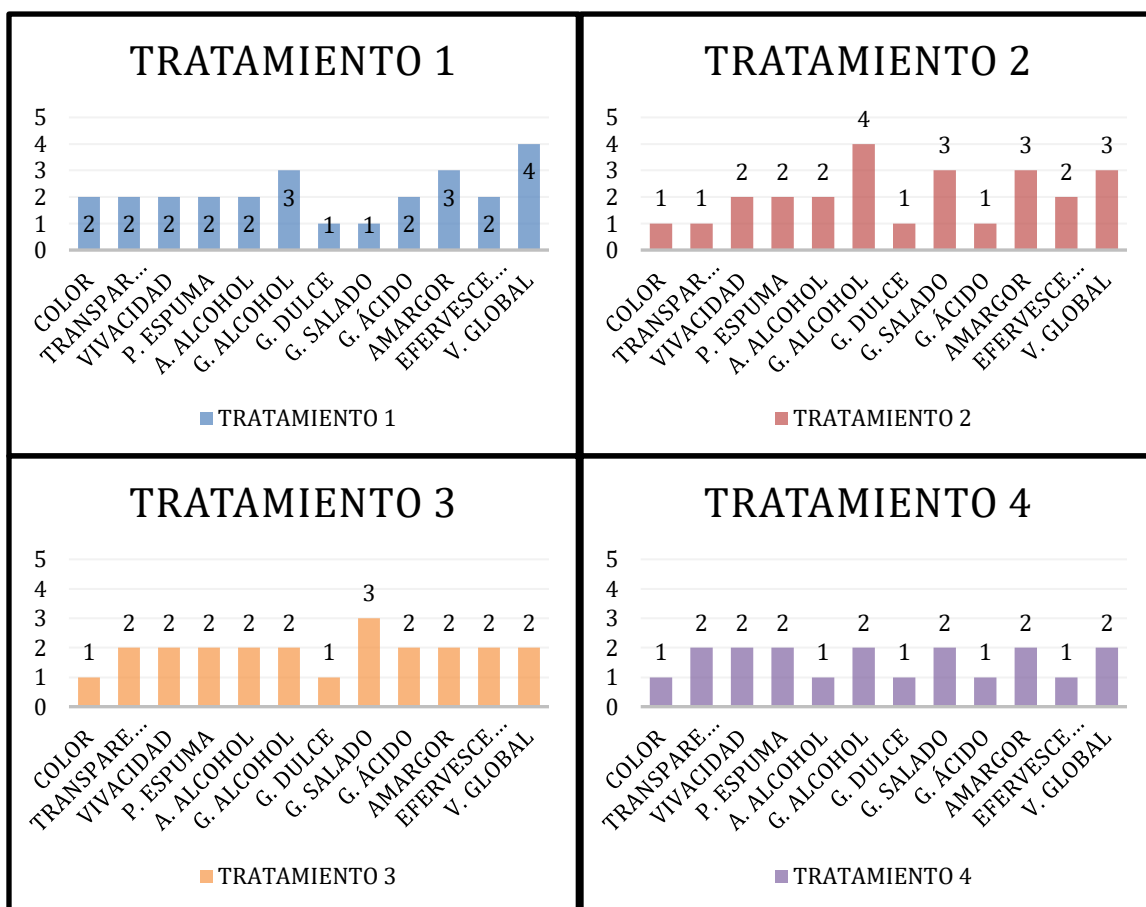
En el estudio realizado por Gallardo, (2017) el cual elaboró cerveza de cebada y quinua, encontró valores de grados alcohólicos que van desde 4.49 hasta 5.27. De la misma forma, en el estudio realizado por Carvajal & Insuasti, (2010) obtuvo un grado alcohólico de 5.27 en su cerveza artesanal elaborada a base de cebada y yuca. Por otro lado, en la tesis elaborada por Valdivia, (2018) en donde realiza una cerveza de cebada y papa nativa amarilla variedad "Tumbay", obtuvo una cerveza con 6.55 grados alcohólicos, siendo esta la que más contenido de alcohol tiene.

Los resultados de todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos aceptados por las normas INEN 2262. En el tratamiento 4 existió una mayor cantidad de azúcares disueltas en el líquido, para que estas sean aprovechadas por las levaduras y producir alcohol. De la misma manera, el alcohol obtenido en los resultados del tratamiento 4 puede aumentar, exponiendo a un mayor tiempo de: asoleado de la oca, proceso de macerado, fermentación y maduración.

**Análisis Sensorial.** Se puede observar las 12 variables que fueron en las distintas formulaciones de cerveza artesanal a base de cebada y oca, evaluadas a 27 personas (Figura 19).

Figura 20

Gráfico de barras de las 12 variables evaluadas en el análisis sensorial para cada tratamiento considerando la misma escala.



*Nota.* Gráficos de barras que representa los valores para cada variable medidas entre 1 a 5, siendo 5 el valor más alto y 1 la puntuación más baja. Las 12 variables son: Color, Transparencia, Vivacidad, Persistencia de espuma, Aroma a alcohol, Gusto a alcohol, Gusto dulce, Gusto salado, Gusto ácido, Amargor, Efervescencia y Valoración global. a) Valores obtenidos de cada variable para el tratamiento 1 (cebada 100%); b) Valores obtenidos de cada variable para el tratamiento 2 (cebada 80% y oca 20%); c) Valores obtenidos de cada variable para el tratamiento 3 (cebada 70% y oca 30%); d) Valores obtenidos de cada variable para el tratamiento 4 (cebada 60% y oca 40%). Cada barra representa la moda.

Los mejores resultados, según la valoración global fueron: el tratamiento 1 y el tratamiento 2, con 4 y 3 puntos respectivamente. Sin embargo, en la mayoría de las variables coinciden en puntuación, exceptuando el gusto salado.

Según Costell, (2005) existen varios factores que determinan la calidad de un producto, entre ellos el análisis sensorial. Sin embargo, esta información que se obtiene al momento de realizar un análisis sensorial depende del entrenamiento y el conocimiento del producto que están evaluando.

En un estudio realizado por Miranda, (2013) donde analiza el cultivo de la oca y propone un plato gastronómico, menciona que existen ocas que se utilizan para platos de sal y platos de dulce, los cuales se clasifican de acuerdo con el color. Ocas de color blancas son consideradas para elaboración de platos de sal, debido a su semejanza de sabor con la papa, mientras que, ocas de colores oscuros tienden a ser más dulces, por lo tanto, sirven para elaborar platos de dulce.

Con lo expuesto anteriormente, el aumento en el gusto salado puede deberse a la variedad de oca utilizada y al tiempo de exposición al sol, por lo tanto, existía un elevado número de almidones en la oca que producía un sabor diferente a la cerveza. Sin embargo, estos resultados fueron bastante adecuados considerando la experiencia en consumo de los catadores y que con personas expertas en el tema pueden ser confirmados.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

En base a los resultados se concluye que:

El uso de la oca generó un efecto positivo en las características físicas de la cerveza a base de malta de cebada.

Se pudo obtener una densidad final de hasta  $1.023 \text{ g/cm}^3$ , el cual determina un contenido mayor de azúcares, contribuyendo a la producción de alcohol.

Utilizando oca en la preparación de la cerveza influyó en la coloración en el tratamiento 2, obteniendo un color rubio, por el aporte de los carotenoides y las antocianinas que posee la oca.

El uso de la oca generó un efecto positivo en las características químicas de la cerveza a base de malta de cebada.

Al utilizar la oca se pudo obtener un pH de hasta 4.76, sin embargo, se encuentra dentro de los rangos permitidos por las normas INEN 2262 y cercano al rango óptimo de pH para cerveza artesanal que es de 4.5. Como también, el uso de la oca influyó positivamente sobre los grados Brix de la cerveza, obteniendo un 90.16% más con respecto al tratamiento testigo.

Finalmente, se pudo obtener un incremento del alcohol de 48.30% con respecto a la cerveza elaborada únicamente a base de malta de cebada.

### **Recomendaciones**

Se recomienda elaborar cerveza artesanal a base de oca al 20%, con el fin de impulsar la producción de este cultivo y generar un producto novedoso que contribuya con la economía de los pequeños productores de oca del Ecuador.

Llevar a cabo el proceso de asoleado de la oca por lo menos 30 días, puesto que, en este proceso las ocas transforman sus almidones en azúcares.

Realizar un estudio del contenido de azúcares en fresco y asoleado de los tipos de ocas que se encuentran actualmente en el mercado del Ecuador.

Es aconsejable realizar un análisis sensorial con catadores que sean entrenados y expertos en el tema de cerveza artesanal, dado que, los valores obtenidos con estudiantes pueden ser muy variables

Corroborar resultados de alcohol, utilizando la técnica de destilación para obtener el alcohol de la cerveza y luego utilizar el alcoholímetro o por cromatografía de gases.

Realizar otro estilo de cerveza como: Red IPA o Chocolate Porter, para observar el comportamiento de la oca.



## Bibliografía

- Arce, M. (2009). Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA. *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/251338998/Datos-de-Clima-en-Salgolqui>
- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2004). *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. INIAP.  
<http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/f1ce784ad56186d4fbec1a60f9e8e757.pdf>
- Boto, J., & Boto, M. (2017). *La Cerveza. Ciencia, tecnología, ingeniería, producción, valoración*. Universidad de León.
- Brito, B., Espín, S., Villacrés, E., Merino, F., & Soto, L. (2003). El endulzamiento de la oca (*Oxalis tuberosa*) una alternativa para la agroindustria rural en el Ecuador.  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2703>
- Brücher, H. (1969). Poliploidía en especies sudamericanas de *Oxalis*. *Boletín Soc. Venezolana de Ciencias Naturales*. p. 145 -178.
- Cadima, X. (2006). *Tubérculos*. Universidad Mayor de San Andrés.  
<https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2022.pdf>
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: Native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1481–1488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>
- Cárdenas, M. (1950). *Plantas alimenticias nativas de los Andes de Bolivia*. Universidad de Cochabamba.

- Cárdenas, M. (1989). Manual de plantas económicas de Bolivia. Segunda Edición. Editorial Los Amigos del Libro, La Paz y Cochabamba. 333 p
- Carrasco, P. (2020). *Determinación de la calidad maltera aplicada en el grano de cebada *Hordeum vulgare* variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003, su análisis de las características fisicoquímicas y organolépticas de cerveza artesanal (Rubia) producida a partir de su procesamiento.*
- <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/31406>
- Carvajal Martínez, L. D., & Insuasti Andrade, M. A. (2011). *Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*hordeum vulgare*) y yuca (*manihot esculenta crantz*).*
- <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/558>
- Clubdecatas. (2021). *Ficha de cata de cervezas (1) | CLUB DE CATAS TORREJON.*
- <http://catastorrejon.eu/eventos/cata-de-cervezas-por-video-conferencia/attachment/ficha-de-cata-de-cervezas-1/?fbclid=IwAR2BULIYckQOikJ9Q49ZAX4pvc6ehvkCFZdn1IcNkgPXvvGPdahHPVO4XGA>
- Cornejo, C. (2016). *Evaluación de variables cuantitativas y cualitativas de tubérculos frescos y asoleados de diez clones de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) en el Centro Experimental K'iphak'iphani* [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10529>
- Costell, E. (2005). *El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: Una posibilidad real.* <https://digital.csic.es/handle/10261/5729>
- Ecured. (s.f). *Papa oca (*Oxalis tuberosa*)—EcuRed.*
- [https://www.ecured.cu/Papa\\_oca\\_\(Oxalis\\_tuberosa\)](https://www.ecured.cu/Papa_oca_(Oxalis_tuberosa))
- Echia Morales, D. B. (2018). *Elaboración de cerveza utilizando una mezcla de malta de cebada y papa nativa amarilla “Tumbay”* [Universidad San Ignacio de Loyola].
- [http://200.37.102.150/bitstream/USIL/3098/1/2018\\_Echia-Morales.pdf](http://200.37.102.150/bitstream/USIL/3098/1/2018_Echia-Morales.pdf)

- Eizaguirre, J., & Libkind, D. (2017). *Guía para uso de refractómetro en cervecería para determinación rápida de densidad, atenuación y alcohol*.  
[https://ipatec.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/72/2017/12/IPATEC\\_-\\_Refract\\_metro\\_V1\\_JIE\\_1\\_.pdf](https://ipatec.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/72/2017/12/IPATEC_-_Refract_metro_V1_JIE_1_.pdf)
- Ferreira, R. (1986). *Flora del Perú dicotiledóneas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- Gallardo, D. (2017). *Elaboración de cerveza artesanal con quinua (Chenopodium quinoa)*.  
<http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/16725>
- Google Maps. (2021). *Google Maps*. Google Maps.  
[https://www.google.com.ec/maps/place/IASA+\(Carrera+Agropecuaria+Universidad+de+las+Fuerzas+Armadas+\)/@-0.3856423,-78.4185909,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d5bb2c607a54a7:0x41f3cfca99f509d5!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA+(Carrera+Agropecuaria+Universidad+de+las+Fuerzas+Armadas+)/@-0.3856423,-78.4185909,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d5bb2c607a54a7:0x41f3cfca99f509d5!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es)
- HannaInstruments. (s.f). *pH, cerveza y usted; La importancia del pH en la elaboración de cerveza | HANNA Instruments Colombia*. <https://www.hannacolombia.com/blog/post/209/ph-cerveza-y-usted-la-importancia-del-ph-en-la-elaboracion-cerveza>
- Hernández, F., Moncada, E., & Bueso, F. (2009). Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock [Biblioteca Digital, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/278>
- Holdridge, L. R. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Agroamerica.  
[https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=m3Vm2TCjM\\_MC&oi=fnd&pg=PR9&ots=oOaHZt1HAQ&sig=CKnjavm4\\_VUehV3D0c6sD4DGNZw&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=m3Vm2TCjM_MC&oi=fnd&pg=PR9&ots=oOaHZt1HAQ&sig=CKnjavm4_VUehV3D0c6sD4DGNZw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

- Huxley, S. (2005). *La cerveza poesía líquida: Un manual para cervesiáfilos*.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=323639>
- INEC. (2019). *Seis cultivos con mayor producción en Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Retrieved August 2, 2021, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/>
- INEN. (2013). *BEBIDAS ALCOHOLICAS. CERVEZA. REQUISITOS*.  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2262-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf)
- INEC. (2000). Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadística y Censos.  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>
- KarelNT. (2015). *La flor de Oca, comúnmente confundida con la flor de Trébol*. Naturaleza tropical. <https://naturalezatropical.com/la-flor-de-oca-genero-oxalis/>
- León, J. (1964). Plantas alimenticias andinas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - Zona Andina. Lima, Perú. Boletín Técnico No. 6. p. 5-34.
- Leyva, L. (2019). *Oca (Ibia, Papa oca)*. TUBÉRCULOS. <https://www.tuberculos.org/oca-ibia/>
- Ministerio de cultura y patrimonio. (2016). *Oca—Patrimonio Alimentario*. Oca.  
<https://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Oa>
- Ministerio de Turismo. (2014). *Ecuador megadiverso y único en el centro del mundo – Ministerio de Turismo*. <https://www.turismo.gob.ec/ecuador-megadiverso-y-unico-en-el-centro-del-mundo/>
- Moya Alulema, M. S. (2017). Conservación de la oca como patrimonio alimentario en el cantón Píllaro, parroquia La Matriz. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6952>
- National Research Council. (1989). *Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*". <https://doi.org/10.17226/1398>

- Picón, S. (2020). *Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza* [Universidad de Sevilla]. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/92817/fichero/TFG-2817+PIC%C3%93N-S%C3%81NCHEZ%2C+MAR%C3%8DA.pdf>
- PlantWorld. (2016). Plant World: Oxalis tuberosa. *Plant World*.  
<http://plantworld2.blogspot.com/2016/05/oxalis-tuberosa.html>
- Quitoinforma. (2021). *Quito, cuna de la cerveza en Sudamérica*.  
<http://www.quitoinforma.gob.ec/2021/08/06/quito-cuna-de-la-cerveza-en-sudamerica/>
- RAE. (2021). *Cerveza | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/cerveza>
- Martínez Gómez, C. A. (2015). Análisis prospectivo al 2020 de la industria de la cerveza artesanal en el Ecuador como generadora de crecimiento económico.  
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/5024>
- Miranda, V. (2013). *Estudio de la oca y propuesta gastronómica de autor*.  
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/327>
- Palate Amaguaña, J. E. (2012). *Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo en las características físico-químicas y sensoriales de la oca (oxalis tuberosa) durante su maduración*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/3165>
- Sierra, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN/GEF y EcoCiencia.  
<https://doi.org/10.13140/2.1.4520.9287>
- Suárez, M. (2013). *Cerveza, componentes y propiedades*.  
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/19093>
- Suquilanda, M. (2012). *Producción orgánica de cultivos andinos (FAO) | FAO*.  
<http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/384373/>

- Tapia, M. E. (1997). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).
- TribuCervecera. (s.f). *Cómo Calcular el Contenido de Alcohol de la Cerveza*.  
<https://www.tribucervecera.com/blog/alcoholabv>
- Valverde, A. (2020). *Manual de análisis para el control de calidad de la cerveza en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental*.  
<https://idus.us.es/handle/11441/106310>
- VelpCientífica. (2020). *Contenido de alcohol en cerveza*. <https://www.velp.com/es-sa/contenido-de-alcohol-en-cerveza.aspx>
- Wahman, L., Mokhtar, M., Youseef, M., & Abdel-Hameed, U. (2019). The effect of *Hordeum vulgare* on the monoaminergic system modulating neural-thyroid dysfunction in hypothyroid female rats. *Cellular and Molecular Biology (Noisy-Le-Grand, France)*, 65, 53–62. <https://doi.org/10.14715/cmb/2019.65.4.9>
- <https://drive.google.com/file/d/1PQ778hwEDd8PZVotD2f3LjyNIVQscvo/view?usp=sharing>