

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

**OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA TIPO CERVEZA A PARTIR DE
MALTAS DE MAÍZ (*Zea mays*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

MARÍA SOLEDAD RECALDE VILAVICENCIO
mariasoledadrecalde@hotmail.com

DIRECTOR: MAURICIO MOSQUERA, Ph.D.
mauricio.mosquera@epn.edu.ec

Quito, Julio de 2017

© Escuela Politécnica Nacional (2017)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, María Soledad Recalde Villavicencio, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

María Soledad Recalde Villavicencio

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Soledad Recalde Villavicencio, bajo mi supervisión.

Mauricio Mosquera, Ph.D.

DIRECTOR DE PROYECTO

AUSPICIO

Esta investigación contó con el auspicio financiero del proyecto PIS 13-17 “Evaluación del uso de variedades nacionales de granos como adjunto en la elaboración de cervezas”, que se lleva a cabo en el Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología (DECAB).

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien bendice y guía mi camino, luz de mi vida.

A mis padres Raúl y Yolanda a quienes debo lo que soy, mi soporte fundamental al igual que mis abuelos-padres Luis y Emmita.

A mis hermanos Luis Miguel y María Paz con quienes he vivido momentos de alegría así como de tristeza, quienes me han enseñado a levantarme una y mil veces con amor y una sonrisa. De manera especial Kathy y Miguel Eduardo que aunque ya no están en este mundo fueron personas maravillosas que amaron el hecho de poder servir a los demás y de quienes aprendí que el miedo no existe para los que persiguen sus sueños y que la valentía lo vence todo.

A mis profesores, en especial a mi director Ing. Mauricio Mosquera, quién me brindó su apoyo e impartió sus conocimientos y aún sin conocerme me dio la oportunidad de desarrollar mi trabajo de titulación.

Al Ing. José Velásquez, por su ayuda desinteresada, profesor y amigo quién además, me facilitó la materia prima para la realización de este proyecto.

A la Escuela Politécnica Nacional por abrirme sus puertas permitiéndome continuar mis estudios en la carrera que amo y hoy orgullosamente puedo decir que pertenezco a tan noble Institución.

Y no podían faltar mis amigos: “El poder Agro” así como Evelyn y Fabián, con quienes pude compartir triunfos y fracasos no sólo dentro de las aulas de clase. Mis panas “cómplices de aventuras” Mayra y Daniel, amigos irremplazables a quienes quiero y admiro mucho, siempre han estado junto a mi cuando los he necesitado, mis hermanos de corazón. A mis amigos Kary, Ale, Naty, Cris y Fabo personas maravillosas que agradezco haber conocido, a todos ustedes Dios los puso en mi camino sin duda un regalo hermoso de la vida, nuestra amistad será eterna.

A Wladimir, una persona especial que alegra mis días y ha sido un gran apoyo en la culminación de mi tesis.

¡¡¡ A Todos... muchas gracias..!!!

DEDICATORIA

A mis hermanos:

Luis Miguel y María Paz con quienes comparto día a día experiencias maravillosas.

Kathy y Miguel Eduardo dos seres extraordinarios que se convirtieron en los ángeles que guían mi vida.

Los amo

INDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Producción y elaboración de bebidas tipo cerveza	1
1.1.1 Producción y elaboración de cerveza	1
1.1.2 Producción de bebidas tipo cerveza	4
1.2 Empleo de adjuntos para la elaboración de cerveza	7
1.2.1 Quinua	8
1.2.2 Maíz	9
2. PARTE EXPERIMENTAL	12
2.1 Obtención de malta de maíz y quinua	12
2.2 Determinación del mejor tratamiento para la obtención de una bebida tipo cerveza	14
2.2.1 Grado alcohólico y grado real de fermentación	15
2.2.2 Análisis sensorial	15
2.3 Caracterización de la mejor bebida	16
2.4 Análisis de aceptabilidad de la bebida	16
2.5 Determinación de la estabilidad del producto	17
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1 Obtención de malta de maíz y quinua	18
3.2 Determinación del mejor tratamiento para la obtención de una bebida tipo cerveza	19
3.2.1 análisis de grado alcohólico y grado real de fermentación	19
3.2.2 análisis sensorial	23
3.3 Caracterización de la mejor bebida	27

3.3.1	Caracterización fisicoquímica de la bebida	28
3.3.1.1	Grado alcohólico y grado real de fermentación	29
3.3.1.2	Extracto real y extracto aparente	30
3.2.1.3	Densidad	31
3.2.1.4	Calorías	31
3.2.1.5	pH	32
3.3.2	Análisis microbiológico	32
3.4	Análisis de aceptabilidad de la bebida	33
3.5	Determinación de la estabilidad del producto	36
3.5.1	Análisis microbiológico	36
3.5.2	Turbidez	38
3.5.3	Color	39
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
4.1	Conclusiones	41
4.2	Recomendaciones.	41
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
	ANEXOS	50

INDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 2.1 Métodos utilizados en el análisis proximal de quinua y maíz	12
Tabla 2.2 Métodos utilizados en el análisis fisicoquímico y microbiológico de la bebida	16
Tabla 3.1 Análisis proximal en maíz	18
Tabla 3.2 Análisis proximal en quinua	18
Tabla 3.3 Resultados del porcentaje de alcohol y atenuación de cada formulación	20
Tabla 3.4 Resultados de los atributos evaluados para las cuatro formulaciones empleadas en la obtención de una bebida tipo cerveza.	25
Tabla 3.5 Caracterización fisicoquímica de la bebida tipo cerveza	28
Tabla 3.6 Parámetros medidos para bebida tipo cerveza	29
Tabla 3.7 Resultados del análisis microbiológico de la bebida tipo cerveza	33
Tabla 3.8 Requisitos microbiológicos para cerveza NTE INEN 2262:2013	33
Tabla 3.9 Análisis microbiológico de la bebida tipo cerveza durante 30 días a diferentes temperaturas de almacenamiento	37
Tabla 3.10 Resultados de turbidez para bebida tipo cerveza a diferentes temperaturas de almacenamiento durante 30 días	38
Tabla 3.11 Resultados de color para bebida tipo cerveza a diferentes temperaturas de almacenamiento durante 30 días	39

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 3.1 Grado alcohólico obtenido en cuatro formulaciones para la elaboración de una bebida tipo cerveza	21
Figura 3.2 Grado real de fermentación obtenido en cuatro formulaciones para la elaboración de una bebida tipo cerveza	22
Figura 3.3 Prueba LSD de Fisher respecto al olor en cuatro formulaciones maíz-quinua para la obtención de una bebida tipo cerveza	24
Figura 3.4 Prueba LSD de Fisher respecto al color en cuatro formulaciones maíz-quinua para la obtención de una bebida tipo cerveza	24
Figura 3.5 Prueba LSD para el atributo sabor en cuatro formulaciones maíz-quinua para la obtención de una bebida tipo cerveza	25
Figura 3.6 Preferencia de la bebida tipo cerveza para cuatro formulaciones diferentes de maltas de maíz-quinua	27
Figura 3.7 Histograma del atributo olor para bebida tipo cerveza	34
Figura 3.8 Histograma del atributo color para bebida tipo cerveza	34
Figura 3.9 Histograma del atributo sabor para bebida tipo cerveza	35
Figura 3.10 Resultados para aceptabilidad de bebida tipo cerveza	36

INDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Análisis sensorial para determinar la mejor formulación de malta de maíz y quinua	51
ANEXO II	
Análisis sensorial de aceptabilidad de la bebida	53
ANEXO III	
Análisis Proximal de maíz y quinua	55

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue elaborar una bebida tipo cerveza hecha a partir de maltas de maíz y quinua de las variedades Iniap 111 y Tunkahuan, respectivamente, procedente del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

En primer lugar se maltearon los granos y se realizó un análisis proximal de los mismos, obteniéndose para el maíz 73,92 % de almidón y 6,90 % de proteína. Para el caso de la quinua se determinaron valores de 62,46 % y 14,2 % de almidón y proteína respectivamente.

Para determinar la mejor formulación se utilizó un diseño experimental completamente al azar con dos repeticiones, a través de este se evaluaron cuatro proporciones diferentes de maltas de maíz y quinua (20:80, 40:60, 60:40 y 80:20 respectivamente). Las variables analizadas fueron: grado alcohólico, grado real de fermentación y análisis sensorial, este último se realizó con 15 panelistas que evaluaron color, olor y sabor, además de un análisis de preferencia entre las cuatro formulaciones evaluadas.

Del análisis en conjunto se estableció que la mejor formulación fue la que contenía 60% de malta de maíz y 40% de malta de quinua.

Una vez elaborada la bebida final con dichas proporciones, se realizó una caracterización físico-química y microbiológica de la misma y se compararon los resultados con los exigidos en la norma INEN 2262:2013. El análisis de cada parámetro determinó que esta bebida cumple con todos los requisitos y se asemeja a una cerveza a pesar de no contener malta de cebada como lo menciona la norma.

Además, se realizaron pruebas de consumidor con 50 panelistas que evaluaron el producto final; el 84 % mostró agrado por la bebida, tomando en consideración el color, olor y sabor de la misma.

Finalmente, se efectuaron estudios de vida útil a tres diferentes temperaturas (7, 20 y 30) °C para determinar la estabilidad de la bebida; cada 10 días se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos durante un mes.

Los resultados de esta investigación determinaron que el tiempo de vida útil de la bebida es de 30 días de acuerdo con los análisis microbiológicos e independientemente de las condiciones de almacenamiento.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de bebidas alcohólicas representa la mayor producción para las empresas biotecnológicas, dentro de este grupo la cerveza ocupa el primer lugar a nivel mundial (Hernández, 2003, p. 110).

La cerveza, una bebida milenaria sin destilar, que ha estado presente en muchas culturas durante décadas; es elaborada a partir de cereales, como la malta de cebada, la adición de agua y lúpulo (García, Quintero y López, 2004, p. 269).

En los últimos años se ha evidenciado un notable crecimiento y desarrollo en la industria cervecera artesanal (Ramírez, 2015). Sin embargo el problema que persiste es la importación de la materia prima, principalmente la cebada, cereal que no se produce en cantidades suficientes en el país.

Debido a este inconveniente, el uso de adjuntos para elaborar esta bebida fermentada cada vez adquiere mayor fuerza en el ámbito cervecero. La característica principal que debe poseer cualquier ingrediente para ser utilizado como tal, es que contenga un porcentaje alto de almidón y enzimas necesarias para degradar el mismo. En varios países uno de los granos de mayor empleo para este fin es el maíz, ya sea en forma de copos o molido (ACCE, 2011).

El uso de maíz, al igual que otros adjuntos representa una disminución de costos en la fabricación de cervezas, puesto que la adquisición de cebada al menudeo implica un alto costo de producción de la bebida (Scarlatto, 2000, p. 30).

Respecto a esto, la legislación ecuatoriana dentro de la norma INEN 2262: 2013 expone que está permitido el uso de adjuntos en la elaboración de cervezas, siempre y cuando su composición no exceda el 80 % (p.4).

Un adjunto de gran interés, poco explotado y relativamente nuevo es la quinua, un pseudocereal con características nutricionales especiales que se ha venido cultivando de forma exponencial en el país, no obstante la mayor parte de ésta

producción se ha dirigido a las exportaciones (MAGAP, 2017).

Algunas investigaciones se han realizado a cerca de este pseudocereal y sus aplicaciones, existen productos como barras energéticas, fideos, sopas, entre otras, hechos a base de quinua, sin embargo las exportaciones del grano perlado cuyo principal destino es Estados Unidos tienen una participación aproximada del 43 % (PRO ECUADOR, 2015, pp. 8-10).

La variedad de productos que se pueden obtener a partir de la quinua aún es limitada en el país; este grano puede ser empleado por ejemplo, en la elaboración de bebidas como la cerveza, al igual que el maíz y otros cereales (Peralta, 2009, pp. 15-17).

En esta investigación se elaborará una bebida tipo cerveza a partir de maltas de maíz y quinua de las variedades mejoradas malteras Iniap 111 y Tunkahuan, respectivamente, las cuales han sido objeto de estudio y modificación desde hace décadas, principalmente por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Además este estudio representa una alternativa para dar un valor agregado a dos cultivos autóctonos.

Para este trabajo se partió de los resultados obtenidos por Espinoza (2015) quien estudió las condiciones de malteado de maíz (*Zea mays*) variedad Iniap 111 y quinua (*Chenopodium quinoa*) Tunkahuan para incrementar su aptitud cervecera.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PRODUCCIÓN Y ELABORACIÓN DE BEBIDAS TIPO CERVEZA

1.1.1 PRODUCCIÓN Y ELABORACIÓN DE CERVEZA

La cerveza se originó hace varios siglos atrás, la información data desde el año 6. 000 A.C. y se presume que la técnica de destilación de bebidas alcohólicas entró en auge alrededor del siglo XIV A.C. (Hernández, 2003, p. 4).

La antigüedad de las bebidas fermentadas se establece desde el tiempo mismo del cultivo de cereales; datos recopilados por historiadores en Mesopotamia mencionan ya desde esa época parámetros de calidad en cuanto a la cerveza, por ejemplo que sea clara y brillante (Verti, 2002, p. 21).

Los egipcios mejoraron esta bebida con la adición de lúpulo el cual le confiere el amargor característico; el pueblo celta por su parte, produjo la cerweise, una variedad con mayor grado alcohólico y amargor (Zurdo, Gutiérrez, 2004, p. 7). En general, no es posible atribuir a un pueblo en específico el origen de la cerveza puesto que se elaboraba simultáneamente en diferentes lugares sin que exista conexión entre ellos (Verti, 2002, p. 21).

En la Edad Media, para dar sabor y aroma a la cerveza se utilizaba una mezcla de plantas aromáticas entre las que predominaban romero, enebro y jengibre, en esa época la iglesia fue la encargada de elaborar la bebida (Gil, 2010 p. 283).

En el siglo XV se estableció la Ley de Pureza para la producción de cerveza, en la que se mencionaban las materias primas a utilizarse: lúpulo, malta de cebada y agua; disposición que se mantuvo por mucho tiempo. En el siguiente siglo, se publica el primer manuscrito concerniente a origen, evolución y elaboración de la cerveza (Yubero, 2015, p. 49). En los últimos años la cerveza ha sido producida y comercializada a nivel mundial, la competencia por la calidad aumenta de forma

vertiginosa; Alemania y Estados Unidos estuvieron en los primeros lugares seguidos por China hasta el año 2012 (Pilla & Vinci, 2012, p. 5).

Se entiende como cerveza, una bebida de bajo contenido alcohólico procedente de la fermentación a través de levaduras, de cereales como: cebada, trigo, arroz, maíz, etc., o la combinación entre ellos, más la adición de lúpulo y agua (Hernández, 2003, p. 112; IICA, 1999, p. 22).

En este contexto, un componente de vital importancia para la obtención de cerveza es el agua que ocupa alrededor del 90 % de la proporción total. Las características que debe cumplir, entre otras, que sea potable, inodora e insípida. Por otra parte, el empleo de agua dura o blanda dependerá del tipo de cerveza que se requiera, es decir, una variedad oscura o clara respectivamente (Castillo, 2012, p. 14).

Por su parte, la levadura empleada para cerveza pertenece al género *Saccharomyces*, la cual es responsable de producir alcohol y dióxido de carbono. Las levaduras se emplean de acuerdo al tipo de cerveza que se elabore; el grupo *cerevisiae* es para las de tipo ale; y las *calbergensis* para cervezas lager que floculan a bajas temperaturas (Yubero, 2015, p. 54; Ingraham & Ingraham, 1998, p. 737).

El lúpulo, es responsable del amargor de la cerveza gracias a la lupulina, posee además sustancias que inhiben la proliferación de microorganismos, aumentando el tiempo de vida útil de la bebida. Se puede emplear en forma líquida, en polvo o las flores secas y su almacenamiento debe ser en congelación (Hernández, 2003, p. 116).

Finalmente, la cebada, uno de los ingredientes principales en la obtención de cerveza, por sí sola no cuenta con enzimas necesarias para transformar en azúcar el almidón que contiene en su interior; por este motivo se realiza el malteado que no es otra cosa que la germinación del grano a través de un control de parámetros como temperatura, humedad y tiempo (Gil, 2010, p. 284). De

acuerdo a la norma INEN: NTE 2262:213 para que una bebida sea considerada como cerveza, es necesario un contenido mínimo del 20% de malta de cebada, pudiéndose agregar la proporción restante como adjuntos (p. 4).

Con respecto a la clasificación de la cerveza, se la puede agrupar en dos tipos: la que se produce a partir de una floculación baja denominada lager y aquella que emplea levadura de fermentación alta conocida como ale (García, et al., 2004, p. 269). En ambos casos la norma INEN 2262: 2013 permite una graduación alcohólica entre 1 y 10 % (p. 5).

Dentro de las cervezas tipo lager destacan: Pilsen, Viena, Munich, entre otras. Por su parte, las de tipo ale tienen una subclasificación en la que constan principalmente: Pale Ale, Mild Ale, Bitter Ale, Indian Pale Ale, Stout y Porter (Yubero, 2015, p. 55).

La cerveza puede clasificarse también de acuerdo a su graduación alcohólica como baja en alcohol y libre de alcohol. Para que una cerveza sea considerada libre de alcohol debe contener menos del 0,5 % del mismo; por otra parte una bebida con bajo contenido no debe exceder el 2,5 % de etanol. No obstante, estos rangos pueden variar dependiendo la legislación de cada país (Preedy, 2011, p. 62).

En este contexto, para reducir el grado alcohólico de la bebida existen dos procesos importantes: el primero es un método biológico, pero podría cambiar algunas propiedades organolépticas de la cerveza; el segundo es un procedimiento físico con equipos especiales que significarían altos costos, por tanto cada proceso tiene sus pro y contras (Lea y Piggot, 2013, p. 57).

El proceso físico contempla algunas técnicas para disminuir el contenido de alcohol hasta los parámetros requeridos, estas pueden ser: evaporación, destilación al vacío, ósmosis inversa o diálisis (Eblinger, 2009, p. 236).

El método biológico implica la detención de la producción de alcohol en la fase de fermentación de la cerveza, ya sea generando un choque térmico al enfriar a

temperaturas inferiores a las cuales se realiza dicha fermentación o filtrándola y pasteurizándola. Otra alternativa es macerando el mosto a altas temperaturas en la que se favorezca la acción de las β -amilasas en lugar de las α -amilasas (Lea y Piggot, 2013, p. 59).

1.1.2 PRODUCCIÓN DE BEBIDAS TIPO CERVEZA

Las bebidas alcohólicas representan una fuente de ingresos considerable desde hace décadas. El mercado cervecero registró hasta el año 2015 una producción mundial aproximada de 1 933 millones de hectolitros de la bebida. Con respecto a Ecuador la producción aumentó de 5 804 hL en 2014 a 5 840 hL de cerveza en 2015 (Barth Haas Group, 2016, pp. 8-9). Frente a la gran demanda de esta bebida, las microcervecerías empezaron a ofertar un producto que pueda competir en el mercado, es decir, cumpliendo estándares de calidad, con lo cual las pequeñas y medianas empresas lograron consolidarse en el país (Ramírez, 2015).

En este sentido, las cervecerías artesanales empiezan a ganar territorio gracias a la resolución emitida por la Superintendencia de Control del Poder de Mercado en la cual establece que la multinacional AB InBev debe ceder espacio en las perchas para las cervezas artesanales o bebidas alcohólicas provenientes de emprendimientos dentro de la Economía Popular y Solidaria (SCPM, 2016, p. 10). Gracias a este acuerdo, podrían surgir nuevos emprendimientos orientados a utilizar nuevos ingredientes poco explotados que tengan excelente capacidad fermentativa para elaborar cerveza y bebidas similares a esta, con la facilidad de ingresar al mercado sin mayor problema.

Entre estos ingredientes empleados para la obtención de bebidas tipo cerveza se destacan el maíz y la quinua, dos cultivos de gran expansión en Ecuador. La quinua es un pseudocereal considerado como alimento completo con la cual se pueden elaborar diferentes productos en la industria. Según el MAGAP, en este año se espera producir quinua en algunas provincias de la Sierra que abarquen

un total de 16 000 hectáreas, produciendo así alrededor de 1 400 toneladas métricas cada año. El objetivo del crecimiento en la producción es aplicar el Plan de Mejora Competitiva, que implica darle un valor agregado a un cultivo andino que no ha sido valorado internamente, todo esto orientado al cambio de la Matriz Productiva. (MAGAP, 2017).

El maíz por su parte, es uno de los cultivos más importantes a escala global, la producción mundial abarca el 40 %, de los cuales los mayores productores son Estados Unidos con el 37 % y China con 23 %; con respecto a Ecuador, se ubica en la posición 48 respecto a los principales productores (Lusero, 2016, p. 1).

Para el 2016 el cultivo de maíz en el país alcanzó un rendimiento de 5,53 t/ha concentradas en la región costa principalmente Manabí, El Oro, Los Ríos, Guayas y Santa Elena, además la provincia de Loja en la sierra (Castro, 2016, p.1).

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia al cual se le otorga diferentes usos en la industria alimentaria, así como insumo para diferentes productos, entre otros para pinturas, aceites y barnices. Además el consumo de este grano ha aumentado debido a diferentes causas, como la creación de nuevos mercados y la expansión de las industrias cerveceras (Lusero, 2016, p. 1).

Como se mencionó, tanto la quinua como el maíz se pueden utilizar en la industria. No obstante, dentro de las investigaciones realizadas en el ámbito cervecero, cabe citar a Espinoza (2015), quién estudió las condiciones malteras tanto de maíz como de quinua que favorezcan su aptitud cervecera. Los resultados demostraron que no solo se puede emplear el maíz y la quinua como adjuntos sino también como materia prima en la elaboración de cerveza; debido a la actividad alfa-amilásica y el contenido de almidón obtenidos (p. 47).

Márquez (2015), empleó la quinua como ingrediente básico para la elaboración de una cerveza orgánica con dos proporciones de lúpulo de 5 y 7 g/L de mosto con el objetivo de determinar diferencias en el producto final. Los resultados

demonstraron que la bebida cumple con los parámetros exigidos en la norma INEN 2262. Por otro parte, la cantidad de lúpulo no influyó en las características sensoriales ni en los parámetros fisicoquímicos de la bebida (p. 79).

De forma similar Hidalgo y Tulcanaza (2016), emplearon este pseudocereal malteado de la variedad Tunkahuan para elaborar cerveza sin el empleo de cebada. Los resultados fisicoquímicos mostraron que esta bebida cumple con los requisitos establecidos en la norma INEN 2262:2013, con respecto al análisis organoléptico, la bebida presentó olor y sabor característico a cerveza y un color amarillo turbio debido a la elevada cantidad de levaduras presentes (pp. 48-49).

No obstante, los resultados de las investigaciones presentadas por Márquez e Hidalgo y Tulcanaza, demuestran que los productos obtenidos cumplen con la mayoría de requisitos de la norma INEN 2262:2013 excepto, que la bebida debe tener al menos 20 % de malta de cebada para ser considerada cerveza (p. 4), por esta razón se las cataloga simplemente como bebidas tipo cerveza.

Respecto al uso del maíz como ingrediente básico en bebidas fermentadas similares a la cerveza se conoce la chicha, una bebida hecha a partir de maíz germinado, cuya invención se dio en la América precolombina (Yubero, 2015, p. 54).

Sempértegui (2013) por ejemplo, elaboró chicha de jora a partir del maíz germinado, evaluó tres condiciones diferentes de conservación: una muestra fue filtrada y envasada sin pasteurizar y sin ningún conservante, la segunda fue pasteurizada durante 15 minutos a 60 °C y para la tercera se empleó como conservante benzoato de sodio al 0,1 % (p. 48). Las muestras se realizaron por duplicado y se almacenaron tres a temperatura ambiente y tres en refrigeración.

Los resultados determinaron que la muestra que contenía el conservante era más viable debido a que sus características organolépticas no se veían afectadas como en los otros casos (p. 49). También existen otras bebidas similares a la cerveza hechas a partir de otros cereales. Por ejemplo la boza originaria de

Turquía, que posee un grado alcohólico alrededor de 7 % y se obtiene a partir de la fermentación del mijo mediante levaduras y bacterias, aunque en algunos casos emplea arroz, maíz o incluso trigo. Además, contiene proteínas, grasa, fibra, hidratos de carbono y ácido láctico con lo cual es considerada como una bebida de gran aporte nutricional en la dieta humana (Arichi y Daglioglu, 2002, p. 38).

El tesgüino, de la misma manera se obtiene a partir de la germinación del maíz y en algunas ocasiones con trigo o sorgo; es una bebida fermentada típica de México, consumida principalmente en Durango, Chihuahua, Jalisco y Sonora (García, et al., 2004, p. 344). Para preparar el tesgüino se debe colocar el maíz remojado en la oscuridad para su posterior germinación, luego se muele y somete a cocción hasta obtener una coloración amarilla. El líquido se filtra y transfiere a una olla de preferencia que sea de barro y se adicionan semillas, hojas o raíces específicas previamente cocidas y molidas que servirán para fermentar la bebida.

Finamente se somete a fermentación a través de levaduras del grupo *Saccharomyces* por un periodo máximo de diez días y se consume sin pasteurizarla ni filtrarla (García, et al., 2004, p. 345).

1.2 EMPLEO DE ADJUNTOS PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

Si bien el componente principal de la cerveza es la malta de cebada, se puede incorporar otras fuentes de carbohidratos como arroz, almidón, maíz, entre otros, con el objetivo de abaratar costos y/o mejorar rendimientos. Muchas industrias cerveceras utilizan adjuntos en forma de granos o copos sin que sobrepasen el 60 % además de hierbas y especias para obtener distintos sabores de cerveza que van desde vainilla hasta la pimienta (Helweg, 2012, p. 103; Hutkins, 2008, p. 313).

Dentro del empleo de adjuntos, varias investigaciones proponen pregelatinizar los mismos, con lo cual el proceso de macerado es más sencillo y podría ser añadido a la malta en una proporción que no supere el 30 % (Lea y Piggot, 2013, p. 50).

No obstante, si se requiere se puede gelatinizar los granos adjuntos a través de dos procesos: la extrusión, que comprime los granos a altas temperaturas y la micronización que emplea radiación infrarroja, como en el caso del trigo (Lea y Piggot, 2013, p. 50).

El empleo de adjuntos supone diversas ventajas como mejorar rendimientos, obtener diferentes sabores de cervezas o ayudar en la clarificación de la misma (Helweg, 2012, p. 103).

1.2.1 Quinua

Es un pseudocereal de alto valor nutritivo considerado como alimento completo para la nutrición humana (Monteros, 2016, p. 1). No obstante, este cultivo ancestral ha sido subutilizado en el país y ha predominado sólo la exportación del grano, por esta razón se realizan constantes estudios para darle un valor agregado (PRO ECUADOR, 2015, p. 5)

En Ecuador, el MAGAP desarrollo en el año 2013 un programa de fomento de la quinua, gracias a esta iniciativa dicho cultivo ha empezado a cobrar fuerza en el ámbito agroindustrial, el rendimiento por hectárea y la rentabilidad que esto conlleva para los productores ha impulsado su desarrollo y comercialización principalmente en el mercado interno; no obstante, a pesar de que esta cadena no se ha fortalecido representa un crecimiento importante a nivel económico y alimentario en el país (PRO ECUADOR, 2015, p. 12). La quinua es empleada en distintos campos, tales como la microcervecería artesanal debido a su alto contenido en carbohidratos y proteínas. Por ejemplo, Carrera y Cifuentes (2006) utilizaron quinua como adjunto para elaborar cerveza, las proporciones fueron de

60 % malta de quinua y 40 % cebada y otra de 40:60 de quinua y maíz respectivamente. La bebida que obtuvo mayor aceptabilidad fue aquella que contenía 60 % de malta de cebada y 40 % de malta de quinua con un tiempo de maduración de 30 días (p. 57).

Rodríguez (2015) por su parte, realizó una sustitución parcial de cebada por quinua con 25 y 50% del pseudocereal y la comparó con una cerveza convencional, además evaluó estas formulaciones a pH de 5 y 6. Los resultados demostraron que la bebida que contenía únicamente cebada alcanzó valores más altos con relación al grado alcohólico, cuyo valor era 5,11 y 5,33 % para un pH de 5 y 6 respectivamente (p. 38). Además sostuvo que mientras mayor era el porcentaje de sustitución de cebada por quinua, menor era la graduación alcohólica obtenida principalmente al pH más bajo analizado en el cual se favorece la acción de las α -amilasas, sin embargo la mayor aceptabilidad obtuvieron las cervezas con pH más alto (p. 61).

Estas investigaciones demuestran que la quinua puede ser empleada como adjunto en la elaboración de cerveza sin ningún inconveniente y puede obtener un buen nivel de aceptación.

1.2.2 Maíz

Es empleado principalmente como jarabe de maíz para aumentar el contenido de alcohol en la cerveza debido a su bajo costo, además confiere un sabor especial a la bebida (Helweg, 2012, p. 105).

También se utiliza granulado o molido luego de triturar el grano y eliminar las capas externas para liberar el almidón del endospermo, este adjunto contiene más grasa y proteína que otros de su categoría y producen extractos ligeros (Hardwick, 1994, pp. 122, 268).

En este contexto, se han desarrollado varias investigaciones empleando maíz como adjunto cervecero, por ejemplo Mencia y Pérez (2016), elaboraron una cerveza artesanal reemplazando la cebada por malta de maíz en un 70 %, además evaluaron el efecto de carbonatar la bebida con miel de abeja y con azúcar. Los resultados demostraron que el maíz malteado alcanza fermentaciones adecuadas, no obstante, estos autores añadieron azúcar para mejorar el proceso y obtener un grado alcohólico superior a 5 %. Por otro lado, la cerveza carbonatada con miel de abeja mostró mayor aceptación por los panelistas debido al aroma floral que esta presentaba (p. 30).

Galecio y Haro (2012) por su parte, elaboraron cerveza utilizando como adjunto el maíz negro. De acuerdo con los resultados, la fermentación con maíz es alta, se obtiene una bebida con características organolépticas aceptables y sus parámetros microbiológicos se encuentran dentro de la norma para cervezas (p.119).

Con base en estos estudios, se puede determinar que el maíz es un cereal que puede emplearse fácilmente como adjunto en la elaboración de bebidas como la cerveza, obteniendo gran aceptación en el mercado.

1.2.3 Otros cereales

El trigo, un cereal similar a la cebada, es utilizado como adjunto para agregarle sabor a la cerveza, por lo general en porcentaje no mayor a 25 %, aunque con excepciones en algunos estudios (Helweg, 2012 p. 104).

El sorgo es utilizado para la elaboración de cervezas tipo lager, ale y stout, ya sea sin maltear o malteado; este último ha sido empleado durante mucho tiempo, sobre todo en una bebida conocida como cerveza opaca caracterizada por un contenido alcohólico de alrededor del 3 %, sabor amargo y aroma proveniente del ácido láctico derivada de la fermentación bacteriana (Hardwick, 1994, p. 130).

Por otro lado, el sorgo tiene similitud con el maíz respecto a la estructura del almidón, pudiendo obtenerse extractos hasta del 91 % y gracias al perfeccionamiento de técnicas como molienda y macerado el sabor que aporta a la cerveza ha mejorado notablemente (Briggs, Brookes, Stevens y Boulton, 2004, p. 41).

La avena malteada es otro de los cereales empleados como adjunto cervecero pero en proporciones limitadas para evitar astringencia. Por otra parte, el centeno se utilizaba en cervezas seleccionadas como la Roggenbier, sin embargo actualmente no es muy común el empleo del mismo (Hardwick, 1994, p. 130).

El arroz que se emplea como adjunto es el subproducto del grano que se destina para consumo regular de las personas, sin embargo, su alto costo ha ocasionado la disminución de su uso; el sabor que este cereal otorga a la cerveza es de carácter neutro y ligero, no obstante, los perfiles de tiempo y temperatura del macerado en los distintos grados de arroz influyen en este atributo de forma significativa (Briggs, et al., 2004, pp. 40-41).

Se debe considerar que no todas las variedades o clases de arroz se pueden emplear como adjuntos, puesto que algunas presentan mayor cantidad amilácea que otras y fácil poder de ruptura del grano. La calidad de la cerveza dependerá de la variedad utilizada, lo cual se refleja en el contenido de proteína y cenizas, aroma, viscosidad, entre otras (Hardwick, 1994, p. 123).

De forma general, es de amplio conocimiento que la cebada malteada proporciona los azúcares fermentables necesarios para producir cerveza, sin embargo, los adjuntos pueden añadirse en el macerado o en otros procesos y actuar como sustratos fermentables produciendo cerveza con diferentes sabores y otras características organolépticas (Bamforth, 2016, p. 44; ACCE, 2011).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 OBTENCIÓN DE MALTA DE MAÍZ Y QUINUA

Para elaborar la bebida tipo cerveza se reemplazó la malta de cebada por dos maltas básicas distintas: quinua variedad Tunkahuan y maíz Iniap 111; provenientes del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Previo a la obtención de la malta, se efectuó una caracterización química de las semillas de quinua y maíz; en la Tabla 2.1 se describe el parámetro analizado y método empleado.

Tabla 2.1 Métodos utilizados en el análisis proximal de quinua y maíz

PARÁMETRO	MÉTODO
Proteína	Método oficial AOAC 2001.11
Humedad	Método oficial AOAC 925.10
Cenizas	Método oficial AOAC 923.03
Extracto etéreo	Método oficial AOAC 920.85 Velp Scientific Ser 148
Fibra cruda	ICC # 113
Carbohidratos totales	FAO
Calorías	FAO

Para el malteo de los granos de maíz y quinua se empleó la metodología definida por Espinoza (2015) que se detalla a continuación:

- Se sometió a imbibición las semillas de maíz por un periodo de 51 h en una solución de peróxido de hidrógeno al 30 %, Mallinckrodt al 0,13 % a 25 °C; lo propio se hizo con quinua por un tiempo de 30 min.

- Se introdujo el maíz en un germinador Wr-Tecnal, TE- 405 por un lapso de 10 días a 25 °C y 95 % de humedad relativa; en el caso de la quinua el tiempo fue de 33 h a 22 °C con la misma humedad.
- Los granos germinados se introdujeron en una estufa Poleko, 115-Eco por separado para secarlos. Se emplearon dos ciclos diferentes de secado, para el maíz este período ascendente inició a 40 °C durante 5 horas, 45 °C por el mismo tiempo, se elevó a 50 °C por 4 horas, ascendió a 60 °C por 3 horas y finalmente a 65 °C por 1 hora, completando así 21 horas de horneado.

Con respecto a la quinua se empleó un ciclo similar que inició a la misma temperatura con la variante de finalización a los 60 °C, es decir, el horneado terminó en 20 horas.

Para la elaboración de cerveza se empleó el método sugerido por Hernández (2003), el mismo que constó de: molienda, maceración, filtración, ebullición, filtración, enfriamiento, fermentación, filtración, carbonatación, envasado y maduración; a continuación se describe cada proceso por separado (p. 118):

- Se molió la malta de quinua y maíz por separado en un molino convencional de disco Corona, sin llegar a convertirla en harina.
- Se añadió agua a cada formulación de maíz-quinua descrita anteriormente en una relación 5:1 (agua: malta); la cual se sometió a maceración en un Baño María UNITRONIC, durante 90 minutos a una temperatura de 70 °C, con el fin de obtener el mosto.
- Se separó el mosto líquido del desecho con un cernidor de lienzo.
- Se midió la densidad a 20 °C en un determinador de alcohol Anton Paar, DMA-4500M y los °Brix mediante un brixómetro Vee Gee, Bx-3 a la misma temperatura.
- Filtrado el mosto, se colocó en una olla de acero inoxidable para llevarlo a ebullición, el proceso tardó 60 min; en este proceso se adicionó 0,5 g de lúpulo (Cascade, 7,5 α ácidos) por cada litro de mosto en la siguiente relación: 50 % al llegar a ebullición, 30 % en el minuto 45 y el porcentaje

restante al último minuto junto con el clarificador (gelatina sin sabor) en relación 1:20 clarificador: mosto.

- Se filtró el mosto con un cernidor de lienzo, se desechó el afrecho.
- Se enfrió el mosto a temperatura aproximada de 18 °C (ambiente).
- Se inoculó el mosto con el cultivo de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* previamente activadas con agua esterilizada a 20 °C.
- La fermentación se realizó durante 14 días a una temperatura comprendida entre 18 y 20 °C (ambiente) en botellas de plástico de 3 L de capacidad, en los cuales se adaptó un globo con un orificio pequeño, para liberación del CO₂ del recipiente.
- Se filtró la cerveza con un cernidor de lienzo; se trasladó la bebida a un tanque Cornelius AEB SRL de 12 L de capacidad para carbonatarla de forma artificial, adicionando hasta 2,5 % de CO₂.
- Se envasó la cerveza en botellas ámbar de vidrio de 330 mL.
- Se almacenó la bebida a una temperatura de 8 °C durante dos semanas, para dar paso al proceso de maduración.

2.2 DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA TIPO CERVEZA

Para determinar la mejor formulación para la elaboración de la bebida, se empleó un diseño experimental completamente al azar mediante el cual se analizaron cuatro diferentes proporciones de maltas de maíz y quinua (20:80, 40:60, 60:40 y 80:20 respectivamente), se realizaron dos repeticiones por cada tratamiento. El orden de los experimentos fue aleatorio para que los efectos ambientales y/o temporales que pudiesen surgir no influyan entre los tratamientos.

Las variables de respuesta fueron: grado alcohólico, grado real de fermentación y análisis sensorial.

2.2.1 Grado alcohólico y grado real de fermentación

Para medir el grado alcohólico y la atenuación o grado real de fermentación se utilizó el equipo determinador de alcohol Anton Paar DMA-4500M, el cual se calibró con etanol y posteriormente se introdujo en la celda 10 mL de cerveza previamente desgasificada a 20 °C.

Los resultados se contrastaron con los requisitos exigidos por la Norma INEN NTE 2262-2013 para cervezas.

2.2.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo mediante 15 panelistas no entrenados, quienes evaluaron color, olor, sabor y preferencia del producto. Las pruebas se realizaron por duplicado, por lo tanto se obtuvieron 45 evaluaciones totales durante los 3 días de análisis.

Para la evaluación se identificó cada formulación con un código de tres dígitos al azar; las cuatro bebidas fueron servidas a temperatura de refrigeración junto con un vaso de agua a temperatura ambiente.

El formato de evaluación constó de dos partes orientadas al consumidor, la primera empleó una escala hedónica de 5 puntos, tomando 1 como menor y 5 mayor percepción del atributo. Con respecto a la preferencia de la bebida, que fue la segunda parte del análisis sensorial, se utilizó una escala de ordenamiento de mayor a menor en función del agrado del consumidor, es decir, desde 4 hasta 1 (Ibañez y Barcina, 2001, p. 96). El formato de la encuesta se presenta en el Anexo I.

Para el tratamiento de los datos se empleó el software STATGRAPHICS CENTURION XV. LI Plus, con el cual se realizó un análisis de varianza Anova, seguido de una prueba de Fisher con un nivel de 95 % de confianza.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MEJOR BEBIDA

Se llevó a cabo una caracterización completa de la bebida final. En la tabla 2.2 se detalla el método empleado para el análisis fisicoquímico y microbiológico.

Tabla 2.2 Métodos utilizados en el análisis fisicoquímico y microbiológico de la bebida

PARÁMETRO	MÉTODO
Proteína	Método oficial AOAC 2001.11
Cenizas	Método oficial AOAC 923.03
Carbohidratos totales	Método oficial AOAC 934.01
Mohos y levaduras	Método FDA/CFSAN BAM- Cap.18 2001
Coliformes totales	Método FDA/CFSAN BAM- Cap.4 2002
Recuento total de mesófilos	Método FDA/CFSAN BAM- Cap.3 2001

A través del equipo determinador de alcohol Anton Paar, DMA-4500M se determinaron los siguientes parámetros: grado alcohólico, extracto real, grado real de fermentación, extracto aparente, contenido calórico y densidad. Se midió el pH con un pHmetro electrónico ORION.

2.4 ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA

Para la evaluación de la bebida resultante se realizaron pruebas orientadas al consumidor a 50 panelistas no entrenados, mayores de 18 años (Ibañez y Barcina, 2001, p. 96).

Para las características organolépticas como olor, color y sabor de la bebida se utilizó escalas hedónicas de 5 puntos, tomando la escala 1 como menor y 5 como mayor percepción del atributo. Para el análisis de aceptabilidad se evaluó el nivel de agrado del producto en una escala de 9 puntos, considerando 1 como menor y 9 mayor agrado de la bebida (Ibañez y Barcina, 2001, p. 96).

La bebida fue servida a temperatura de refrigeración, junto con un vaso de agua a temperatura ambiente para enjuagar el paladar. El formato que se empleó para el análisis sensorial se presenta en el Anexo II.

Para el tratamiento de los datos se empleó el programa Microsoft Excel 2010, a través del cual se elaboraron histogramas de frecuencias.

2.5 DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PRODUCTO

Para determinar la estabilidad del producto final que define el tiempo que este mantiene sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas, se realizaron estudios de vida útil descritos a continuación:

- La bebida se almacenó por 30 días a tres diferentes temperaturas: 7 °C en un refrigerador, 20 °C al ambiente y 30 °C en una estufa.
- A los días 0, 10, 20 y 30 se evaluaron características microbiológicas: recuento de mohos y levaduras, coliformes totales y recuento total de mesófilos. Además se midieron características fisicoquímicas: color y turbidez durante los mismos periodos de tiempo.
- Previo a las mediciones de turbidez y color se centrifugó la bebida durante 15 minutos a 200 rpm en una centrifuga INTERNACIONAL.
- Para la evaluación de la turbidez y color se emplearon un turbidímetro HACH, 2100P, y un colorímetro DR/890 respectivamente.
- Para determinar la vida útil se tomó en consideración la estabilidad microbiológica que presentó la bebida durante 30 días a las condiciones mencionadas anteriormente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 OBTENCIÓN DE MALTA DE MAÍZ Y QUINUA

En este proyecto se elaboró una bebida tipo cerveza reemplazando la malta de cebada por mezclas de maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) de las variedades mejoradas malteras Iniap 111 y Tunkahuan, respectivamente. Previo a la obtención de la bebida se realizó un análisis proximal de la materia prima (maíz y quinua) cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1 Análisis proximal en maíz

Analito	Resultados	Unidades
Humedad	15,12	% (g/100 g)
Cenizas	0,92	
Extracto etéreo	3,14	
Proteína	6,90	
Fibra cruda	0,79	
Carbohidratos totales por diferencia	73,92	
Valor calórico	352	Kcal/100 g

Tabla 3.2 Análisis proximal en quinua

Analito	Resultados	Unidades
Humedad	15,48	% (g/100 g)
Cenizas	2,25	
Extracto etéreo	5,61	
Proteína	14,2	
Fibra cruda	2,34	
Carbohidratos totales por diferencia	62,46	
Valor calórico	357	Kcal/100 g

Los documentos originales de los análisis realizados en el laboratorio de Bromatología se presentan en el anexo III.

Los valores presentados en la Tabla 3.1 y 3.2 de este análisis son similares a los obtenidos por Espinoza (2015) para las mismas variedades, tal como se esperaba. Los resultados presentados con respecto al porcentaje de proteína para quinua variedad Tunkahuan fueron de 14,25 g/100g y para maíz Iniap 111 de 6,83 g/100g (p. 45).

El contenido de almidón en la quinua en el presente estudio, muestra una variación frente al de la fuente anteriormente citada que presenta 88,22 %; esta desviación en un pseudocereal que pertenece a una misma variedad puede atribuirse al tiempo de almacenamiento de la semilla, es decir, mientras más se prolongue el periodo de acopio menor será su contenido nutricional. Para el caso del maíz Espinoza (2015) publicó 74,37 % de almidón, valor que se asemeja al de esta investigación (p.46).

3.2 DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA TIPO CERVEZA

Teóricamente el reemplazo total de la cebada por maíz y quinua supondría un mosto de calidad similar que si se empleara solamente cebada, por esta razón se maltearon los granos mencionados a las condiciones descritas por Espinoza (2015), con el fin de obtener una actividad amilásica superior a la que se esperaría en granos sin maltear (pp. 47, 61- 62).

3.2.1 ANÁLISIS DE GRADO ALCOHÓLICO Y GRADO REAL DE FERMENTACIÓN

En la Tabla 3.3 se presentan los resultados para el porcentaje alcohólico y para la atenuación de cada formulación. Puesto que el mejor tratamiento será aquel que cumpla con los requisitos de la norma INEN NTE 2262:2013 para cervezas, los datos obtenidos se contrastaron con dicha norma.

Tabla 3.3 Resultados del porcentaje de alcohol y atenuación de cada formulación

PARÁMETRO	FORMULACIONES			
	20	40	60	80
Grado alcohólico	1,65 ± 0,17 ^a	2,1 ± 0,02 ^b	2,5 ± 0,08 ^c	2,43 ± 0,09 ^c
Grado de fermentación	56,68 ± 3,71 ^a	45,30 ± 1,72 ^b	56,20 ± 3,39 ^a	54,58 ± 3,88 ^a

$\bar{X} \pm \sigma (n=3)$ Tratamientos con la misma letra en una misma fila son estadísticamente iguales con un nivel de confianza del 95 %

Al comparar los valores obtenidos para grado alcohólico, se concluye que la bebida hecha con las cuatro formulaciones de maíz-quinua 20:80 40:60, 60:40 y 80:20 respectivamente, cumplen con el requisito establecido por la norma cuyo rango especificado esta entre 1 y 10 % de contenido alcohólico.

Con respecto al grado real de fermentación, este parámetro no está contemplado dentro de la norma INEN 2262:2013, por lo cual todas las formulaciones se podrían tomar en cuenta para elaborar la bebida. Sin embargo Mosher (2015) determina este parámetro en función de la fermentación final. En su análisis menciona que las cervezas mínimamente fermentadas tienen un valor de atenuación comprendido entre 50 y 60 %, aquellas de fermentación baja oscilan entre 60 y 70 %, para el caso de fermentación media este valor está entre 70 y 80 %, fermentaciones altas comprenden valores entre 80 y 90%, finalmente sostiene que una cerveza totalmente fermentada se considera a aquellas que están en el rango de 90 a 100 % (p. 34).

Con base en esta información, se puede considerar que las formulaciones de maíz-quinua 20:80, 60:40 y 80:20, respectivamente, están dentro del rango especificado para cervezas mínimamente fermentadas; no así con aquella de proporción 40:60 cuyo valor es inferior al descrito en bibliografía, esto posiblemente puede atribuirse a una falla en la maceración, debido a cambios bruscos de temperatura en este proceso debido a equipos y materiales empleados.

Por otra parte, los resultados obtenidos en la presente investigación son los que se esperaban basados en la investigación de Espinoza (2015), en la cual

determinó que tanto la quinua como el maíz podrían ser utilizados como materia prima en la elaboración de cerveza (p. 47).

En la Figura 3.1 y 3.2 se presenta los resultados obtenidos para el grado alcohólico y el grado real de fermentación de la bebida.

Se llevó a cabo un análisis estadístico a través del método LSD de Fisher que determinó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), es decir, se identificaron tres grupos homogéneos. Las formulaciones 3 y 4 correspondientes a las proporciones de maltas de maíz-quinua 60:40 y 80:20, respectivamente, se encuentran dentro de un mismo grupo homogéneo, por lo tanto, no existe diferencia significativa entre ellas, no así con las formulaciones 1 y 2 que corresponden a diferentes grupos, como se indica en la Figura 3.1

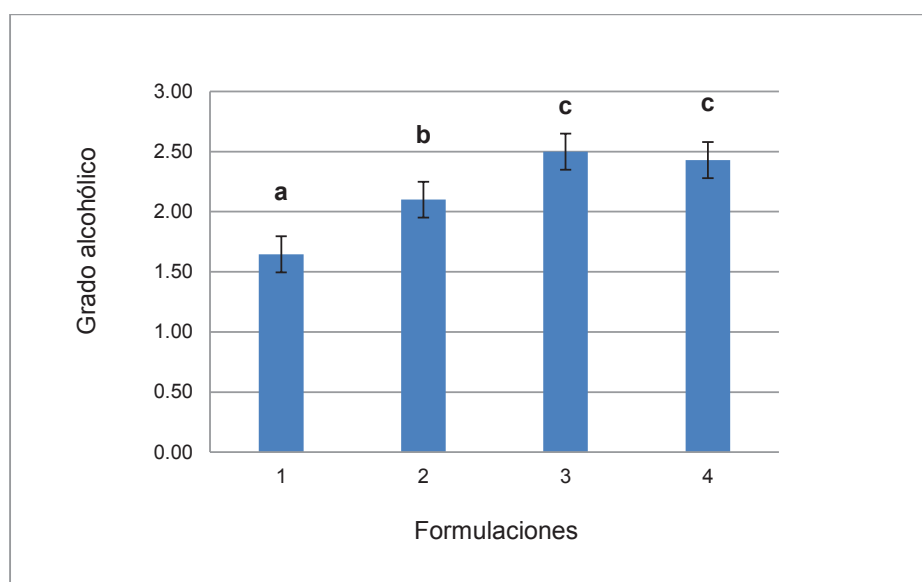


Figura 3.1. Grado alcohólico obtenido en cuatro formulaciones para la elaboración de una bebida tipo cerveza

Si bien las proteínas son importantes en cuanto a estabilidad de espuma para la cerveza, en la alimentación de las levaduras su contenido no debe ser elevado. Es así, que la quinua con 14,2 % de proteína representa un valor superior al de maíz (6,90 %); esto dificulta la hidrólisis del almidón que contiene y por ende la

producción de alcohol (Hernández, 2003, p. 116).

Con base en esta información, podría mencionarse que el aporte de malta de maíz supone cervezas con mayor contenido de alcohol que al emplear malta de quinua; esto justificaría el valor obtenido para la bebida hecha a partir de 20 % de malta y 80 % de quinua (1,65 %) y conforme las proporciones varían el grado alcohólico aumenta.

Para el grado real de fermentación se hizo un análisis similar, en el cual se evidenció una diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) a través del método LSD de Fisher, que identificó dos grupos homogéneos como se muestra en la Figura 3.2. No existe diferencia significativa entre la formulación 1, 3 y 4 correspondientes a malta de maíz-quinua 20:80, 60:40 y 80:20 respectivamente, es decir, están dentro de un mismo grupo homogéneo y la formulación 2 de proporciones 40:60 de maíz-quinua pertenece a otro grupo.

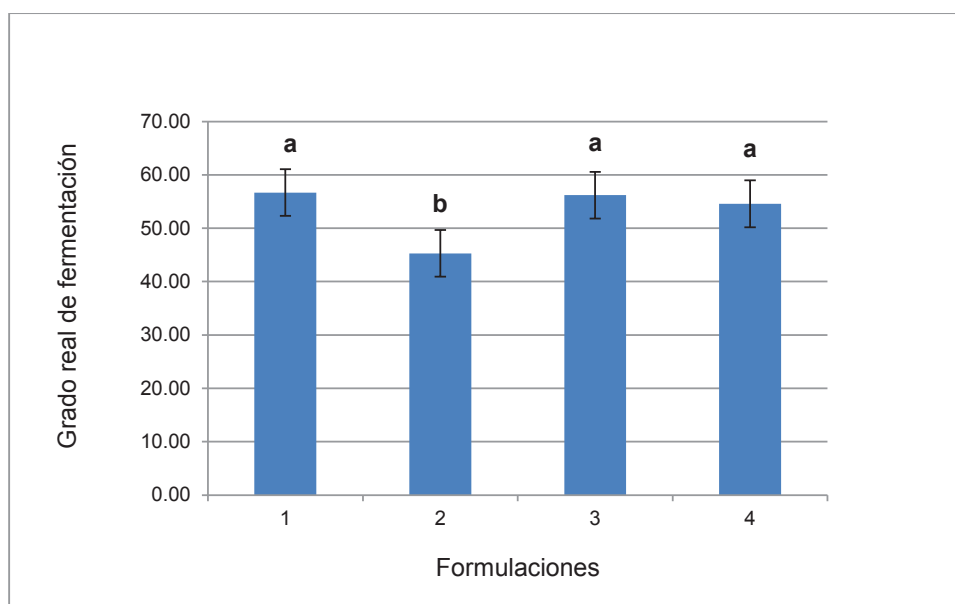


Figura 3.2. Grado real de fermentación obtenido en cuatro formulaciones para la elaboración de una bebida tipo cerveza

El valor bajo de atenuación que presenta la formulación 2 correspondiente a 40 % de maíz y 60 % de quinua podría atribuirse a una falla en la fermentación es decir,

posiblemente el proceso se detuvo y sus causas podrían ser por oxidación de la malta o una aireación ineficiente (Mash, 2013).

Por otro lado, cuando hay más granos especiales que malta base se obtienen mostos menos fermentables y por tanto la atenuación disminuye según la ACCE (2012). Por lo tanto, el empleo de quinua y maíz en la elaboración de la bebida tipo cerveza, sin malta de cebada, refleja una fermentación baja.

Martínez (2015), además señala que el rango adecuado que debe contener un cereal respecto a proteína fluctúa entre 9 y 12 %, puesto que cereales con poco almidón y alta cantidad de proteína presentan un menor grado alcohólico, debido a que el contenido proteínico podría sustituir la falta del polisacárido en el grano, produciendo una baja fermentación. (p. 34).

3.2.2 ANÁLISIS SENSORIAL

En la Figura 3.3, 3.4 y 3.5 se presenta los resultados estadísticos del análisis sensorial.

A través del método de Fisher se evidenció una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) del atributo evaluado como se muestra en la Figura 3.3. Se identificaron dos grupos homogéneos, es decir, de acuerdo a los panelistas para las formulaciones de 20:40, 40:60 y 60:40 de maíz-quinua respectivamente empleadas en la elaboración de cerveza, no hubo ninguna diferencia con respecto a olor, no obstante la bebida cuya proporción es 80:20 de dichas maltas es la única que presentó diferencia respecto al atributo valorado.

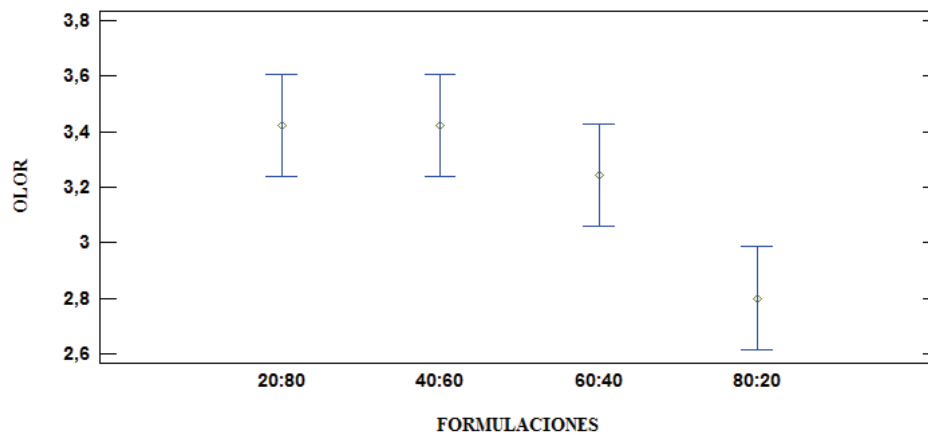


Figura 3.3. Prueba LSD de Fisher respecto al olor en cuatro formulaciones maíz-quinua para la obtención de una bebida tipo cerveza

En cuanto al atributo color, el análisis estadístico no mostró ninguna diferencia significativa, es decir, de acuerdo con los panelistas las cuatro formulaciones empleadas para la obtención de la bebida tipo cerveza les gusta por igual, tal como se observa en la Figura 3.4.

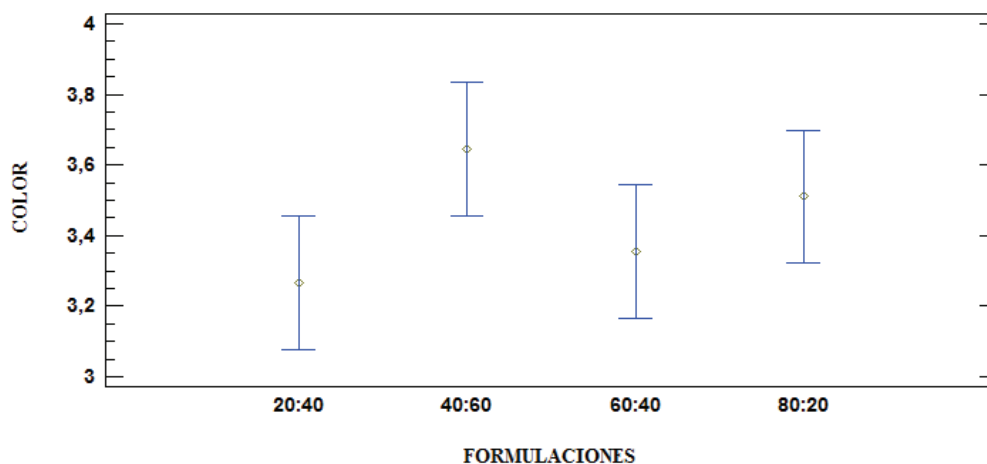


Figura 3.4. Prueba LSD de Fisher respecto al color en cuatro formulaciones maíz-quinua para la obtención de una bebida tipo cerveza

Finalmente, para el tercer atributo el análisis estadístico presentado mediante el

método LSD de Fisher que se muestra en la Figura 3.5 indica que no hubo diferencia estadísticamente significativa ($p>0,05$) entre las formulaciones respecto al sabor, es decir, a los panelistas les gusta las cuatro bebidas por igual y se presenta un solo grupo homogéneo.

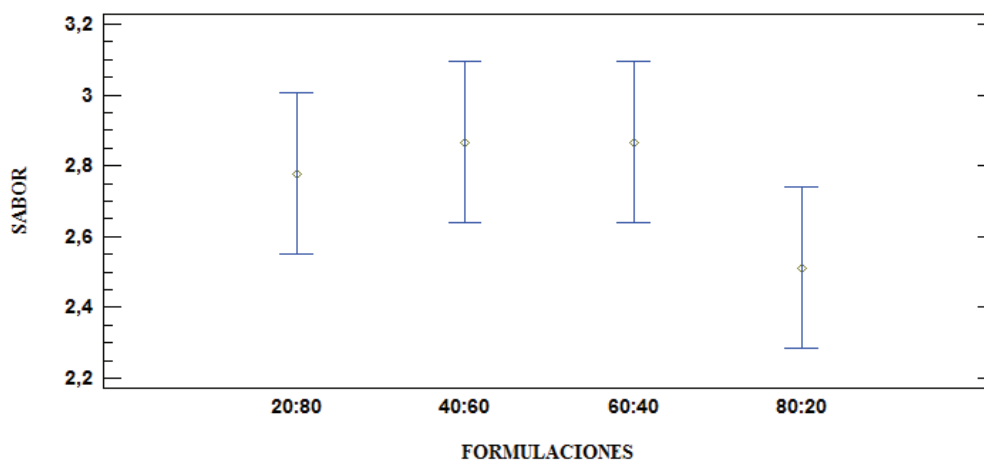


Figura 3.5. Prueba LSD para el atributo sabor en cuatro formulaciones maíz-quinua para la obtención de una bebida tipo cerveza

En la Tabla 3.4 se presenta de forma detallada los resultados para los atributos evaluados por los panelistas (olor, color y sabor) en las cuatro formulaciones empleadas para obtener una bebida tipo cerveza.

Tabla 3.4. Resultados de los atributos evaluados para las cuatro formulaciones empleadas en la obtención de una bebida tipo cerveza.

ATRIBUTO	20:40	40:60	60:80	80:20
Olor	3,42±0,94 ^a	3,42±0,75 ^a	3,24±0,96 ^a	2,8±0,89 ^b
Color	3,27±0,91 ^a	3,64±0,77 ^a	3,36±0,93 ^a	3,51±0,9 ^a
Sabor	2,78±0,93 ^a	2,87±1,06 ^a	2,87±1,12 ^a	2,51±1,25 ^a

$\bar{X} \pm \sigma (n=45)$ Tratamientos con la misma letra en una misma fila son estadísticamente iguales con un nivel de confianza del 95 %

Los sólidos en suspensión afectan la apreciación del color, este fenómeno aumenta mientras la concentración de malta de quinua es mayor, debido a la cantidad de proteínas como se mencionó anteriormente. Por tanto se esperaba

que los panelistas diferencien el color principalmente entre las formulaciones de maíz-quinua 20:80 y 80:20 respectivamente. Sin embargo el agrado del color en todas las bebidas pudo deberse a q las asociaron con las cervezas artesanales que se comercializan actualmente.

En general cuando se emplea adjuntos o granos diferentes a la cebada para elaborar cerveza de manera artesanal se obtendrá al final pequeñas partículas en suspensión como lo mencionan Mencia y Pérez (2016) quienes, emplearon cebada y maíz para la obtención de la bebida y tuvieron este inconveniente que afectaba la apreciación del color (p. 19).

Respecto al olor, posiblemente la diferencia que notaron en la formulación hecha a partir de 80 % de malta de maíz y 20 % de malta de quinua fue porque el maíz enmascara el olor de la quinua y a su vez emana un aroma similar al de la chicha como mencionaron algunos panelistas. Además, si bien el mayor responsable del olor es el lúpulo, la cantidad y tipo de malta también determina este parámetro (Mash, 2008). En el presente estudio, la formulación 80:20 de maíz-quinua fue la única que presento diferencias en el olor según los panelistas, por tanto podría determinarse que mientras mayor es la proporción de maíz, la diferencia de este atributo se manifiesta en mayor grado.

Finalmente, el sabor está influenciado por el tipo de malta, debido a los componentes como el maltol e isomaltol, además por la proporción de lúpulo, sin considerar el amargor que este aporta (Bamforth, 2009, p. 85; Mash, 2008).

En el caso de la bebida tipo cerveza obtenida en el presente estudio se empleó la una cantidad de lúpulo similar en todas las formulaciones con las mismas maltas en distintas proporciones, esta podría ser la razón por la cual los panelistas no percibieron diferencias en el sabor entre una formulación y otra.

Dentro del análisis sensorial, se realizó una prueba de preferencia entre las cuatro formulaciones empleadas en la bebida tipo cerveza.

El resultado presentado en la Figura 3.6 indica que del total de los panelistas que

evaluaron las bebidas, el 33,33% prefirió la bebida tipo cerveza con maltas de maíz-quinua 60:40 respectivamente, a pesar de que los atributos como olor, color y sabor analizados por separado presentaron resultados diferentes.

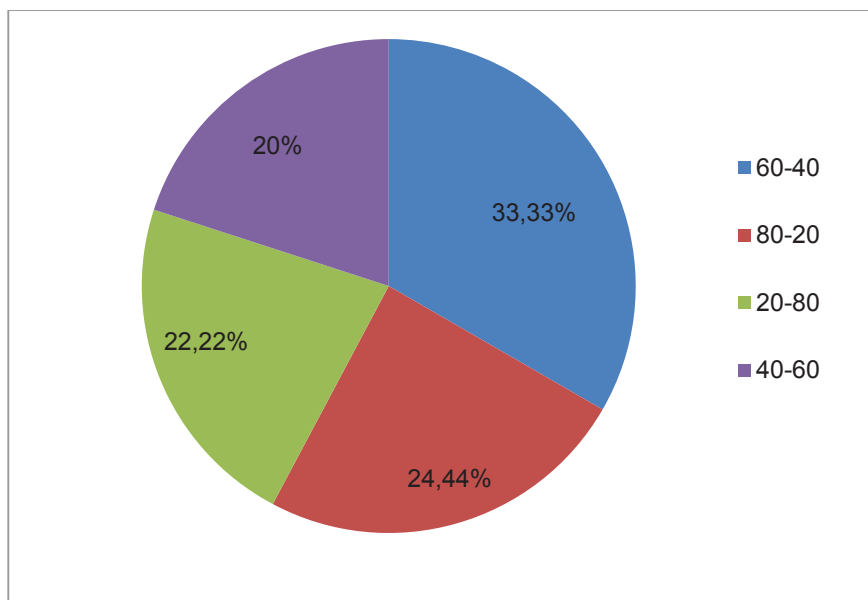


Figura 3.6. Preferencia de la bebida tipo cerveza para cuatro formulaciones diferentes de maltas de maíz-quinua

Con base en las variables analizadas, tanto de grado alcohólico y atenuación como del análisis sensorial, se determinó que la mejor formulación para elaborar una bebida tipo cerveza es aquella que contiene un porcentaje de maltas de maíz y quinua de 60% y 40 % respectivamente.

3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MEJOR BEBIDA

Obtenida la mejor formulación, se elaboró la bebida final (maíz-quinua 60:40) siguiendo la receta de una cerveza tradicional y se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos cuyos resultados se presentan a continuación.

3.3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA BEBIDA

El resultado del análisis fisicoquímico de la bebida tipo cerveza se expone en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Caracterización fisicoquímica de la bebida tipo cerveza

Analito	Resultados	Unidades
Carbohidratos totales	10,89	% (g/100 g)
Cenizas	0,31	
Proteínas	0,54	
Grasas	0	

El contenido de proteína en una cerveza comprende un intervalo entre 0,2 y 0,6 g/100g procedente de la cebada; en la presente investigación el valor descrito se encuentra dentro de dicho rango, con lo cual se puede obtener una semejanza entre la bebida hecha a partir de maíz y quinua y la cerveza propiamente dicha. (Baxter y Hughes, 2001, p. 103).

Por otra parte la mezcla de granos influye en la composición proteínica total de la bebida, además el proceso de tostado de la malta (maíz y quinua) supone una coagulación de proteínas y menor pérdida de las mismas, con lo cual se justifica la obtención de valores similares a los que posee una cerveza industrial (0,53 g/100g) hecha a partir de cebada (Martínez, 2015, p. 33).

Con respecto al porcentaje de cenizas, según Gil (2010) entre las características que posee una cerveza, su contenido debe ser inferior al 4 %, por lo tanto la bebida analizada en este estudio está dentro del rango especificado. Respecto a los hidratos de carbono sugiere un valor que no exceda el 7,5 % (p. 286); para este caso, la bebida hecha a partir de maíz y quinua supera dicho valor, pudiendo atribuirse esto debido al grado de atenuación obtenido, es decir, se produjo sólo una fermentación media, con lo cual queda sustrato sin transformarse en alcohol (Mosher, 2015, p. 34).

Por su parte, Hardwick (1994), menciona que el empleo de adjuntos como el sorgo en la cerveza resulta en una bebida con alto contenido de carbohidratos y por consiguiente nutritiva. Lo propio se podría argumentar para esta bebida (p. 130). En la Tabla 3.6 se expone los parámetros medidos en la bebida final: grado alcohólico, grado real de fermentación, extracto real, extracto aparente, contenido calórico y densidad, así como el pH.

Tabla 3.6. Parámetros medidos para bebida tipo cerveza

Parámetro	Valor	Unidad
Grado Alcohólico	4,21	% v/v
Grado real de fermentación	70,88	%
Extracto real	4,80	% w/w
Extracto aparente	3,26	% w/w
Contenido calórico	176,97	KJ/100 mL
Densidad	1,010	g/cm ³
pH	4,56	-

En el acápite 3.2.1 se comparó los resultados tanto de grado alcohólico como de grado real de fermentación con aquellos establecidos en la norma INEN NTE 2262:2013 para cerveza, a fin de verificar que el producto obtenido cumpla con los requisitos establecidos. Por tanto en esta sección se comparó solo el pH que también se encuentra dentro de dicha norma.

3.3.1.1 Grado alcohólico y grado real de fermentación

La bebida resultante en este estudio (4,21 %) presenta valores similares a los de cervezas comerciales, por ejemplo, la marca comercial Pilsener cuya graduación alcohólica es de 4 %.

Márquez (2015) obtuvo como resultado de emplear malta de quinua en la elaboración de cerveza una graduación alcohólica de 4,2 y 4,3 °G.L. (pp. 73-75).

Hidalgo y Tulcanaza (2016) por su parte, obtuvieron un valor de 4,33 % de alcohol empleando quinua y una enzima amilolítica (p. 49). Se puede determinar que los resultados encontrados por estos autores se asemejan a los de la presente investigación, es decir, la bebida tipo cerveza.

Por otra parte, Varnam y Sutherland (1994) sostienen que una cerveza fuerte tiene un valor comprendido entre 4,8 y 5,5 °G.L., mientras que una de menor intensidad organoléptica comprende una graduación alcohólica que oscila entre 3,5 y 4,5%, es decir, el valor obtenido en esta investigación se ubica en esta última categoría (p. 321).

Con respecto a grado real de fermentación, García, et al., (2004) mencionan que este parámetro varía entre 70 y 80 %, es decir, la relación de carbohidratos convertidos en alcohol; esto sucede gracias a la acción de las α y β -amilasas que intervienen en esa conversión (p. 277, 284). La cerveza obtenida en el presente estudio, está dentro del rango que establece la fuente citada y de acuerdo con Mosher (2015), para la bebida resultante cuyo grado real de fermentación alcanzó 70,88 % correspondería a una fermentación media (p. 34).

3.3.1.2 Extracto real y extracto aparente

Okafor (2016) presenta diferentes valores en lo que respecta al extracto real, de acuerdo con el tipo de cerveza estos valores pueden oscilar entre 3,1 y 8,7 (% w/w). Para el caso específico de una cerveza tipo Pilsen por ejemplo, obtuvo 5,3 %. No obstante, en el presente estudio se obtuvo un valor 4,8 % para una bebida tipo cerveza hecha a partir de maíz y quinua, el mismo que presenta un valor cercano al mencionado y se encuentra dentro del intervalo determinado (p. 252).

Con respecto al extracto aparente, Gil (2010) sostiene que una cerveza debe contener un valor máximo de 4 % en relación con este parámetro. El dato obtenido en esta investigación se encuentra dentro del nivel establecido, por tanto

cumple con el requisito especificado (p. 288).

3.2.1.3 Densidad

Respecto a la densidad García, et al. (2004) mencionan que la densidad final para las cervezas ale llegan a $1,011 \text{ g/cm}^3$ (p. 284), el valor reportado en el presente estudio es similar al de la fuente citada.

Mencia y Pérez (2016) describieron valores de $1,013$ y $1,040 \text{ g/cm}^3$ para cervezas de alta y baja fermentación respectivamente, hechas a partir de malta de cebada y maíz (p. 25). Rodríguez (2015) obtuvo un valor de $1,011 \text{ g/cm}^3$ para cervezas tipo ale con 25 % de quinua y 75 % de cebada y $1,010 \text{ g/cm}^3$ para una proporción 50:50 de dichas maltas; estos valores se asemejan al reportado en esta investigación (p. 53).

Las cervezas de densidad baja comprenden un rango entre $1,008$ y $1,010 \text{ g/cm}^3$ que corresponden a las de tipo lager principalmente. En cambio las de alta densidad tienen un valor de $1,011 \text{ g/cm}^3$, en este grupo se ubican las bebidas elaboradas con adjuntos como maíz y arroz (García et al., 2004, p. 284). En este sentido, el valor de densidad obtenido para la bebida tipo cerveza de maíz y quinua correspondería a una cerveza de baja densidad.

3.2.1.4 Calorías

Según Baxter y Hughes (2001) el contenido calórico para la cerveza comprende un rango entre 20 y 40 kcal/100 mL (p. 104); Gil (2010), en cambio sostiene que la cerveza tiene alrededor de 32 kcal/100 mL (p. 287). Si se compara el valor descrito en esta investigación, se observa que esta fuera de los rangos especificados por estos autores, debido a que es una bebida tipo cerveza elaborada con otras maltas consideradas como materia prima. No obstante, Ensminger y Ensminger (2007) señalan que el contenido calórico para la cerveza

tiene un valor aproximado de 42 kcal (p. 92).

La bebida tipo cerveza presenta un valor de 42,33 kcal/100 mL es decir, se encontraría en el límite establecido por dicha fuente, sin embargo, este alto valor para la bebida tipo cerveza con respecto a las calorías, indica que el contenido de malta de granos diferentes a la cebada influye en el aumento de éste parámetro.

3.2.1.5 pH

Preedy (2011) menciona algunas características que debe cumplir una cerveza para evitar al ataque de microorganismos, entre otros un bajo pH alrededor de 4,5. En éste análisis el valor alcanzado fue 4,56, es decir, el parámetro medido coincide con el de la fuente citada (p. 14).

Mencia y Pérez (2016), obtuvieron valores de 4,25 y 4,36 para cervezas ale y lager respectivamente (p. 25). Hidalgo y Tulcanaza (2016) encontraron un pH de 4,21 para una cerveza hecha a partir de malta de quinua con enzimas amilolíticas (p. 49). Rodríguez (2015) por su parte publicó un valor promedio de 4,53 para cervezas tipo ale hechas a partir de cebada y quinua (p. 47). Los resultados de las fuentes citadas se encuentran dentro de los rangos permitidos y se asemejan al valor reportado en este estudio.

Además, un pH adecuado en la cerveza depende entre otras cosas, de la calidad y composición química del agua, en conjunto con el mosto obtenido (Suarez, 2013, p. 64).

3.3.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó un análisis microbiológico de la bebida final en el laboratorio de

Microbiología del DECAB, cuyo resultado se presenta en la Tabla 3.7.

Los resultados de este análisis se compararon con los requisitos de la norma INEN 2262:2013 para cervezas, expuestos en la Tabla 3.8

Tabla 3.7. Resultados del análisis microbiológico de la bebida tipo cerveza

Analito	20 °C	Unidades
Contaje total aerobios	< 1.0	U.F.C /mL
Coliformes totales	< 3	N.M.P /mL
Hongos	< 1.0	U.F.C/mL
Levaduras	3.1×10^6	U.F.C/mL

Tabla 3.8. Requisitos microbiológicos para cerveza NTE INEN 2262:2013

Requisitos	Cerveza Pasteurizada		Unidad
	Mínimo	Máximo	
R.E.P	-	10	UFC/cm ³
Mohos y levaduras	-	10	UP/ cm ³

Tanto el valor obtenido para hongos y recuento total de mesófilos se encuentra dentro del rango permitido por dicha norma a pesar de que la bebida tipo cerveza no fue pasteurizada.

Con respecto a la cantidad de levaduras, el valor reportado en la Tabla 3.8 supera al permitido (10 UP/cm³), este suele presentarse en las cervezas hechas de forma artesanal.

3.4 ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA

Se realizaron pruebas orientadas al consumidor evaluando atributos de olor, color y sabor. Con respecto al primer atributo en la Figura 3.7 se evidencia que del total de panelistas encuestados, al 64 % le gusta el olor que tiene la bebida tipo cerveza, es decir a más de la mitad les agrada el producto con respecto a ese

análisis. Algunos panelistas mencionaron que no se podía percibir ampliamente el olor característico de la cerveza; sin embargo, el olor de la bebida les resultaba atractivo.

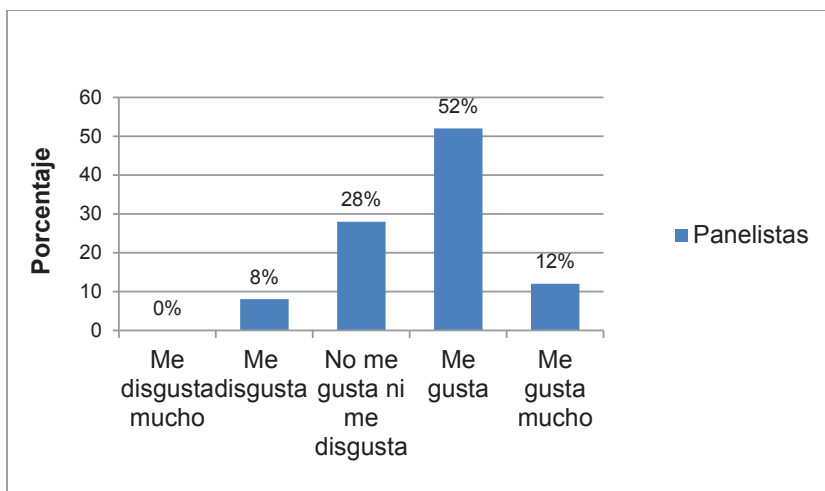


Figura 3.7. Histograma del atributo olor para bebida tipo cerveza

La evaluación de los panelistas respecto al color de la bebida tipo cerveza expuesta en la Figura 3.8 evidencia un gusto por este atributo del 56% y a un 24% les gusta mucho la tonalidad que presenta, lo cual demuestra que el nivel de agrado del color alcanza el 80% del total de panelistas encuestados. Un mínimo porcentaje mencionó que la apariencia podría ser mejorada.

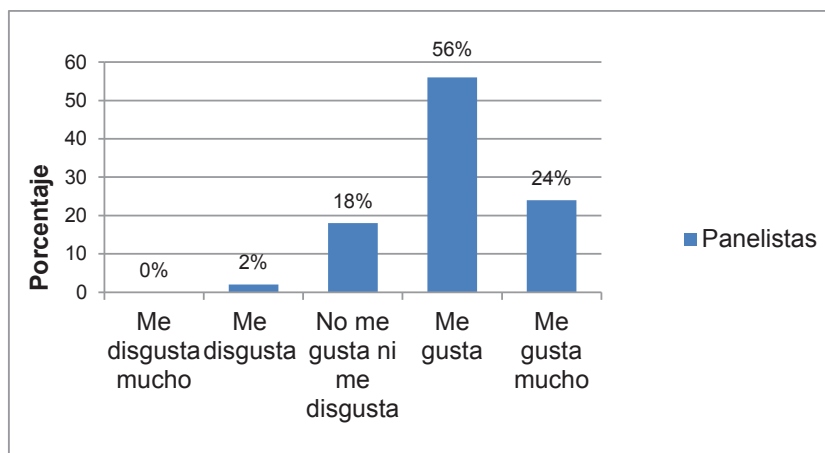


Figura 3.8. Histograma del atributo color para bebida tipo cerveza

Del análisis sensorial realizado por 50 panelistas se evidencia que al 44% le gusta el sabor de la bebida y un 10% le gusta mucho, es decir, la mayor parte de personas muestra agrado por la bebida respecto a este atributo tal como se muestra en la Figura 3.9.

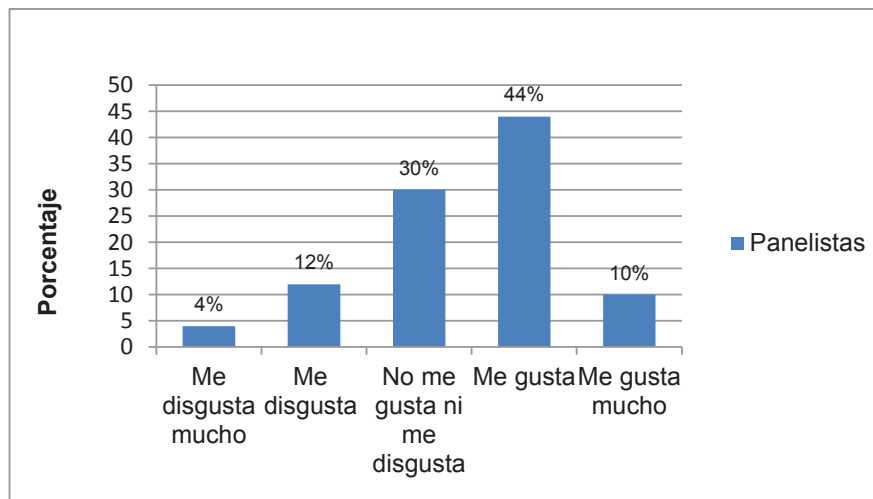


Figura 3.9. Histograma del atributo sabor para bebida tipo cerveza

La ACCE (2011) menciona respecto a los atributos de las cervezas hechas con adjuntos que poseen colores brillantes y más claros, son más estables, soportan mejor las temperaturas de refrigeración y su sabor es más agradable sólo si se emplea maíz, de lo contrario los otros cereales la hacen más insípida.

De forma general, en la Figura 3.10 para el análisis de aceptabilidad de la bebida muestra que al 84% del total de encuestados le agrada la bebida tipo cerveza hecha a partir de maltas de maíz y quinua.

El mayor porcentaje (34 %) ocupa la categoría me gusta moderadamente la bebida, por lo tanto la aceptación para este nuevo producto justificaría su elaboración a mayor escala.

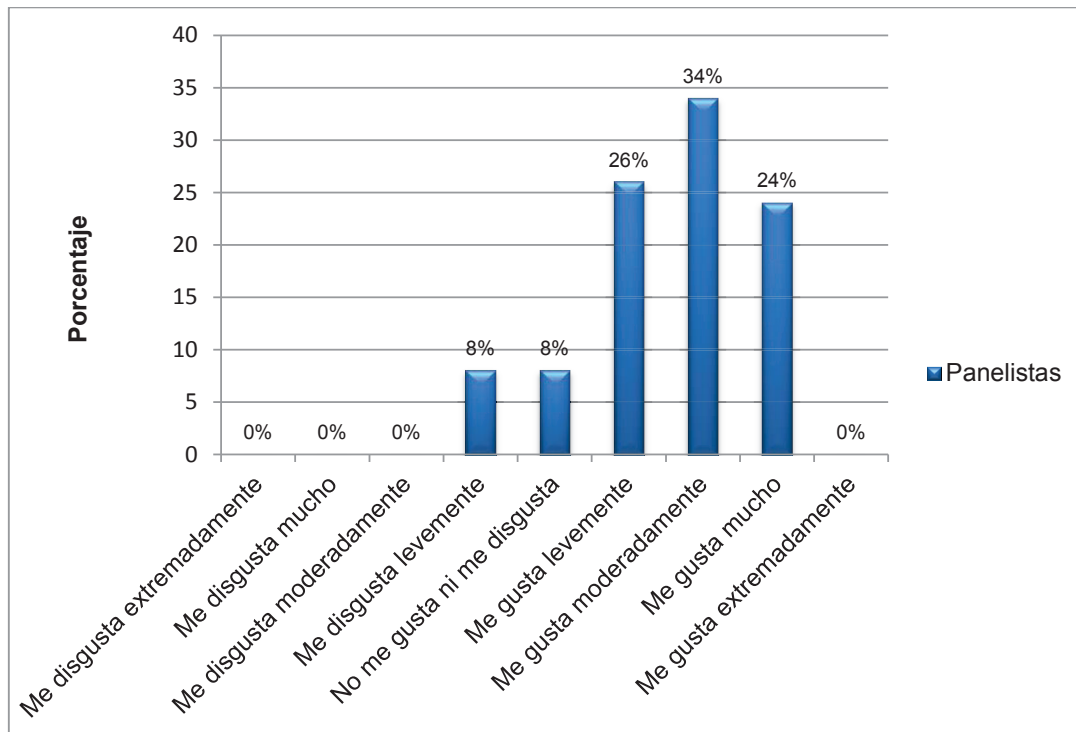


Figura 3.10. Resultados para aceptabilidad de bebida tipo cerveza

3.5 DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PRODUCTO

Los resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos para la bebida tipo cerveza se presentan a continuación.

3.5.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se efectuaron análisis de coliformes totales, hongos y levaduras y contaje total de aerobios en la bebida final, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Análisis microbiológico de la bebida tipo cerveza durante 30 días a diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Analito	Temperatura de Almacenamiento			Unidades
		7 °C	20 °C	30 °C	
0	Contaje total aerobios	-	$< 1 \times 10^1$	-	U.F.C /mL
	Coliformes totales	-	< 3	-	N.M.P /mL
	Hongos	-	$< 1 \times 10^1$	-	U.F.C/mL
	Levaduras	-	$3,1 \times 10^6$	-	U.F.C/mL
10	Contaje total aerobios	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	U.F.C /mL
	Coliformes totales	< 3	< 3	< 3	N.M.P /mL
	Hongos	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	U.F.C/mL
	Levaduras	$1,1 \times 10^7$	$5,2 \times 10^6$	$7,8 \times 10^4$	U.F.C/mL
20	Contaje total aerobios	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	U.F.C /mL
	Coliformes totales	< 3	< 3	< 3	N.M.P /mL
	Hongos	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	U.F.C/mL
	Levaduras	$1,2 \times 10^7$	$4,6 \times 10^6$	$4,0 \times 10^5$	U.F.C/mL
30	Contaje total aerobios	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	U.F.C/mL
	Coliformes totales	< 3	< 3	< 3	N.M.P /mL
	Hongos	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	U.F.C/mL
	Levaduras	$9,2 \times 10^6$	$6,8 \times 10^5$	$2,3 \times 10^4$	U.F.C/mL

U.F.C: Unidad formadora de colonias

N.M.P: Número más probable

La excesiva cantidad de levaduras presentes en la bebida final, puede atribuirse a una filtración pobre en el proceso de acondicionamiento de la cerveza, es decir, el trasiego realizado al tanque Cornelius mediante un cernidor de lienzo resultó ineficiente para retener las partículas y levaduras. Los métodos más adecuados que describe Bamforth (2006) para este proceso radican en la utilización de tierra de diatomeas o con perlitas procedentes de cristales volcánicos, dependiendo del tamaño de poro que se requiera (p. 277).

Hidalgo y Tulcanaza (2016) por su parte, sostienen que un contenido elevado de dichas levaduras en una cerveza artesanal es normal debido a que el proceso de fermentación no se ha detenido y termina en la botella (p. 49). No obstante es una bebida apta para el consumo puesto que el porcentaje total de hongos, aerobios mesófilos y coliformes se encuentra dentro de la Norma 2262 para cerveza y

podría durar aproximadamente seis meses tal como las cervezas elaboradas a escala artesanal e industrial.

3.5.2 TURBIDEZ

Se midió la turbidez de la bebida tipo cerveza previamente centrifugada, a diferentes temperaturas y periodos de almacenamiento y sus resultados se presentan en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Resultados de turbidez para bebida tipo cerveza a diferentes temperaturas de almacenamiento durante 30 días

TIEMPO (Días)	TURBIDEZ (NTU) A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO		
	7 °C	20 °C	30 °C
0	106	106	106
10	103	105	104
20	102	105	103
30	40,4	118	96,2

Los resultados para turbidez de la bebida tipo cerveza presentan valores elevados debido a un proceso de filtración ineficiente, puesto que no se contaba con equipos y materiales adecuados para dicho procedimiento.

La ACCE (2011) sostiene que un contenido alto de proteína en el mosto representa un elevado contenido de sustancias nitrogenadas que pueden dificultar el filtrado del mismo y aumentar la turbidez. Además la bebida que se obtuvo no fue pasterizada por lo tanto contenía levaduras vivas con lo cual la turbidez se incrementó.

El problema de turbidez presentado podría atenuarse añadiendo enzimas tales como la papaína o a su vez mediante una película compuesta de sílica-gel que absorba polifenoles (Ward, 1991, p.214; Lewis y Bamforth, 2007, p.10).

Por otro lado, la turbidez de la bebida analizada en este estudio presenta valores elevados, sin embargo cumple con las demás características que requiere una cerveza por tanto no representa un limitante para su consumo, no obstante, al no existir una norma para bebidas similares a una cerveza con rangos específicos de medición no fue posible considerar este parámetro para determinar la vida útil de la misma.

3.5.3 COLOR

Se evaluó el color de la bebida durante los 30 días de su almacenamiento a diferentes condiciones de temperatura, los datos registrados se presentan en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Resultados de color para bebida tipo cerveza a diferentes temperaturas de almacenamiento durante 30 días

TIEMPO (Días)	COLOR (EBC) A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO		
	7 °C	20 °C	30 °C
0	11,66	11,66	11,66
10	17,83	17,32	17,87
20	16,21	17,51	18,16
30	15,72	17,79	18,79

El color que presenta la cerveza corresponde a la del tipo Pilsen americana con una escala de color mínima de 6 y máxima 18 EBC (Bamforth, 2009, p. 219). Con respecto a la norma INEN 2262 en forma general corresponde a una cerveza clara (< 20 EBC).

No obstante, aunque a lo largo del tiempo el color de la bebida presenta variaciones relacionadas con los cambios producidos en la turbidez no es posible determinar la vida útil de la cerveza ya que no existen rangos adecuados de

medición para este tipo de productos, como sucedió con la turbidez.

De los resultados obtenidos, cabe mencionar, que el análisis microbiológico fue el único parámetro estable para poder predecir el tiempo aproximado de consumo de la bebida, debido a que no presentó contaminación ni crecimiento o desarrollo de microorganismos durante el tiempo de evaluación establecido. Además, como se mencionó en el acápite 3.5.1 el producto cumple con los requisitos de la norma INEN 2262. Con base en esto, fue posible determinar que el tiempo de vida útil de la bebida tipo cerveza en el cual no presenta alteraciones microbiológicas es de 30 días.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. La mejor proporción de malta de maíz y quinua para obtener una bebida tipo cerveza es 60% y 40% respectivamente, con respecto a los parámetros fisicoquímicos y sensoriales evaluados.
2. De acuerdo con el análisis sensorial para los atributos de olor, color y sabor de la bebida, se obtuvo un porcentaje agrado de 64 %, 80 % y 54 %, respectivamente.
3. Se obtuvo una bebida con un contenido alcohólico de 4,21 % y un grado de fermentación real de 70,88 %.
4. La bebida tipo cerveza obtuvo en general un nivel de aceptabilidad del 84% por parte de los panelistas.
5. El periodo de vida útil en el cual la bebida mantiene sus parámetros microbiológicos es de 30 días independientemente de las condiciones de almacenamiento.

4.2 RECOMENDACIONES.

1. Mejorar el proceso de filtración de la bebida a fin de obtener menor turbidez y un porcentaje bajo de levaduras.
2. Utilizar enzimas para optimizar el proceso de maceración y fermentación, así como para aumentar la estabilidad de la bebida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACCE. (21/10/2011). Adjuntos en cerveza. *Asociación de Cerveceros Caseros Españoles*. Recuperado de: <http://cerveceros-caseros.com/index.php/articulos/ingredientes/224-los-adjuntos-2> (Febrero, 2017).
2. ACCE. (21/12/2012). Atenuación. *Asociación de Cerveceros Caseros Españoles*. Recuperado de: <http://www.cerveceros-caseros.com/index.php/articulos/procesos/234-la-atenuacion> (Febrero, 2017).
3. AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (18va. ed.). USA.
4. Arichi, M., y Daglioglu, O. (2012). Boza: A lactic acid fermented cereal beverage as a traditional Turkish food, *Food Reviews International*, (18).
5. Bamforth, Ch. (2006). *Brewing: New Technologies*. USA: CRC Press.
6. Bamforth, Ch. (2009). *Beer: A Quality Perspective*. USA: Academic Press.
7. Bamforth, Ch. (2016). *Brewing Materials and Processes: A Practical Approach to Beer Excellence*. USA: Academic Press
8. Barth Hass Group (2016). The Barth Report: Hops 2015/2016. Recuperado de: <http://www.barthhaasgroup.com/images/mediacenter/downloads/pdfs/412/barthreport20152016en.pdf> (Abril, 2017).

9. Baxter, E., y Hughes, P. (2001). *Beer: Quality, safety and nutritional aspects*. Unión Europea: Royal Society of Chemistry.
10. Briggs, D., Brookes, P., Stevens, R., y Boulton, C. (2004). *Brewing: Science and Practice*. Inglaterra: Woodhead Publishing Limited.
11. Carrera, M. & Cifuentes, A. (2006). *Elaboración y plan de comercialización y ventas de la cerveza de quinua y bebida energizante de quinua*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
12. Castillo, F. (2012). *Guía de cervezas artesanas españolas*, Madrid: Visión Libros.
13. Castro, M. (2016). Rendimientos de maíz duro en invierno 2016, *DAPI*, Sistema de Información Nacional del Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca, Quito Ecuador. Recuperado de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_maiz_duro_seco_invierno2016.pdf (Mayo, 2017).
14. Eblinger, H. (2009). *Handbook of Brewing: processes, technology, markets*. Alemania: Wilye-VCH.
15. Ensminger, M., y Ensminger, A. (1993). *Foods & Nutrition Encyclopedia*. (2da Ed.). Estados Unidos: CRC Press.
16. Espinoza, N. (2015). *Estudio de las condiciones de malteado de maíz (Zea mays) y quinua (Chenopodium quinoa) que favorezcan su aptitud cervecera*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

17. Galecio, G., y Haro, C. (2012). *Bebidas Fermentadas en Base a Maíz negro (Zea mays l. Poaceae); con el Eco tipo "Racimo de Uva" y la Variedad "Mishca" de la Serranía Ecuatoriana*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales). Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
18. García, M., Quintero, R., López, A. (2004). *Biotecnología alimentaria*, México: Limusa.
19. Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*, (2da Ed.) Madrid: Panamericana.
20. Hardwick, W. (1994). *Handbook of Brewing*. USA: CRC Press.
21. Helweg, R. (2012). *The Complete Guide to Brewing Your Own Beer at Home: Everything You Need to Know Explained Simply*. USA: Atlantic Publishing Group.
22. Hernández, A. (2003). *Microbiología Industrial*. Costa Rica: Euned.
23. Hidalgo, J., y Tulcanaza, F. (2016). *Industrialización de Granos Andinos Cerveza Artesanal de Quinoa "Atiy"*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga.
24. Hutkins, R. (2008). *Microbiology and Technology of Fermented Foods*, (22) *Institute of Food Technologists Series*. USA: Blackwell Publishing.
25. Ibañez, F., & Barcina, Y. (2001). *Análisis sensorial de alimentos: Métodos y Aplicaciones*. (1ra ed.). Barcelona: Springer.
26. IICA. (1999). *Informe Anual 1999*, Costa Rica: Agroamérica.

27. Ingraham, J., e Ingraham, C. (1998). *Introducción a la Microbiología*, España: Reverté.
28. INEN. (2013.) *Bebidas Alcohólicas: Cervezas, Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana.
29. Lea, A., y Piggot, J. (2013). *Fermented Beverage Production*, USA: Springer Science & Business Media.
30. Lewis, M., y Bamforth, Ch. (2007). *Essays in Brewing Science*, USA: Springer science & Business Media.
31. López, A. (2016). *Elaboración, evaluación sensorial y aceptación de cerveza artesanal, empleando cebada (*Hordeum vulgare*) y frutas*, (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Autónoma Chapingo, México.
32. Lusero, E. (2016). Producción histórica de maíz duro seco, *DAPI*, Sistema de Información Nacional del Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca, Quito Ecuador. Recuperado de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/produccion_historica.pdf (Abril, 2017).
33. MAGAP (2017) “2017, Año Clave para Ecuador en Exportación de Quinua”. Recuperado de: <http://www.agricultura.gob.ec/2017-ano-clave-para-ecuador-en-exportacion-de-quinua/> (Mayo, 2017).
34. Martínez, A. (2015). *Análisis Comparativo de Compuestos Bioactivos en Cerveza Artesanal y Cerveza Industrial*, Tesis de grado previa a la obtención de Médico en nutrición humana y dietética. Universidad de Lleida., España.

35. Márquez, A. (2015). *Elaboración de una cerveza orgánica a partir de la quinua (Chenopodium quinoa)*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Universidad Técnica de Machala, Machala.
36. MASH. (2008). Lúpulos de última adición: el secreto del aroma y el sabor a lúpulo. *Revista Mash*. Recuperado de: <http://www.revistamash.com/notas.php?sec=5> (Marzo, 2017).
37. MASH. (2013). Fermentación: Inoculación. *Revista Mash*. Recuperado de: <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=379> (Marzo, 2017).
38. Mencia, G., y Pérez, R. (2016) *Desarrollo de Cerveza Artesanal Ale y Lager con Malta de Maíz (Zea mays) Cebada (Hordeum vulgare), Carbonatada con Azúcar y miel de Abeja*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.
39. Monteros, A. (2016) *Rendimientos de Quinua en el Ecuador 2016, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*, Quito, Ecuador. Recuperado de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_quinua.pdf (Febrero, 2017).
40. Mosher, R. (2015). *Mastering Homebrew: The complete guide to brewing delicious beer*. San Francisco: Chronicle Books.
41. Okafor, N. (2016). *Modern Industrial Microbiology and Biotechnology, USA*: CRC Press.

42. Peralta, E. (2009). La Quinoa en Ecuador: “Estado del Arte”, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. INIAP, Quito.
43. Pilla, S., y Vinci, G. (2012). *Cervezas de todo el mundo*, Barcelona: De Vecchi.
44. Preedy, V. (2011). *Beer in health and disease prevention*, USA: Academic Press.
45. PRO ECUADOR (2015). Análisis sectorial: Quinoa, Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. Recuperado de: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/10/PROEC_AS2015_QUINUA.pdf (Abril, 2017).
46. Ramírez, S. (2015). La cerveza artesanal vive un “boom” en Ecuador. *Líderes*, Quito.
47. Rodríguez, H. (2003). *Determinación de parámetros físicoquímicos para la caracterización de cerveza tipo lager elaborada por compañía cervecera Kunstmann S.A.* (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Licenciado en Ingeniería en Alimentos). Universidad Austral de Chile, Chile.
48. Rodríguez, W. (2015). *Efecto de la Sustitución de Cebada (Hordeum vulgare) Por Quinoa (Chenopodium quinoa) y del pH Inicial de Maceración en las Características Físicoquímicas y aceptabilidad General de una Cerveza Tipo Ale.* (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Industrias Alimentarias). Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
49. Scarlato, G. (2000). Cadenas agroindustriales Cerealeras en el Mercosur Ampliado Trayectorias tecnológicas recientes y desafíos, Uruguay: Centro Interdisciplinario de Estudios Sobre el Desarrollo.

50. SCPM. (2016). Superintendencia de Control de mercado: Resolución de Primera Instancia. Recuperado de: http://www.planv.com.ec/sites/default/files/resolucion_scpm.pdf (Mayo, 2017).
51. Sempértégui, M. (2013). *Perspectivas para la industrialización de la chicha de jora*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos). Universidad del Azuay, Cuenca.
52. Soccol, C., Pandey, A., y Larroche, C. (2013). *Fermentation Processes Engineering in the Food Industry*, USA: CRC Press.
53. Suárez, M. (2013). *Cerveza: componentes y propiedades*, (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Magister en Biotecnología Alimentaria). Universidad de Oviedo, España.
54. Varnam, A., y Sutherlad, J. (1994). *Beverages: Technology, Chemistry and Microbiology*, (2), Reino Unido: Springer Science and Business Media.
55. Verti, S. (2002). *El Mundo de la Cerveza*, México: Selector.
56. Ward, O. (1991). *Biotecnología de la Fermentación: principios, procesos y productos*, España: Acribia.
57. Wood, B. (2012). *Microbiology and Fermented Foods*. (2da Ed.). USA: Springer Science & Business Media.
58. Yubero, I. (2015). *Cerveza: Alimentos con Historia*, Mercasa. (3). Recuperado de: http://www.mercasa.es/files/multimedios/1437675314_Alimento_con_historia_cerveza.pdf (Febrero, 2017).

59. Zurdo, D., y Gutiérrez, A. (2004). *El libro de los licores de España*, España: Robinbook

ANEXOS

ANEXO I

ANÁLISIS SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MEJOR FORMULACIÓN DE MALTA DE MAÍZ Y QUINUA

NOMBRE:.....

FECHA:.....

INSTRUCCIONES

1. Frente a Ud se presentan cuatro muestras de cerveza. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, comience de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escriba el número correspondiente en la línea del código de la muestra.
2. Dispone de agua para enjuagar su paladar luego de cada muestra.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

CÓDIGO	Calificación para cada atributo		
	OLOR	COLOR	SABOR

3. Para las cuatro muestras de cerveza, asigne un orden de preferencia usando las siguientes categorías:

1= menos preferida, 4= más preferida (sin repetir ningún número)

Código

.....

.....

.....

.....

Preferencia

.....

.....

.....

.....

Observaciones.....

...

Gracias por su colaboración

ANEXO II

ANÁLISIS SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA

NOMBRE:.....

EDAD:..... **FECHA:**

INSTRUCCIONES

1. Por favor califique el nivel de agrado de cada atributo de la cerveza hecha a partir de maíz y quinua que ha recibido, de acuerdo a la categoría presentada. Marque con una **X** en la casilla que describa su opinión.

ATRIBUTO	Categoría para cada atributo				
	Me disgusta mucho	Me disgusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
OLOR					
COLOR					
SABOR					

2. Aceptabilidad general de la bebida:

Marque con una **X** en la casilla correspondiente al nivel de agrado o desagrado de la bebida.

1. Me disgusta extremadamente
2. Me disgusta mucho
3. Me disgusta moderadamente
4. Me disgusta levemente
5. No me gusta ni me disgusta
6. Me gusta levemente
7. Me gusta moderadamente
8. Me gusta mucho
9. Me gusta extremadamente

Observaciones.....
.....
.....

Gracias por su colaboración

ANEXO III

ANÁLISIS PROXIMAL DE MAÍZ Y QUINUA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
 Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño. Telf.: 2976-300
 Personas de Contacto: Ing. Silvia Oleas. Telf.: 2976300 ext. 4236 e-mail: silvia.oleas@epn.edu.ec
 Tga. Elisabeth Venegas. Telf.: 2976300 ext. 2122. e-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec
 Quito- Ecuador



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OTI0303-2016

SOLICITANTE: MARIA RECALDE-OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA TIPO
 CERVEZA A PARTIR DE MALTAS DE MAÍZ Y QUINUA-DR. MAURICIO
 MOSQUERA

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

Descripción de las muestras	Código de las muestras
MAÍZ	DC-OTI0303-2016
QUINUA	DC-OTI0303-2016

RESULTADOS

Muestras	Analito	Unidades	Resultados	Método
MAIZ	Humedad		15,12	AOAC 925.10
	Cenizas		0,92	AOAC 923.03
	Extracto Etéreo	% (g/100g)	3,14	-AOAC 920.85 -VELP SCIENTIFIC SER 148.
	Proteína		6,90	AOAC 2001.11
	Fibra cruda		0,79	ICC # 113
	Carbohidratos totales por diferencia		73,92	FAO
	Valor calórico	Kcal/100 g	352	FAO
	QUINUA	Humedad		15,48
Cenizas			2,25	AOAC 923.03
Extracto Etéreo		% (g/100g)	5,61	-AOAC 920.85 -VELP SCIENTIFIC SER 148.
Proteína			14,2	AOAC 2001.11
Fibra cruda			2,34	ICC # 113
Carbohidratos totales por diferencia			62,46	FAO
Valor calórico		Kcal/100 g	357	FAO

COMENTARIOS:

1.- Se reporta la media de dos determinaciones de cada analito.