

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE CERVEZA
ARTESANAL, UTILIZANDO LA COCA (*Erythoxylum coca*) COMO SUSTITUTO
DEL LÚPULO”

TESIS

PRESENTADA POR:

IRLANDA PETRONILA RAMOS QUISPE

JORGE CAIRA CAIRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PROMOCIÓN: 2010 - II, 2016 – II

PUNO – PERÚ

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE CERVEZA
ARTESANAL, UTILIZANDO LA COCA (*Erythoxylum coca*) COMO SUSTITUTO
DEL LÚPULO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

IRLANDA PETRONILA RAMOS QUISPE

JORGE CAIRA CAIRA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 DE DICIEMBRE DEL 2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE

:

Dr. Walter Alejandro Zamalloa Cuba

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. Florentino Victor Choquehuanca Cáceres

SEGUNDO MIEMBRO

:

Ing. Juan Coama Quispe

DIRECTOR / ASESOR

:

Dr. Alejandro Coloma Paxi

PUNO - PERÚ
2017

Área : Ingeniería y tecnología

Tema : Desarrollo de procesos y productos

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mis padres María y Buenaventura por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona. A mis hermanos por su ayuda y apoyo incondicional que me brindaron en los momentos que más lo necesité.

Irlanda.

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres Francisco y Andrea. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

Jorge.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ Brindamos nuestro más sincero agradecimiento de gratitud al personal directivo, jerárquico y docente de la Universidad Nacional del Altiplano y de manera muy especial a la plana de docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su invaluable enseñanza, consejos y orientaciones que contribuyen de manera positiva en nuestra formación.
- ✓ A los miembros del jurado: Presidente Dr. Walter Alejandro Zamalloa Cuba, primer miembro M.Sc. Florentino Víctor Choquehuanca Cáceres y segundo miembro Ing. Juan Ccama Quispe, por sus acertadas observaciones y sugerencias durante el proceso de investigación.
- ✓ A nuestro director de la presente investigación Dr. Alejandro Coloma Paxi por su brillante dirección, comprensión, motivación, orientación y apoyo incondicional.
- ✓ Agradecemos de manera especial, a todos los encargados de laboratorios y catadores que participaron de esta investigación, cuyos aportes nos permitieron acceder a obtener mayor información y gracias a ello pudimos culminar nuestro trabajo.

Los Autores.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Objetivo General.	13
1.2. Objetivos Específicos.....	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Referencias teóricas.....	14
2.1.1. Historia de la cerveza artesanal.	14
2.1.2. Ingredientes para elaborar cerveza artesanal.....	16
2.1.3. Características de la Coca “Erythoxylim coca”	20
2.1.4. Proceso de elaboración de la cerveza artesanal	21
2.1.5. Calidad de la cerveza	22
2.1.6. Diferencias entre la cerveza artesanal e industrial	23
2.1.7. Aceptabilidad de la cerveza artesanal en el mercado.....	25
2.2. Antecedentes de la investigación	25
2.3. Hipótesis General	31
2.4. Hipótesis Específica	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Lugar de ejecución	32
3.2. Material experimental.....	32
3.3. Elaboración de cerveza artesanal utilizando coca como sustituto del lúpulo	34
3.3.1. Insumos y materiales	34
3.4. Diagrama de elaboración de la cerveza artesanal “de coca”	40
3.5. Análisis bromatológico, aporte energético y aminoácidos.....	41
3.6. Influencia de las variables de operación	41
3.6.1. Diseño experimental para la elaboración de cerveza artesanal	41
3.6.2. Análisis de varianza ANVA.....	43
3.7. Cinética de conservación de la cerveza artesanal.....	44
3.8. Nivel de aceptabilidad de la cerveza artesanal de “coca”	45

3.8.1. Análisis estadístico del nivel aceptabilidad de la cerveza artesanal de “coca”	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. Análisis bromatológico y aporte energético de la cerveza artesanal de “coca”	47
4.2. Valores comparativos de la cerveza artesanal y comercial	48
4.3. Influencia de las variables de elaboración de cerveza artesanal de “coca”	50
4.4. Cinética de conservación de cerveza artesanal de “coca”	52
4.5. Nivel de aceptabilidad de la cerveza artesanal de “coca”	54
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS	57
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de Alfa ácidos y Beta ácidos, Bamforth (2007).....	20
Figura 2: Proceso de elaboración de cerveza artesanal, Bamforth (2007).....	21
Figura 3: Secuencia térmica de producción de mosto, Calsin y Donaires (2013).....	35
Figura 4: Diagrama de Pareto para los factores más influyentes.....	44
Figura 5: Comparación proximal y porcentual entre muestras cerveceras.	49
Figura 6: Influencia de las variables para la aceptabilidad máxima.	50
Figura 7: Contornos establecidos para la aceptabilidad máxima.....	51
Figura 8: Cinética de conservación de la cerveza artesanal “de coca”.	53
Figura 9: Distribución porcentual de la aceptabilidad.	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Registros de temperaturas para la ciudad de Puno (Oct-16 a Jun-17).....	32
Tabla 2: Equipos utilizados para la elaboración de cerveza artesanal de “coca”.	33
Tabla 3: Concentración de azúcares en el tratamiento térmico del mosto.....	36
Tabla 4: Distribución de niveles para los factores experimentales.....	41
Tabla 5: Calificación organoléptica según ficha hedónica.	42
Tabla 6: Puntajes correspondientes a la calificación sensorial.	42
Tabla 7: Distribución de niveles y factores del diseño experimental.	42
Tabla 8: Análisis de varianza para el diseño experimental 3 ²	43
Tabla 9: Matriz experimental desarrollada para los ensayos.	44
Tabla 10: Registro cinético de la conservación de la cerveza artesanal de “coca”.....	45
Tabla 11: Resultado de la aplicación de la Ficha Hedónica	46
Tabla 12: Resultado del análisis bromatológico de la cerveza artesanal de “coca”.....	45
Tabla 13: Características organolépticas de la cerveza artesanal de “coca”.....	48
Tabla 14: Comparación de valores proximales entre muestras cerveceras.	49
Tabla 15: Valores óptimos para los factores experimentales.	52
Tabla 16: Registro semanal de la aceptabilidad y potencial de hidrógeno.	52

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°Alc	:	Grado Alcohólico
ANOVA	:	Análisis de varianza
BIAS	:	Estadística de sesgo
E.F.	:	Eficiencia de modelación
E.P.	:	Escuela Profesional
FIQ	:	Facultad de Ingeniería Química
MAE	:	El error medio absoluto
NTU	:	Unidades Nefelométricas de Turbidez
RMSE	:	Raíz cuadrada del cuadrado medio
UNA	:	Universidad Nacional del Altiplano
UNSCH Huamanga	:	Universidad Nacional de San Cristóbal de

RESUMEN

Se ha determinado la composición bromatológica, aporte energético y nivel de aceptabilidad de la cerveza artesanal de “coca” (*Erythoxylum coca*), la coca proviene del distrito de San Juan del Oro-Puno y se utilizó como sustituto del lúpulo. La metodología de elaboración se desarrolló en la Planta Piloto de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de Universidad Nacional del Altiplano-Puno-Perú (UNA-P), durante el periodo Junio - Setiembre del 2017. La extracción hidrofílica (infusión) de la hoja de coca fue a razón de 10 g/Litro de mosto. El aporte energético se determinó mediante el análisis bromatológico realizado y certificado por el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-P. De los resultados obtenidos en comparación con cervezas comerciales (tipo lager), se destaca el incremento del 205,56 y 175 % del valor proteico a favor de la cerveza artesanal de “coca” y la presencia de 58,57 % de mayor contenido de aminoácidos (Tirosina, Triptófano y Cisteína). Las variables óptimas del proceso de elaboración son: 9,56 g de coca/Litro de cerveza, 8,91 °Brix de concentración de azúcares y tiempo de fermentación de 5 días, a condiciones de la zona (3 820 msnm). La cinética de la conservación se estableció en periodos de doce semanas de control, la conservación de la aceptabilidad fue hasta la semana 6 después de elaborado el producto. Finalmente el nivel porcentual de aceptación mediante la aplicación de las escala hedónica de 9 puntos, fue del 78 % para “Me gusta ligeramente” de valor 6, “Me gusta bastante” (7), “Me gusta mucho” (8) y “Me gusta extremadamente” (9), mientras las opciones “Me disgusta bastante” (3) y “Me disgusta ligeramente” (4) solo representan el 8 %, quedando un 12 % para la opción “Ni me gusta” (5), “Ni me disgusta”, para un total de 50 panelistas. En conclusión sí es posible elaborar cerveza artesanal utilizando la hoja de coca (*Erythoxylum coca*) como sustituto del lúpulo.

Palabras Clave: Cerveza artesanal, lúpulo, coca, hidrofílica.

ABSTRACT

The project managed to develop, characterize nutritionally and determine the level of acceptability of craft beer using coca leaves "*Erythoxylum coca*", from the district of San Juan del Oro-Puno, as a substitute for hops in the production of craft beer. The elaboration process was carried out in the laboratories of the Agroindustrial Engineering Professional School of the National University of the Altiplanic -Puno-Perú during the period June - September 2017. The coca concentrate was obtained through a hydrophilic extraction process at a ratio of 10 g / Liter of beer. The nutritional balance was made by describing the bromatological analysis, energy intake, certified by the Quality Control Laboratory of the Faculty of Chemical Engineering of the National University of Puno-Peru Altiplano, in this way it was possible to define the nutritional level in comparison with commercial beers, standing out an increase of 305% of the protein value in favor of the "coca" craft beer. The optimal variables of the coca artisan brewing process are: 9.56 g of coca / Liter of beer, 8.91 °Brix for concentration of sugars and a fermentation time of 5 days, to local conditions (3 820 masl). The kinetics of conservation were established in weekly control periods, observing the conservation of acceptability until week 6 after the product was elaborated. And finally the percentage level of acceptance is 78%, while the ratings "I dislike enough" and "I dislike slightly" only represent 8%, leaving 12% for the option "I do not like it or dislike me".

Key Words: Craft beer, hops, coca, hydrophilic.

I. INTRODUCCIÓN

Sin duda alguna la hoja de coca es una de las plantaciones abundantes en la región de Puno por su adaptabilidad y oportunidades de cosecha, en la actualidad esta región cuenta con 4 468 ha, esto significa la rentabilidad de esta plantación, sin embargo lejos de la erradicación, este debe de contar con oportunidad para acceder a un valor agregado (Blanco, 2006). El docente de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Joaquín Hernández García, indicó que dicha casa de estudios está promoviendo el valor agregado de la hoja de coca con la producción de sus derivados, “son 105 productos que se tienen para exponer en el festival para la degustación y venta de los derivados de coca, ya sea en las presentaciones de gaseosas de coca, la cocada, el pan de molde, néctar, harina, Jarabe del Inca, vino, licor, pisco miel, crema de coca y bebidas rehidratantes”. En el Perú se vive un gran desarrollo del mercado de cerveza artesanal y se ha convertido en un mercado atractivo para evaluar la posibilidad de invertir en el sector (Quintanilla & Sucno, 2017). En consecuencia una de las alternativas que se tiene para dar valor agregado a la hoja de coca, es la elaboración de cerveza artesanal, con propiedades medicinales, energéticas y gastronómicas, especialmente para turistas sobre los 3 820 msnm, además la sagrada hoja tiene un significado religioso, social y medicinal desde hace seis mil años (esnbgourmet, 2017; Blanco, 2006;). Los comercializadores locales de la cerveza artesanal de “coca” manifiestan que la bebida es energizante y constituye una opción rica y atractiva para todo turista que visita el lugar, ellos (turistas) indican que: “Como buenos alemanes nos encanta la cerveza. Hay muchas en Alemania, pero esta cerveza de coca es buena, porque aquí en La Paz nos ayuda con la altitud”.

El Perú es uno de los países menos proactivos en la elaboración de cerveza artesanal, en Estados Unidos se empezó comercializarla en el año 1974, mientras que en

el Perú desde el 2014, “Antes solo habían 3 productores artesanales, ahora (2016) hay más de 40, sin embargo, en Estados Unidos hay más de 3 000”, también Luciana Córdova, encargada de marketing y eventos de la cervecería Nuevo Mundo, señaló que Chile, Colombia y Argentina superan al Perú en este rubro (La República, 2016).

Puno es considerado una región cocalera, con una producción anual de 105 960 toneladas métricas. La “coca” es un emblema de la cultura andina, es la hoja sagrada desde hace seis mil años (Blanco, 2006), además la hoja de coca contiene metabolitos primarios como proteínas, carbohidratos y lípidos; y metabolitos secundarios como alcaloides, taninos, glicósidos y aceite esencial (Negrete & Quispe, 2015). En consecuencia el desarrollo de tecnologías de transformación es necesaria. Con respecto a este problema se planteó los siguientes objetivos:

1.1.Objetivo General.

- Elaborar cerveza artesanal utilizando la hoja de coca (*Erythoxylum coca*) como sustituto del lúpulo.

1.2.Objetivos Específicos.

- Realizar el balance del análisis bromatológico y aporte energético.
- Establecer los valores comparativos bromatológicos y energéticos de la cerveza artesanal con dos marcas del mercado.
- Determinar las influencias de las variables de operación en la optimización del proceso de elaboración de cerveza artesanal a condiciones de la zona.
- Establecer la cinética de la conservación de cervezas artesanales utilizando la hoja de coca como sustituto del Lúpulo.
- Valorar el nivel de aceptabilidad a través del análisis sensorial del producto

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Referencias teóricas.

2.1.1. Historia de la cerveza artesanal.

Desde su origen es la evolución de una de las bebidas fermentadas más antiguas de la humanidad. Se produce mediante la fermentación alcohólica de los cereales ayudada por la acción de diversas levaduras. Los ingredientes básicos para su elaboración son: el agua, los cereales (cebada o trigo germinado), las levaduras y el lúpulo (*Humulus lupulus*). La combinación de la calidad, cantidad y especie de cada una de estos ingredientes produce una gran variedad de tipos de cerveza, que a través de su historia y dependiendo de la época, el país y de la cultura, se ha considerado una bebida bien de carácter social, con cualidades refrescantes, o con características nutritivas (Cervezas.Info, 2017).

Las primeras cervezas eran de tipo Ale, es decir de fermentación a temperatura ambiente causada por la levadura “*Saccharomyces cerevisiae*” (sin empleo de lúpulo), responsable de las fermentaciones del pan y el vino igualmente, para posteriormente, ya en el siglo XV se comienza a fermentar en la zona baja de las cubas, el efecto de una nueva levadura (*Saccharomyces pastorianus*) necesita de menores temperaturas y se busca de forma natural en el fondo de cuevas: surge así la cerveza tipo lager, por lo tanto si la cabeza es Ale o Lager es definida por la temperatura usada en la infusión, fermentación y del tipo de levadura empleada (Forran, 1959; Chamorro, 2012). Cuando se incluye el lúpulo en algunas de las cervezas su popularidad y agradable sabor hace que esta nueva cerveza (lager), esté en oposición con la clásica (Ale) (Cervezas.Info, 2017). El lúpulo es utilizado en la cervecería por su poder de amargor basado en la concentración de la lupulina, que debe ser conservada en frío (0-5 °C) y una

humedad de 70 a 75 %, estas condiciones evitan la degradación de los ácidos amargos (Carbajal & Insuasti, 2010), se recomienda conservar a temperatura más baja posible y preferiblemente al vacío (Labanca & Cols., 2008). El lúpulo es un gran bactericida, por lo que ayuda a la cerveza prolongar el tiempo de vida debido a la descomposición a causa de bacterias (Gorostiaga, 2008).

La capacidad de cultivar levadura, fue alcanzado en las primeras décadas del siglo XX, y son considerados como organismos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos, se alimenta de maltosa para producir alcohol y gas (CO₂) (Carbajal & Insuasti, 2010). Anteriormente el mosto de la cerveza se inoculaba con las fermentaciones precedentes, siendo el proceso poco eficiente e impredecible. En 1883 el micólogo danés Emil Christian Hansen de los laboratorios de Carlsberg idearon un método de emplear cultivos uní-celulares en la producción de levaduras. El empleo de cultivos puros de levaduras se adoptó de inmediato en todo el mundo, primero en las cervezas de tipo Lager y posteriormente en las Ale (Cervezas.Info, 2017). La investigación en el terreno de la microbiología aplicada a los mecanismos de las levaduras permitió la aparición de nuevos tipos de cervezas desconocidos hasta la fecha. Las cervezas tipo Lager (concretamente las Pale Lager) suponen, a comienzos del siglo XXI, casi un 90 % de la producción mundial, que son del tipo de fermentación baja, por la variedad de la levadura empleada llamada *Saccharomyces cerevisiae* (Labanca & Cols., 2008).

Durante la Revolución Industrial la producción de cerveza tuvo que pasar de ser artesanal y orientada al consumo doméstico, a escala industrial y orientada a las masas. A este incremento en la producción mundial, contribuyó por una parte

las mejoras tecnológicas aplicadas a la industria, como las mejoras en el conocimiento de los procesos micro-biológicos existentes en la producción de la cerveza y por otra parte la constante urbanización de las clases sociales (Cervezas.Info, 2017). En el siglo XX la producción cervecera mundial se encuentra en manos de compañías multinacionales (algunas como Anheuser-Busch InBev) y varios miles de pequeños productores que van desde los denominados brewpubs hasta cerveceras regionales y se consume en cientos de variedades en locales hosteleros como: bares, tabernas, pubs, biergartens y festivales especiales, así como celebraciones diversas a lo largo del mundo.

2.1.2. Ingredientes para elaborar cerveza artesanal

Los ingredientes para la elaboración de la cerveza artesanal son: agua, malta, levadura y lúpulo (Calsin & Donaires, 2013).

- a) **Agua para fabricar cerveza:** El agua a emplear desempeña un papel totalmente decisivo en la fabricación tradicional de la cerveza. Muchas de las variedades dependen de este ingrediente. La dureza carbonatada del agua actúa de una manera tanto más perjudicial cuanto más clara y rica en lúpulo deseamos que sea la cerveza, se recomienda utilizar aguas de dureza carbonatada media menores o iguales a 120 mg/L (Vogel, 1999), este valor incluye la concentración de magnesio.
- b) **La malta:** El malteado es un proceso al que se han sometido previamente los cereales empleados en la elaboración de cerveza. Habitualmente se maltea la cebada y minoritariamente el trigo, aunque también es factible maltear otros cereales como mijo, arroz, etc. El malteado se divide en tres etapas: remojo, germinación y secado. Con este proceso se consiguen activar las enzimas (amilasas) del cereal que realizan el proceso natural de degradación

(sacarificación) de almidón en azúcares fermentables (maltosa), durante la etapa de maceración (Cervezas.Info, 2017).

c) **La levadura:** La transformación del azúcar en alcohol y dióxido de carbono es decir la fermentación alcohólica está producida por enzimas generados por levaduras, sin embargo también se puede fermentar con levaduras salvajes, existiendo tipos determinados para este tipo de cerveza (Lambic-Bruselas). Sin embargo, para la fermentación en cervecería se emplea casi sin excepción levadura de cervecería, de la cual existen dos clases distintas: las levaduras de fermentación en superficie o alta y en profundidad o de fermentación baja (Vogel, 1999).

- Levadura de fermentación alta: constituyen la forma original de la levadura de cerveza, aquí las levaduras se multiplican por fisión o bipartición celular, estas permanecen después de la fermentación agrupada por uniones lábiles, formando una especie de racimo, y ofrece una alta resistencia a las burbujas de dióxido de carbono que tratan de ascender y la levadura es empujada hacia arriba sobre la superficie del líquido situándose sobre la espuma como capa viscosa de tonalidad oscura y sucia de donde procede la denominación de fermentación alta (Chamorro, 2012). Las levaduras de fermentación alta producen entre 15-20 °C, considerándose una cerveza normal, por lo que este procedimiento de elaboración requiere medios de refrigeración (Quintanilla & Sucno, 2017).

- Levadura de fermentación baja: Estas forman también por bipartición nuevas células pero completamente sueltas, sin formar racimos con lo que no ofrecen resistencia a las burbujas de dióxidos de carbono, por esta razón no ascienden empujadas hacia arriba, si no que se precipitan al fondo del recipiente de

fermentación baja o en profundidad, este tipo de fermentación requiere de temperaturas bajas, hasta casi cero grados Celsius, durante todo el año esto hacia que antiguamente solo se podía elaborar esta variedad solo en invierno y en la actualidad gracias a la compresora de refrigeración nos permitimos fabricar cerveza por el sistema de fermentación baja (Vogel, 1999; Boffill & Gallardo, 2014).

d) Lúpulo: El lúpulo antiguamente se utilizó como aditivo de la cerveza, pero luego evidentemente cayó al olvido hasta la edad media en el que volvió a utilizarse en esta bebida, este ingrediente de la cerveza cumple lo siguiente:

- Precipita proteínas, por lo que actúa como clarificante.
- Favorece la formación de espuma (estabilizantes).
- Confiere a la cerveza su agradable sabor amargo (α -ácidos).
- Favorece la conservación de la cerveza (antimicrobianas).

El lúpulo crece en Alemania en zonas de buen clima, Hallertau cerca de Ingolstadt, y la región de Tettang son conocidas comarcas alemanas productoras de lúpulo, existen también muchas zonas extranjeras productoras de lúpulo, siendo los más conocidos el territorio checo de Saaz (Suárez, 2013) y otros aledaños. En síntesis el lúpulo crece en climas tropicales húmedos (Calsin & Donaires, 2013). En América Latina, Argentina es el país que reúne las condiciones ecológicas privilegiadas para este cultivo, lugares como del Alto Valle de Río Negro y Neuquén y el Valle de El Bolsón, hay otros valles precordilleranos que por sus microclimas podrán sumarse en el próximo futuro a esta explotación. El lúpulo se cultiva también en México y Colombia, pero después de muchos años no han pasado de la fase experimental. Asimismo se están realizando los ensayos en Chile, donde existen microclimas con buenas

posibilidades. Las tentativas se hicieron también en Brasil, en Río Grande do Sul, pero sin resultados promisorios (Leskovar, 1981), su utilización en Europa occidental data del siglo VIII, no solo como condimento por excelencia, sino también como medio de conservación de la cerveza, es por eso que en el año 1524 se permitió su cultivo (Suárez, 2013).

Los alfa-ácidos o Humulonas: son una familia de resinas específicas del lúpulo y responsables de su amargor y otras propiedades psicoactivas. El poder amargante de un lúpulo se mide por el porcentaje que contiene de esta sustancia, que cambia de una cosecha a otra y según la variedad de planta. Estas resinas son transformadas por temperatura (isomerización) durante el proceso de cocción del mosto en iso-alfa-ácidos, que son los responsables finales del amargor de la cerveza (Gorostiaga, 2008).

Los beta-ácidos o Lupulonas: son resinas similares pero con un poder de amargor muy pequeño. Sin embargo, estos compuestos importantes de la resina se pueden estropear fácilmente en presencia de oxígeno y generar sabores extremadamente amargos y desagradables (García, 2015).

Los Taninos y los aceites esenciales: Aquí los taninos tienen las propiedades clarificantes y bacteriostáticas (importantes para la fermentación), mientras que los aceites esenciales son sustancias aromáticas fácilmente evaporables que dan las propiedades de sabor y olor a la flor del lúpulo y por lo tanto también a la cerveza. En la elaboración de una cerveza pueden utilizarse combinaciones de diferentes lúpulos para aportar las propiedades más notables de cada uno de ellos (Cervezas.Info, 2017), la presencia de taninos también corresponden al contenido fenoles totales formados por la reducción de radicales que en contacto con el reactivo Folin, detectan la presencia de

aminoácidos aromáticos, como Tirosina, Triptófano y Cisteína, generando un color azul, resultado de la reducción de radicales (Forentino, Gutiérrez, Rueda, & Rodríguez, 1994). En la figura 1, la primera estructura (1) corresponde a los Alfa Ácidos (Humolona, Co-hummolona y Adumolona), y la estructura (2) corresponde a los Beta Ácidos (Lupolona, Colupulona y Adlupulona).



Figura 1: Estructura de Alfa ácidos y Beta ácidos, Bamforth (2007).

2.1.3. Características de la Coca “*Erythoxylim coca*”

La coca es un emblema de la antigua cultura andina: es la hoja sagrada. Tiene un significado religioso, social y medicinal desde hace seis mil años. La política imperial de Estados Unidos difunde la idea según la cual “coca es igual a cocaína” para combatir a los pueblos andinos y despojarlos de sus riquezas naturales (Blanco, 2006). Su composición química después de su fraccionamiento y determinación de sus componentes se expresan en términos de 100 g de muestra de hoja de coca (ver tabla 1).

Tabla 1: Composición química de la hoja de coca fraccionada.

Componentes	Valores g/100 g de muestra
Fracciones preliminares:	
- Humedad	14,98
- Extracto etéreo	5,47
- Grasa	3,65
- Clorofila	1,81
- Taninos (libres)	3,27
Fracción residual (PCFP)	
- N Total	3,35
- Proteínas	19,28
- Aminoácidos	3,97
- Taninos (conjugados)	3,62
- Fibra	13,67

Fuente: Ramos (2005).

En esta composición destacan los altos contenidos proteicos (19,28 g/100), fibra (13,67 g/100), taninos libres (3,27 g/100) y conjugados (3,62 g/100) (Ramos, 2005), estos valores corresponden a la hoja de coca proveniente del valle de la convención, en la región de Cusco. El factor proteico utilizado fue 5,75.

De los resultados presentados por los autores Ramos (2005) y Forentino (1994), podemos apreciar que los componentes conocidos como taninos libres y conjugados de la hoja de coca son muy similares al del lúpulo, donde la presencia de taninos también corresponden al contenido fenoles totales formados por la reducción de radicales donde se destaca la presencia de aminoácidos aromáticos, (Forentino, Gutiérrez, Rueda, & Rodríguez, 1994).

2.1.4. Proceso de elaboración de la cerveza artesanal

El proceso corresponde a las siguientes etapas: malteado, elaboración de la cerveza (mosto), fermentación y acondicionamiento, (proceso de downstream) y envasado (Bamforth, 2007) , cada uno de estas etapas se detallan en la siguiente figura 2.

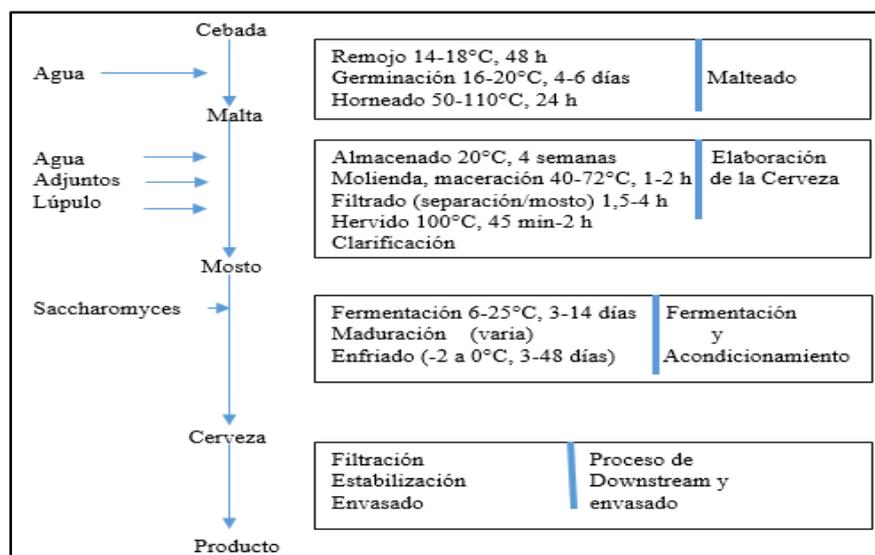


Figura 2: Proceso de elaboración de cerveza artesanal, Bamforth (2007).

2.1.5. Calidad de la cerveza

Las características organolépticas de la cerveza determinan y ayudan a identificar adulteraciones y/o deficiencias de la cerveza, en tal sentido los primeros en realizar las pruebas fueron los catadores que eran o son personas de experimentado paladar (Vogel, 1999), sin embargo no pasado mucho tiempo es que se implementó en medida de la capacidad tecnológica de la época, las siguientes pruebas:

- Prueba sensorial: esta prueba requiere de la participación de catadores y/o panelistas del sabor, y que obedecen al desarrollo del protocolo para servir la cerveza, si esta se realiza inapropiadamente, nunca será reconocida su calidad real. La cerveza de fermentación baja se sirve mejor a una temperatura de entre 8 a 10°C, antes de tomarla la cerveza debe refrigerarse a 6 °C, mientras que la cerveza de fermentación alta será mejor beberla de entre 14-15 °C. Pero esto es sin embargo cuestión de sabor (Calsin & Donaires, 2013).

- Pruebas analíticas: Artesanalmente hablando, que la cerveza nos sepa bien o mal escapa a la competencia del químico. Nosotros no bebemos una cerveza basándonos en los datos analíticos, si no valorando en ella la suma de sus múltiples factores (impresiones), que apreciamos en el momento de beberla. Sin embargo esto no significa dejar de lado las herramientas científicas (ensayos de laboratorio) al producto final, parámetros como pH, Grado alcohólico y análisis proximal (Merelo & Zuñiga, 2013).

- Determinación del extracto seco primitivo: Como ya es sabido el azúcar se convierte en alcohol en el proceso de fermentación, si la cerveza terminada se pesa, con el densímetro, se determina la taza de extracto que solo es un cuarto o

un tercio del extracto seco real, (Vogel, 1999). Esta medida del nivel de fermentación se puede medir periódicamente con el nivel de azúcares expresados como °Brix, registrándose los valores iniciales, finales e intermedios.

- Grado de acidez: La acidez de un líquido se expresa por su valor de potencial de hidrógeno (pH). Cuando la cerveza tiene un sabor satisfactorio y se conserva bien su pH oscila entre 4,3 y 4,8 este control es muy importante para el cervecero artesanal, ya que un pH demasiado elevado exige adoptar inmediatamente medidas especiales como la utilización de aguas menos duras para su elaboración (Bamforth, 2007).

- Prueba de yodo: Se aplica en la aparición de turbidez, para identificar la presencia de almidones que aún no están desdoblados en azúcares fermentescibles, y se puede afirmar que existe almidón en la cerveza, (Calsin & Donaires, 2013). De ser así en futuras partidas se presentara más atención en la sacarificación. A partir de los 80°C, el agua disuelve el almidón no transformado en azúcares, mientras las enzimas pierden su acción y entonces es irremediable la aparición de turbidez, (Vogel, 1999).

- Examen microscópico: Es del todo necesario examinar al microscopio una cerveza que aparezca turbia, práctica que debe llevarse a cabo hasta con un microscopio de 600 aumentos. Incluso una persona llega a ser capaz de terminar en seguida si se trata de una turbidez fisicoquímica (es decir inertes), o de contaminación por gérmenes vivos (Suárez, 2013).

2.1.6. Diferencias entre la cerveza artesanal e industrial

Según la prestigiosa revista de alta cocina, Esnobgourmet (2017), indica tres diferencias que son:

- a) Ingredientes.** La diferencia fundamental es que en el proceso de creación de cerveza artesanal no se le añade nada que no tenga que tener: agua, cereales malteados, lúpulo y levadura. En la etiqueta de estas cervezas no encontraremos conservantes ni antioxidantes añadidos artificialmente, de nombres impronunciables, como el alginato de propilenglicol, usado para la espuma, que aparece más fácilmente bajo el código “E-405”.
- b) Elaboración.** Todo el proceso se realiza de forma natural. Por ejemplo: incluyen en la botella un poco de mosto sin fermentar para que la propia cerveza ya hecha continúe el proceso de fermentación dentro del cristal y genere esos gases extra, que le darán la fuerza y crearán espuma al abrirla. En las grandes fábricas, por el contrario, lo habitual es inyectar el dióxido de carbono artificialmente.
- c) Carácter gastronómico.** La variedad y definición de sabores en la cerveza artesanal le permite ser muy versátil al momento de combinarla con diferentes alimentos generando una experiencia gourmet generalmente diferente a la que se consigue con cervezas industriales.

Según Barreto (2002), en su manual para el trabajo de campo y clínico, establece los siguientes valores proximales de la cerveza blanca común:

Tabla 2: Valores proximales para cerveza comercial (4 % °Alc.).

Energía Kcal/100 ml	Agua (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
41	95,40	0,40	0,00	3,10	0,00	0,1

Fuente: Barreto, (2002).

2.1.7. Aceptabilidad de la cerveza artesanal en el mercado

El mercado de cervezas en el Perú tiene participantes con una presencia muy alta, sin embargo hay espacio para nuevos actores, sobre todo si están ligados a las preparaciones artesanales de esta bebida. De acuerdo con Diego Rodríguez, socio y gerente general adjunto de Cervecería Barbarián, este sector está creciendo debido a que las personas apuestan más por los productos naturales, que no llevan químicos.

Como ejemplo, anotó que su empresa avanza aproximadamente 400 % al año. "Esta es una tendencia global y en el Perú está explotándose más rápido debido a la gran cultura gastronómica y a las ganas de consumir algo nuevo", dijo (Perú 21, 2014). En el país se vive un gran desarrollo del mercado de cerveza artesanal y se ha convertido en un mercado atractivo para evaluar la posibilidad de invertir en el sector, "Solo en Lima debe de haber más de 400 establecimientos que expenden cerveza artesanal. Bares, restaurantes, hoteles y supermercados, principalmente" (Quintanilla & Sucno, 2017), y en la Región Puno ya se registra la participación de la empresa "Cerveza Puma" del Ing. José Luis Camacho Guevara, en ferias y eventos gastronómicos.

2.2. Antecedentes de la investigación

Araya, Fernández, & Ortloff (2016), resume lo siguiente: El propósito de la investigación consistió en analizar las preferencias de los estudiantes universitarios, de la Región de Coquimbo, Chile, por las cervezas artesanales. El método multivariante utilizado fue el análisis conjunto, el que se aplicó a 80 personas consumidores de cerveza artesanal, de la única universidad estatal presente en la Región (Universidad de La Serena). Los resultados revelaron que el grado alcohólico (IR = 43,88 %) es el principal

atributo considerado, seguido por el sabor (IR = 23,10 %), el origen (IR = 20,76 %) y el precio (IR = 12,26 %). En lo que se refiere a valores parciales,

Suqui & Pintado (2015), concluye que: La elaboración de cerveza artesanal utilizando el sistema de fermentación fue sencillo siguiendo cada paso para una producción de 20 litros (escala laboratorio), por variedad de cebada malteada utilizada, además recomienda realizar la elaboración de cerveza artesanal utilizando otras variedades de malta que se comercializan en el medio y de carácter cervecero. También realizaron encuestas para determinar la aceptabilidad de la variedad Dulcinea como la de mayor puntaje en cuanto a la textura, sabor, color y aroma.

Cárdenas (2013), informa que el fabricante de Ch'ama, la empresa Vico's con sede en Sucre (sureste de Bolivia), asegura que la bebida tiene "cualidades energizantes". Y menciona que: "Es una cerveza blanca de alta fermentación con 5% de alcohol, no filtrada, no pasteurizada, tiene un moderado aroma, color y sabor a hoja de coca y lúpulo", el gerente propietario de Vico's, Víctor Escobar explica el proceso de elaboración, indica que se inicia con la selección de las hojas de coca y luego se las pone a macerar con agua (extracto hidrosoluble), esto se le agrega a un macerado puro de cebada malteada en diferentes tiempos, se adicionan lúpulos hasta obtener el mosto que será fermentado durante unos 20 días, luego embotellado y comercializado. En cuanto a su comercialización, la cerveza se vende en botellas de vidrio de 300 cc su precio unitario en fábrica es de 12 pesos bolivianos (1,7 dólares), y a los consumidores les llega a unos 2,8 a 3,6 dólares y se logra comercializar en el sur del Perú y norte de Chile.

Negrete & Quispe (2015), en su estudio de la actividad antibacteriana del macerado de la hoja de coca seca y fresca (*Erythroxylum coca Lam*) proveniente de los departamentos de Cochabamba y La Paz. Posteriormente se prepararon macerados con

tres solventes: Solución fisiológica, Alcohol (absoluto) y Cloroformo. Luego se determinó la actividad antibacteriana del macerado frente a “*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*”. Los diferentes extractos alcohólicos que se utilizaron para determinar la actividad antibacteriana de la hoja de coca (*Erythroxylum coca Lam*) seca y fresca presentaron actividad frente a “*Staphylococcus aureus*”. No se ha demostrado actividad antibacteriana frente a “*Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*” con los tres solventes utilizados. Diferentes investigaciones corroboran la acción antibacteriana de la hoja de coca (*Erythroxylum coca Lam*) en preparados de solución alcohólica frente a bacterias grampositivas.

García, Romero, Cruz, & García (2014), tuvieron como objetivo de investigación estudiar el comportamiento del proceso de fermentación de cerveza artesanal mediante un modelo matemático dinámico. El modelo incluye el estudio de la variación de los azúcares y su relación con la variable de salida o concentración de etanol y como variable auxiliar contempla la concentración de biomasa (levaduras). Este modelo fue programado en el ambiente Matlab-Simulink y para su integración numérica se utilizó el método de Dormand-Prince de cuarto grado con tamaño de paso de integración variable y una tolerancia relativa de 10^{-8} . Para conocer sus parámetros más importantes se realizó un análisis de sensibilidad local. Además se llevó a cabo un experimento para producir cerveza artesanal a una temperatura constante (21°C). Se implementaron 14 unidades experimentales (fermentadores) con las mismas condiciones iniciales. De cada fermentador, se midieron las concentraciones de las variables de estado incluidas en el modelo matemático. Usando los resultados experimentales el modelo se calibró mediante los algoritmos de optimización mínimos cuadrados no lineales y evolución diferencial. De acuerdo con las estadísticas sesgo (BIAS), coeficiente de correlación (r), raíz cuadrada del cuadrado medio (RMSE), error medio absoluto (MAE) y eficiencia de modelación

(EF) se encontró un buen ajuste entre las predicciones del modelo y las mediciones de las variables de estado después de la estimación de los parámetros.

Boffill & Gallardo (2014), resalta las principales ventajas del empleo de la malta de sorgo como materia prima fundamental en el proceso de producción de cerveza para países tropicales productores del cereal. El cultivo del sorgo es económicamente rentable basado en su resistencia a la sequía y a la realización de varias cosechas; por tanto, se disminuye significativamente la importación de cebada. Además, las cervezas de sorgo contienen un alto contenido de calorías, vitaminas del complejo B, aminoácidos esenciales y minerales. Por ende, la renovación propuesta constituye una solución idónea para la economía de cada nación productora de sorgo. Por otra parte, las limitaciones presentadas se eliminan si se perfilan las etapas de malteado y maceración. El poder diastático de la malta de sorgo es mejorado, específicamente la actividad -amilasa, si en la etapa de remojo los granos son diluidos en una solución alcalina al 0,1 %. La conversión eficiente de fragmentos de almidón en azúcares fermentables por las levaduras se alcanza con la adición de enzimas exógenas o con procesos de maceración en tres etapas lo cual permite la hidrólisis máxima del mosto. Además, para mejorar los extractos fermentables de los mostos de sorgo, se proponen la utilización de mezclas de la maltas de cebada (30-40 %) y sorgo (60-70 %) durante la maceración o la adición de jugos de frutas. Por otra parte, el contenido de y ácidos en las flores de lúpulo ayudan a inhibir las bacterias y mantienen la estabilidad de la espuma.

Calsin & Donaires (2013), han obtenido un producto de calidad al 5.25 % de grado alcohólico por cada 100 mililitros de cerveza, pH de 4,3, cantidad de proteína 0.36 % y concluyen que la eficiencia del esterilizador ultravioleta es óptimo, según se comprobó con los análisis microbiológicos realizados en la Facultad de Medicina Veterinaria y

Zootecnia de la UNA-Puno, considerándolo como producto APTO para el consumo humano, según los “Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, Resolución Ministerial N° 615-2003-S-A/DM”,

Calleja (2013), menciona que la idea principal del proyecto es el diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal para elaborar cervezas especiales. De nada sirve elaborar un clon de cerveza industrial de multinacional porque por muy bien que lo hagamos, la de la competencia siempre será mucho más barata y mejor. Tenemos que centrarnos en nichos de mercado que buscan cervezas especiales y que normalmente están dispuestos a pagar algo más por unos productos claramente diferenciados.

Román (2010), indica que el mosto es el líquido azucarado que se extrae de la malta mediante los procesos de molienda y macerado. Es una solución compleja y sutilmente equilibrada de carbohidratos fermentables, aminoácidos, fuente de nitrógeno y vitaminas. La malta, al igual que el agua, lúpulo y levadura, forma parte de los ingredientes básicos para la elaboración de la cerveza. La malta es el resultado del remojo, germinación y secado de cebada durante tiempos y temperaturas determinadas. De acuerdo a la temperatura de secado, existen diversos tipos de malta como son la malta clara, malta caramelo y malta chocolate, cada una presenta características especiales de color y sabor. Éste trabajo tiene el objetivo de determinar las temperaturas y tiempos óptimos de la elaboración del mosto a partir de malta caramelo. La malta caramelo se elabora entre 65-175 °C, esta malta tienen la ventaja de que pueden mejorar la espuma, estabilidad y palatabilidad de la cerveza.

Galvagno, Gil, Iannome, & Cerrutti (2007), en su trabajo titulado: Exploración del uso de agentes antimicrobianos naturales y de campos eléctricos pulsantes para el

control de bacterias contaminantes durante el proceso de elaboración de cerveza. Concluyeron que diferentes antimicrobianos naturales disminuyeron la viabilidad de bacterias contaminantes aisladas en etapas críticas del proceso de producción de cerveza. En un extracto de malta, el agregado de 1 mg/ml de quitosano y de 0,3 mg/ml de lúpulo permitió reducir la viabilidad de *Escherichia coli* a 0,7 y 0,1 %, respectivamente, al cabo de 2 horas de incubación a 4°C. El agregado de 0,0002 mg/ml de nisina, 0,1 mg/ml de quitosano o de 0,3 mg/ml de lúpulo inhibió selectivamente (10,000 veces más) el crecimiento de *Pediococcus sp.* Respecto de la levadura de cerveza en un cultivo mixto. El agregado de 0,1 mg/ml de quitosano permitió disminuir la viabilidad de una cepa bacteriana termo resistente, *Bacillus megaterium*, hasta niveles no detectables. Por otra parte, el agregado de nisina, quitosano y lúpulo aumentó la estabilidad microbiológica durante el almacenamiento de cervezas inoculadas con *Lactobacillus plantarum* y *Pediococcus sp.* Aislados de mosto de cerveza. La aplicación de campos eléctricos pulsantes (CEP) (3 pulsos de 8kV/cm) aumentó el efecto antimicrobiano de la nisina y del lúpulo, pero no el del quitosano. Los resultados obtenidos indicarían que el uso de antimicrobianos naturales en forma individual o en combinación con CEP puede constituir un procedimiento efectivo para el control de la contaminación bacteriana durante el proceso de elaboración y almacenamiento de la cerveza.

2.3. Hipótesis General

- La hoja de coca (*Erythoxylum coca*) sustituirá al lúpulo en la elaboración de cerveza artesanal.

2.4. Hipótesis Específica

- Los análisis de laboratorio permitirá realizar el balance bromatológico y aporte energético.
- La comparación de valores bromatológicos y energéticos de la cerveza artesanal con dos marcas del mercado nos permitirá establecer sus diferencias nutricionales.
- El registro de las variables de operación, viabilizará la optimización del proceso de elaboración de cerveza artesanal a condiciones de la zona.
- El registro del grado acidificación y aceptabilidad organoléptica en función del tiempo, establecerá la cinética de conservación de la cerveza artesanal con coca.
- La aplicación de la ficha hedónica al análisis sensorial del producto, permitirá valorar el nivel de aceptabilidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El proyecto titulado: “ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE CERVEZA ARTESANAL, UTILIZANDO LA COCA “*Erythoxylum coca*” COMO SUSTITUTO DEL LÚPULO” se ha realizado en las instalaciones de la Planta Piloto de Alimentos de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA), del distrito, provincia y departamento de Puno, sobre los 3 812 msnm, a una latitud de 15°49’33,9’’, y una longitud de 70°00’42,9’’ (SENAMHI, 2017). Bajo las condiciones climáticas propias de la zona para el periodo Oct-16 a May-17, estas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Registros de temperaturas para la ciudad de Puno (Oct-16 a Jun-17).

Variables	Oct-16	Nov-16	Dic-16	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17
Agroclimáticas	Promedio (°C)								
T° Máxima (°C)	17,63	18,83	18,37	16,77	13,36	14,03	15,23	14,70	14,80
T° Mínima (°C)	3,10	2,77	4,23	4,67	4,33	4,10	2,23	0,94	-3,41

Fuente: SENAMHI, (2017).

De la tabla 1 se puede determinar la temperatura promedio del periodo de ejecución del proyecto en su etapa de elaboración de la cerveza artesanal que corresponde del mes de abril al mes de junio del año 2017. En este periodo la Temperatura máxima promedio fue de 14,91 °C, y una mínima promedio de 0,92 °C. Las condiciones ambientales dentro del laboratorio registraron temperaturas promedio mínimo de 6 °C y un máximo de 11,5 °C.

3.2. Material experimental

a) **Insumos utilizados.-** Los insumos utilizados tienen las siguientes características:

- El agua utilizada fue de categoría comercial con los siguientes parámetros de control: pH = 7,38; Sólidos Totales Disueltos = 28,44 mg/L; Dureza carbonatada = 23,56 mg/L; Alcalinidad = 33,12 mg/L; Cloruros = 10,56 mg/L; Sulfatos = 6,00 mg/L y una turbiedad de 2 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), estos parámetros fueron determinados en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA – Puno.

- La malta se adquirió de la ciudad de Lima, con las siguientes características: Marca Bestmaltz; Tipo Pilsener - base; país de procedencia Alemania; grado de tostación 18; fecha de caducidad: enero 2019.

- La levadura tiene las siguientes características: Marca: Safale S-40/Dry ale yeast (levadura seca liofilizada), procedencia Bélgica.

- La Coca procede de la distrito de San Juan del Oro, provincia de Sandia de la región Puno – Perú, clasificado en el mercado como coca primera.

b) Reactivos utilizados.- Por la naturaleza de producto, no se utilizó reactivo alguno para la elaboración de la cerveza artesanal.

c) Equipos utilizados.- Estos fueron solicitados a la Planta Piloto de Alimentos de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial de la UNA Puno, estos se encuentran detallados en el cuadro siguiente.

Tabla 2: Equipos utilizados para la elaboración de cerveza artesanal de “coca”.

Etapa	Descripción del equipo	Lugar de ejecución
Maceración	Cocina a gas propano, Recipientes de cocción (ollas), utensilios de cocina, etc.	Planta Piloto de alimentos E.P. Ing. Agroindustrial
Fermentación	Tanque hermético grado alimentario de capacidad 20 L.	Planta Piloto de alimentos E.P: Ing. Agroindustrial
Maduración	Tanque de alta presión, Marca Cornelius de 200 Psi (kg/cm ²), y una capacidad de 20 L.	

	Refrigerador termostático, Marca Velp Científica/Modelo FOC 2225E.	Planta piloto de elaboración de cerveza de la Facultad de Ingeniería Química ubicado en el centro poblado de salcedo de la ciudad de Puno.
Gasificación	Equipo de gasificación con tanque de alta presión	
Enchapado	Equipo manual de enchapado de cerveza	

Fuente: Elaboración propia según Calsin & Donaires, (2013).

3.3. Elaboración de cerveza artesanal utilizando coca como sustituto del lúpulo

3.3.1. Insumos y materiales

Para la elaboración de la cerveza artesanal, se utilizaron los siguientes insumos: agua blanda, malta, coca en sustitución del lúpulo y levadura. Para el control de parámetros se utilizaron los siguientes reactivos y materiales: tintura de yodo, para el control del desdoblamiento del almidón presente en azúcares fermentescibles, refractómetro (control de °Brix), termómetro, densímetro (control de la densidad), alcoholímetro de gay Lussac, pH-metro, cronómetro entre otros.

a) Cálculos para la elaboración del mosto.- En principio se determinó las cantidades agua y malta mediante las siguientes ecuaciones: proporción malta/agua (1:10) (Calsin & Donaires, 2013), mas un 50 % de exceso de agua para cubrir las perdidas por evaporación, retención en la torra y otros (Vogel, 1999), por lo tanto para la elaboración de 15 litros se utilizaron 1,5 kg de malta base tipo pilsener, y 22,5 litros de agua tratada en el Laboratorio de Control de Calidad de la FIQ (dureza: 23 mg/L), divididos en 11,25 litros para la maceración, 5,63 litros para el pos vertido (lavado de la torta), y 5,63 litros para la infusión de 150 g de coca. Luego de los cálculos se realizó la molienda de la malta, cuidando que cascarilla permanezca tan entera como sea posible y que en cambio el endospermo se muele a un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del extracto, que consta de 30 % de triturado fino y 70 % de triturado grueso, (Calsin & Donaires, 2013).

b) **Proceso de maceración.-** La maceración se realizó con el objetivo de favorecer las transformaciones bioquímicas lográndose extraer los componentes fermentescibles, estos son: proteasa conocido también como peptidasas (40 a 60 °C), β -amilasa (62 a 65 °C), α -amilasa (72 a 75 °C). Los factores que influyen en la maceración son: El tiempo de duración de los tratamientos, la temperatura, el pH y la concentración de la mezcla. Cada enzima tiene un pH óptimo de acción, la peptidasa tiene un amplio rango que va desde 4-11, la β -amilasa actúa a un pH de 4-5, mientras que para la α -amilasa está dentro del rango 5-7 y la ya conocida temperatura óptima de actividad. Las enzimas que actúan sobre el almidón durante la maceración son la alfa y beta amilasa, (Calsin & Donaires, 2013). Mientras que las proteasas rompen los enlaces que unen los aminoácidos de las proteínas facilitando su desdoblamiento molecular.

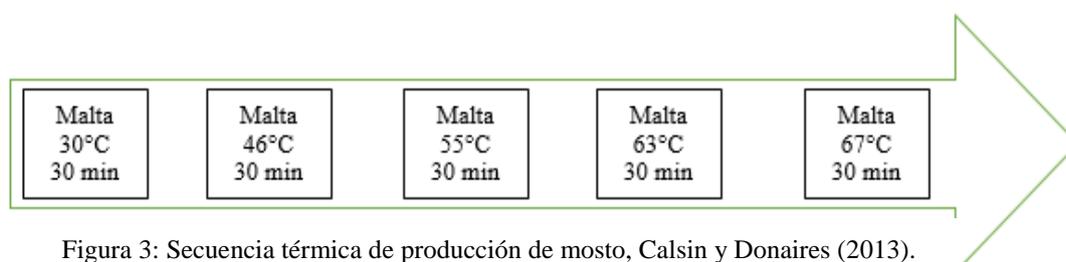


Figura 3: Secuencia térmica de producción de mosto, Calsin y Donaires (2013).

Una vez terminado el tratamiento térmico se procedió con la filtración antes de la ebullición y adición del extracto hidrofílico de coca al mosto. Con la finalidad de evitar suspensiones no deseadas como los almidones no transformados, previamente se realizó la prueba de yodo (gota de yodo sobre gota de muestra), mostrando al inicio de la maceración un característico color azul por la presencia de almidón y al final un color pardo que indicó cualitativamente la ausencia del almidón, confirmando de esta

manera el desdoblamiento del mismo en azúcares fermentescibles (Vogel, 1999), en la siguiente tabla se describe el perfil de desdoblamiento.

Tabla 3: Concentración de azúcares en el tratamiento térmico del mosto.

TEMPERATURA	1° TRATAMIENTO °Brix	2° TRATAMIENTO °Brix	3° TRATAMIENTO °Brix
30° C	4.3	4.2	4
45° C	6.5	6.7	7.2
55° C	9.4	9.4	9.5
63° C	14	13.7	13.8
67° C	14.8	14.2	14.8
ebullición	15.2	15.6	15.4

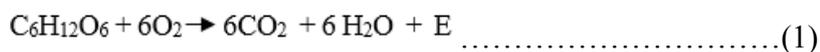
Fuente: Elaboración propia según registro de datos.

En la tabla 3 podemos observar que durante el proceso de extracción de azúcares, el índice máximo obtenido en los tres tratamientos es en promedio 15,40 °Brix, que equivale a una densidad de 1,062 g/ml. La filtración del mosto se realizó a 67 °C, sobre una tela gasa limpia e inmediatamente se procedió al vertido y lavado de la torta con 5,63 litros de agua.

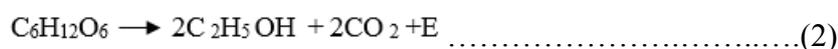
- c) **Ebullición y combinación del Mosto.-** Finalizado el filtrado del mosto se sometió a ebullición entre (86 - 88) °C durante 1 hora o hasta obtener el °Brix deseado de 15, terminada la ebullición se procedió al enfriamiento hasta una temperatura de 30 °C aproximadamente, luego se procedió a la mezcla con la infusión de coca (150 g en 5,63 litros de agua), esta relación se estableció según ensayos preliminares de laboratorio estrictamente relacionado a la sensibilidad organoléptica del producto.
- d) **Fermentación.-** Al mosto frío y oxigenado se le adicionó 20 gramos de levadura "*Sacharomyces cerevisiae*", de fermentación baja del tipo Lager (Calsin & Donaires, 2013), la fermentación fue realizado al ambiente, cuidando que no ocurra cambios subitos de temperatura y presión. Para la fermentación se acondicionó un recipiente hermético de agua comercial

(garrafón de 20 L), con un sistema de fuga de gas (CO₂) sumergido bajo el agua. Los ambientes cerrados registraron temperaturas de 6 a 13 °C, en estas condiciones se desarrollaron las dos fases de la fermentación:

Fermentación aeróbica (presencia de oxígeno)



Fermentación anaeróbica (ausencia de oxígeno)



Este proceso duró cinco días y en el transcurso se monitoreó cada 24 horas los perfiles de °Brix, que al inicio fue de 15,4.

e) **Maduración.-** Esta etapa comprendió todo el tiempo que permaneció la cerveza en el Biorreactor a baja temperatura (0 – 2) °C (Calsin & Donaires, 2013), durante 5 días, su importancia radica en que ocurre las siguientes transformaciones:

- Resistencia al frío y estabilización (formación y precipitación de lazo coloidal proteína-tanino).
- Clarificación (disminución del contenido de levaduras en suspensión).
- Maduración o estabilidad del sabor (reducción del contenido de compuestos indeseables como ácido sulfhídrico, acetaldehído y diacetilo).

Al final de la maduración, se llevó a cabo el proceso de trasvase por decantación, a un tanque de alta presión de acero inoxidable, cuidando el menor tiempo posible de contacto con el oxígeno del ambiente. Antes de su sellado final se realizó un registro del pH y °Brix que fueron: 4,45 y 9 respectivamente.

- f) Carbonatación.-** Se realizó en tanques de alta presión de 200 Psi para otorgarle a la cerveza ese gusto especial, tener un cuerpo y la adecuada espuma. Previamente el mosto se reposo durante 12 horas a 0 °C para que el gas CO₂ sea absorbido por el líquido (Vogel, 1999). La cantidad de mosto a carbonatar fue de 15 litros en tanque de 20 litros, se dejó un volumen de 5 litros en el tanque para que pueda ser ocupado por el gas inyectado a razón de 8 a 9 g aproximadamente de gas por litro de mosto, este procedimiento se realizó utilizando una balanza semianalítica de rango 0 a 30 kg, con una exactitud de +/- 0,001 g, todo este proceso se realizó a temperatura controlada, no superando los 2 °C, (Calsin & Donaires, 2013; Bamforth, 2007), en total se añadió 135,67 g de CO₂ a 15 litros de mosto.
- g) Envasado.-** Se realizó en la Planta Piloto de Elaboración de Cerveza de la Facultad de Ingeniería Química, ubicado en el centro poblado de Salcedo - Puno, utilizando un llenador manual a contrapresión. El sellado (enchapado) se realizó de manera inmediata después del llenado, para evitar la pérdida de CO₂ del producto y el contacto con el O₂ del medio, se procede colocando la chapilla en la boca de la botella y ejerciendo una presión torque con el equipo enchapador, luego para corroborar el buen sellado se agita el envase con el fin de verificar alguna fuga de gas que existiese. Las botellas y chapas fueron esterilizados en cámaras de rayos ultravioleta y alcohol de 98° respectivamente, previamente los envases fueron remojados y lavados con detergentes acústicos calientes y enjuagados con agua (García ,2015).
- h) Esterilizado ultravioleta.-** En este proceso se destruyó el ADN de todos los microorganismos, sabemos que los virus se inhabilitan en cuestión de segundos y microorganismos tales como bacterias, levaduras y hongos, estos

son eliminados de una manera ambientalmente responsable, sin la adición de productos químicos ni choque de temperaturas que requieren de energía, todo esto gracias a la alta frecuencia de su longitud de onda que es igual a 254 nm (AQUAMARKET, 2017; Calsin & Donaires, 2013). La cerveza ya enchapada fue expuesta por 10 minutos en la cámara de radiación UV a 15 watts de potencia.

- i) **Presentación del producto.**- Luego de la elaboración, se procedió con la presentación del producto, para la degustación correspondiente y los análisis de control de calidad, aplicando fichas hedónicas (ver anexo A), a un grupo de panelistas debidamente identificados, pertenecientes a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno – Perú, que en total fueron 50 panelistas, cuyos datos han sido procesados en el programa Excel para obtener los datos gráficos estadísticos de aceptabilidad hedónica de la cerveza artesanal “de coca”.

La determinación de la concentración teórica de alcohol en la cerveza artesanal, se calculó de la siguiente manera (Calsin & Donaires, 2013), la fórmula es:

$$\% \text{Alcohol} = (D_i - D_f) * 105 * 1,25$$

Donde:

D_i : Densidad inicial (antes del proceso de fermentación) g/mL

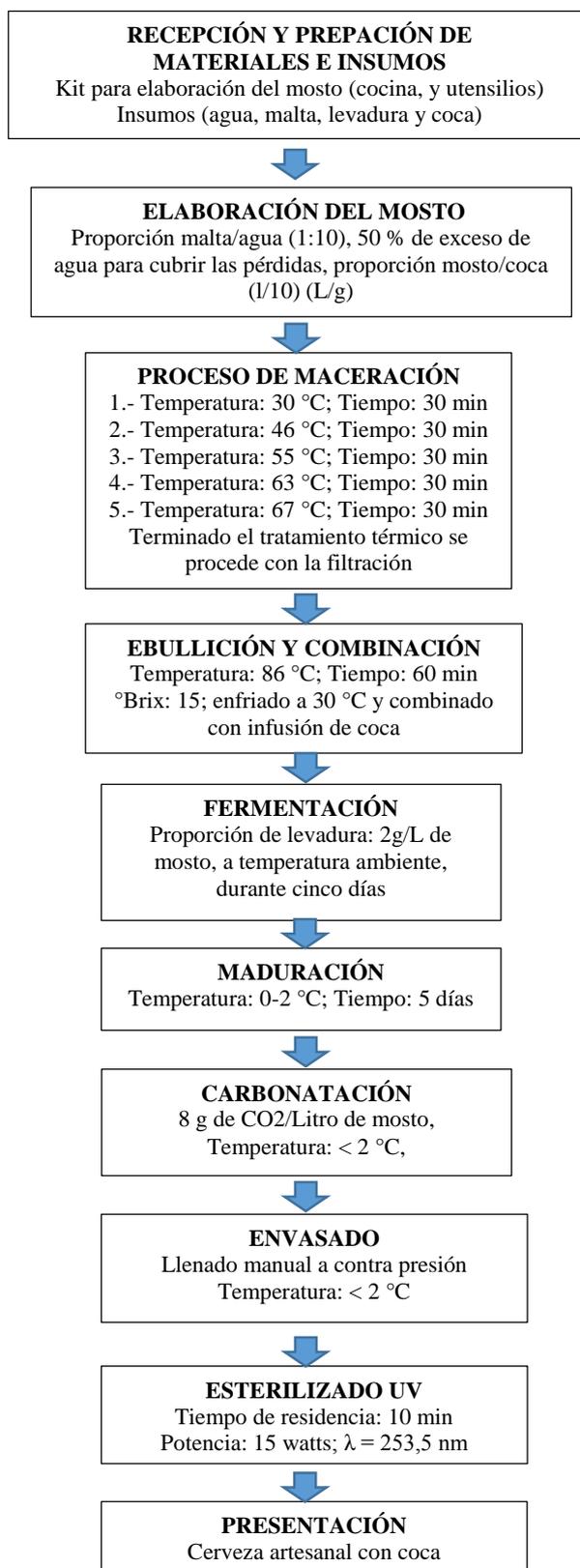
D_f : Densidad final (después del proceso de fermentación) g/mL

Por lo tanto el porcentaje de alcohol teórico será:

$$\% \text{Alcohol} = (1,063 - 1,034) * 105 * 1.25$$

$$\% \text{Alcohol} = 3,81 \%$$

3.4. Diagrama de elaboración de la cerveza artesanal “de coca”



Fuente: Elaboración propia según Calsin & Donaires (2013), Bamforth (2007) y Vogel (1999).

3.5. Análisis bromatológico, aporte energético y aminoácidos

El Análisis bromatológico se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP (ver anexo B), y contiene el aporte energético por 100 ml de cerveza artesanal. La presencia de aminoácidos totales como la tirosina y triptófano se determinó por el método de Lowry (García & Vázquez, 1998), y cisteína por el mismo método (Forentino, Gutiérrez, Rueda, & Rodríguez, 1994) también fue determinado de acuerdo a los procedimientos descritos en el anexo B.

3.6. Influencia de las variables de operación

Para la determinación de las variables independientes y la variable respuesta se elaboró el siguiente diseño experimental.

3.6.1. Diseño experimental para la elaboración de cerveza artesanal

El diseño experimental corresponde a tres niveles representado por los valores altos, medios y bajos (1,0, 0,0, -1,0) y dos factores de estudio que son la masa de hoja de coca ([Coca]) y concentración de azúcares ([Azúcares]), estos resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 4: Distribución de niveles para los factores experimentales.

	BLOQUE	Factor_A	Factor_B	Var_1
1	1	-1.0	-1.0	
2	1	0.0	-1.0	
3	1	1.0	-1.0	
4	1	-1.0	0.0	
5	1	0.0	0.0	
6	1	1.0	0.0	
7	1	-1.0	1.0	
8	1	0.0	1.0	
9	1	1.0	1.0	
10	1	0.0	0.0	
11	1	0.0	0.0	
12	1	0.0	0.0	

Fuente: Diseño experimental desarrollado en StatGraphics centutrition XVI.

Donde la variable respuesta es el promedio de la máxima aceptabilidad registrada por los panelistas, según ficha hedónica (ver anexo A), en la siguiente tabla se encuentran los grados de aceptabilidad según parámetros organolépticos.

Tabla 5: Calificación organoléptica según ficha hedónica.

PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS	PUNTAJE								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Apariencia									
Color									
Olor									
Sabor									
Textura									
PROMEDIO PONDERADO									

Fuente: elaboración propia según planificación experimental.

Estos valores fueron promediados ponderativamente y registrados en la siguiente tabla:

Tabla 6: Puntajes correspondientes a la calificación sensorial.

Puntaje	Calificación
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Fuente: Elaboración propia según Ficha Hedónica.

Los factores establecidos para el diseño experimental 3², se describen a continuación.

Tabla 7: Distribución de niveles y factores del diseño experimental.

Variable/Factor (Unidades)	Símbolos	Nivel -1 (Bajo)	Nivel 0 (Medio)	Nivel 1 (Alto)	Observaciones
[Coca] (g/L)	X ₁ = A	8	10	12	Comercial
[Azúcares] (°Brix)	X ₂ = B	7	9	11	Principalmente Maltosa

Fuente: Elaboración propia según planificación experimental 3².

3.6.2. Análisis de varianza ANVA

En la tabla 8, podemos apreciar el análisis de varianza para el diseño experimental correspondiente al modelo 3², con tres puntos centrales para un total de 12 ensayos.

Tabla 8: Análisis de varianza para el diseño experimental 3².

Análisis de Varianza para Aceptabilidad					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:[Coca]	1.215	1	1.215	3.26	0.1210
B:[Azúcares]	0.015	1	0.015	0.04	0.8476
AA	3.30042	1	3.30042	8.86	0.0248
AB	3.4225	1	3.4225	9.19	0.0231
BB	7.82042	1	7.82042	20.99	0.0038
Error total	2.23542	6	0.372569		
Total (corr.)	23.2092	11			

Fuente: Elaboración propia según diseño estadístico.

La tabla de análisis de varianza (ANVA), divide la variabilidad de la aceptabilidad en piezas separadas para cada uno de los efectos, entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0 %.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 90,3684 % de la variabilidad en Aceptabilidad. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,610385. El error medio absoluto (MAE) de 0,370139 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0 %, no hay indicación de auto correlación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0 %, valores que se grafican en el Diagrama de Pareto Estandarizada.

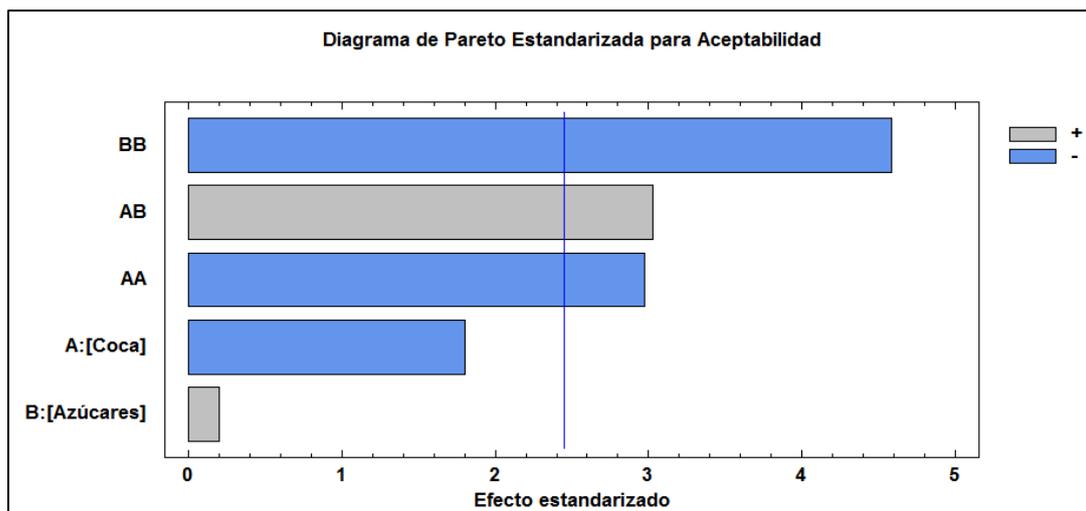


Figura 4: Diagrama de Pareto para los factores más influyentes.

Finalmente la matriz experimental desarrollada en los ensayos, se describe de la siguiente manera:

Tabla 9: Matriz experimental desarrollada para los ensayos.

BLOQUE	[Coca] g/L	[Azúcares] ° Brix	Aceptabilidad Grados
1	8.0	7.0	6.6
1	10.0	7.0	6.2
1	12.0	7.0	4.5
1	8.0	9.0	8.4
1	10.0	9.0	8.2
1	12.0	9.0	6.2
1	8.0	11.0	4.4
1	10.0	11.0	7.2
1	12.0	11.0	6
1	10.0	9.0	8
1	10.0	9.0	8.6
1	10.0	9.0	8

Fuente: Elaboración propia según diseño estadístico

3.7. Cinética de conservación de la cerveza artesanal

El control y registro periódico del producto, nos permitió establecer la cinética de la conservación de cervezas artesanales utilizando la coca como sustituto del Lúpulo. Para demostrar esta hipótesis se registró los niveles de pH, considerado por Calsin & Donaires, (2013), como la variable principal de conservación de la cerveza y su aceptabilidad, el

registro empezó con lotes de producción destinadas a permanecer durante tres meses bajo condiciones típicas de la zona, protegido de las inclemencias del tiempo, y conservadas junto con los productos cerveceros del mercado. Para registrar los datos de tomaron dos muestras de cerveza artesanal cada semana, obteniéndose la siguiente tabla.

Tabla 10: Registro cinético de la conservación de la cerveza artesanal de “coca”.

Mes	Semana/Fecha de análisis	Potencial de Hidrógeno (pH)	Aceptabilidad (1 - 9)
Julio	Semana 1 / 9 de julio	4,45	8,6
	Semana 2 / 16 de julio	4,47	8,6
	Semana 3 / 23 de julio	4,48	8,3
	Semana 4 / 30 de julio	4,48	8,5
Agosto	Semana 5 / 6 de agosto	4,46	8,5
	Semana 6 / 13 de agosto	4,47	8,7
	Semana 7 / 20 de agosto	4,35	7,0
	Semana 8 / 27 de agosto	3,54	3,1
Setiembre	Semana 9 / 3 de setiembre	2,83	1
	Semana 10 / 10 de setiembre	2,75	1
	Semana 11 / 17 de setiembre	2,61	1
	Semana 12 / 24 de setiembre	2,53	1

Fuente: Elaboración propia según registro semanal del producto.

3.8. Nivel de aceptabilidad de la cerveza artesanal de “coca”

El análisis sensorial a través de la aplicación de fichas hedónicas, nos permitió valorar el nivel de aceptabilidad del producto. Se aplicó la estadística nominal, de tal manera que se evaluó la percepción de 50 panelistas con el valor ponderado (Calleja, 2013), donde los valores máximos y mínimos se encuentran en el anexo C, todos ellos (panelistas), pertenecen a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano Puno –Perú, cuyas edades fluctúan entre los 21 y 60 años, e identificados con código de estudiante o docente según corresponda.

3.8.1. Análisis estadístico del nivel aceptabilidad de la cerveza artesanal de “coca”

Los datos obtenidos de la aplicación de la ficha hedónica de aceptabilidad se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 11: Resultado de la aplicación de la Ficha Hedónica

Puntaje	Calificación	Nº de coincidencias*	Total Panelistas
9	Me gusta extremadamente	2	50
8	Me gusta mucho	10	
7	Me gusta bastante	24	
6	Me gusta ligeramente	4	
5	Ni me gusta ni me disgusta	6	
4	Me disgusta ligeramente	2	
3	Me disgusta bastante	2	
2	Me disgusta mucho	0	
1	Me disgusta extremadamente	0	
Promedio Ponderado de Calificación		6,68	

Fuente: Elaboración propia según resultados de las Fichas Hedónicas de calificación.

Estos datos fueron procesados en el programa Excel para la determinación de los porcentajes estadísticos de aceptabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran resultados en forma de tablas y figuras, de forma clara y concisa, y se comparan con los resultados obtenidos en otros trabajos de investigación, poniendo especial énfasis en el aporte particular del proyecto desarrollado.

4.1. Análisis bromatológico y aporte energético de la cerveza artesanal de “coca”

En la tabla 12 se muestra los resultados de análisis bromatológico y aporte energético de la cerveza artesanal de “coca” en donde podemos destacar la similitud de valores obtenidos a excepción del contenido de proteína, que para el caso de la cerveza artesanal de “coca” es 205, 56 y 175 % más con respecto a la cerveza elaborada por Calsin y Donaires (2013) (M-C A) y muestra comercial Barreto (2002) (M-C B) respectivamente. Estos resultados codificados como cerveza artesanal (M-A) en comparación con la cerveza comercial (M-C) de marca “Cusqueña Dorada” y los obtenidos por Barreto (2002), se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 12: Resultado del análisis bromatológico de la cerveza artesanal de “coca”.

Parámetros analizados	Muestra Artesanal (M-A)*	Muestra Calsin y Donaires (2013)	Muestra Comercial Barreto (2002)
Potencial de Hidrógeno (pH)	4,45	4,30	---
Alcohol (%)	4,11	5,25	4,00
Agua (%)	94,96	---	95,40
Proteína (%)	1,10	0,36	0,40
Grasa (%)	0,00	---	0,00
Carbohidratos (%)	3,80	---	3,10
Ceniza (%)	0,14	---	0,10
Energía* (Kcal /100 gramos de muestra)	48,37	38.19	41,00

Fuente: *Certificado de análisis del LCC-FIQ-UNAP (ver anexo B) y otros autores correspondientes.

Estos valores obtenidos en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química UNAP, incluye la energía correspondiente a las calorías vacías del alcohol equivalente a 7 Kcal por gramo de alcohol, tal y como lo describe también

(Barreto, 2002), El contenido porcentual proteico de la cerveza artesanal corresponde a la adición de 10 gramos de coca por cada litro de producción.

En la tabla 13 se muestran las características organolépticas de la cerveza artesanal de “coca” en donde podemos deducir que la extracción de azúcares fermentescibles fue óptima mediante el proceso de molienda y macerado como lo señala Román (2010), y García, Romero, Cruz, & García (2014) para el caso de la fermentación. Con respecto a la caracterización organoléptica del aspecto, color, olor y sabor.

Tabla 13: Características organolépticas de la cerveza artesanal de “coca”

ASPECTO	Líquido
COLOR	Verde transparente
OLOR	Característico a la cerveza
SABOR	Ligeramente a la hoja de coca

Fuente: Certificado de análisis del LCC-FIQ-UNAP (ver anexo B)

Estos aspectos organolépticos se ven reflejados en la calificación del grado de aceptabilidad del producto, que es: 6,68 que corresponde a “Me gusta bastante” según la ficha aplicada (ver anexo B).

4.2. Valores comparativos de la cerveza artesanal y comercial

En la tabla 14 se presentan los resultados de la comparación de valores proximales entre muestras cerveceras respectivamente donde los resultados de estos valores se resumen en tres muestras: muestra artesanal (M-A), muestra comercial (M-C-A) y muestra comercial (M-C-B). La Energía es muy similar con respecto a la cerveza comercial M-C, y 17,96 % más energía con respecto a la muestra comercial M-C B (Barreto, 2002), también se puede observar que el contenido de alcohol son similares debido a que este parámetro es relativo a los días de fermentación, y se observa una diferencia de 1,09 grados más en la cerveza comercial de código M-C y los valores de pH garantizan la aceptabilidad para la cerveza artesanal y comercial, y su diferencia se establece en 0,15 unidades.

Tabla 14: Comparación de valores proximales entre muestras cerveceras.

Parámetro	Muestra Artesanal M-A LCC	Muestra Comercial M-C A LCC	Muestra Comercial M-C B (Barreto, 2002)
Potencial de Hidrógeno (pH)	4,45	4,30	----
Alcohol (%)	4,11	5,20	4
Agua (%)	94,96	95,4	95,40
Proteína (%)	1,10	0,40	0,40
Grasa (%)	0,00	0,00	0,00
Carbohidratos (%)	3,80	3,10	3,10
Ceniza (%)	0,14	0,10	0,10
Energía* (Kcal /100 gramos)	48,37	50,40	41,00
Aminoácidos (Tirosina, Triptófano, Cisteína) (mg/L)	33,30	21,00	----

Fuente: Certificado de análisis del LCC-FIQ-UNAP (ver anexo B)

De la tabla 14 se obtiene la figura 5 en donde se puede observar la comparación de valores proximales entre la muestra artesanal (M-A), muestra comercial (M-C-A) y muestra comercial (M-C-B) por lo tanto podemos establecer diferencias respecto al contenido de aminoácidos, proteínas, pH y parámetros como ceniza, carbohidratos, grasas, agua.

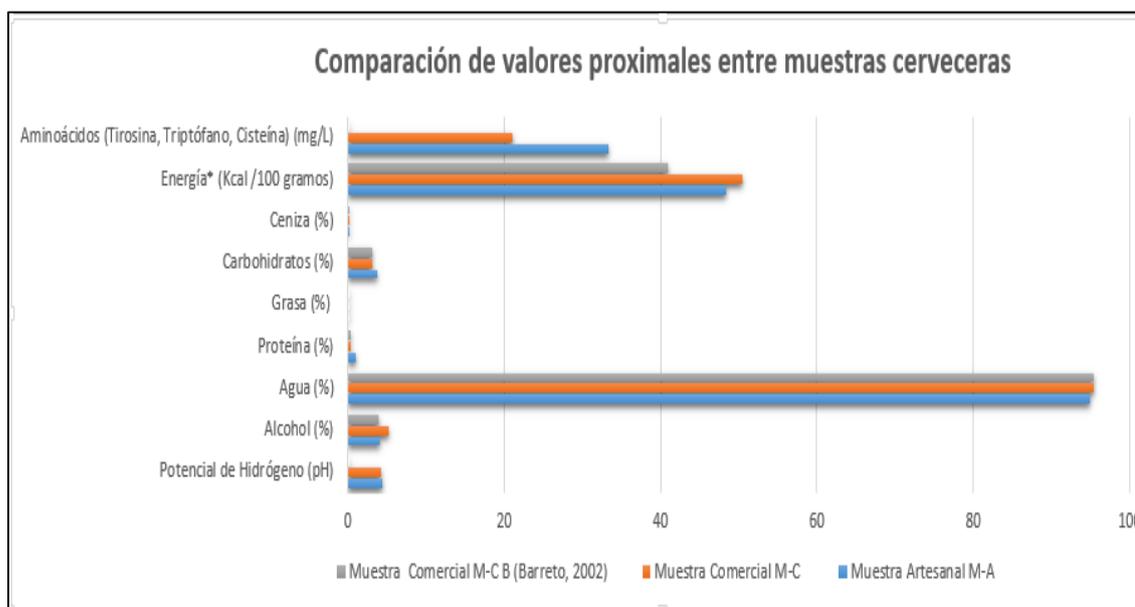


Figura 5: Comparación proximal y porcentual entre muestras cerveceras.

En cuanto a los Aminoácidos podemos observar que el 58,57 % es de mayor contenido en la muestra artesanal que en las demás muestras así también podemos ver que la Proteína de la muestra artesanal contiene 175 % más proteína con respecto a la muestra comercial; los valores de pH garantizan la aceptabilidad para la cerveza artesanal y comercial, y su diferencia se establece en 0,15 unidades y con respecto a los parámetros: ceniza, carbohidratos, grasas y agua, presentan una mínima diferencia.

4.3. Influencia de las variables de elaboración de cerveza artesanal de “coca”

En la Figura 6, se presenta la metodología de la superficie de respuesta estimada, conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para analizar nuestra variable de aceptabilidad influenciadas por otras a fin de establecer los valores de los factores, que optimizan el valor de la variable respuesta por lo tanto se puede observar la influencia de las variables para la aceptación lograda de 6,68.

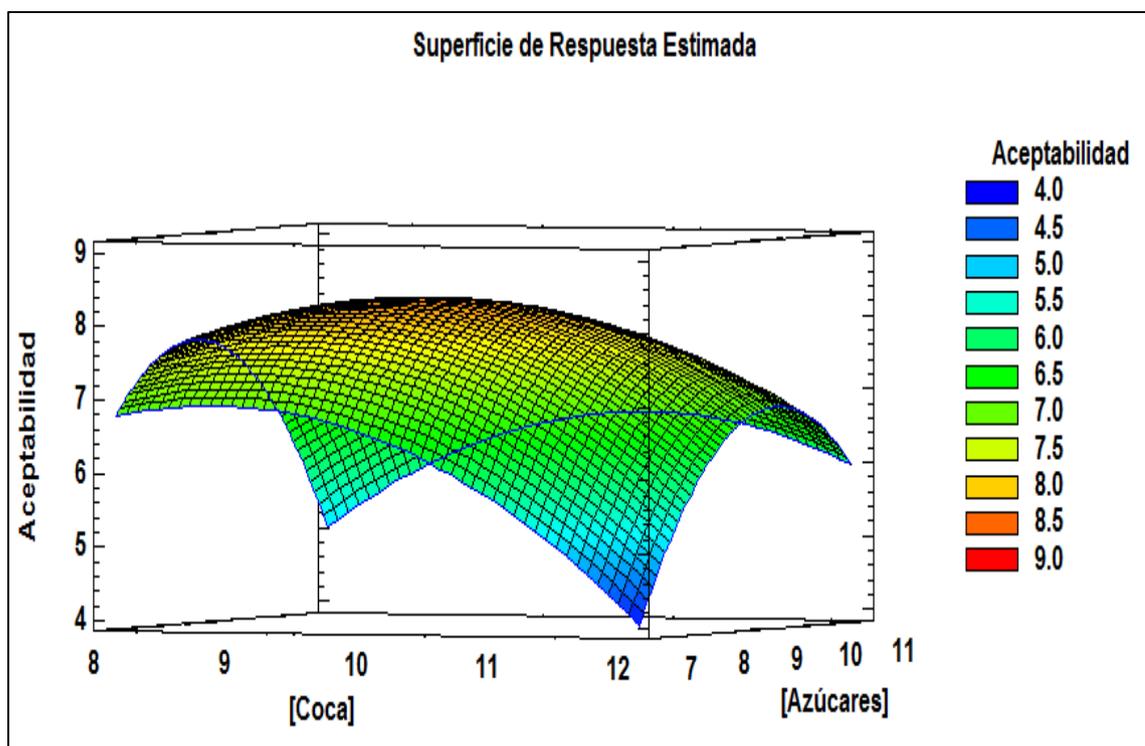


Figura 6: Influencia de las variables para la aceptabilidad máxima.

En la figura 7, se observa los contornos establecidos para la aceptabilidad máxima, que nos ayudan a entender mejor y optimizar la respuesta de esta superficie el cual se puede deducir las condiciones óptimas del proceso, para los factores estudiados, aquí se puede apreciar que el centro de la máxima aceptabilidad, se encuentra dentro del margen correspondiente al grado 8 (color azul), los mismos que están resumidos en la tabla 15.

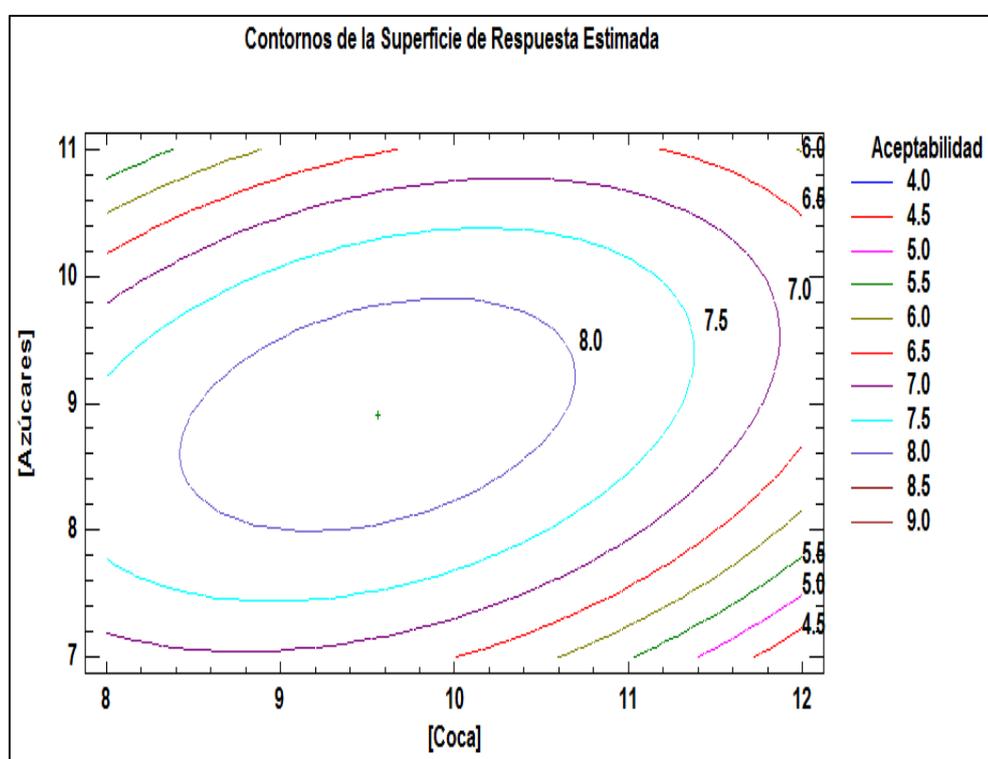


Figura 7: Contornos establecidos para la aceptabilidad máxima.

En la tabla 15, podemos observar los valores óptimos para los factores experimentales por lo tanto la ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Aceptabilidad} = -31,3823 + 3,25625*[C] + 5,41875*[A] - 0,278125*[C]^2 + 0,23125*[C]*[A] - 0,428125*[A]^2$$

Dónde: [C] = concentración de coca
[A] = concentración de azúcares

Los valores de las variables están especificados en sus unidades originales y su aplicabilidad está en función a las características climatológicas de la zona altiplánica.

Tabla 15: Valores óptimos para los factores experimentales.

Optimización de Respuesta			
Meta: minimizar la aceptabilidad			
Valor óptimo: 8,32 Grado de aceptabilidad			
Factor	Valor Bajo	Valor Alto	Valor Óptimo
[Coca] (g/L) (A)	8,00	12,00	9,56
[Azucares] (°Brix) (B)	7,00	11,00	8,91

Fuente: Análisis estadístico Statgraphics Centurion XVI.

4.4. Cinética de conservación de cerveza artesanal de “coca”

En la tabla 16 se presenta el registro semanal de la aceptabilidad y potencial de hidrógeno, este modelo ajustado muestra los puntos críticos de la conservación durante tres meses, monitoreados semanalmente. Los parámetros organolépticos fueron evaluados y registrados en las fichas hedónicas de aceptabilidad (ver anexo).

Tabla 16: Registro semanal de la aceptabilidad y potencial de hidrógeno.

Tiempo (semana)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aceptabilidad (°A)	8,6	8,6	8,3	8,5	8,5	8,7	7,0	3,1	1	1	1	1
Potencial de Hidrógeno (pH)	4,45	4,47	4,48	4,48	4,46	4,47	4,35	3,54	2,83	2,75	2,61	2,53

Fuente: Elaboración propia según registro de datos.

Según el registro de la conservación organoléptica descrito por el grado de aceptabilidad durante la primera semana hasta la duodécima semana, los valores son estables hasta la sexta semana que corresponde a mes y medio de conservación óptima, estos se describen mejor en la figura 9.

La figura 8, se describe la cinética de conservación con respecto a la aceptabilidad y Potencial de Hidrógeno, aquí podemos apreciar la sensibilidad de la conservación de la cerveza artesanal en la semana 7 después de su envasado, quiere decir que para la semana 8 los niveles de aceptabilidad son considerados “nos disgusta bastante” (nivel 3), para luego en la semana 9, 10, 11, 12, los niveles caen hasta un “Me disgusta extremadamente” (nivel 1), según ficha hedónica de aceptabilidad aplicada, este resultado se corrobora lo afirmado por Negrete & Quispe (2015), que atribuyen a la hoja de coca “*Erythroxylum coca Lam*” la acción antibacteriana frente a bacterias gram positivas.

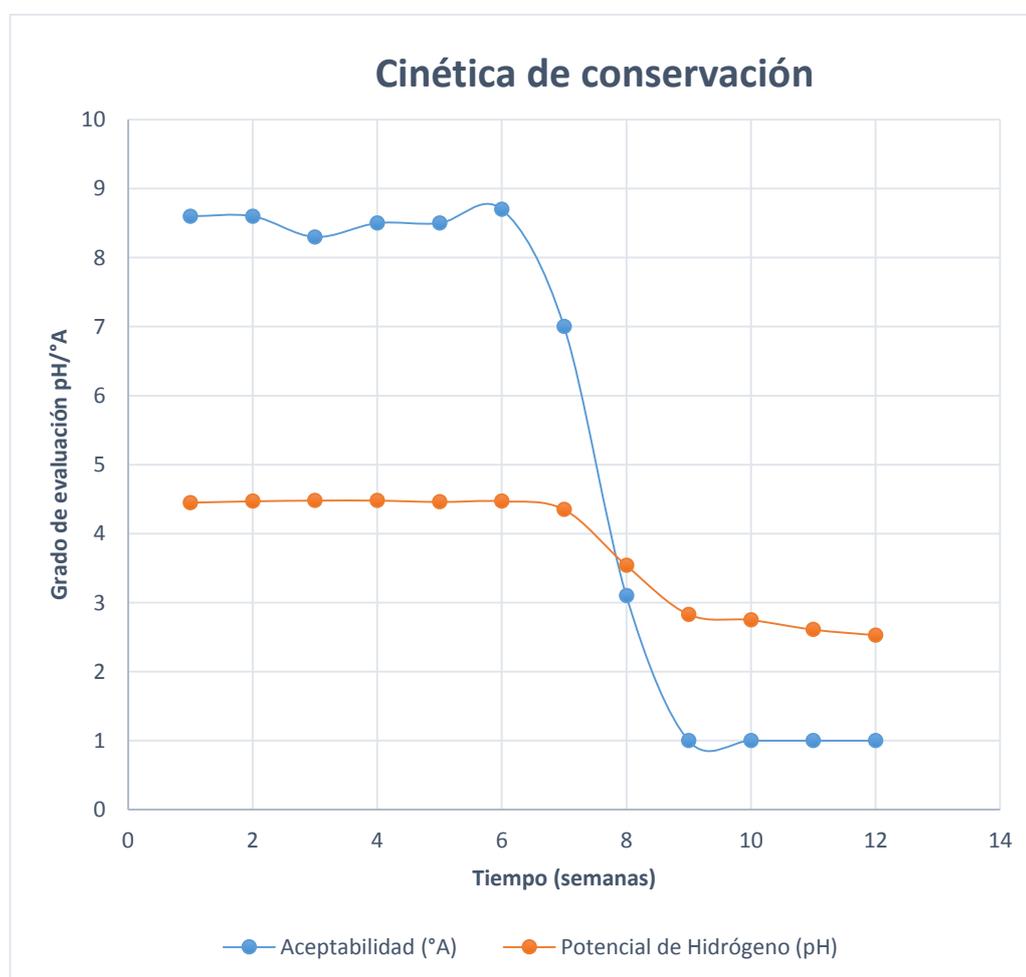


Figura 8: Cinética de conservación de la cerveza artesanal “de coca”.

4.5. Nivel de aceptabilidad de la cerveza artesanal de “coca”

Los niveles de aceptabilidad del producto corresponden a la aplicación de fichas de evaluación de la aceptabilidad hedónica de la cerveza artesanal “de coca” (ver anexo C). Según la tabla 12.

La figura 10, nos permite observar los porcentajes de aceptación para el producto, donde las opciones “Me gusta ligeramente”, “Me gusta bastante”, “Me gusta mucho” y “Me gusta extremadamente” representa el 78 % de aceptación, mientras las calificaciones “Me disgusta bastante” y “Me disgusta ligeramente” solo representan el 8 %, quedando un 12 % para la opción “Ni me gusta Ni me disgusta”, en comparación con los investigadores Araya, Fernández, & Ortloff (2016), ellos aplicaron fichas de evaluación a 80 universitarios consumidores de cerveza artesanal, y reveló que el grado alcohólico es el principal precursor de la aceptabilidad con un valor de 43,88 %, seguido de el sabor con 23,10 %, origen (20,76 %) y el precio (12,26 %).

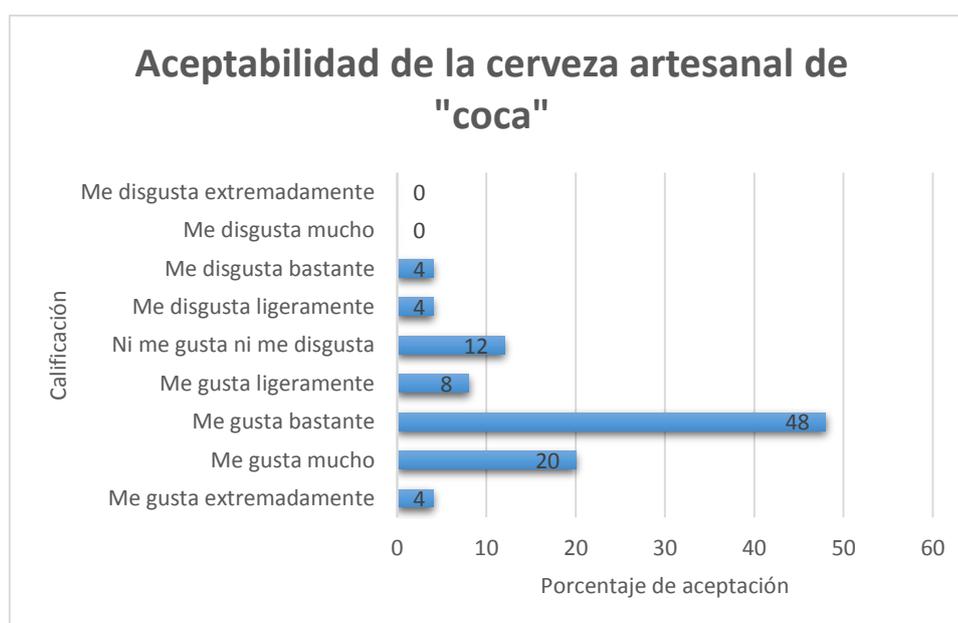


Figura 9: Distribución porcentual de la aceptabilidad.

CONCLUSIONES

- La elaboración de cerveza artesanal utilizando coca "*Erythoxylum coca*" como sustituto del lúpulo es posible, gracias a la similitud de propiedades que comparten la hoja de coca con el lúpulo, mediante la presencia de taninos y aceites esenciales.
- El balance del análisis bromatológico ha sido favorable para la cerveza artesanal "de coca" con respecto al contenido de proteínas, superando aproximadamente dos veces más al valor proteico, con respecto al aporte energético no se observan diferencias significativas, y los aminoácidos presentes en la cerveza artesanal "de coca" establece una diferencia no mayor al doble del contenido en la cerveza comercial.
- Los valores comparativos son muy semejantes entre cervezas industriales, sin embargo la cerveza artesanal contiene valores superiores en proteína y aminoácidos, también las diferencias entre ceniza, carbohidratos, grasas y agua son leves, destacándose en este trabajo la influencia de calorías vacías proporcionales al grado alcohólico del producto.
- En la zona altiplánica es posible la elaboración de cerveza artesanal "de coca", bajo un estricto control de los parámetros evaluados.
- El tiempo de conservación es conveniente al tratarse de una cerveza artesanal, pues el consumo de este tipo de bebidas es a corto plazo.
- El nivel de aceptabilidad del producto es satisfactorio, superando nuestras expectativas.

RECOMENDACIONES

- Evaluar la eficiencia de la extracción hidrofílica de la hoja de coca.
- Reutilizar la malta residual.
- Ensayar conservantes permitidos con fines de exportación.
- Establecer las concentraciones de toxinas y alcaloides
- Determinar las concentraciones de metales benéficos y maléficos para la salud
- Caracterizar los gustos gastronómicos locales apropiados para la cerveza artesanal de “coca”.

REFERENCIAS

- AQUAMARKET. (22 de Diciembre de 2017). *bvsde.paho.org*. Obtenido de aguamarket.com:
www.aguamarket.com
- Araya, S., Fernández, J., & Ortloff, K. (2016). Atributos determinantes del consumo de cerveza artesanal en la región de Coquimbo, Chile . *Userena Cl*, 18, 2, 796-871.
- Bamforth, C. (2007). *Alimentos, fermentación y microorganismos*. Zaragoza: ACRIBIA.
- Barreto, F. (2002). *Necesidades energéticas y evaluación de la calidad de la dieta*. Arequipa: Cs. de la Nutrición - UNSA.
- Blanco, H. (2006). Koka Mama. *Nueva Época-México*, 117-140.
- Boffill, Y., & Gallardo, I. (2014). Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. *Revisión Bibliográfica*, 324-334.
- Brotherwood.cl. (18 de Julio de 2017). *Brotherwood.cl*. Obtenido de Brotherwood.cl Web site:
<http://www.brotherwood.cl/beerheads/quimica-del-lupulo-y-su-importancia-segun-el-formato-para-la-cerveza/>
- Calleja, J. (2013). *Diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal para consumo directo, microcervecería*. Cadiz-España: Universidad de Cádiz.
- Calsin, J., & Donaires, T. (2013). Instalación y evaluación de una planta piloto de elaboración de cerveza. *Rev. Investig. Altoandinas*, 15(4), 139-144.
- Carbajal, L., & Insuasti, M. (2010). *Elaboración de cerveza artesanal*. Quito: Ibarra.
- Cárdenas, A. (3 de Mayo de 2013). *La Razón Digital*. Obtenido de La Razón Digital Web site:
http://www.la-razon.com/economia/Cerveza-manera-enfrentar-altura-Paz_0_1826217453.html
- Cervezas.Info. (4 de Setiembre de 2017). *Cervezas.Info Corporation*. Obtenido de Cervezas.Info Wed site: <https://www.cervezas.info/informacion-util/historia/>
- Chamorro, D. (2012). *Elaboración de un plan de negocios para la producción de cerveza artesanal*. Puerto Montt: Universidad Austral de Chile.
- DEVIDA. (20 de Diciembre de 2016). *UNODC.ORG*. Obtenido de UNODC Wed site:
https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Peru/Peru_monitoreo_coca_2016.pdf
- esnobgourmet. (18 de Julio de 2017). *esnobgourmet*. Obtenido de esnobgourmet Web site:
<https://esnobgourmet.com/2012/07/21/3-diferencias-entre-las-cervezas-artesanales-e-industriales/>

- ESNOTICIA.CO. (03 de Diciembre de 2016). *esnoticia.co*. Obtenido de esnoticia Web site:
<http://esnoticia.co/noticia-5498-cerveza-con-hojas-de-coca-boliviana-sirve-para-la-energia>
- Forentino, S., Gutiérrez, M., Rueda, N., & Ridríguez, J. (1994). *La inmunología en el Diagnóstico Clínico*. Santafé de Bogotá: Javeriano.
- Forran, L. (1959). *Cebada, variedades cerveceras y cerveza*. Barcelona: Dedos.
- Galvagno, M., Gil, G., Lannome, L., & Cerrutti, P. (2007). Exploring the use of natural antimicrobial agents and pulsed electric fields to control spoilage bacteria during a beer production process. *Rev. Argentina de Microbiología*, 39, 170-176.
- García, G., Romero, M., Cruz, L., & García, R. (2014). Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 15(2), 221-232.
- García, H., & Vázquez, R. (1998). Cuantificación de proteínas: una revisión. *Bio Tecnología*, 77-88.
- García, K. (2015). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído del tubérculos andinos*. Riobamba, Ecuador: Escuela Técnica Superior de Chimborazo.
- Gorostiaga, J. (2008). *Manual del proceso de elaboración de cerveza*. Quito: Quito.
- INFOREGIÓN. (14 de Diciembre de 2016). *inforegion.pe*. Obtenido de inforegion Web site:
<http://www.inforegion.pe/210659/queremos-darle-un-valor-agregado-a-la-hoja-de-la-coca/>
- La República. (14 de Octubre de 2016). *larepublica.pe*. Obtenido de larepublica Web site:
<http://larepublica.pe/turismo/rumbos-al-dia/811773-lima-beer-week-la-fiesta-de-la-cerveza-artesanal-en-el-hotel-marriott>
- Labanca, V., & Cols. (2008). *Industria Cervecera*. Buenos Aires : Universidad Nacional de Cuyo.
- Leskovar, L. (1981). Cultivo de Lúpulo. *SAIPA*, 92-96.
- Merelo, G., & Zuñiga, J. (2013). *Diseño y construcción de un equipo con adaptación de tecnología para elaboración de cerveza artesanal*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Negrete, Z., & Quispe, A. (2015). Estudio de la capacidad antibacteriana de la hoja de coca (*Erythroxyllum coca Lam*) frente a bacterias ATCC. *UCEBOLIVIA*, 38-47.
- Perú 21. (01 de 07 de 2014). *Peru 21.pe*. Obtenido de Peru 21.pe Web site:
<https://peru21.pe/emprendedores/mercado-cervezas-artesanales-crece-peru-169149>
- Quintanilla, D., & Sucno, S. (2017). *Factibilidad de instalación de una microcervezeceria para la producción y comercialización de cerveza artesanal en la ciudad de Lima*. Lima: Tesis-Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Ramos, R. (2005). Fraccionamiento químico de la hoja de coca y obtención de un producto rico en proteínas. *Sociedad Química del Perú*, 3-11.
- Román, A. (25, 28 de Mayo de 2010). Determinación de las características del mosto elaborado con malta caramelo para elaborar una cerveza artesanal. DPN831-DPN838. Guanajuato, Guanajuato, Mexico.
- SENAMHI. (9 de Setiembre de 2017). *senamhi.gob.pe*. Obtenido de *senamhi.gob.pe/web site*: <http://puno.senamhi.gob.pe/web/hb.php?p=2002#>
- Suárez, M. (2013). *Cerveza: Componentes y propiedades*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.
- Suqui, H., & Pintado, E. (2015). *Implementación de un sistema de fermentación para la elaboración de cerveza artesanal con la utilización de tres variedades de cebada*. Cuenca: Tesis - Pregrado Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador.
- Vogel, W. (1999). *Elaboración casera de cerveza*. Zaragoza: Acribia.

ANEXOS

ANEXO I

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD HEDÓNICA DE LA CERVEZA ARTESANAL “DE COCA”

Panelista:

_____ DNI: _____

Datos generales (marque con X):

Edad: _____ Años; Sexo: (M) (F); Lugar: _____

INDICACIONES:

Evaluar la siguiente muestra, indicar la intensidad percibida marcando con un aspa (X) la casilla adecuada de acuerdo a la siguiente escala.

Puntaje	Calificación
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS	PUNTAJE								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Apariencia									
Color									
Olor									
Sabor									
Textura									
PROMEDIO PONDERADO									

OBSERVACIONES/SUGERENCIAS

Firma del panelista

Le quedamos muy agradecidos por su aporte y veracidad.

ANEXO II

Certificado de análisis bromatológico y de aminoácidos de la cerveza artesanal “de coca”



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Certificado de Análisis

L.Q.-2017

N° 0244

ASUNTO : Análisis Físico Químico de: CERVEZA ARTESANAL
PROCEDENCIA : E.P. Ingeniería Agroindustrial, Ciudad Universitaria, Universidad Nacional del Altiplano-Puno
PROYECTO : ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE CERVEZA ARTESANAL, UTILIZANDO LA COCA "Erythoxylum coca" COMO SUSTITUTO DEL LÚPULO
INTERESADO : Bach. Irlanda Petronila Ramos Quispe
 Bach. Jorge Caira Caira
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 03/08/2017, por el interesado
ANÁLISIS : 03/08/2017
COD. MUESTRA: B - 2089

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
COLOR : Verde transparente
OLOR : Característico a la cerveza
SABOR : Ligeramente a la hoja de coca

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

Parámetro	Muestra Artesanal M-A	Muestra Comercial M-C	Método analítico
Potencial de Hidrógeno (pH)	4,45	4,30	Electrométrico
Alcohol (%)	4,11	5,20	Destilación/Gay Lussac
Agua (%)	94,96	95,40	Gravimétrico/105 °C
Proteína (%)	1,10	0,40	Kjeldhal
Grasa (%)	0,00	0,00	Gravimétrico
Carbohidratos (%)	3,80	3,10	Calcinación/550 °C
Ceniza (%)	0,14	0,10	Calcinación/550 °C
Energía* (Kcal /100 gramos)	48,37	50,40	Cálculo proximal

* El valor de la energía incluye las calorías vacías del alcohol (1g de Alcohol = 7 Kcal)

OBSERVACIONES

1.- Las muestras fueron recepcionados en laboratorio

INTERPRETACIÓN

1.- Las características físico-químicas Son normales

Puno, C.U. 18 de setiembre del 2017.

vºBº

Edith Tello Palma
 DECANA F.I.Q.

JEFATURA
 Ing. M.Sc. María Rodríguez Melo
 Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N° 0285

L.Q - 2017

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de: **CERVEZA ARTESANAL**

PROCEDENCIA : E.P. Ingeniería Agroindustrial, Ciudad Universitaria, Universidad Nacional del Altiplano-Puno

PROYECTO : ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE CERVEZA ARTESANAL, UTILIZANDO LA COCA "Erythoxylum coca" COMO SUSTITUTO DEL LÚPULO

INTERESADO : Bach. Irlanda Petronila Ramos Quispe
 Bach. Jorge Caira Caira

MOTIVO : Control de calidad

MUESTREO : 07/08/2016, por el interesado

ANÁLISIS : 07/08/2016

COD. MUESTRA: B - 2181

CONTENIDO DE AMINOACIDOS (Tirosina, Triptófano y Cisteína)

Parámetro	Muestra Artesanal M-A	Muestra Comercial M-C	Método analítico
Aminoácidos: Tirosina, Triptófano y Cisteína*	33.30 mg/L	21.0 mg/L	Método de Lowry** FOLIN-CIOCALTEAU

* Valores expresados como compuestos fenólicos de la Tirosina, Triptófano y Cisteína (mg/L).

** Los grupos R de Tirosina, Triptófano y Cisteína reaccionan con el reactivo de Folin. Este reactivo reacciona primero produciendo un producto inestable que se reduce lentamente a azul de molibdeno/tungsteno (García & Vázquez, 1998).

OBSERVACIONES

- 1.- Longitud de onda=750 nm,
- 2.- Las muestras fueron recepcionadas en laboratorio

Puno, C.U. 18 de setiembre del 2017.

V°B°



Sc. Edith Tello Palma
 DECANA F.I.Q.

ANEXO III
Panel fotográfico



DESCRIPCION: Se observa la cebada malteada y la preparación de infusión de coca como materia prima para la elaboración de cerveza artesanal de “coca”.



DESCRIPCION: El triturado de la cebada malteada en la planta piloto de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



DESCRIPCION: Se observa la elaboración del mosto controlando los tiempos, temperatura, °Brix y el filtrado correspondiente para su posterior maceración.



DESCRIPCION: Se muestra la fermentación que fue realizada a temperatura ambiente controlando el pH periódicamente y luego refrigerarlo.



DESCRIPCION: Se muestra el alcoholímetro gay Lussac que sirve para medir los grados de alcohol que tiene la cerveza y a su vez se muestra el refractómetro para el control de °Brix.



DESCRIPCION: En las fotos se muestra el tanque de alta presión de 200psi donde se realizó el gasificado o carbonatación para su posterior refrigerado.



DESCRIPCION: Se realizó el respectivo envasado con un llenador manual a contra presión para luego ser sellado o enchapado.



DESCRIPCION: se observa el enchapado respectivo para evitar la pérdida de CO₂ y luego se pasa a esterilizar con rayos ultravioleta.



DESCRIPCION: Presentación del producto final para su posterior degustacion y análisis de control de calidad.



DESCRIPCION: Degustación del producto final aplicando la ficha hedónica en los panelistas.