

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



**ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON
SUSTITUCION PARCIAL DE MALTA CON MASHUA**
(Tropaeolum tuberosum R.)

TESIS

PRESENTADA POR:
FRANCISCO HUANCO BRAVO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ
2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON SUSTITUCION PARCIAL DE MALTA CON MASHUA (*Tropaeolum tuberosum R.*)

TESIS PRESENTADA POR:
FRANCISCO HUANCO BRAVO



APROBADO PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
Dr. LUIS ALBERTO JIMENEZ MONROY

PRIMER MIEMBRO :
Dr. RONALD ASTETE TEBES

SEGUNDO MIEMBRO :
ING. WHANY QUISPE CHAMBI

DIRECTOR / ASESOR :
ING. EDGAR GALLEGOS ROJAS

AREA: Ingeniería y Tecnología

TEMA: Desarrollo de Procesos y Productos Agroindustriales Sostenibles y Eficiente.

FECHA DE SUSTENTACION: 13 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

A Dios quien 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.

Dedicado a mi familia y mis hijos David, Tatiana y Poly por su
Apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos
Difíciles siempre estarán en mi corazón.

A mi madre TEOFILA, que en paz descansa siempre
me impulso a buscar la verdad y con su dulzura
construyo mis bases personales y académicas, a todos
mis amigos y compañeros que con su apoyo y buenos
deseos me permitieron lograr este objetivo

Francisco

AGRADECIMIENTOS

A nuestra Alma Mater “**Universidad Nacional del Altiplano**”, a la prestigiosa **Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial**, Pilar fundamental del desarrollo intelectual, moral y ético donde nos vio formar como hombres del bien y habernos brindado la formación profesional.

A nuestros familiares que siempre supieron guiar nuestros pasos y nos prestaron un apoyo incondicional y muy especial a todas las personas e instituciones que hicieron posible la ejecución de este trabajo en especial a los docentes de la escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por sus amplios aportes y sugerencias durante el desarrollo de este tesis.

El tesista

INDICE

	pag.
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I INTRODUCCIÓN:.....	12
1.1. JUSTIFICACION	13
1.2. Objetivo General.....	15
1.2.1. Objetivos Específicos	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA:.....	16
2.1. Antecedentes:.....	16
2.2. La cerveza.....	23
2.2.1. Historia de cerveza.....	23
2.2.2. La aparicion de los monasterios la edad media.....	25
2.2.3. La cerveza en el Perú.....	25
2.2.4. Tipos de Fermentación.....	26
2.2.4.1. Cerveza de fermentación baja.....	26
2.2.4.2. Cerveza de fermentación alta.....	27
2.2.4.3. Cerveza de fermentación espontanea.....	27
2.2.5. Tipos de cerveza.....	28
2.2.6. Otros tipos de cerveza.....	29
2.3. Materia prima e insumos empleados en la elaboración de cerveza artesanal.....	29
2.3.1. La malta.....	30
2.3.2. La cebada.....	31
2.3.3. Grano de cebada.....	32
2.3.4. Maltas base	33

2.3.5. Maltas especiales	34
2.4. Lúpulo.....	34
2.4.1. Breve historia del uso de lúpulos en la elaboración de cerveza.....	34
2.4.2. Variedades de lúpulo	35
2.4.3. Composición química de lúpulo	37
2.5. Levaduras de Cervezas	38
2.5.1. Tipos de levadura.....	38
2.5.2. Cepas de levadura	40
2.5.3. Ciclo Vital de la Levadura	41
2.5.4. El período del retraso.....	42
2.5.5. La fase del crecimiento.....	43
2.5.6. La fase de la fermentación.....	43
2.5.7. La fase de la sedimentación.....	44
2.6. Agua de cerveza	44
2.7. Diferencia entre las cervezas artesanales e industriales.....	47
2.7.1. Ingredientes naturales.....	48
2.7.2. La receta del maestro cervecero.....	48
2.7.3. Método de elaboración.....	48
2.7.4. El filtrado.....	49
2.7.5. Características organolépticas.....	49
2.7.6. Ámbito de producción	50
2.8.MASHUA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	51
2.8.1. Descripción botánica.....	51
2.8.2. Clasificación taxonómica.....	52
2.8.3. Usos.....	53

2.8.4. Valor nutritivo.....	54
III. MATERIALES Y METODOS:.....	56
3.1. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	56
3.1.1. Materiales:	56
3.1.2. Equipos	56
3.1.3: Instrumentos	57
3.1.4. Reactivos:.....	58
3.2. Metodología:.....	59
3.2.1. Proceso de elaboración de cerveza artesanal y fundamentos.....	59
3.3. Elaboración de cerveza artesanal (Flujograma).....	60
3.3.1. Malta de cebada.....	61
3.3.2. Molienda.	61
3.3.3. Macerado de la malta.....	61
3.3.4. Cocción del mosto.....	61
3.3.5. Enfriado del mosto.....	62
3.3.6. Fermentación.	62
3.3.7. Filtrado.....	63
3.3.8. Carbonatación	63
3.3.9. Embotellado o Llenado.....	63
3.3.10. Coronado (enchapado).....	64
3.3.11. Almacenado (maduración).....	64
3.4. Diseño experimental.....	64
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
4.1. Evaluación de parámetros físico-químico de la cerveza artesanal.....	66
4.1.1 Evaluación de grados°Brix	66

4.1.2 Evaluacion de pH	67
4.1.3 Evaluacion de densidad.....	67
4.1.4 Evaluar los atributos de calidad de la cerveza artesanal.....	68
4.1.5 La evaluacion de solidos solubles.....	69
4.1.6 Analisis de etanol (alcohol)	70
4.1.7 La evaluacion de la densidad.....	70
4.1.8 Resultado de proteína determinada en la cerveza.....	71
4.1.9 Resultado de acidez titulable expresada en ácido láctico.....	72
4.2 De la aceptabilidad de cerveza.....	72
4.2.1 La evaluación del color de la cerveza.....	72
4.2.2 La evaluación del aroma en nuestra cerveza artesanal.....	74
4.2.3 La evaluación del sabor en nuestra cerveza artesanal.....	76
4.2.4 La evaluación de espuma en nuestra cerveza artesanal.....	79
V. CONCLUSIONES.....	82
VI. RECOMENDACIONES.....	83
VII. REFERENCIAS.....	84
ANEXOS.....	92

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Resultados de analisis de ANVA de analisis fisico-quimico.....	92
Anexo 2:Resultados del proceso de elaboracion o fermentacion de cerveza a.....	93
Anexo 3: Resultados del análisis bromatológico de la cerveza artesanal.....	95
Anexo 4: Resultados del análisis sensorial de la muestra A, B y C.....	96
Anexo 5: Cartilla de evaluación ensorial.....	98
Anexo 6: Equipos y pasos de la elaboración de la cerveza artesanal	99
Anexo 7: Resultados del análisis fisicoquímico de la cerveza artesanal.....	101

INDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Bebiendo cerveza en la época de la civilización babilónica (2.400 a.c).....	24
Figura 2. Guía definitiva de la malta de la cervecería artesana.	30
Figura 3. Planta de cebada Belga (<i>Hordeum volgare</i>)	31
Figura 4. Grano de cebada	32
Figura 5. Lúpulo admiral en flor y pellet cosecha 2018	38
Figura 6. La levadura que se utilizó para el proceso de elaboración de cerveza	41
Figura 7. Ciclo Vital de la Levadura.....	42
Figura 8. Agua de garrafa san Luis.....	47
Figura 9. Variedades de Mashua Fuente: Grau <i>et al.</i> , (2003)	52
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso experimental.....	60
Figura 11. Efecto del tiempo en el °Brix en el proceso fermentación.....	66
Figura 12. Efecto del tiempo en el PH en el proceso de fermentación.....	67
Figura 13. Efecto del tiempo en el densidad en el proceso de fermentación.....	68
Figura 14. pH de las muestras de cerveza artesanal	69
Figura 15. Solidos solubles en la cerveza artesanal.....	69
Figura 16. Comportamiento del grado alcohólico en la cerveza artesanal.....	70
Figura 17: Densidad (gravedad específica) de la cerveza artesanal	71
Figura 18: Proteínas determinada en la cerveza artesanal	71
Figura 19: Acidez titulable expresada en ácido láctico	72
Figura 20. Color de la muestra estudiada.....	73
Figura 21. Aroma de la muestra estudiadas	75
Figura 22. Sabor de la muestra estudiada.....	78
Figura 23. Espuma de la muestra estudiada.....	81

INDICE DE TABLA

	pág.
Tabla 1. Clasificación científica de la cebada.....	31
Tabla 2. Composición nutricional de la cebada.....	33
Tabla 3. Composición química de lúpulo	37
Tabla 4. Composición química de la mashua (g/100g).....	55
Tabla 5. En la elaboración de cerveza se requieren los siguientes equipos.....	57
Tabla 6. tratamiento para la presente investigación.....	65
Tabla 7. ANVA para análisis sensorial del color de la muestra.....	73
Tabla 8. ANVA para análisis sensorial del aroma de las 3 muestras.....	75
Tabla 9. ANVA para análisis sensorial del sabor de las 3 muestras.....	77
Tabla 10. ANVA para análisis sensorial de espuma de las 3 muestras.....	80
Tabla 11. ANVA de PH de muestra fermentada a 9°C, 12°C y 14°C.....	92
Tabla 12. ANVA de grados °Brix de muestra fermentada a 9°C, 12°C y 14°C.....	92
Tabla 13. ANVA de densidad de muestra fermentada a 9°C, 12°C y 14°C.....	93
Tabla 14. Los datos para la muestra 1	93
Tabla 15. Los datos para la muestra 2.....	94
Tabla 16. Los datos para la muestra 3.....	94
Tabla 17. Determinación de la composición bromatológica de la cerveza.....	95
Tabla 18. Resultados de la prueba organoléptica.....	96
Tabla 19. Resultados de análisis sensorial A.....	96
Tabla 20. Resultados de análisis sensorial B.....	97
Tabla 21. Resultados de análisis sensorial C.....	97

INDICE DE ACRONIMOS

A.T.P.	Adenosin trifosfato
A.P.A	American pale ale
A.F	Alta fermentación
aa.	Alfa Acido
BF	Baja Fermentación
°Brix	Grados Brix
CO ₂	Anhídrido carbónico
°C	Grados Celsius
CICS	Centro de Información de Cerveza y Salud
°GL	Grados Gay-Lussac
G	Gramos
H	Horas
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria
INACAL	Instituto Nacional de Calidad
ICA	Instituto de Cerveza Artesano
IPA	Indian Pale Ale
Kcal	Kilocalorías
Kg.	Kilogramos
L.	Litro
MI	Mililitro
Min	Minutos
Ppm	Partes por millón
PH	Potencial de hidrógeno
SEDCA	Sociedad Española de Dietética y Ciencia de la Alimentación

RESUMEN

La Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon) es un tubérculo originario de los Andes, utilizado por sus cualidades proteicas y diuréticos, tiene ligeramente sabor amargo y esto hace que no pueda ser consumido en grandes proporciones sin embargo procesado incorporando junto a otros alimentos es una alternativa de consumo masivo. El objetivo fue elaborar cerveza artesanal con sustitución parcial al mosto de malta con estrujado de Mashua, las materias primas utilizadas fueron: malta de cebada, agua, lúpulo, levadura y mashua, se evaluó las características de la cerveza artesanal elaborada con sustitución parcial al mosto de malta con estrujado de Mashua. Las variables experimentales fueron la proporciones malta/estrujado de mashua (M1 = 99.5% malta/ 0.5 %de estrujado de mashua, M2 = 99.00% malta/ 1% de mashua y M3 = 98.5 %de malta/ 1.5 %de mashua), al producto obtenido se evaluaron las características fisicoquímicas (pH, sólidos solubles, porcentaje de etanol, densidad, proteínas y porcentaje de acidez) y evaluación sensorial. El proceso de fermentación se realizó en un equipo fermentador de acero inoxidable con una capacidad de 70 litros con chaqueta térmica para el aislamiento térmico y airblock incorporado en la parte superior a una temperatura de 9, 12 y 14°C durante 12 días. Los resultados mostraron que no hay efecto significativo de estrujado de mashua sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza elaborada. El análisis de ANVA con 95% de confianza no presenta diferencia significativa con relación a pH, °Brix y densidad entre las muestras. La incorporación de Mashua "*Tropaeolum tuberosum*", como agregado cervecero, mejora las características organolépticas de la cerveza con ligera astringencia. En conclusión la adición de mashua no afecta significativamente en las características fisicoquímicas, por otra parte afecta a las características sensoriales de la cerveza artesanal, sin embargo las proporciones pequeñas no fue apreciable por el panel sensorial empleado.

Palabras clave: *Malta, mashua, cerveza artesanal, acidez, grados °Brix.*

ABSTRACT

The Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon) is a tuber originating in the Andes, used for its protein and diuretic qualities, has a slightly bitter taste and this means that it cannot be consumed in large proportions, however processed by incorporating with other foods is a Mass consumption alternative. The objective was to make craft beer with partial replacement to the must of malt with crushed Mashua, the raw materials used were: barley malt, water, hops, yeast and mashua, the characteristics of the craft beer made with partial replacement to the must were evaluated of malt with crushed Mashua. The experimental variables were the malt / extruded proportions of mashua (M1 = 99.5% malt / 0.5% of mashua squeezed, M2 = 99.00% malt / 1% of mashua and M3 = 98.5% of malt / 1.5% of mashua), at The obtained physicochemical characteristics (pH, soluble solids, ethanol percentage, density, protein and acidity percentage) and sensory evaluation were evaluated. The fermentation process was carried out in a stainless steel fermenting equipment with a capacity of 70 liters with thermal jacket for thermal insulation and airlock incorporated at the top at a temperature of 9, 12 and 14°C for 12 days. The results showed that there is no significant effect of mashua crushing on the physicochemical and sensory properties of brewed beer. The ANVA analysis with 95% confidence does not show a significant difference in relation to pH, ° Brix and density between the samples. The incorporation of Mashua "*Tropaeolum tuberosum*", as a beer aggregate, improves the organoleptic characteristics of beer with slight astringency. In conclusion, the addition of mashua does not significantly affect the physicochemical characteristics, on the other hand it affects the sensory characteristics of craft beer, however the small proportions were not appreciable by the sensory panel used.

KEYWORDS: Malta, mashua, craft beer, acidity, degrees Brix.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación trata de la aplicación de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) como componente de ingrediente cervecero en la elaboración de cerveza artesanal, se enfoca principalmente en la perspectiva del hábito de consumo vertiginoso de alimentos de la actualidad, la misma que motiva la innovación y presentación de productos nuevos en el área de la agroindustria.

A partir de la introducción de la Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) como adjunto cervecero, diferentes propiedades nuevas y valiosas (Serra Colomer, Funch, & Forster, 2019) de la cerveza artesanal se pone en discusión como son los atributos sensoriales aroma, sabor, color, propiedad espumante, pH, grados °Brix, densidad y contenido de alcohol.

Otro aspecto que se destaca es la utilización del agua para la elaboración de la cerveza que requiere ser adecuadamente tratada, así mismo, la preparación física de la Mashua y malta. De modo similar, se resalta los controles de las variables estudiadas como son el tiempo de fermentación que busca la conversión de azúcares en alcohol, temperatura adecuada para el desarrollo de las levaduras y la relación de las proporciones de mashua/malta que pretende particularizar las propiedades sensoriales y funcionales de la cerveza artesanal.

La elaboración de la cerveza artesanal se llevó a cabo mediante los siguientes pasos: integración de la malta, maceración, ebullición, o cocción del mosto, fermentación, filtración y operaciones finales carbonatado y embotellado de la cerveza.

La cerveza es una bebida alcohólica de baja graduación, que resulta de la fermentación alcohólica del mosto que se procede de la malta de cebada (Cerveceros de España, 2001), por consiguiente, la investigación se ha desarrollado basado en la

siguiente interrogante: ¿Qué atributos sensoriales, funcionales y propiedades fisicoquímicas exhibe la cerveza artesanal con sustitución parcial a la malta con Mashua?

1.1. JUSTIFICACION

La Mashua, isaño o año (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), es un tubérculo andino cultivado en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, posee glucosinolatos, sus metabolitos biológicamente activos pueden ser responsables de los usos medicinales de esta especie en particular (Kittsb, 1982), por consiguiente, se merece una atención especial cuando se incluye en la elaboración de la cerveza artesanal. El tubérculo además contiene almidón un componente necesario para la sacarificación (Ceccaroni *et al.*, 2019) y llevar a cabo el proceso de fermentación en la elaboración de cerveza.

En la elaboración de la cerveza, la levadura y el lúpulo es bien conocida (Bettenhausen *et al.*, 2018), sin embargo, la contribución de la Mashua en los atributos de la cerveza artesanal requiere amplia evaluación de perfil de las características sensoriales, las tendencias de consumo, la preferencia de la cerveza artesanal frente a la cerveza industrial y las propiedades funcionales relacionados a los beneficios de la salud, por otro lado, si la química de la mashua repercute en la química de la cerveza, son temas que justifica el motivo de la investigación.

La cerveza artesanal se elige de acuerdo con las diferentes preferencias de sabor en comparación con la cerveza comercial, dado que la industria de la cerveza artesanal es uno de los segmentos en crecimiento y de impacto en los consumidores en el área de la industria de las bebidas (Aquilani, Laureti, Poponi, & Secondi, 2015).

(i) Si hay diferencias de metabolitos entre seis fuentes de malta comerciales, (ii) si las diferencias en la química de la malta se reflejan en la química de la cerveza, y (iii) si las diferencias en la química de la cerveza impactan los atributos sensoriales de la cerveza, a través del sabor y la estabilidad del sabor como ingrediente cervecero en la elaboración de cerveza artesanal aún se desconoce el mal sabor de la cerveza por los ingredientes crudos. La industria de la cerveza artesanal es uno de los segmentos en crecimiento en la industria de las bebidas y su creciente popularidad también afecta las preferencias comerciales de cerveza y las tendencias de consumo de las personas, aunque aún no se ha realizado un estudio empírico (Aquilani et al., 2015)

La cerveza es una bebida fermentada y espumosa, en cuya fabricación se utilizan materias primas ricas en carbohidratos como malta de cebada, trigo, arroz, maíz etc. Como lúpulo y agua, a las que se añaden levadura. La malta es cebada germinada o trigo germinado, cuyo proceso de germinación se interrumpe en el momento óptimo, de máximo contenido enzimático, por calentamiento a 90 – 105 °C en la caldera de fermentación o en horno de desecación (Flores 2015).

Los tubérculos andinos entre ellos la Mashua, por sus características agronómicas y de así como por su adaptabilidad ecológica a las condiciones adversas de la zona andina, conocido como el “Tubérculo de los Andes” se puede utilizar Mashua mediante la fermentación alcohólica todo líquido azucarado sufre una fermentación.

El isaño o mashua es un alimento muy saludable para la humanidad, nosotros conociendo a este producto no podemos apartarnos de este tubérculo, si valorizamos a este tubérculo

estaríamos disminuyendo a las comidas transgénicas que hacen daño a la humanidad, el isaño es al contrario de comidas transgénicas, tubérculo medicina para la próstata.

La mayoría de la gente joven ya no conoce este producto, tubérculo más saludable además se está perdiendo su cultivo, la nueva generación desconoce cómo es su cultivo y como se prepara para la alimentación, que beneficios tiene este producto tanto como alimento y como en salud, se echa a perder este tubérculo y no hay derivados de este isaño pero si hay platos ancestrales y no le gusta a la mayoría. (Perez 2015)

1.2. Objetivo General

Elaborar cerveza artesanal con sustitución parcial al mosto de malta con estrujado de Mashua (*Tropaeolum Tuberosum* Ruiz & Pavón).

1.2.1. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de la cerveza artesanal elaborada con sustitución parcial al mosto de malta con estrujado de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón).
- Evaluar el perfil de aceptabilidad de la cerveza artesanal con sustitución parcial al mosto de malta con estrujado de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Desarrollaron una bebida alcohólica no fermentada similar a las características una bebida comercial, utilizando extracto fenólico de Mashua, para lo cual se sometió a evaluación sensorial de 8 formulaciones planteadas, en base a la combinación de los diferentes insumos con el extracto fenólico de Mashua púrpura fresca y seca respectivamente; resultando la formulación F1 de mayor grado de aceptabilidad organoléptica (color, aroma, sabor y aceptabilidad general) en comparación a las otras formulaciones con extracto fenólico de Mashua púrpura fresca. El contenido de compuestos fenólicos, antocianinas monoméricas y capacidad antioxidante, se evaluó mediante los métodos Folin - Ciocalteu, pH diferencial y 2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), respectivamente. La formulación de la bebida con extracto de Mashua fresca resultó con un contenido de compuestos fenólicos entre 14,48 y 23,78 mg AGE/100 g muestra; de antocianinas monoméricas entre 3,37 y 9,08 mg cianidina-3-glucósido/100 g muestra y de capacidad antioxidante entre 8,51 y 24,50 $\mu\text{mol ET/g}$ muestra. También concluye que a pesar de la disminución de estos compuestos en las formulaciones, presentan valores considerables en comparación a las bebidas comerciales que se evaluó como el vino tinto Tres Cruces, Rose y Santiago Queirolo (Flores, 2015).

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 (Suqui & Pintado, 2015).

Investigaron 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). 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). 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 (García, Romero, Cruz, & García, 2014).

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 (Boffill & Gallardo, 2014).

Desarrollaron la “Caracterización de almidones de dos tubérculos andinos: isaño (*Tropaeolum tuberosum* R&P) y oca (*Oxalis tuberosa* Mol)” en la UNA Puno, con el

objetivo de determinar el rendimiento, evaluar las características fisicoquímicas, la forma y tamaño, viscosidad, solubilidad y poder de hinchamiento de los almidones aislados de isaño variedad amarillo y oca variedad Keny obtenidos del campo experimental Tahuaco (INIA) Distrito de Yunguyo de la Región Puno. El rendimiento en almidón para la oca fue de 13.04 % y para el isaño 3.65%; los resultados del análisis proximal encontrado para el almidón de oca fue (humedad 11.24%, proteína 0.34%, grasa 1.04%, carbohidratos 87.3%) y para el almidón de isaño (humedad 10.79%, proteína 0.54%, grasa 1.91%, carbohidratos 86.68%), el %ceniza de ambos almidones fue 0.07% y para la fibra fue nulo. También encontraron que la viscosidad, solubilidad y poder de hinchamiento de los geles de almidón aumento a medida que se incrementó la temperatura, el almidón de oca presento un punto máximo de viscosidad 70.40 centipoises (73.15°C) y el de isaño a 14.02 centipoises (80.70°C) luego se mantuvieron constante, los mejores resultados para el almidón de oca fue el sometido a 80°C 27.12% y 38.63% para la solubilidad y poder de hinchamiento respectivamente y para el almidón de isaño también el sometido a 80°C 21.35% y 26.15% (Hermosa, 2013).

Se analizaron tres tipos de cerveza artesanal. Para cada tipo de cerveza artesanal, se adquirieron espectros de transreflectancia en el rango de longitud de onda de 450-980 nm y en diferentes etapas de fermentación. El muestreo espectral para cada cerveza artesanal se realizó en muestras filtradas y no filtradas. El dispositivo vis / NIR se probó para la evaluación rápida del contenido sólido soluble (SSC) y el pH. Los espectros se elaboraron para realizar análisis de componentes principales (PCA) y construir modelos de regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS). Los resultados de PCA muestran que la espectroscopía vis / NIR podría ser efectiva para discriminar entre muestras no filtradas

(condición en la línea de proceso) y filtradas. Los modelos PLS son prometedores tanto para la predicción de SSC como para el pH. (Giovenzana et al., 2014)

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, 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 (Calleja, 2013).

Informa que el fabricante 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. También explica el proceso de elaboración, iniciándose con la selección de las hojas de coca y luego se las pone a macerar con agua, esto se le agrega un macerado puro de cebada malteada y, en diferentes tiempos, se adicionan lúpulos hasta obtener el mosto que será fermentado durante unos 20 días y luego embotellado y comercializado. En cuanto a su comercialización, la cerveza se vende en botellas de vidrio de 300 cc 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 (Cardenas, 2013).

Han logrado obtener un producto de calidad al 5.25 % de grado alcohólico por cada 100 mililitros de cerveza, a partir de las materias primas: agua, malta, lúpulo y levadura, mediante un método tradicional de elaboración de cerveza, y concluyeron que la calidad del producto se obtuvo gracias, al control de parámetros conocidos como el Potencial de Hidrógeno del agua y mosto el cual registró un pH inicial de 6.6 y un pH final de 4.9,

control de temperatura de activación de los azúcares de la malta de 30 a 63 grados centígrados en periodos de tiempo determinados, control de temperatura de fermentación y maduración de 15 a 0 grados centígrados, control del tiempo de fermentación de 15 días, control de la densidad de 1.050 a 1.010 kilogramos por litro, control de la capacidad de adsorción de las placas filtrantes e índice de eficiencia del esterilizador ultravioleta (Chicani, Calsin, Pauro, & Lima, 2012).

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 (Ramon, 2010).

En el informe binacional, caracterizaron las muestras de distintos raíces y tubérculos Andinos, llegando a la conclusión con respecto a la mashua: materia seca 7,20–19,70 %, Energía 4,19-4,64 Kcal/g, proteína 7,22-13,99 %, almidón 20,01-79-46 %, azúcar total* 6,77-55,23 % y azúcar reductores* 6,41-45,29 (valores obtenidos como % Glucosa), (Barreda & Monteros, 2003).

Sobre la elaboración de cerveza artesanal utilizando una mezcla entre cebada y yuca. Demuestra que es posible elaborar cerveza artesanal con estándares de calidad comercial aceptables, utilizando la mezcla antes mencionada. Sin embargo, se deben tener en cuenta los ajustes necesarios que deben hacerse a los parámetros de proceso y formulación con respecto a una cerveza artesanal puramente de cebada. Lo que hace posible la elaboración de cerveza utilizando la mezcla con yuca, es que esta posee una gran cantidad de almidón que puede ser reducido a azúcares fermentables; característica que poseen otros tubérculos como la papa y el camote. Según (Carvajal & Insuati, 2010)

La cerveza artesanal es potencialmente un vehículo nuevo para generar efectos sobre la salud. Si bien los beneficios para la salud de las bacterias del ácido láctico como probióticos son bien conocidos, hay pocos datos disponibles sobre las levaduras probióticas en los alimentos fermentados. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de integrar la conocida cepa de levadura probiótica de *S. cerevisiae* var. *bouardii* (S.b) en cultivos mixtos con cepas de *S. cerevisiae* para la producción de cervezas con mayores beneficios saludables. La cepa probiótica de S.b se probó en cultivos mixtos con cepas seleccionadas de *S. cerevisiae*, durante la fermentación del mosto. Como la viabilidad durante las operaciones de procesamiento es uno de los criterios para seleccionar cepas adecuadas de microorganismos probióticos, se evaluó la supervivencia de la levadura probiótica durante la fermentación y la presencia de células altamente viables al final de las fermentaciones. En casi todas las fermentaciones mixtas, al final del proceso, la levadura probiótica predominaba en la cepa de *S. cerevisiae*, y las cervezas experimentales contenían una gran cantidad de células viables de cepa S.b (que oscilaban entre 8×10^6 y 7.0×10^7 / ml) El análisis de cervezas experimentales para el contenido de compuestos volátiles principales mostró que la inclusión de la cepa S.b en

el iniciador mixto no afectó negativamente el aroma de la cerveza. Además, la inclusión de la cepa S.b en iniciadores mixtos determinó un aumento en la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles, en comparación con las cervezas de fermentaciones de iniciador único, lo que indica la influencia de la cepa S.b en estos parámetros. Algunos cultivos iniciadores mixtos probados en este estudio resultaron una herramienta muy prometedora para aumentar la calidad saludable del producto, como mejorar la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles de la cerveza. (Capece *et al.*, 2018)

Sobre elaboración de cerveza artesanal de amaranto. En ella se procede a elaborar cerveza artesanal reemplazando la malta de cebada por malta de amaranto y siguiendo el mismo proceso estándar de elaboración, obteniendo una cerveza de mayor valor nutricional. Esta investigación ha demostrado que la cerveza retiene una parte de los nutrientes contenidos en los ingredientes como los que se encuentran en la semilla del amaranto y la cáscara de la papa. Así mismo ha demostrado una vez más que es factible elaborar cerveza artesanal sustituyendo total o parcialmente los ingredientes estándares (Gonzales, Carrizales, & Martínez, 2013).

El macerado tiene por objetivo convertir el almidón, contenido en el grano, en azúcares fermentables (maltosa), proceso que se conoce como sacarificación por efecto de las enzimas, alfa y beta amilasas (diastasa), que se encuentran en la malta, posteriormente son fermentados por la acción de las levaduras para ser transformados en alcohol y CO_2 . Existen varios tipos de maceración, la simple es en la que el mosto se macera a una temperatura constante y otros en el que la temperatura aumenta escalonadamente, sujeto generalmente a la malta si son modificadas (Cantero, 2015).

2.2. La cerveza

Define que “Se entiende exclusivamente por cerveza a la bebida resultante de un proceso de fermentación controlado, mediante levadura cervecera, de un mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros”. Según (INACAL, 2016)

Define que la cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica mediante las levaduras seleccionadas del mosto procedente de la malta de la cebada adicionado con lúpulo y sometido en proceso de cocción y maceración. (Sánchez (2016)).

2.2.1. Historia de cerveza

La cerveza es una de las bebidas más antiguas del mundo, junto con el vino. Desde hace miles de años el ser humano viene disfrutando de cervezas de todo tipo, sabores y colores. No existen datos sobre quienes inventaron la cerveza, pero los registros más antiguos sobre este sabroso producto, nos remontan a 6.000 años atrás, en la zona de la Mesopotamia, específicamente en Sudan, los Sumerios ya hacían cerveza e incluso dejaron registros escritos sobre la elaboración de este producto. Los sumerios preparaban cerveza de la siguiente manera, tomaban pan hecho con harina de trigo, lo cortaban en pedazos y metían esos pedazos en vasijas a las cuales les agregaban agua, dejando esas vasijas al sol durante varios días. El calor del sol hacía fermentar la harina de trigo y gracias a este proceso obtenían una bebida alcohólica que luego para beber filtraban (García, 2002).

Ciertamente era un misterio, porque se desconocían las razones que justificaban las diversas etapas del proceso de elaboración, como la fermentación, fueron descubiertas

por casualidad. Así, el malteado consiste en la inmersión de la cebada en agua permitiendo que se germine, pero no se conocía las razones por la que la cebada se ablandaba y se hacía dulce. De un modo similar se desconocían por que convenía secar la cebada germinada temperatura relativamente fría, a lo que se buscaba explicaciones esotéricas (Benv, 1995).



Figura 1 Bebiendo cerveza en la época de la civilización babilónica (2.400 antes de Cristo)
Fuente: Verlag (1965)

Durante años buscaron ese campamento hasta que finalmente lo hallaron y grande fue su sorpresa al descubrir que en este lugar, además de albergues, había panaderías y fábricas de cerveza. Así los egipcios daban a sus obreros pan y cerveza, para alimentarlos y que tuvieran la energía suficiente para poder mover los enormes bloques de piedra que conforman las pirámides. Este era un buen alimento para los obreros ya que el pan que por un lado era económico, aportaba carbohidratos y la cerveza, nutrientes para generar energía (García, 2002).

2.2.2. La aparición de los monasterios la edad media

Durante los siglos VI Y VII se fundaron en Bélgica los primeros monasterios , se construyeron sobre terrenos regalados, por lo eran pocos fértiles, pero los monjes se esforzaron en aumentar su producción a base de duro trabajo, como los órdenes monásticas tenían de autoabastecerse en cada monasterio había un edificio “de piedra” dedicado a la elaboración de cerveza, el edificio estaba separado del resto de monasterio ,igual que el horno (panadería y secador de malta) y la forja para evitar incendios, ya que los restos de malta servían como pienso para los animales. La cerveza formaba parte de la vida diaria de los monjes. Durante mucho tiempo esta bebida fue el único alimento que se podía tomar durante la cuaresma (Ica, 2014)

2.2.3. La cerveza en el Perú

Desde tiempos remotos los incas tenían una visión vana de lo que ellos bebían en ese entonces la chicha de jora era solo una bebida que se utilizaba para acallar la sed en las labores cotidianas que ejercían. Cuando Darwin llego al Perú a mediados del siglo XIX, se sorprendió del alcoholismo imperante, que predominaban en el consumo popular de las chichas y cañazos, ambos elaborados al margen de normas técnicas e higiénicas y por ultimo con un alto grado alcohólico. No es posible medir estadísticamente su impacto como barrera antialcohólica, por ser una bebida con el aliciente y relajante del alcohol, pero en dosis mínima: 3.5%, frente al 8% a 12% de los vinos de mesa y vermouths, hasta 22% de vinos generosos y más del 30% de los licores. La industria cervecera peruana, es tecnológicamente autónoma, descentralizada a lo largo y ancho de todo el país, con las más modernas instalaciones y técnicas, con accionariado ampliamente difundido, con un severo control de calidad y con un prestigio que coloca sus marcas al nivel de las mejores cervezas del mundo (Larico, 2000).

En el caso del alcohol existe mucha confusión o mala intención, los alcohólicos por enfermedad o por vicio, sea este frecuente o solo con ocasiones sociales, son una minoría, y el mismo que no se combate con leyes secas o restricciones de publicidad o de venta. Los consumidores normales y moderados son la mayoría. El alcoholismo con sus terribles estragos en la persona y en su familia, solo puede ser combatido mediante la educación y la medicina o mediante la acción de grupos como alcohólicos anónimos.

Hace pocos años los Drs. Caravedo y Almeida afirmaron que el Perú es el primer país alcohólico del mundo en el consumo de bebidas tóxicas, de chichas, cañazos y bebidas combinadas. La solución a este problema es promover el consumo moderado de bebidas elaborada noblemente, como la cerveza, que es nutritiva, sana y de mínimo grado de alcohólico (Larico, 2000).

A la producción de cerveza es un proceso complejo porque requiere entendimiento profundo de química y bioquímica de las materias primas, de la levadura y de todas las variables de un pesificante proceso, solo es así proporcionar a los consumidores una gran diversidad de cerveza con diferentes aromas, sabores (Vogel, 1994).

2.2.4. Tipos de Fermentación

Steyer, (2017), indica que existen muchos tipos de cerveza. Teniendo en cuenta el tipo de fermentación, se puede distinguir tres categorías: Cerveza de fermentación baja, Cerveza de fermentación alta y Cerveza de fermentación espontánea.

2.2.4.1. Cerveza de fermentación baja

Son cervezas generalmente claras, (rubias) con algunos matices dorados oscuros, marcado sabor a lúpulo y refrescantes. Elaboradas con malta clara por el método de

decocción. Para estas cervezas se utiliza levadura que actúa a baja temperatura (de 6 a 10°C) y pasando de 8 a 10 días se depositan en el fondo de la cuba. Viene a ser la cerveza corriente de consumo más extendido, también en España (Forran, 2003).

2.2.4.2. Cerveza de fermentación alta

Generalmente elaborada con malta más oscura por el método de infusión. En este caso la levadura empieza a actuar entre 14 a 20°C fermentando un máximo de 5 días. Reconocibles en general por su tono oscuro, son ejemplos típicos las cervezas de Abadía, Trapenses, Ales, Reserva, Weizenbier, Se puede decir que hay tantos tipos como marcas, albergando la Región Valona de Bélgica algunas de las más prestigiosas. (Forran, 2003).

- **Blancas:** Cervezas turbias elaboradas con trigo y muy refrescantes, como son Blanche de Bruxelles.
- **Saison:** Cervezas de temporada muy extendidas en Volonia, de color ambarino, existiendo numerosas cervecerías con estas especialidades. También se elaboran "Cuvées" especiales de Navidad.
- **Artesanales:** Cuyos colores y aromas excepcionales provienen de la adición de especias, frutas o ingredientes raros como miel, trigo sarraceno o desconocidos. Destacan las cervezas de Blaugies, la Binchoise, la Brasserie Fantome, Achouffe, la Caracole, etc.

2.2.4.3. Cerveza de fermentación espontánea

Se elaboran dentro y en los alrededores de Bruselas únicamente. Esta denominación cubre las cervezas típicamente belgas, que sólo se elaboran en el valle del río Senne en Bruselas. Son cervezas de trigo candéal compuestas de un 70% de malta y un 30% de trigo. No se

les agrega levadura ya que la recibe por contacto con el aire del ambiente, un micro fauna natural existente en la cervecería da lugar a una fermentación espontánea, semejante a la del vino. Es la forma de fermentación arcaica, pero no anacrónica, está en los orígenes de las cervezas de fuerte personalidad. Comúnmente se llama a esta cerveza "Gueuze". Pueden encontrarse también cervezas cuya segunda fermentación ocurre después de la adición de cerezas o frambuesas, obteniéndose la "Kriek". Espontánea o Lambic, Gueuze, Kriek, Frambuesa y Melocotón. Hasta 3 años de fermentación (Forran, 2003).

2.2.5. Tipos de cerveza

Existen dos tipos de cerveza, de acuerdo a su levadura de fermentación la de tipo ALE y la de tipo LAGER y se diferencia por el tipo de fermentación, algunos cerveceros conocen las características generales de cada estilo. Indica que nosotros reconocemos cerveza Lager tan típicamente suave y más elegante que la cerveza Ale; nosotros conocemos la cerveza Ale como una cordial, robusta e infusión frecuentemente sabrosa. Aunque la cerveza Lager sea todavía mucho más popular en el mundo, Todas las cervezas, desde la Porter a la Weizen, pueden definirse como una cerveza Ale o una cerveza Lager, A veces sorprendentemente. Quien habría pensado una rica Malta bock clasificaría como una cerveza Lager, o esa Like Lambic como una cerveza Ale. Las diferencias comienzan con el tiempo de infusión. Si la cerveza es Ale o Lager es definida por la temperatura usada en la infusión y la temperatura de la fermentación y la levadura empleada. La fermentación alta propia de levadura, *Saccharomyces cerevisiae* produce cervezas Ale; La fermentación baja propia de levadura, *Saccharomyces carlsbergensis*, produce cervezas Lager. Las cervezas Ale fermentan rápidamente y a temperaturas más cálidas, Cerveza Lager más lentamente y a temperaturas más frías (Hughes, 2003).

2.2.6. Otros tipos de cerveza

La mayor parte de las cervezas se elaboran con cebada malteada a la que se da sabor con lúpulo. Aunque existen en el mercado cervezas de trigo, mijo y arroz, la más habitual es la obtenida a partir de la fermentación de la cebada.

El sake es un tipo especial de cerveza originaria de Japón que normalmente se bebe caliente o templada. A menudo se hace referencia al sake, que también se escribe saki, llamándolo, de forma errónea, vino de arroz, debido a su elevado contenido alcohólico. En Japón desempeña un importante papel en actos religiosos y sociales. El proceso de elaboración de cerveza, que tiene muchos siglos de antigüedad, dura alrededor de seis semanas y comienza con la mezcla y amasado de arroz al vapor, llamado koji, con un moho cultivado y agua. Esta mezcla se calienta y posteriormente se hace fermentar en grandes cubas, a veces en presencia de una levadura. La contaminación del producto se evita añadiéndole ácido láctico. A continuación, se filtra (Gajon Sanchez, 1999).

2.3. Materia prima e insumos empleados en la elaboración de cerveza artesanal

En la elaboración de cerveza se requiere las siguientes materias primas:

- El agua (en botella san Luis)
- La malta de cebada. (base pale ale y Pilsen)
- Lúpulo. (admiral Inglesa 7 % aa)
- La levadura. (safale US. 05 de A.F. 15- 22°C de 11.5 g
- Los adjuntos (Del centro de producción e investigación CIP
Camacaní cultivar kello isaño)

2.3.1. La malta

Define que “Es el producto resultante de someter el grano de cebada a un proceso controlado de remojo, germinación, secado y/o tostado. Las maltas de otros cereales deberán denominarse de acuerdo con su procedencia: malta de trigo, malta de maíz, es decir deberá denominarse ‘malta...’ seguido del nombre del cereal”. Según (INACAL, 2016)

“Actualmente, la cebada es el cereal más empleado para la elaboración de malta cervecera, en menos proporción se usa el trigo y sorgo. Cada año se producen alrededor de 1.5×10^7 toneladas de malta a partir de cebada; alrededor de un 94% de esa cantidad, es usada en la industria cervecera. La conversión de cebada en malta requiere un mínimo de 2 semanas y se somete a malteado después de 6 a 8 semanas de la cosecha del grano” y Menciona que “La malta es una materia prima necesaria para la fabricación de cerveza ya que confiere características de color, sabor y espuma; por ello su elaboración exige controles rigurosos de tiempo y temperatura, el malteado constituye toda una industria que en la mayoría de los casos es independiente de la industria cervecera Según (Ruiz, 2006)



Figura 2 malta

Fuente: Guía definitiva de la malta de la cervecería artesana,

2.3.2. La cebada

La cebada (*Hordeum vulgare*) es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poaceas (gramiceas), a su vez, es un cereal de gran importancia para el consumo humano y animal. Actualmente se encuentra en cuarto lugar el más cultivado en el mundo después del trigo, arroz maíz (Stephen, 2003).



Figura 3 Planta de cebada belga (*Hordeum vulgare*)
Fuente: La cebada cervecera. (Stephen, 2003).

Tabla 1. Clasificación científica de la cebada

Reino:	Plantea
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Pooideae
Tribu:	Triticeae
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>H.Vulgare</i>
Nombre binomial:	<i>Hordeum vulgare</i> L.

Fuente: Ruiz Y. [2006] *Cultivo del Trigo y la Cebada*

2.3.3. Grano de cebada

Es el cereal más empleado en la elaboración de la cerveza. Esta planta de espigas formadas por espiguillas uniformes y grano aguzado en los extremos, tiene un porcentaje de entre un 60 % - 65 % de almidón que le confiere a la cerveza un sabor suave y dulce (Aetcm, 2002).

Nombre científico	: <i>Hordeum vulgare</i>
Familia	: L. poaceae
Nombre común	: Cebada

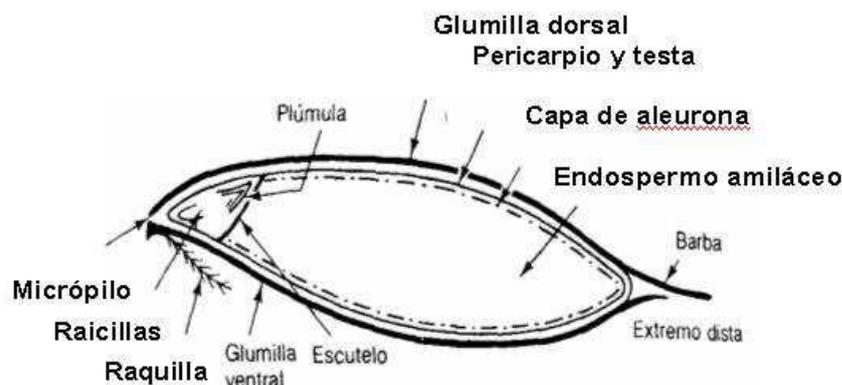


Figura 4: Grano de cebada

Fuente: García. (2002)

Son dos los tipos de cebada de malteo que se utilizan mayormente: Hexístico (6-hileras) y dístico (2-hileras). Existen opiniones diversas con relación a los méritos respectivos de cada tipo. En general, las 2 hileras es la más gruesa y con una cáscara más ajustada y delgada que la de 6-hileras. Produce malta que tiene una mayor cantidad de extracto, color más claro y menor contenido de enzimas que la hexística (Isia, 2000).

Tabla 2. Composición nutricional de la cebada.

Componentes	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	89,00
Energía metabolizable (aves)	Mcal/kg	2,55
Energía digestible (cerdos)	Mcal/kg	3,10
Proteína	%	1,60
Metionina	%	0,17
Metionina + cistina	%	0,36
Lisina	%	0,40
Calcio	%	0,03
Fósforo disponible	%	0,10
Ácido linoleico	%	0,65
Grasa	%	1,80
Fibra	%	5,10
Ceniza	%	2,40
Almidón	%	5,00

Fuente: Jackson, (1999). “El libro de la cerveza”

2.3.4. Maltas base

La malta se obtiene de la cebada, la cual es una planta gramínea y está en la categoría de cereal, como el trigo o el maíz. Existen 2 tipos de cebadas, la forrajera que se utiliza como alimento para los animales, y la cebada cervecera que se utiliza exclusivamente en la fabricación de esta bebida. En el Ecuador se sembraba cebada cervecera hace un par de décadas atrás, pero hoy en día las cervecerías industriales importan la malta ya procesada por ser más económica y de mejor calidad.

El grano de cebada contiene entre otras cosas almidón en forma insoluble (No se disuelve en agua), el cual necesitamos primero transformarlo en almidón soluble (Que si se disuelve) y luego en azúcares fermentables, las cuales serán muy importantes para nuestra cerveza, ya que luego se convertirán en el alimento de las levaduras, las que transformaran esos azúcares en alcohol y gas por medio de la fermentación (Hough 2002).

2.3.5. Maltas especiales

Son maltas que aportan colores, sabores y olores especiales a los diferentes tipos de cervezas que se van a elaborar. Cuando se ha secado el grano y se ha obtenido una malta básica, se la deja más tiempo en el horno, se obtiene maltas tostadas, que se llaman Malta Caramelo, y se utiliza para darles más color a la cerveza rubia, y también acentuar el sabor a malta. Cuanto más tiempo se tuesta el grano, más oscuro será el color de la malta, por el grado de tostado que se obtiene por este motivo encontraremos Maltas Caramelo de 30, 50,80 grados, los cuales nos indican el grado de tostado al que ha sido sometidas (Hough, 2002).

2.4. Lúpulo

2.4.1. Breve historia del uso de lúpulos en la elaboración de cerveza

El uso de los lúpulos en la fabricación de cerveza es relativamente nuevo. Antes de su expansión definitiva, las encargadas de dar amargor, sabor y aroma a la cerveza eran las Gruits, una mezcla de hierbas y especias elaboradas con ingredientes locales. Estas mezclas de especias se elaboraban, entre otros ingredientes, con beleño, romero, brezo, jengibre, pícea, enebro o mirto. En algunas regiones de Europa, las mezclas de Gruit pertenecían a Gremios especializados, que tenían los derechos exclusivos y mantenían

los ingredientes en secreto. El primer documento escrito que relaciona los lúpulos con la elaboración de cerveza fecha del 822 d.C., cuando un abat benedictino escribió una serie de estatutos sobre la gestión de un monasterio, los cuales incluían la recolección de los lúpulos suficientes para elaborar cerveza. Las evidencias sugieren también que la cultivación del lúpulo a nivel industrial empezó en el norte de Alemania en el siglo XII y XIII, así como que los alemanes exportaron por primera vez cerveza altamente lupulizada en el siglo XIII. Es la flor de la planta del lúpulo la que se usa en la elaboración de cerveza. Las flores del lúpulo, denominado conos, están compuesto por brácteas verdes y finas, de textura similar al papel y de forma de hoja. En la base de estas brácteas hay glándulas de lupulina amarillas, cerosas, que contienen los alfa-ácidos responsables del amargor y los aceites esenciales que le dan a la cerveza sabor y aroma. (Fennema, 2000)

2.4.2. Variedades de lúpulo

Los lúpulos se pueden dividir en dos grandes categorías: los lúpulos de amargor y los de aroma. **Los lúpulos que contienen altos niveles de alfa-ácidos se consideran de amargor**, ya que se necesita una cantidad menor de ellos para alcanzar altos niveles de amargor. En cambio, aquellos lúpulos con bajos contenidos de alfa-ácidos, pero con altos niveles de aceites esenciales, se denominan **lúpulos de aroma**. A parte de esta categorización, los lúpulos también se pueden clasificar según su origen:

Lúpulos nobles. Originarios del centro de Europa, los lúpulos nobles es uno de los lúpulos de aroma más caros del mercado. Hay cuatro tipos de lúpulos nobles: los Hallertau, los Tettang, los Spalt y el checo Saaz. Estos lúpulos otorgan un amargor suave

y un aroma floral y herbal a la cerveza. Son más usados en las cervezas lagers, y se les suelen atribuir notas herbales, de pimienta negra, de regaliz, florales y herbales.

Lúpulos ingleses. Las variedades de lúpulo inglés tradicionales se categorizan como lúpulos de aroma con niveles bajos de alfa-ácidos. Los más comunes son los East Kent Goldings y los Fuggles. Otros lúpulos ingleses comunes, con concentraciones elevadas de alfa-ácidos, son el Challenger, el Target y el Progress. Algunas características típicas de los lúpulos ingleses son las notas herbales y a césped, terrosas, florales y afrutadas.

Lúpulos americanos. Afrutados y resinosos, los lúpulos americanos son el ingrediente estrella de las American Pale Ale y las IPA. En los EEUU crecen una gran variedad de lúpulos distintos, muchos de los cuáles se pueden considerar de uso dual, es decir, con altos niveles de alfa-ácidos y agradables cualidades aromáticas. Las variedades de lúpulos americanos más usadas son el Cascade, el Centennial, el Chinook, el Willamette y el Amarillo. A nivel general, suelen ser cítricos, resinosos, afrutados, especiados, y con notas a pomelo y a pino. El lúpulo cumple varias funciones importantes, como amargor, sabor aroma y conservación. (Fennema, 2000)

Amargor; la adición de lúpulo en el momento de cocción de mosto se logra mayor o menor grado de amargor debido al contenido de alfa ácido, según la cantidad de lúpulo que se adiciona y el estilo de cerveza a elaborar.

Sabor; El lúpulo también otorga sabor a la cerveza, existe variedad de lúpulos que se utilizan solo para dar sabor, porque son muy pobres en amargor y aroma.

Aroma; se identifica el aroma de cerveza gracias al agregado de lúpulo. Existen lúpulos que solo se utilizan para proporcionar un mejor aroma, ya que son muy aromáticos y baja concentración de amargor y sabor.

Conservación; El lúpulo es un gran bactericida, por lo que ayuda a la cerveza a prolongar el tiempo de vida la descomposición a causa de bacterias. (Gorostiaga, 2008).

2.4.3. Composición química de lúpulo

Las variedades de lúpulo, defieren por su forma, de olores, sabores, contenido de alfa acido de aceite esencial. Lo que más se requiere en una variedad para la elaboración de cerveza. Es el contenido de alfa – acido, ya que estas sustancias son responsables del amargor característico de la cerveza (Sanchez, 2011).

Tabla 3. Composición química de lúpulo

Ingredientes	porcentaje %
Agua	10.0
Resina total	15.0
Aceite esencial	0.5
Taninos	4.0
Monosacáridos	2.0
Pectina	2.0
Aminoácidos	0.1
Proteínas (N6,25)	15.0
Lípidos y ceras	3.0
Ceniza	8.0
Celulosa Lecnina etc	40.0
Total	100.00

Fuente: Hough, J. (2001)



Figura 5. Lúpulo admiral en flor y pellet cosecha 2018

Fuente: Gorostiaga. (2008).

2.5. Levaduras de Cervezas

Las levaduras son organismos vivos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos. Se alimenta de los azúcares provenientes de la malta, transformándolos en alcohol y CO₂ (gas) durante un proceso llamado fermentación que se realiza en ausencia de oxígeno, (Carbajal & Insuasti, 2010).

La levadura que se utiliza en la elaboración de la cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) forma parte del Reino Fungi., y es única entre todas las especies, pues puede crecer y reproducirse tanto con cómo sin oxígeno. Su forma de reproducción asexual se denomina gemación.

2.5.1. Tipos de levadura

En la elaboración de cerveza se usan dos tipos principales de levadura, la ale (o de alta fermentación) y la lager (o de baja fermentación). Estas denominaciones hacen referencia a su tendencia de formar grumos o flocular en la parte superior o la parte inferior del

fermentador antes de finalizar la fermentación. Ambos tipos tienen diferentes características que afectan al sabor, el aroma y la sensación en boca de la cerveza terminada (Ica. 2014)

Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). La levadura de alta fermentación trabaja a una temperatura de fermentación templada, entre 18 y 24°C. A temperaturas más bajas, la levadura se iría ralentizando hasta pasar a estado latente. Esta cálida fermentación promueve la creación de subproductos que afectan el sabor y el aroma de la cerveza de forma positiva. El subproducto principal son los ésteres, que dan a la cerveza sabores afrutados y fenoles, que a su vez otorgan sabores especiados (Ica. 2014).

Cuanto más alta sea la densidad de la cerveza, más fácil será que las altas temperaturas propicien que la levadura cree alcoholes fusel. La levadura ale, además, no fermenta según qué cadenas de azúcares (tal y como sí hace la lager).

Levadura lager (*Saccharomyces pastorianus*). La levadura de baja fermentación fue la primera en ser identificada en el Carlsberg Laboratory de Dinamarca. A medio camino entre la *S. cerevisiae* y la *S. bayanus*, este híbrido probablemente nació en el siglo XVI, cuando la levadura se adaptó al acondicionamiento en frío, en las cavernas de almacenaje alemanas. Las levaduras lager fermentan a bajas temperaturas, entre 7 y 12°C. Además, son capaces de fermentar ciertas cadenas largas de azúcares que las ales no pueden fermentar. Ello da a las lager una sensación en boca mucho más ligera. Asimismo, las temperaturas bajas de fermentación inhiben la producción de ésteres y fenoles, dando a las cervezas un perfil limpio, sin notas especiadas o afrutadas derivadas de la levadura.

Sin embargo, el proceso de fermentación de la levadura es más lento, por lo que requiere un condicionamiento mucho más largo, a temperaturas cercanas a 0°C (Ica, 2014).

2.5.2. Cepas de levadura

Mientras que hay sólo dos tipos de levadura aptos para la fabricación de cerveza, hay centenares e incluso millones de cepas. Cada una de ellas otorga un carácter distinto a la cerveza. Estas cepas son en general mutaciones que se han desarrollado en respuesta a las condiciones de los procesos de elaboración y a los estilos de cerveza creados y desarrollados en cervecerías. Por ejemplo, muchas de las cervecerías trapistas belgas usan levadura de la abadía trapense de Westmalle. El carácter que cada una de estas cervecerías consigue a partir de la misma levadura varía en gran medida. Aunque esto sea cierto, también lo es que se pueden encontrar características comunes dentro de cada una de las familias de levaduras (Ica, 2014).

Levaduras inglesas. Las *English Yeasts* suelen caracterizarse por dejar un perfil maltosa con altos niveles de ésteres afrutados. Algunas cepas, además, eliminan algunos subproductos de la fermentación, como el diacetilo. En pequeñas cantidades, el diacetilo da a la cerveza un ligero carácter a mantequilla.

Levaduras belgas. El perfil único de estas cepas de levadura es la principal característica de las cervezas belgas. Estas levaduras permiten elaborar cervezas con una particular combinación entre ésteres de banana y de cereza, junto con sutiles notas de ésteres de pimienta negra.

Levaduras de trigo alemanas. Una vez más, los ésteres y el perfil fenólico definen a esta levadura y al estilo de cerveza. Las cervezas de trigo elaboradas con levadura

alemana tienen un carácter fuerte a plátano y clavo. Además, estas levaduras son de floculación débil, hecho que le da a la cerveza una apariencia turbia, debido a la levadura suspendida.

Levaduras americanas. Las cervezas elaboradas con estas levaduras se conocen por su perfil limpio, con bajos niveles de ésteres y fenoles. Además, cuando fermentan a la temperatura más baja posible (según el rango de temperatura con el que actúe la levadura), las levaduras americanas pueden usarse para producir cervezas lager, aunque su principal uso es de alta fermentación. (Ica 2014)



Figura 6. La levadura que se utilizó para el proceso de elaboración de cerveza Levadura safale US 04 de a.f. -15-20°C de 11.5 g.
Fuente: Ramon (2010)

2.5.3. Ciclo Vital de la Levadura

El ciclo vital de la levadura se activa cuando es inoculado al mosto. El crecimiento de la levadura sigue cuatro fases, las cuales son algo arbitrarias porque todas las fases pueden trasladarse en su tiempo y estas cuatro fases son las siguientes. (Kunze, 1996).

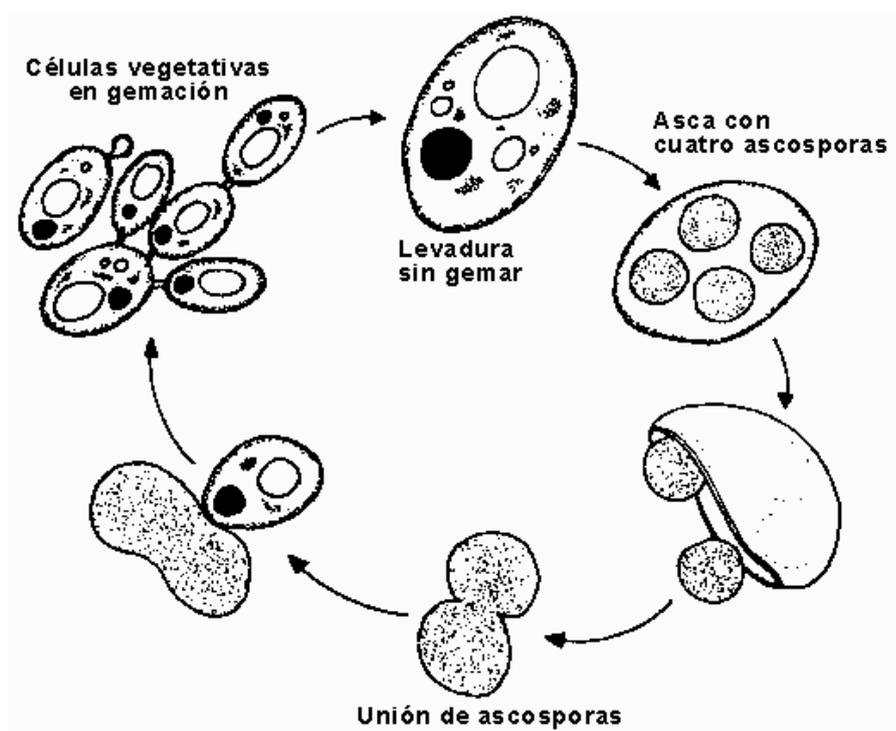


Figura 7. Ciclo Vital de la Levadura.

Fuente: Oliveira (2011).

2.5.4. El período del retraso

La reproducción es la primera gran prioridad que tiene nuestro "starter" y la levadura no empezará a reproducirse y crecer, hasta que no acumulen sus reservas de alimento. Esta etapa es marcada por una baja en el *pH* debido a la utilización del fosfato y una reducción en oxígeno. La sustancia llamada glicógeno, es una reserva intracelular de carbohidratos, es esencial como fuente de energía para la actividad de la célula puesto que los azúcares del mosto no se asimilan temprano en la fase de retraso. La célula de la levadura trae el *glicógeno* almacenado, éste se analiza en la glucosa, el cuál es utilizado por la célula para la reproducción. Los niveles bajos de glicógeno producen niveles anormales de los diketones *del vecinal* (especialmente el diacetyl) y dan lugar a fermentaciones más largas (Kunze, 1996).

2.5.5. La fase del crecimiento

La fase del crecimiento, designada a menudo como la fase de la respiración, sigue a la fase de retraso una vez que las suficientes reservas se acumulen dentro de la levadura. Esta fase es evidente en la cubierta de la espuma en la superficie del mosto debido al bióxido de carbono liberado. En esta fase, las células de la levadura utilizan el oxígeno en el mosto para oxidar una variedad de compuestos ácidos, dando por resultado una baja significativa en el *pH*. En esta conexión, algunas cepas de levadura darán lugar a una caída mucho mayor en el *pH* que otras dentro del mismo mosto de la fermentación (Kunze, 1996).

2.5.6. La fase de la fermentación

La fase de fermentación sigue rápidamente a la fase del crecimiento en que las levaduras han agotado la fuente del oxígeno, es lo que se denomina, un proceso anaeróbico.

"La sobre oxigenación no puede afectar mucho dado que el oxígeno es rápidamente consumido por la levadura en los primeros estados de la fermentación". De todas formas, otros autores agregan también, que si el nivel de sobre oxigenación es muy alto se producirá un crecimiento muy vigoroso de la levadura que podría afectar en contra de la calidad de la cerveza, por el incremento de la producción de esteres y acetaldehídos. Esta fase es caracterizada por la reducción de la densidad del mosto y la producción del dióxido de carbono, etanol, y los sabores de la cerveza. Durante este período, la levadura está sobre todo en suspensión, permitiéndose que la dispersión y el contacto máximo con el mosto de la cerveza se conviertan rápidamente fermentables. En el caso de las levaduras *Ales* la mayoría de las levaduras permanecerán en suspensión a partir de los 3 a los 7 días, después de lo cual comenzarán la floculación y la sedimentación (Kunze, 1996).

2.5.7. La fase de la sedimentación

La fase de sedimentación es el proceso con el cual la levadura flocula y se ubica en el fondo del fermentador después de la fermentación. La levadura comienza a experimentar un proceso que preserve su vida, porque se alista para la inactividad, produciendo la sustancia llamada *glicógeno*. El *glicógeno* es necesario para el mantenimiento de la célula durante inactividad y, según lo mencionado, es una fuente de energía durante la fase de retraso de la fermentación (Kunze, 1996).

2.6. Agua de cerveza

La calidad del agua ha sido reconocida durante siglos como un factor importante para determinar la calidad cervecera. El agua para el proceso de fabricación de cerveza no solo debe satisfacer los requerimientos específicos para asegurar el debido pH de la masa, la debida extracción del lúpulo, buena coagulación en la paila u olla de cocción, sana fermentación y el debido desarrollo del color y sabor dentro de la cerveza terminada (Pérez 2015)

Una cantidad suficiente de calcio resulta esencial dentro del agua cervecera, particularmente durante la maceración. El calcio protege la alfa amilasa contra la destrucción térmica y ayuda así a la licuefacción de la masa. El calcio ayuda a obtener y mantener el debido pH de la masa, ayuda en la floculación del material proteico dentro de la paila u olla de cocción (Perry, R 1998).

El **pH** es el de más importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del **pH** y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio.

El Calcio es necesario para la debida floculación de la levadura y eliminación del oxalato. En suma, un nivel apropiado de calcio dentro del agua cervecera resulta importante para obtener una cerveza estable y de buen sabor.

El Magnesio sirve como una coenzima importante durante la fermentación. Normalmente, la malta contiene suficiente magnesio como para proveer la cantidad requerida. Donde se emplea un elevado porcentaje de adjuntos, resulta aconsejable la adición de pequeñas cantidades de magnesio al agua cervecera.

La elevada alcalinidad contrarresta los efectos beneficiosos del calcio y del magnesio. Por lo tanto, debe controlarse. La utilización del agua alcalina para el lavado del soutuche debe evitarse también, debido al peligro de contraer del grano polifenoles indeseables. (Perry, R. (1998)).

El Sodio y el Potasio Se hallan en todas las aguas naturales, predominando el ion sodio. La mayor parte del potasio presente en la cerveza se deriva de la malta. Estos iones rara vez están presentes en una concentración lo suficientemente elevada como para tener cualquier efecto sobre el sabor de la cerveza.

Los cerveceros prefieren restringir la utilización de aguas con un elevado contenido de **hierro** únicamente a operaciones de refrigeración. Las aguas que tienen un elevado contenido de hierro, frecuentemente contiene también manganeso.

El sulfato contribuye a darle a la cerveza un sabor “más seco” o más “amargo” durante la fermentación

El cloruro. Se considera generalmente que da a la cerveza un sabor más “suave” o “lleno” es una práctica bastante común añadir cloruros a las cervezas oscuras.

El nitrato. En el agua, se considera como una etapa final de oxidación de materia orgánica que contiene nitrógeno, se considera ahora que una elevada concentración de nitrato sea perjudicial para la fermentación, salvo que el nitrato quede reducido a nitrito

por acción bacteriana durante la fermentación. La formación de nitrito puede generar una reducción en el grado de fermentación y tener efectos dañinos sobre la levadura.

El contenido de **sílice** en el agua cervecera no tiene mayor importancia, ya que provienen cantidades muchos mayores de la malta y del grano. No obstante, deben vigilarse los niveles de sílice porque pueden afectar la utilidad del agua, debido a que en elevadas niveles, contribuye a la formación de incrustaciones en la caldera de vapor.

La materia orgánica disuelta causa ocasionalmente desagradables sabores a pescado o moho de cerveza. La eliminación de materia orgánica es una labor de especialista, que requiere técnicas tales como la súper cloración, tratamiento con dióxido de cloro, floculación con alúmina y tratamiento de carbón activado. Está bien documentado que cantidades pequeñísimas de cloro fenoles presentes en la cerveza pueden tener un efecto desastroso sobre el sabor. (Perry, 1998).

Ahora se redacta una lista de requerimientos básicos para una buena agua cervecera:

Debe satisfacer las normas de agua potable.

- Debe ser transparente, incolora, inodora y libre de cualquier sabor objetable.
- La alcalinidad en la fuente debe reducirse a 50 ppm. O menos.
- Si la alcalinidad es de 50 ppm. O menos el pH no es importante y resulta aceptables valores que van desde un pH 4 hasta un pH 9.
- El nivel de cloruros como (NaCl) puede variar según la preferencia del sabor.
- El agua base del macerado. Debe tener aproximadamente 50 ppm. De calcio. Poco más de la mitad de calcio, ya sea proveniente de la malta o de adición de sales se pierde durante la maceración.

- Un nivel de calcio de 40 a 70 ppm. Dentro del cocedor y de la masa principal ayudara a preservar las enzimas y mejorar el rendimiento del extracto.
- Un nivel de 80 a 100 ppm. De calcio dentro del mosto, ayudará a controlar el pH, mejorar el rendimiento de la levadura, La floculación de la levadura, la eliminación del oxalato y a reducir el color del mosto.
- Resulta deseable un contenido de calcio de aproximadamente 60 – 80 ppm. En la cerveza terminada. (Wheaton Frederick, 1969)



Figura 8. Agua de garrafa san Luis
Fuente: (Pérez 2015)

2.7. Diferencia entre las cervezas artesanales e industriales

La cerveza industrial está en todas partes y a un precio más asequible. Pero cada vez son más los bares, restaurantes y establecimientos que tienen cerveza artesanal en su oferta cervecera, hechas en el Perú o importadas de otros países. Tenemos una gamma cada vez más amplio para beber cerveza artesanal y poder elegir entre estas y las cervezas industriales.

Por ello repasaremos las grandes diferencias entre cerveza artesanal y cerveza industrial, que básicamente se encuentran en el proceso de elaboración, en la calidad de los ingredientes y en la formulación del maestro cervecero. Pero hay más aspectos para tener en cuenta. (Wheaton Frederick, 1969)

2.7.1. Ingredientes naturales

Menciona que “la cerveza artesanal se elabora a partir de ingredientes totalmente naturales, que no llevan aditivos artificiales ni conservantes, simplemente agua, levadura, maltas y lúpulos. En cambio, la cerveza industrial se pasteuriza y contiene conservantes. Tradicionalmente la cerveza siempre se ha fabricado a partir de malta de cebada, un material de alta calidad y de coste elevado. Para abaratar costes, los grandes productores industriales usan otros aditivos como el arroz, el maíz o el mijo, elementos menos costosos, pero que producen una cerveza de calidad muy inferior. Por lo tanto, en la etiqueta de las cervezas artesanas no encontraremos nunca ni conservantes ni antioxidantes añadidos artificialmente” (Moyano, 2014).

2.7.2. La receta del maestro cervecero

Menciona que “las cervezas industriales se producen a partir de una receta básica, estándar, muy estudiada y que es resultado de un esfuerzo muy grande por parte de la empresa, pero que busca ingredientes y procesos económicamente viables. Por el contrario, la cerveza artesanal se prueba y modifica en infinitas ocasiones por el maestro cervecero para encontrar la mezcla adecuada con el gusto y el olor buscados. Cada maestro cervecero desarrolla su propia fórmula para conseguir lo que más le gusta a él y a sus clientes. Para ello existen diferentes variedades y cada cerveza es única, haciendo que sea un producto más caro que una cerveza industrial” (Moyano, (2014).

2.7.3. Método de elaboración

Menciona que “el proceso de elaboración de las cervezas artesanales se hace de forma manual o con una mínima ayuda de maquinaria, al contrario de las grandes cerveceras industriales, donde el proceso es automático y la participación humana es mínima.

Las cervezas industriales se someten a un proceso de pasteurización, donde pierden propiedades nutritivas de la cerveza” (Moyano, 2014).

2.7.4. El filtrado

Menciona que “mientras que a la cerveza artesanal se realiza un filtrado manual, sin intervenciones de grandes maquinarias, la cerveza industrial realiza un filtrado químico, que elimina los residuos, pero también destruye levaduras y proteínas de la cerveza, restándole gusto, aroma y propiedades. Aun así, hay que decir que cada vez son más las cerveceras artesanas que optan por sacar estos sedimentos para poder hacer la cerveza visualmente más atractiva” (Moyano, 2014).

2.7.5. Características organolépticas

Sostiene que “la cerveza artesanal es una cerveza completamente diferente de la cerveza industrial, más atractiva y compleja en el gusto. Todo esto hace que una cerveza artesanal tenga siempre más cuerpo, sabor y aroma que una cerveza industrial. Por eso cada vez más, los consumidores valoran las degustaciones de cerveza y se han dado cuenta de la calidad del producto, de las inmensas posibilidades que tiene, de la riqueza que puede aportar a la cocina y de las diferentes variedades que se pueden crear”, asimismo menciona que “Es evidente que la cerveza artesanal es un producto local y de proximidad, mientras que la producción industrial de cerveza responde a un modelo de globalización que utilizan las grandes empresas para expandirse y exportar por todo el mundo. Las cerveceras artesanales suelen ser pequeñas y medianas empresas cercanas a los consumidores, que tienen voluntad de crecer, pero de forma ordenada, coherente y sin perjudicar la calidad del producto final” (Moyano, 2014).

2.7.6. Ámbito de producción

Menciona que “los objetivos de la elaboración de la cerveza artesanal son el gusto y el aroma, mientras que la fabricación de cerveza industrial tiene el objetivo de reducir costes de producción lo máximo posible. Las micro cervecerías que fabrican cerveza artesanal buscan acercar a sus clientes un producto de la más alta calidad y elaborado con arte e ilusión. Por el contrario, las empresas cerveceras industriales buscan aumentar ventas y posicionar marcas, a pesar de que el producto ofrecido a sus clientes sea de una calidad realmente más baja. Hay que decir que una cervecería de gran tamaño puede crear una gran cerveza pero en general no lo hacen porque exceden los costes de mercado” (Moyano, 2014).

2.8. MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)

2.8.1 Descripción botánica

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*), conocida también como “añu”, “isaño” o “cubio” es uno de los tubérculos más importantes después de la papa, olluco y oca; se cultiva principalmente en países Latinoamericanos como son: Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia (National Research Council, 1989); aunque el área de siembra de la mashua es menor que los otros tubérculos andinos, su cultivo no deja de ser importante, pues forma parte de la seguridad alimentaria de miles de familias campesinas de los andes, a través del autoconsumo o la generación de ingresos monetarios (Barrera *et al.*, 2004; Grau *et al.*, 2003).

Crece en alturas de 3000 a 4000 msnm, pero la planta produce sus mejores cosechas y alto rendimiento entre 3500 y 3800 msnm (Hernández y León, 1992). Según Barrera *et al.* (2004) menciona que los rendimientos de la mashua supera a la papa de dos por uno y crece en suelos pobres y sin fertilizantes. El rendimiento promedio nacional es entre 6300-6400 kg/Ha han sido registrados en los períodos de enero a junio en el año 2012 y 2013 (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013). Existen más de 100 variedades que han sido reconocidos (National Research Council, 1989). No existen estudios profundos sobre la variación en *Tropaeolum tuberosum*, algunos autores los clasifican de acuerdo al color, tipo y distribución de colores (Jaeger *et al.*, 2018).



Figura 9. Variedades de Mashua Fuente: Grau *et al.*, (2003)

2.8.2 Clasificación taxonómica

Según Villagomez y Rodriguez (2000) citado por Cuya R. (2009), la Mashua tiene la siguiente clasificación taxonómica.

División: Espermatofita

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Icotiledóneas

Súper clase: Archidamideas

Orden: Geraniales (Gruinales)

Familia: Tropaeolaceae

Género: Tropaeolum

Especie: *Tropaeolum tuberosum*

Los tubérculos pueden ser cónicos alargados rectos o curvos, el aspecto ceroso de la superficie se debe a la epidermis gruesa de sus paredes exteriores, su color puede variar entre blanco amarillento, amarillo claro, amarillo oscuro, anaranjado, morado jaspeado y negra dependiendo su variedad, son por lo general de 5 a 15 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho (Hernández y León, 1992).

Existen al menos de nueve colores: blanco amarillento, amarillo pálido, amarillo, amarillo naranja, naranja, rojo grisáceo, rojo grisáceo oscuro, púrpura grisácea y negra, siendo dominante el amarillo con ojos negruzcos o anaranjados. También son comunes los tubérculos con fondo claro con color secundario, distribuido en los ojos y bandas irregulares sobre tuberizaciones o también en forma de puntos densos o manchas irregularmente distribuidos. Los ojos del mashua son siempre profundos, anchos y estrechos, sin brácteas (Ortega, 1992).

2.8.3 Usos

Se utiliza la mashua en diversas aplicaciones gastronómicas como en la preparación de sopas, purés, ensaladas, mermeladas, harinas y postres en general (Jaramillo, 2007). Además, el tubérculo se cultiva con el objeto de aprovechar con fines medicinales y ornamentales, preparando fundamentalmente bebidas medicinales debido a su poder para eliminar dolencias renales, problemas de la próstata, enfermedades del hígado y disminuir la generación de radicales libres que genera cáncer. Asimismo, posee efectos insecticidas, nematocidas, bactericidas y cierta cantidad es destinada para el consumo animal (Ortega, 1992).

La mashua generalmente se consume por su valor diurético y nutritivo, es consumida de tres formas fundamentales con agrado por adultos y niños del área rural: Cocido, en una pachamanca, o en el horno ya que adquiere un sabor especial semejante al camote, además es el modo en el cual se elimina por completo el sabor picante y astringente, los cuales son factores fundamentales para aumentar su consumo e industrialización (Salas, 1998).

2.8.4 Valor nutritivo

La mashua tiene un elevado contenido de proteínas (mayor a los de la papa), carbohidratos, fibra, ácido ascórbico y calorías. También contiene una elevada concentración de glucosinolatos aromáticos que al ser hidrolizados se transforman en isotiocianatos, compuestos químicos responsables de otorgar el típico sabor picante a los tubérculos. Los isotiocianatos son conocidos por sus propiedades antibióticas, nematocidas, anticancerígena y deuretica, lo que contribuye a sustentar el uso tradicional de la mashua en la medicina folclórica.

El valor nutritivo de la mashua es alto, algunas variedades de este tubérculo pueden contener apreciables cantidades de carotenos (vitamina A), vitamina C, además tiene una cantidad elevada de aminoácidos esenciales como lisina, aminoácido limitante en muchos cereales y leguminosas (Espinoza *et al.*, 2002). Además contiene minerales como el K, P, Fe, Mn, Zn, Cu y en su almacenamiento de éstas, aumenta la dulzura, esto se debe a la hidrolización de los almidones en azúcar, asimismo el valor nutritivo supera a la papa (Chirinos *et al.*, 2007). En la tabla 4, se puede observar la composición química de la mashua.

Tabla 4. Composición química de la mashua (g/100g)

Componentes	Base húmeda (b.h.)		Base seca (b.s.)		
	Rango	Promedio	Promedio	Rango	Promedio
Humedad (%)	79,10-88,80	87,40	86,00	-	-
Carbohidratos(g)	-	9,80	11,00	-	78,60
Proteína (g)	1,13- 2,65	1,50	1,60	6,70-15,70	11,40
Grasa (g)	-	0,70	0,60	0,10- 1,40	4,30
Cenizas (g)	0,56- 1,08	0,60	0,80	4,20- 6,50	5,70
Fibra (g)	-	0,90	0,80	7,80- 8,60	-
Azúcares (g)	5,37- 9,33	-	-	-	-
Potasio (mg)	1,28- 1,76	-	-	-	-
Fósforo (mg)	0,61- 0,83	29,00	42,00	-	300,00
Calcio (mg)	-	12,00	7,00	-	50,00
Hierro (mg)	-	1,00	1,20	-	8,60
Vitamina. A	-	-	15,00	-	214,00
Tiamina (mg)	-	0,10	0,06	-	0,46
Riboflavina.	-	0,12	0,08	-	0,57
Niacina (mg)	-	0,67	0,60	-	4,30
Vitamina C	-	77,50	67,00	-	476,00

Fuentes: Tapia (2012)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.1.1. Materiales:

Se utilizó durante el proceso de elaboración de cerveza artesanal los siguientes materiales:

- **Malta de cebada** denominada maltas base pale ale y Pilsen fue adquirida de la casa Comercial Cerveceros Artesanales – Insumos Perú.
- **Lúpulo**, denominado admiral y cascade en forma de pellet 7 % aa.
- **Levadura**, safale US 04 de alta fermentación, US. 05 de A.F. 18- 22°C de 11.5 g.
- **Mashua amarillo**, fue obtenida de las muestras de material genético de la colección local de tuberosas andinas del centro de producción e investigación Camacani del distrito de Platería.
- **Agua de mesa** “San Luis” envasado en botella.

3.1.2. Equipos

En el Tabla 5 se describe las características de los equipos utilizados en el trayecto de la investigación.

Tabla 5. En la elaboración de cerveza se requieren los siguientes equipos:

Olla de maceración	Acero inoxidable calidad AISE 304-2B Volumen total: 40 litros termómetro incorporado.
Olla de cocción	Acero inoxidable calidad AISE 304-2B Volumen total: 40 litros termómetro incorporado.
Equipo de intercambiador de calor	Serpentín de cobre o acero recubierto por manguera boquillas de doble pasó para el intercambio de fluido.
Equipo de fermentación	Acero inoxidable calidad AISE 304-2B Volumen total: 70 litro, chaqueta térmico para el aislamiento térmico, airblock incorporado en la parte superior, cerrado hermético.
Equipo de sellado y enchapado	Manual tipo cangrejo material polietileno
Balón de gas propano	Peso 50 kilos

Fuente: Planta piloto de Alimentos Ingeniería Química, Centro poblado de salcedo – Puno.

3.1.3: Instrumentos

En la elaboración de cerveza se requieren los siguientes instrumentos:

Termómetro de 0 a 100°C

Densímetro de 1000 a 1100 °C

Refractómetro portátil A.T.C de 0 - 33 % de °Brix.

Probeta graduada de 25ml, 100 ml, y 250 ml. De PIREX – VISTA.

Vaso de precipitado de 25 ml, 50 ml, y 100 ml. PIREX.

Balanza analítica Dakota 300X

Balanza gramera digital Max precisión.

Chapadora doble palanca Balliio 210

Desinfectador de botellas Modelo Spin

Canola para embotellar de plástico de calidad alimentaria.

Molino de granos manual, material galvanizado Victoria MM - V

pH-metro digital Hanna – Hi 9818.

Pipeta de vidrio 10 ml.

Jarra de medidor de un litro plástico de calidad alimentaria.

Balde de 20 litros plástico de calidad alimentaria.

Lavadores de plástico

Botella de vidrio de 620 ml.

Chapas de metal

Cascos de cerveza de plástico polipropileno duro.

Etiquetas.

3.1.4. Reactivos

En la elaboración de cerveza se requieren los siguientes reactivos

Tintura de yodo

Alcohol desinfectante de 96 °

Agua destilada

Sosa caustica

Detergente alcalino

Solución tampón pH= 7,0 y pH= 4,0

Desinfectante (ácido parasítico)

3.2. Metodología

3.2.1. Proceso de elaboración de cerveza artesanal y fundamentos

El proceso consiste en mezclar la malta molida con agua y mantener a una temperatura de 72°C durante 2 horas, se hierve el agua en segunda olla de acero inoxidable, cuando se agrega la malta la temperatura disminuye hasta 64 a 62 °C, y se deja reposar manteniendo la temperatura constante durante 2 horas y empiecen a transformar el azúcares fermentables de la malta y su conversión en mosto, para el presente trabajo de investigación muestra en la figura 10 el flujograma de proceso de elaboración artesanal a mano es decir sin uso de equipos industriales. La elaboración de cerveza consta de proceso definido como método artesanal. Sin embargo estos procesos pueden variar de acuerdo al método procesamiento empleado. A continuación se describe el proceso de elaboración artesanal fue los fundamentos de la transformación de los ingredientes para obtener dichos productos. (Suqui 2015)

3.3. Elaboración de cerveza artesanal (Flujograma)

Este proceso de elaboración de cerveza método artesanal es el tradicional hecho a mano y se detalla en el siguiente diagrama de flujo.

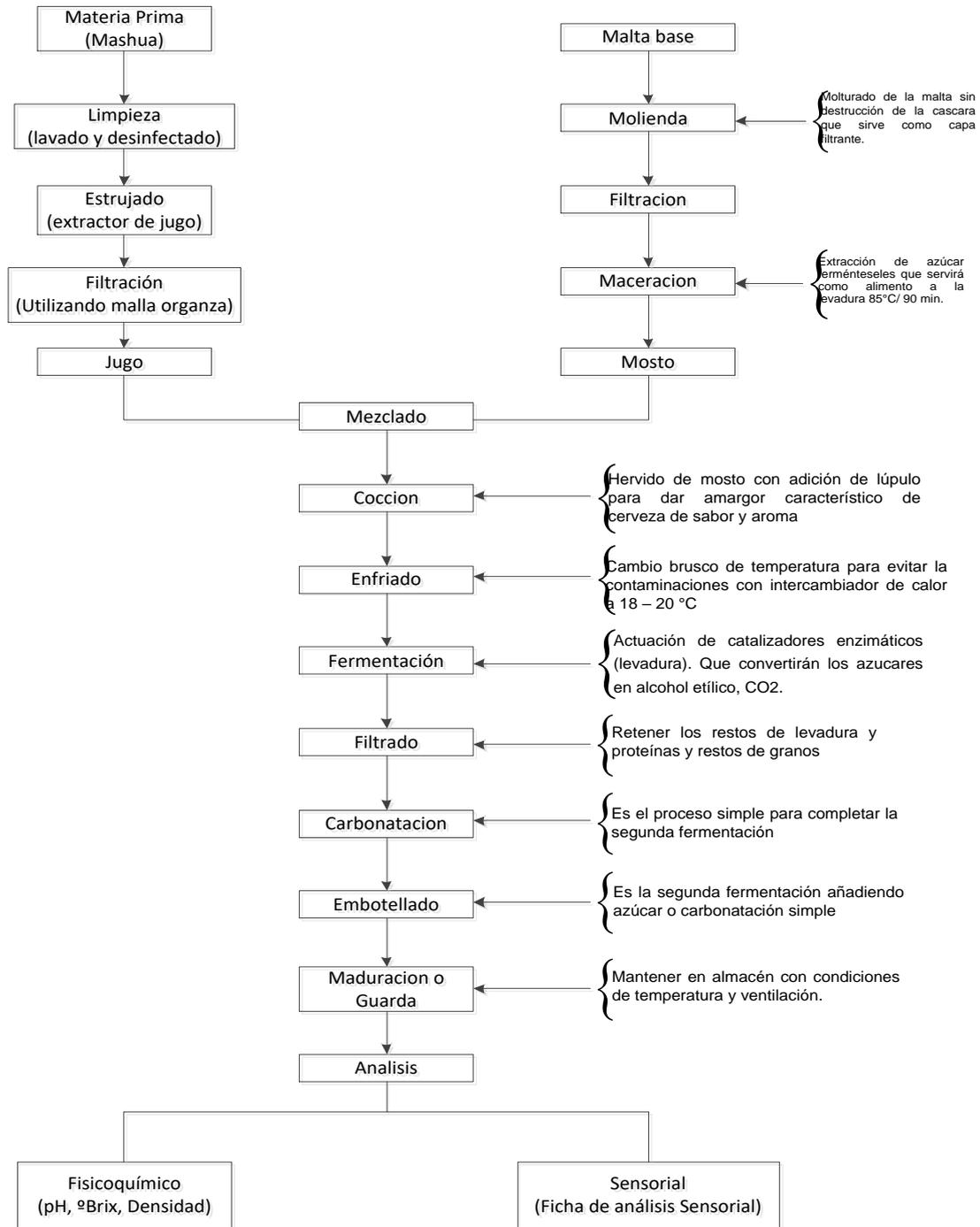


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso experimental
Fuente: elaboración propia

Descripción de la figura 10

3.3.1. Malta de cebada

Se trabajó con malta comercial denominada malta base pale ale y Pilsen que fue adquirida de la casa comercial Cerveceros Artesanales – Insumos Perú

3.3.2. Molienda

Los granos de malta fueron molturado para permitir la solubilidad de la maltosa y facilitar y la difusión de las enzimas (Cantero, 2015) para efecto de sacarificación y posterior fermentación.

3.3.3. Macerado de la malta

El proceso consiste en mezclar la malta molturada con agua y mantener a una temperatura de 72°C, cuando se agrega la malta la temperatura disminuye hasta 64 a 62 °C, y se deja reposar manteniendo la temperatura constante durante 2 horas, donde el azúcar transformado en el momento de germinación de la cebada y empiecen a transformar el almidón en azúcares fermentables para ser convertido en mosto (Cantero, 2015)

3.3.4. Cocción del mosto

El mosto se sometió a ebullición durante 1 hora y media luego se agrega el lúpulo previamente calculado se añade en 3 fases, en primera fase de ebullición a 20 min un 25 % para dar el amargor, en la segunda fase a los 45 min de ebullición conjuntamente con estrujado de mashua para dar el sabor y tercer fase es la etapa final cocción para aportar el aroma característico de la cerveza; además cumple la esterilización del mosto e eliminar la espuma que se va formando, es fundamental vigilar el tiempo de ebullición del mosto.

3.3.5. Enfriado del mosto

Una vez finalizada la cocción se procedió con la operación de filtrado, simultáneamente el enfriado se realizó en baño de agua helada hasta alcanzar temperatura de 20 °C procurando la rapidez correspondiente para evitar los procesos de oxidación. Este paso duro 20 min. Como máximo.

3.3.6. Fermentación

Después de la cocción del mosto se enfrió con el equipo de intercambiador de calor, agua (contra corriente) para obtener el mosto a una temperatura de 18 a 20 °C, luego se transfiere al fermentador para añadir la solución de levadura previamente activada (calentar agua en un vaso precipitación, hasta una temperatura de 18 a 22 °C se vierte la levadura y se dejó reposar durante 15 min.) para luego añadir rápidamente al fermentador, se coloca el airlock para eliminar el CO₂ producto de la fermentación alcohólica y se deja reposar el tiempo necesario.

La cantidad total de levadura se calculó teniendo en cuenta el volumen de mosto. La fermentación se llevó a cabo entre 9°C, 12°C y 14°C, de las 3 muestras así mismo se realizó cata permanente, además la observación visual y olfativa, evaluando así su evolución de las características sensoriales, también el diagnóstico de posibles contaminaciones o defectos en la fermentación.

La fermentación alcohólica, es un proceso biológico que se realiza en ausencia del oxígeno, ocasionando por la actividad de microorganismos que metabolizan los carbohidratos (glucosa, fructosa, sacarosa, almidón) para obtener productos finales como: etanol dióxido de carbono y ATP. Esta transformación se representa mediante la

siguiente ecuación: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$, El propósito biológico de este proceso consiste en proporcionar energía anaeróbica a los microorganismos unicelulares, para lo cual descomponen las moléculas de glucosa y obtiene la energía Necesaria para sobrevivir, originando alcohol y CO_2 como desecho. (Raymond, *et.al.* 2003)

3.3.7. Filtrado

Operación que toma importancia para asegurar una cerveza visualmente atractiva, por consiguiente, se realizó por medio del filtrado se separó los restos de levaduras, las proteínas y granos restantes, Filtro prensa hecho de placas y marcos de teflón-polipropileno y con tanque distribuidor de tierra filtrante,

3.3.8. Carbonatación

Una vez que el volumen en la botella sea el apropiado se procedió a la carbonatación añadiendo 7g/l, para que el proceso de absorción y difusividad de gas sea completa se realizó a temperatura de 8°C a 14°C, además el proceso se completó con una segunda fermentación para obtener una buena mezcla de líquido – gas.

3.3.9. Embotellado o Llenado

Es el proceso de llenado de la cerveza utilizando un sistema de sifón o canola de llenado las botellas deben estar en la posición correcta para evitar el escape del producto y el suministro de la presión del trabajo.

3.3.10. Coronado (enchapado)

El coronado o enchapado de la botella se realizó de manera manual ejerciendo una fuerza con enchapador tipo cangrejo ejerciendo la presión requerida relacionado con el envase. Luego para corroborar el buen sellado se agita el envase con el fin de verificar si existiese fuga de gas CO₂.

3.3.11. Almacenado

El almacenamiento tiene el propósito de maduración, es el proceso final para la obtención del producto, en este proceso la cerveza por acción de las levaduras restantes realiza una segunda fermentación la cual ayuda a la producción de espuma, acentúa los aromas y sabores y le confiere el color final a la cerveza todo ello por acción y reacciones químicas y enzimáticas.

3.4. Diseño experimental

Se utilizó tres formulaciones, donde indica en el tabla 6, los análisis Físicoquímico de la cerveza artesanal fueron los variables pH, grados °Brix, y densidad de muestras fermentadas a temperaturas 9°C, 12°C y 14°C como indica en tablas y los análisis sensoriales de los variables se presentan resultados de la evaluación sensorial de las características de color, aroma, sabor y espuma. Se expone el diseño experimental estudiado en el modelo de diseño completamente aleatorio (DCA), los resultados se analizó con ANVA. Con un nivel de confianza de 95 % este análisis evidencia la existencia de diferencia significativa

Tabla 6. Tratamiento para la presente investigación

Símbolo	M1	M2	M3
Proporción	99.5% Malta.	99% Malta.	98.5% Malta.

Fuente: Elaboración propia

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de parámetros físico-químico de la cerveza artesanal

4.1.1. Evaluación de °Brix

En la Figura 11 se presenta el efecto del tiempo en los °Brix en el proceso de fermentación de cerveza artesanal, en donde se observa que a medida que se ha incrementado el tiempo de fermentación el contenido de sólidos disminuye, esto sucede en las temperaturas de 09°C, 12°C y 14°C con las que se ha trabajado en donde, se observa que a mayor temperatura existe mayor disminución de los °Brix, por tanto existe mayor conversión de los azúcares en etanol, haciendo una comparación según (Hermosa 2013) donde menciona que para mejorar el rendimiento se evalúa sus propiedades fisicoquímicas, con esto concluimos que a mayor tiempo su grados brix se estabilizan juntamente con la temperatura, donde se puede visualizar con claridad la temperatura de 12°C a mayor tiempo en días.

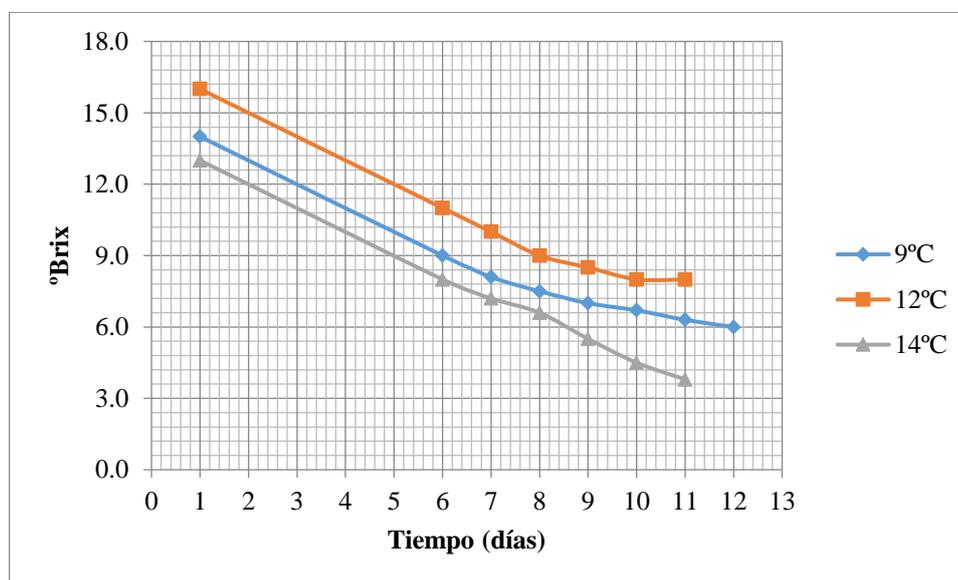


Figura 11. Efecto del tiempo en los °Brix en el proceso de fermentación

4.1.2. Evaluación de pH

En la Figura 12 presenta el efecto en estación al pH del mosto en el proceso de fermentación de cerveza artesanal, en donde se observa que a medida que se incrementa el tiempo de fermentación el pH disminuye, esto sucede en las temperaturas de 9°C, 12°C y 14°C estudiadas, con mayor significancias fue hasta los 9 días de fermentación, pasado este tiempo tiende a estabilizarse, por lo que comparando que lo que menciona (Chicani, *et al.*, 2012), donde menciona que el pH llega a estabilizarse a un promedio de 4.2.

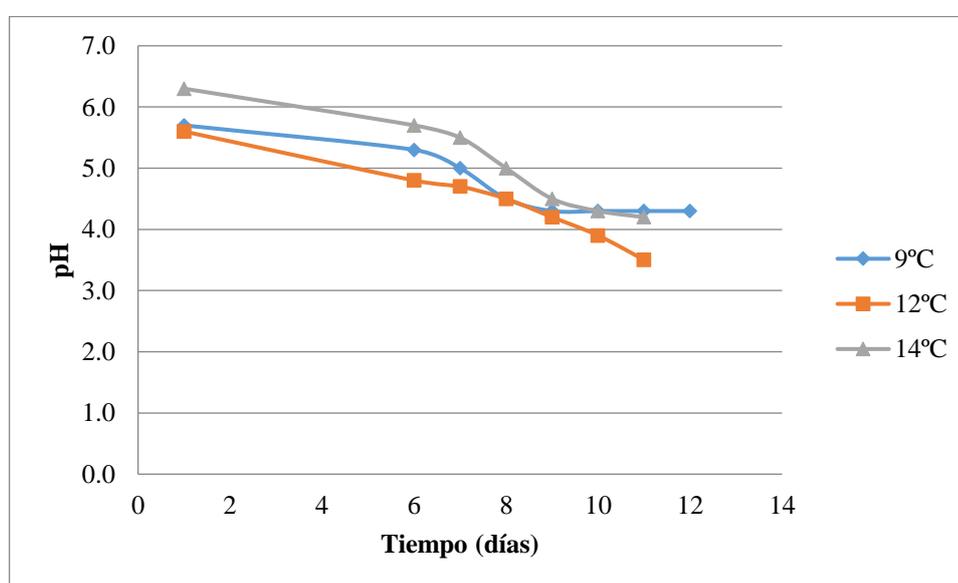


Figura 12. Efecto del tiempo en el pH en el proceso de fermentación

4.1.3. Evaluación de densidad

En la Figura 13 se presenta el efecto del tiempo en la densidad del mosto en el proceso de fermentación de cerveza artesanal, en donde se observa que a medida que se incrementa el tiempo de fermentación la densidad disminuye, esto sucede en las temperaturas de 9°C, 12°C y 14°C estudiadas, con mayor velocidad hasta los 9 días de fermentación la densidad tiende a estabilizarse teniendo como datos 1,010 a 1,015 g/cm³ en relación con la temperatura junto con el tiempo según (Suqui, 2015), donde su

densidad es 1.010 y 1.015 g/cm³ por lo que se encuentra dentro de los datos estipulados en otras investigaciones

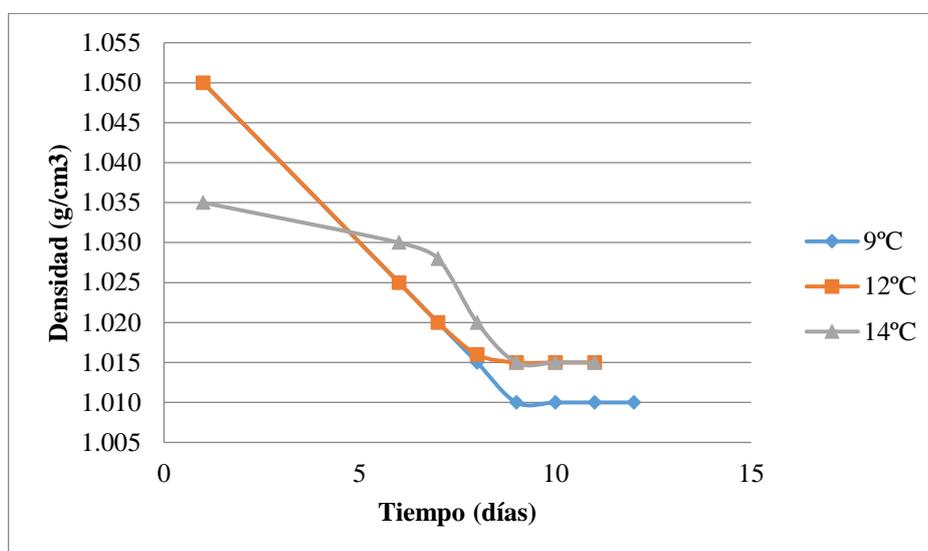
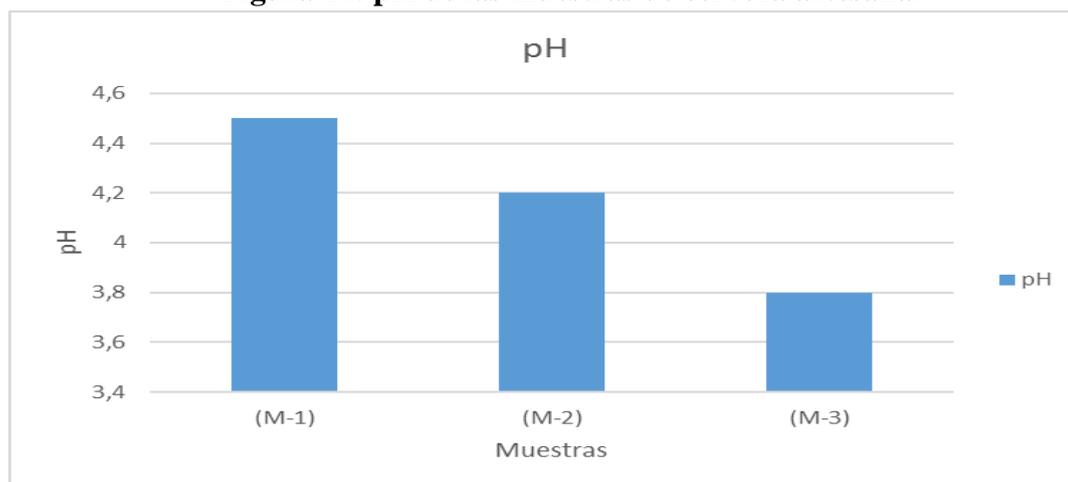


Figura 13. Efecto del tiempo en densidad en el proceso de fermentación

4.1.4. Evaluar los atributos de calidad de la cerveza artesanal

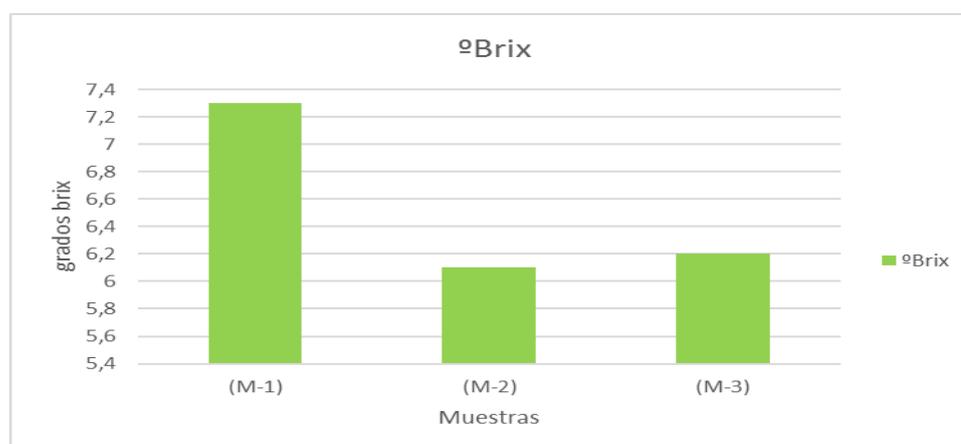
Resultado de pH

En la figura 14 se presenta el resultado de pH, que es esencial de la cerveza, porque influye en varios factores como el crecimiento de microorganismos, la intensidad del color, la actividad enzimática, el sabor y el potencial de oxireducción, como se explica en (Oliveira, 2011), en las pruebas que se ha realizado se tiene datos en la M-1 un pH de 4,5 M-2 un pH de 4,2 y M-3 un pH de 3.8 haciendo la comparación según el resultado obtenido exhibe un pH 4 a 5, considerado un rango normal para la cerveza (Chicani, Calsin, Pauro, & Lima, 2012.) y otros estudios obtenidos por (Piacentini, Savi, Olivo, & Scussel, 2015).

Figura 14: pH de las muestras de cerveza artesanal

4.1.5. La evaluación de sólidos solubles

En la Figura 15 se observa que el contenido de sólidos solubles disminuye de 4,3 en la muestra M-1, M-2 6,1 grados brix y M-3 tiene 6,18 grados brix, durante la fermentación, la concentración de extracto (principalmente azúcares derivados de la malta, que también incluye otro material soluble en mosto) como porcentaje en peso que se convierte en etanol, los sólidos solubles finales encontrados en el presente trabajo expresado en °Brix o °Plato (Almonacid, Nájera, Young, Simpson, & Acevedo, 2012) los datos que se ha obtenido están dentro de los parámetros para su buen uso y estos a la vez son coincidentes con (Giovenzana, Beghi, & Guidetti, 2014).

**Figura 15: Sólidos solubles en la cerveza artesanal**

4.1.6. Análisis de etanol (alcohol)

En la figura 16 se observa que el contenido de alcohol tiene 1 % de Variación. Esto debido a que el almidón se convierte en azúcar durante el proceso de fermentación y en ese proceso se ha convertido en etanol, con esto decimos que el comportamiento durante la fermentación ha sido igual en las tres muestras con las que se ha trabajado llegando al mismo valor en su porcentaje alcohólico, haciendo una comparación con las Normas Técnicas de Nicaragua, indica cerveza con alcohol es la que tiene un contenido alcohólico superior a 0,5 % en volumen hasta 5% en volumen de baja graduación y 6% en volumen hasta más de 12 % en volumen de alcohol de alta graduación.

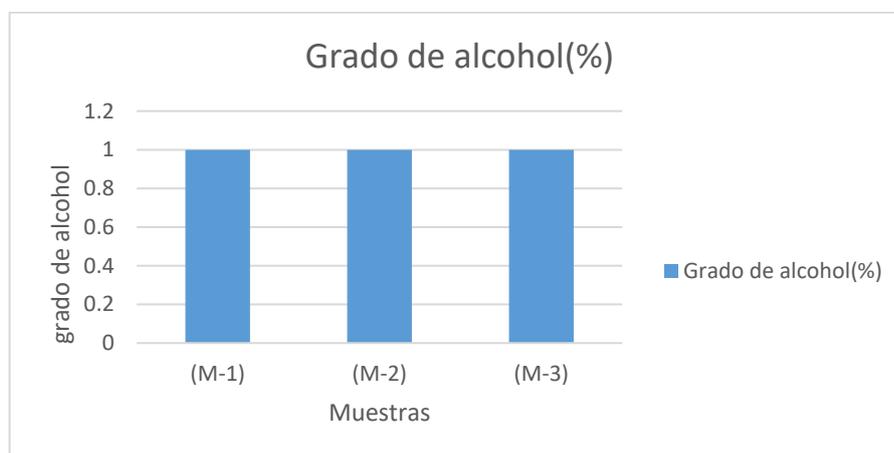


Figura 16. Comportamiento del grado alcohólico de mashua
Fuente: elaboración propia

4.1.7. La evaluación de la densidad

En la Figura 17 se presenta el resultado del monitoreo del fenómeno de la transformación de azúcares en alcohol que se expresa como gravedad específica o °Plato en donde las cervezas experimentales contenían una gran cantidad de células viables de cepa Sb (que oscilaban entre 8×10^6 y 7.0×10^7 / mL) (Capece et al., 2018). El mosto muestra elevada densidad debido a la alta gravedad específica del azúcar, mientras la cerveza posee baja gravedad específica por el contenido de etanol en donde M1-1 es de 0,99, M2-2 0,9885 y

M3-3 que tiene 0,985, haciendo una comparación del resultado que coincide con (Chicani, Calsin, Pauro, & Lima, 2012).

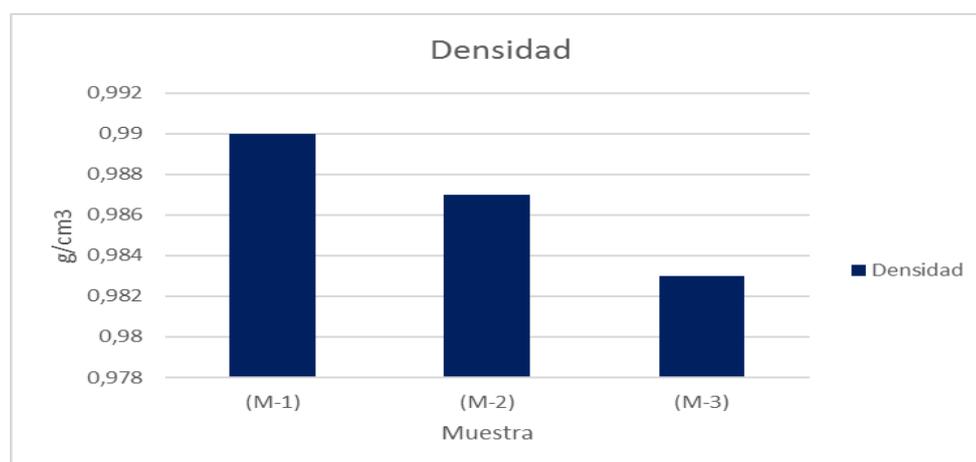


Figura 17: Densidad (gravedad específica) de la cerveza artesanal

4.1.8. Resultado de proteína determinada en la cerveza artesanal

La mayoría de los investigadores están de acuerdo en que las proteínas son el factor más imperativo de la formación de espuma. La cerveza tiene aproximadamente 2 a 6 g /L de proteínas solubles en agua con un peso molecular de 5 o 100 kDa proveniente de la cebada mientras tanto, en el presente trabajo se evidencia en un rango 2.37% a 2.36 % que son similares con los que ha obtenido superando en un margen amplio eso implica que el izaño es una planta curativa (Hermosa, 2013).

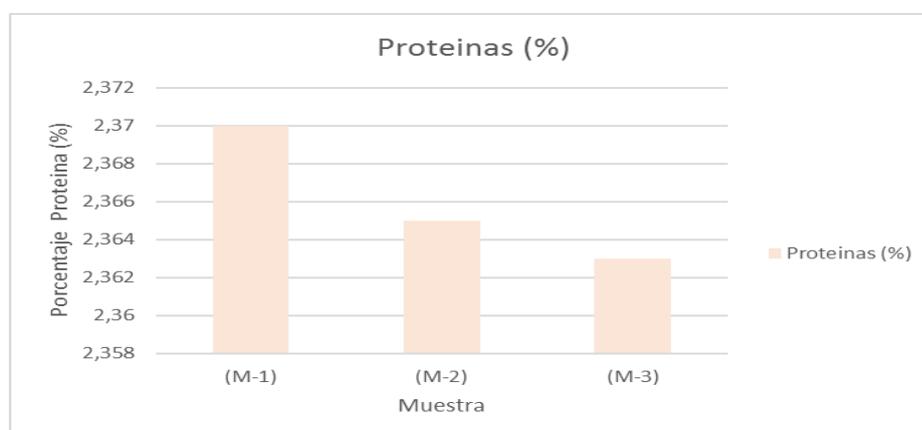


Figura 18: Proteínas determinada en la cerveza artesanal

4.1.9. Resultado de acidez titulable expresada en ácido láctico

El acidez de la cerveza principalmente se asocia con la levadura utilizada y el metabolismo bacteriano con generación de compuestos complejos que confiere el sabor a la cerveza, principalmente expresado en ácido láctico en rango de 500 a 600 ppm (Spedding & Aiken, 2015), sin embargo, la cerveza normal debe contener tener 200mg/l de ácido láctico (Lachenmeier, 2007).

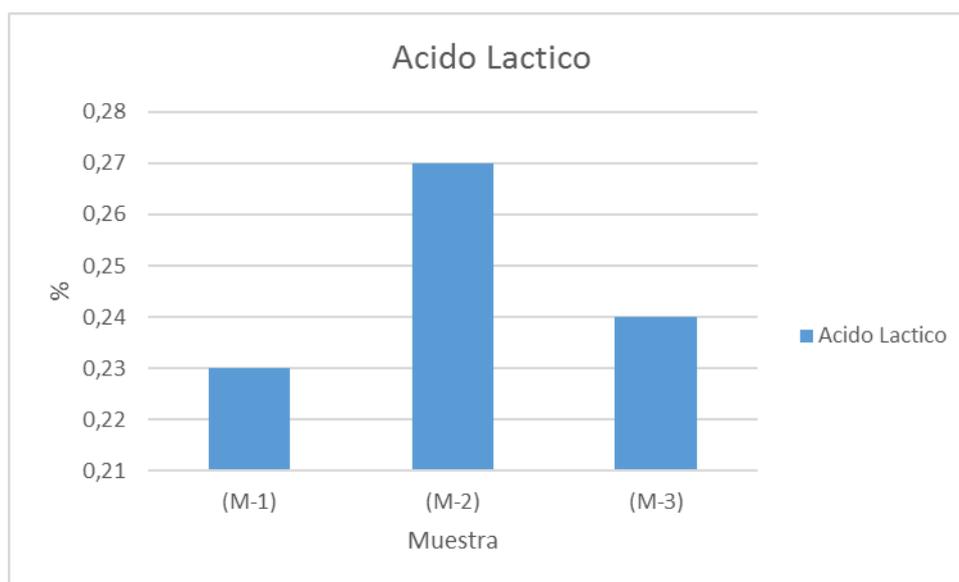


Figura 19: acidez titulable expresada en ácido láctico

4.2. De la aceptabilidad de la cerveza artesanal

4.2.1. La evaluación del color de la cerveza artesanal

En la tabla 7 se presentan resultados estadísticos de la evaluación sensorial respecto al color, de las M1, M2 y M3 en estudio, de acuerdo al ANVA correspondiente, nos muestra que hay diferencias no significativas al 95% de probabilidad, lo que nos indica que la percepción del color por los jueces consumidores habituales de cerveza, fue homogénea por lo tanto no hay diferencia en las apreciaciones del color. Para el caso del color si muestran diferencia significativa, sin embargo la figura 20 muestra los resultados para la muestra A de las cartillas de evaluación por parte de los jueces evaluadores

Tabla 7: ANVA para análisis sensorial del color de las 3 muestras

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Panelista	127.5263158	18	7.084795322	0.798528	0.693003736	1.798235558
color	726.1447368	3	242.0482456	27.28128	7.10644E-11	2.77576237
Error	479.1052632	54	8.872319688			
Total	1332.776316	75				



Figura 20 : Color de las muestras estudiadas,

De acuerdo a la figura 20 la M1 presenta mayor valor de color en la escala hedónica, esto puede ser debido a la presencia de 0.5% mashua y al tiempo de fermentación, asimismo la M2 el color es ligeramente aceptado y en el M3 el color. Según Gonzales *et al.*, (2013), indican que la cerveza tradicional con amaranto, luego de una evaluación sensorial el 63% de los consumidores como muy agradable el color de la cerveza y el 31% considera

agradable, resumiendo que el 94% de consumidores habituales aceptan el color de la cerveza, al respecto Flores, (2018) afirma que El color de las cervezas de maíz, azul se encontró en valores de SRM (Standard Reference Method) entre 13 y 16, que corresponden a un color cobrizo ligero y cobrizo intenso, respectivamente, asimismo indica que el color de las muestras fue el resultado de la extracción de antocianinas, de carotenoides provenientes del chile, de cromóforos provenientes de la malta tostada (en los estilos del 5 al 8) y de los productos de Maillard obtenidos durante la ebullición del mosto, así como de las condiciones a que se sometieron estos compuestos durante el proceso de elaboración.

4.2.2. La evaluación del aroma en muestras de cerveza artesanal

En la tabla 8 se muestran resultados del ANVA de la evaluación sensorial respecto al aroma de las M1, M2 y M3 en estudio, nos muestra que no hay diferencias significativas al 95% de probabilidad, respecto a panelistas y de igual forma respecto al aroma, lo que nos indica que la percepción del color por los jueces consumidores habituales de cerveza, fue homogénea por lo tanto no hay diferencia estadística en las apreciaciones del aroma.

Tabla 8: ANVA para análisis sensorial del aroma de las 3 muestras

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Panelistas	166.2368421	18	9.235380117	1.130795394	0.350311404	1.798235558
Aroma	720.4736842	3	240.1578947	29.40533445	2.08973E-11	2.77576237
Error	441.0263158	54	8.167153996			
Total	1327.736842	75				

Al caso en la figura 21 muestra los resultados para la M1, M2 y M3 respecto al aroma a partir de la evaluación sensorial por parte de los jueces consumidores de cerveza habitualmente.

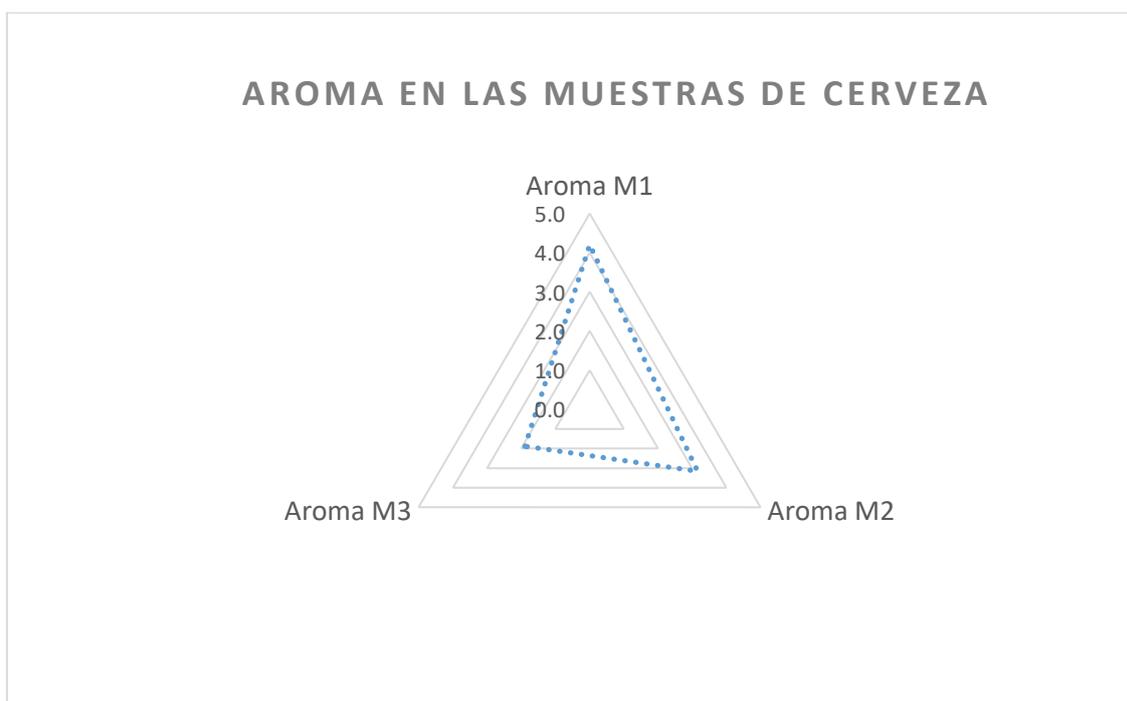


Figura 21 : Aroma de las muestras estudiadas,

Según la figura 21 la M1 presenta mayor valor de aroma en la escala hedónica, esto puede ser debido a la presencia mínima de 0.5% de mashua y al tiempo de fermentación,

asimismo la M2 el aroma es agradable y en el M3 el aroma es no agradable para los evaluadores, esto tal vez sea por la mayor presencia de extracto de mashua. Por su parte Balcells, (2014) refiere que entre los aromas más evidenciados en la cerveza se encuentran los tostados, los amaderados y los similares a cereal crudo. Por otro lado Mason y Dufour (2000) afirman que durante la producción de cerveza, junto con la formación de dióxido de carbono y etanol, se genera una amplia variedad de compuestos de vital importancia para lo que comúnmente se conoce como *flavor*, es decir, el sabor y el aroma. Entre ellos, los ésteres conforman el grupo de compuestos que inciden de manera significativa en la calidad sensorial del producto final por su parte He, (2014), asevera que la levadura es una factor determinante en el perfil aromático de las cervezas, uno de los factores más importantes que afecta a la producción de ésteres durante la producción de cerveza es, sin duda, la cepa de levadura utilizada. El diferente aroma y sabor generado por un tipo de levadura respecto de otro en vinculación directa con los ésteres producidos, puede deberse a diferencias interespecíficas en términos genómicos, en los mecanismos de regulación de la expresión de los genes responsables de la síntesis de dichos ésteres y en la actividad de las enzimas participantes.

4.2.3 La evaluación del sabor en muestras de cerveza artesanal

En la tabla 9 se muestran resultados del ANVA de la evaluación sensorial con referencia al sabor de las M1, M2 y M3 en estudio, asimismo nos muestra que no hay diferencias significativas al 95% de probabilidad, respecto a panelistas y de igual forma respecto al sabor lo que nos indica que la percepción del sabor por los jueces consumidores habituales de cerveza, fue homogénea por lo tanto no hay diferencia estadística en las apreciaciones del aroma.

Tabla 9: ANVA para análisis sensorial del sabor de las 3 muestras

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Panelista	162.1578947	18	9.00877193	1.09449378	0.38250259	1.798235558
Sabor	680.7763158	3	226.9254386	27.569627	5.99891E-11	2.77576237
Error	444.4736842	54	8.230994152			
Total	1287.407895	75				

Al caso en la figura 22 muestra los resultados para la M1, M2 y M3 respecto al aroma a partir de la evaluación sensorial por parte de los jueces consumidores de cerveza habitualmente. Al respecto González (2017), expresa que los adjuntos cerveceros deben ser añadidos en cantidades que no afecten significativamente el sabor, el contenido sacarino del mosto puede desnivelar el sabor, el exceso de acidez y astringencia, también influye, por ende el 75% de banano agregado como sustitución parcial de la cebada se ve influenciado en el sabor de la cerveza artesanal,



Figura 22 : Sabor de las muestras estudiadas,

De acuerdo a la figura 22 la M1 presenta mayor valor de aroma en la escala hedónica, con características de agradable a aceptable, esto podría deberse a la presencia mínima de 0.5% de mashua y al tiempo de fermentación, asimismo la M2y M3, de acuerdo a la escala están entre aceptable y no agradable para los evaluadores que consumen cerveza habitualmente esta apreciación puede ser por el contenido de 1% de extracto de mashua. Por su parte Balcells, (2014) refiere que entre los aromas más evidenciados en la cerveza se encuentran los tostados, los amaderados y los similares a cereal crudo. Por otro lado Mason y Dufour (2000) afirman que durante la producción de cerveza, junto con la formación de dióxido de carbono y etanol, se genera una amplia variedad de compuestos de vital importancia para lo que comúnmente se conoce como *flavor*, es decir, el sabor y el aroma. Entre ellos, los ésteres conforman el grupo de compuestos que inciden de manera significativa en la calidad sensorial del producto final, por su parte Adenuga *et al.* (2010) utilizaron plantas con principios amargos como sustitutos parciales del lúpulo

en la cerveza a base de sorgo obteniendo resultados satisfactorios. Por el contrario investigaciones como la de Cinkmains *et al.* (2014) demostraron la poca aceptabilidad sensorial de la cerveza al agregar ajeno en dosis de 0.2 g/L, en la cual los catadores atribuyeron su desagrado debido a un sabor amargo excesivamente fuerte. Del mismo modo en el estudio de Dordevic *et al.*(2015) quienes determinaron la aceptabilidad sensorial de una cerveza comercial, a la que añadieron extracto de tomillo en dosis de 0.50 mL/L, los resultados demostraron una puntuación sensorial inferior, en relación con la cerveza dorada comercial

4.2.4 La evaluación de la espuma en muestras de cerveza artesanal

En la tabla 10 se muestran resultados del análisis estadístico mediante el ANVA de la evaluación sensorial con referencia a la espuma de las M1, M2 y M3 en estudio, asimismo nos muestra que no hay diferencias significativas al 95% de probabilidad, respecto a panelistas y de igual forma respecto al sabor lo que nos indica que la cantidad de espuma observada por los jueces consumidores habituales de cerveza, fue homogénea por lo tanto no hay diferencia estadística en las apreciaciones de la espuma.

Tabla 10: ANVA análisis sensorial del espuma de las 3 muestras

<i>Origen de la variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Panelista	146.7894737	18	8.15497076	0.95721313	0.519079274	1.798235558
Espuma	761.1973684	3	253.7324561	29.7825764	1.69097E-11	2.77576237
Error	460.0526316	54	8.519493177			
Total	1368.039474	75				

Al respecto la figura 23 muestra resultados para la M1, M2 y M3 respecto a la espuma a partir de la evaluación sensorial por parte de los jueces consumidores de cerveza habitualmente, quienes evaluaron que la M1, muestra mayor espuma (agradable en la escala hedónica) Al respecto, la M2 fue calificada como ligeramente aceptable con respecto a la espuma y la M3 demostró poca espuma lo que se traduce como no agradable para los jueces evaluadores.

De acuerdo a la figura 23 la M2 presenta mayor valor de presencia de espuma, con un valor de 4.11 de la escala hedónica lo que significa que es agradable, la M1 fue evaluada como medianamente aceptable y la M3 mostro una espuma no agradable por parte de los jueces que habitualmente consumen cerveza, estas variaciones al parecer son por la adición porcentual de extracto de mashua, al caso Rodríguez (2003), menciona que los elementos que participan positivamente de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y las isohumulonas provenientes del lúpulo

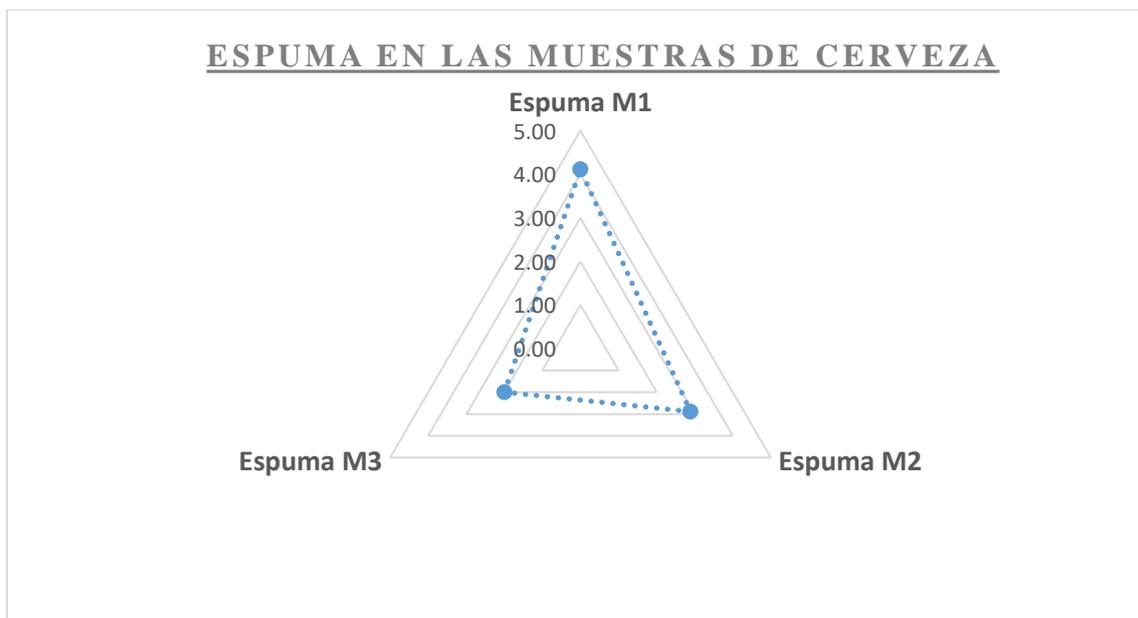


Figura 23 : Espuma de las muestras estudiadas.

Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a caracterizar a cervezas con capacidades espumantes deficientes. Barrientos (2011) añade, que cuanto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma, por su parte Rodríguez, (2015) afirma que la capacidad espumante en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración, observándose que la capacidad espumante fue aumentando con relación directa al porcentaje de sustitución de cebada por quinua, siendo más notorio este aumento a pH inicial de maceración de 6.0. De Mesones (2005) indica que el exceso de proteínas en la malta ayudará a que las cervezas presenten mejores capacidades espumantes, cuerpo y cremosidad en espuma, que las diferenciará de las cervezas industriales. Wallin y otros (2010) añaden que no sólo el tipo de malta garantizará una buena formación de espuma, sino que también influirá el funcionamiento de las betas amilasas, que lleva consigo a la buena elección de los parámetros de temperatura, tiempo y pH en el proceso de maceración.

V. CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos de la cerveza artesanal elaborada con sustitución parcial al mosto de malta con estrujado de Mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) fueron 14°Brix, densidad 1,035, pH 9, de la muestra 2
- Los parámetros a evaluar, la aceptabilidad de la cerveza artesanal elaborada con sustitución parcial al mosto de malta, con estrujado de Mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) fueron color, aroma, sabor y espuma.

VI. RECOMENDACIONES

- Elaborar cerveza artesanal con otros tubérculos andinos.
- Usar la lupalina del tarwi como lúpulo en la elaboración de cerveza artesanal.
- Hacer la cerveza artesanal utilizando almidones de granos andinos
- Utilizar yerbas Hercampuri (tiene sustancia amarga Iritaurina) utilizar como lúpulo.

VII. REFERENCIAS

- Adenuga,W., Olaleye,O., Adepoju,P. 2010. Utilization of bitter vegetable leaves (Gongronema latifolium, Vernonia amygdalina) and Garcinia kola extracts as substitutes for hops in sorghum beer production. African Journal of Biotechnology. 9(51):8819-8823
- Aquilani, B., Laureti, T., Poponi, S., & Secondi, L. (2015). Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. Food Quality and Preference.
- Balcells, L. (2014) Cerveza: La bebida de la felicidad. Planeta
- Barreda, V., Tapia, C., & Montero, A. (2003). Raíces y Tubérculos Andinos: 309 Alternativas para la conservación y uso sostenible en el ecuador. Quito-Lima
- Barrera, V., Tapia, C., y Monteros, A. (2004). *Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. CIP. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Ecuador.
- Benv, V. (1995). La enciclopedia de la cerveza. Edimat libros
- Bettenhausen, H. M., Barr, L., Broeckling, C. D., Chaparro, J. M., Holbrook, C., Sedin, D., & Heuberger, A. L. (2018). Influence of malt source on beer chemistry, flavor, and flavor stability. *Food Research International*, 113(July)
- Boffill, Y., & Gallardo, I. (2014). Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta 316 de sorgo. Revisión Bibliográfica, 324-334. 317
- Bruneton, J. (2001). Farmacognosia, 2da edición, Editorial Acribia S.A., Zaragoza-España, p. 227-243, 305 - 347.
- Calleja, J. (2013). Diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal para consumo directo, micro cervecería. Cádiz-España: Universidad de Cádiz.

- Calsin, M., Aro, J., & Tipacti, Z. (2016). Evaluación de la eficacia de antioxidantes de Isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz&Pavón) en la oxidación de Aceite de Soya. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 18 (2) 143-150.
- Cantero. (2015). *Proceso de elaboración de cerveza artesanal*. Obtenido de <http://manosartesanasmurcia.org/wp-content/uploads/2014/11/Proceso-de-eleboraci%C3%B3n.pdf>
- Capece, A., Romaniello, R., Pietrafesa, A., Siesto, G., Pietrafesa, R., Zambuto, M., & Romano, P. (2018). Use of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* in co-fermentations with *S. cerevisiae* for the production of craft beers with potential healthy value-added. *International Journal of Food Microbiology*, 284(July), 22–30. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.028>
- Carbajal, L., & Insuasti, m. (2010). *Elaboración de Cerveza Artesanal Utilizando Cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot esculenta*)* Tesis, Ingeniero Agroindustrial, Universidad Técnica del Norte Ibarra- Ecuador.
- Cárdenas, A. (3 de Mayo de 2013). La Razón Digital. Obtenido de La Razón Digital Web 329 site: http://www.la-razon.com/economia/Cerveza-manera-enfrentar-altura-330Paz_0_1826217453.html 331
- Carvalho, F. R., Moors, P., Wagemans, J., & Spence, C. (2017). The influence of color on the consumer's experience of beer. *Frontiers in Psychology*, 8(DEC), 1–9. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02205>
- Ceccaroni, D., Sileoni, V., Marconi, O., De Francesco, G., Lee, E. G., & Perretti, G. (2019). Specialty rice malt optimization and improvement of rice malt beer aspect and aroma. *Lwt*, 99, 299–305. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.060>

- Cerrón M. (2012) Evaluación del efecto del tipo de cocción en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en papa nativa cuchipelo, (Tesis Para Optar El Título De Ingeniero En Industrias Alimentarias), Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- Chicani, G., Calsin, J., Pauro, C., & Lima, N. (2012). Evaluación y puesta en marcha del sistema de filtración carbonatación y envasado, para la planta piloto de elaboración de cerveza. Puno: Tesis-Universidad Nacional del Altiplano.
- Chirinos, R.; Campos, D.; Arbizu, C.; Rees, J.-F.; Ruez, H.; Larondelle, Y. (2007). Effect of genotype, maturity stage and post- harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity of Andean Mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87, 437-446.
- Cinkmains, I., Straumite, E., Cakste, I. 2014. Sensory evaluation of drink. Proc. Latv. Univ. Agr. 31:25-32.
- Cuya, R. (2009). Efecto de secado en bandeja y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua *Tropaeolum tuberosum* R&P). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- De Mesones, B. (2005). Maestro cervecero. Universidad Versuchs -und Lehranstalt für Brauerei(VLB). Berlín, Alemania.
- Díaz. F. (2009). Optimización de extracción y análisis de la capacidad antioxidante de la piel de kiwi. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Đorđević, S., Popović, D., Despotović, S., Veljović, M., Atanacković, M. 2015. Extracts of medicinal plants-as functional beer additives. Belgrade, SR. Chemical Industry and *Chemical Engineering Quarterly*. p 44-65.

- Espinoza, S., Monteghirfo, M., Alvarez, J. y Arnao, I. (2002). Análisis electroforético unidimensional y bidimensional de las proteínas de *Tropaeolum tuberosum* (Mashua). Centro de investigación de Bioquímica y nutrición, laboratorio de química bioorgánica. (UNMSM).
- Fennema, O. (2000). Química de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza -España.
- Fernandez, J. (26 de 04 de 2005). Estructura y función de los hidratos de carbono: azúcares, almidón, glucógeno, celulosa. Obtenido de <https://ferrusca.files.wordpress.com/2013/04/tema5->
- Flores Noime (2015). Evaluación de la aceptabilidad organoléptica y capacidad antioxidante de una bebida alcohólica no fermentada, formulando con extracto fenólico de Mashua *Tropaeolum Toberosum* Facultad Ingeniería Industrias Alimentarias Universidad Nacional Cerro de Pasco – Perú.
- Forran, L. (2003) Cebada;Variedades cerveceras y cerveza: Manual de cultivo, mejora de cerveza y fabricación de cerveza Barcelona:Edit Dedos.
- Gajon Sanchez, C. (1999). El lúpulo y la cebada de malta México D.F: Edit. Bartolomé Truco.
- García, Romero, Cruz, & García (2014).Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal, Ingeniería Investigación y Tecnología, vol, XV, Num, 2. Universidad Nacional Autónoma, Distrito Federal, MEXICO:
- Garcia. A (2002) “Historia de la cerveza”. Editorial Lozano Artes Graficas S.L
- Giovenzana, V., Beghi, R., & Guidetti, R. (2014). Rapid evaluation of craft beer quality during fermentation process by vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 142, 80–86. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.017>
- Gonzales, j., Carrizales, R., & Martínez, J. (2013). Cerveza artesanal de amaranto. *Revista académica de investigación*

- Gonzales, M. (2017). Principios de Elaboración de las cervezas Artesanales. North Carolina USA: Ilustrada
- Gorostiaga. (2008). Manual del proceso de elaboracion de Cerveza. Quito - Ecuador: Edit. Quito Primera edicion.
- Grau, A., Ortega, R., Nieto, C. & Hermann, C. (2003). Mashua *Tropeaelum tuberosum* Ruíz & Pavon. *International Plant Genetic resources Institute*.
- He, Y., Dong,J., Yin,P., Chen,P., Lin, H., y Chen L. (2014). Monitoring of the production of flavour compounds by analysis of the gene transcription involved in higher alcohol and ester formation by the brewer's yeast *Saccharomyces pastorianus* using a multiplex RT-qPCR assay. *Inst Brew Distill.*, 120, pp. 119-126
- Hermosa, (2013), Caracterización de Almidones de 2 Tubérculos Andinos: Isaño (*Tropaeolum Toberosum* Ruiz & Pavón) y. Oca (*Oxalis Tuberosa* Mol).
- Hernandez, B. Leon, J. (1992). Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. 150 -151.
- Horostiaga, F. (2008) “Manual del proceso de elaboración de cerveza”. Primera Edición, Quito-- Ecuador
- Hough, J. (2001). “Biotecnología de la cerveza y de la malta”.Zaragoza--España: Editorial Acribia.
- Hough, J. (2002) “Biotecnología de la cerveza y de la malta” (*Hordeum vulgare*) y Yuca (manitoesculentacrants) tesis, Ecuador: edit. Ibarra
- Hughes, P. (2003). “Cerveza: Calidad, higiene y características nutricionales”. Zaragoza- - España: Editorial Acribia.
- ICA, (2014). Instituto de Cerveza Artesano Guía definitiva de la levadura.
- INACAL. (2016). *NTP 213.014 Cerveza. Requisitos*. Lima: Dirección de normalización.

- Jackson, M. (1999). "El libro de la cerveza". Barcelona-- España: Editorial Naturart.
- Jaeger, S. R., Xia, Y., Le Blond, M., Beresford, M. K., Hedderley, D. I., & Cardello, A. V. (2018). Supplementing hedonic and sensory consumer research on beer with cognitive and emotional measures, and additional insights via consumer segmentation. *Food Quality and Preference*.
<http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.015>
- Jaramillo, J. y Otros (2007) "Manual Técnico: Buenas Prácticas en la Agrícola de Producción" Medellín: FAO y otros, fecha de consulta: (2009 – 02 – 7)
- Kittsb, W. D. (1982). Anti-reproductive and other medicinal effects of, 5, 149–161.
- Kunze, (1996).tecnology brewing and Malting, Versuchund Lehranstafur brauerei, Berlin.
- Larico,A. (2000). Regeneracion de tierras de atomias utilizando como adsorbente en la filtración de la cerveza UNA _ PUNO.
- Li, Q. Wang, J. Liu, C. (2010). *Berrs. in Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Food and Beverages Industry* (Vol. 18). Amsterdam: Elsevier.
<http://doi.org/10.1016/B978-0-444-63666-9.00012-1>
- Mason, A, B; Dufour, J.P. (2000) Alcohol acetyltransferases and the significance of ester synthesis in yeast *Yeast.*, 16 (2000), pp. 1287-1298
- Moyano, M. (2014). Fermentación en estado sólido de la papa, como alternativa tecnológica para la alimentación animal. Tunja - Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
- National Research Council (1989). *Lost Crops of the Incas: Little Know Plants of the Andes With Promise For Worldwide Cultivation*. National Academy Press. Washington.

- Oliveira, N. A. M. (2011). *Leveduras utilizadas no processo de fabricao da cerveja. Programa de pos graduaoos graduao*. Minas gerais, UFMG,.
- Ortega, L. (1992). Usos y valor nutritivo de los andinos. Instituto Nacional de Investigaci3n Agropecuaria y Agroindustria (INIAA). Programa de Investigaci3n de Cultivos Andinos (PICA).
- Pacheco, (2015). Caracterizaci3n Morfol3gica y molecular de Mashua (*Tropaeolum Toberosum* Ruiz & Pav3n), de los Departamentos Cusco y Cajamarca, Tesis de Magister, Escuela de Posgrado Maestría en Mejoramiento Genético de plantas, Universidad Nacional Agraria la Molina Lima –Peru.
- P3rez (2015), Diseo de una lnea de producci3n para la elaboraci3n de cerveza artesanal.
- Perry, R. (1998). Manual del Ingeniero Quimico.MEXICO: Edit.Uthes S.A.
- Ramon (2010), Determinaci3n de las Características de Mosto, elaborado con Malta Caramelo, para elaborar una cerveza artesanal, Universidad Aut3nomo del Estado de Hidalgo, Área Académica de Química, Hidalgo México.
- Rodríguez, H. (2003). Determinaci3n de parámetros fisicoquímicos para la caracterizaci3n de cerveza tipo Lager elaborada por compaa cervecera Kunstmann S.A. Tesis para optar el grado acad3mico de Licenciado en Ingenieríaaen Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Rodriguez,W., (2015) Tesis de pregrado, Efecto de la sustituci3n de cebada (*hordeum vulgare*) por quinua (*chenopodium quinoa*) y del ph inicial de maceraci3n en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo aletesis, Facultad de Ciencias Agrarias UPAO, Trujillo Perú.
- Ruiz, Y. (2006). Elaboraci3n y evaluaci3n de maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala.

- Sakihama, Y. (2002). Plant phenolic antioxidante and prooxidant activities: phenolics- induceve damage mediated by metals in plants. *Toxicology*.
- Salas, F. (1998). Procesamiento de raíces y tubérculos andinos: Fascículos. Centro Internacional de la Papa (CIP) pp. 14-17.
- Sanchez A., M. (2011). *Fermentación de malta Empleando Un sistema Semicontinuo en el Proceso de Elaboración de Cerveza*. Oaxaca - Mexico: Tesis de grado de Facultad de Ingenieria de Alimentos de la Universidad Técnica de Mixteca Huajuapán de León.
- Serra Colomer, M., Funch, B., & Forster, J. (2019). The raise of Brettanomyces yeast species for beer production. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 30–35. <http://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.07.009>
- Stephen R, (2003). *A Handbook of Basic Brewing Calculations*. EE.UU. Edit. Master Brewer Association of the America.
- Steyer D, Tristram P, Clayeux C, Heitz F, Lauge Bl.(2017) Yeast Strains and Hop Varieties Synergy on Beer Volatile Compounds. *Brewing Science*.
- Suqui & Pintado (2015), Implementación de un Sistema de Presentación, para la Elaboración de Cerveza Artesanal con la utilización de 3 Variedades de Cebada.
- Tapia, M. (2012). Obtención de rodajas fritas “Chips” de mashua (*tropaeolum tuberosum*) aplicado a la tecnología de fritura. Trabajo para obtener el título de ingeniero de alimentos. Universidad tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Vogel, w. (1994). *Elaboración casera de la cerveza*. España: Alianza editorial.
- Wallin, C; Dipietro, M; Schwarz, R y Bamforth, C. (2010). A comparison of the three methods for the assessment of foam stability of beer. *Journal of the Institute of Brewing*. Gran Bretaña.
- Wheaton Frederick, (1969). *Filtración de agua*. México: Edit. AGT Editor S.A.

ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA DE ANALISIS FISICO-QUIMICO

Tabla 11: Análisis de varianza de pH de muestras fermentadas a temperaturas 9°C, 12°C y 14°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	1,32095	2	0,660476	19,86	0,0002
B:BLOQUE	8,28113	7	1,18302	35,58	0,0000
RESIDUOS	0,399048	12	0,033254		
TOTAL (CORREGIDO)	10,0145	21			

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	7	4,39821	0,0731053	X
1	8	4,7125	0,0644728	X
3	7	5,0125	0,0731053	X

Tabla 12: Análisis de varianza de grados °Brix de muestras fermentadas a 9°C, 12°C y 14°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	35,2638	2	17,6319	140,79	0,0000
B:BLOQUE	149,706	7	21,3866	170,77	0,0000
RESIDUOS	1,50286	12	0,125238		
TOTAL (CORREGIDO)	187,271	21			

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	7	6,60357	0,141872	X
1	8	8,075	0,125119	X
2	7	9,775	0,141872	X

Tabla 13: Análisis de varianza de densidad de muestras fermentadas a temperaturas de 9°C, 12°C y 14°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	0,0000278095	2	0,0000139048	0,68	0,5253
B:BLOQUE	0,00248912	7	0,000355588	17,38	0,0000
RESIDUOS	0,000245524	12	0,0000204603		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00280382	21			

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	8	1,01875	0,00159923	X
2	7	1,02104	0,00181336	X
3	7	1,02132	0,00181336	X

ANEXO. 2: RESULTADOS DEL PROCESO DE ELABORACION O FERMENTACION DE LA CERVEZA ARTESANAL

Tabla 14. Los datos para la muestra 1.

Tiempo (días)	temperatura (°C)	pH	°Brix	Densidad (g/cm ³)
1	9	5,7	14,0	1,035
6	9	5,3	9,0	1,030
7	9	5,0	8,1	1,028
8	9	4,5	7,5	1,020
9	9	4,3	7,0	1,015
10	9	4,3	6,7	1,015
11	9	4,3	6,3	1,015
12	9	4,3	6,0	1,035

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Los datos para la muestra 2

Tiempo (días)	Temperatura (°C)	pH	°Brix	Densidad (g/cm ³)
1	12	5,6	16	1,050
6	12	4,8	11	1,025
7	12	4,7	10	1,020
8	12	4,5	9	1,016
9	12	4,2	8,5	1,015
10	12	3,9	8	1,015
11	12	3,5	8	1,015

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Los datos para la muestra 3

Tiempo (días)	Temperatura (°C)	pH	°Brix	Densidad (g/cm ³)
1	14	6,3	13	1,035
6	14	5,7	8	1,030
7	14	5,5	7,2	1,028
8	14	5	6,3	1,020
9	14	4,5	5,5	1,015
10	14	4,3	4,5	1,015
11	14	4,2	3,8	1,015

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA CERVEZA ARTEZANAL

Tabla 17. Determinación la composición bromatológica de la cerveza artesanal

Parámetros	Muestra A (M-1)	Muestra B (M-2)	Muestra C (M-3)
pH	4,5	4,2	3,8
°Brix	7,3	6,1	6,2
Grado de alcohol (%)	1	1	1
Densidad	0,99	0,987	0,983
Temperatura	11,8	11,7	13,5
Proteínas (%)	2,37	2,365	2,363
Ácido Láctico	0,23	0,27	0,24
Ácidos y Grasas	0,03	0,03	0,03

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos para analizar fueron tres y se rotularon con símbolos de figuras. Para una mejor explicación las figuras fueron reemplazadas por la letra M tal como muestra la siguiente tabla 6.

Tabla 6. Tratamiento para la presente investigación.

Símbolo	M1	M2	M3
Proporción	99.5% Malta. 0.5% mashua.	99% Malta. 1 % mashua.	98.5% Malta. 1.5% mashua.

Fuente: Elaboración propia

El número de panelistas (catadores) oscilan de 15 estudiantes de 23 años hasta 25 años de edad entre damas y varones, también 5 personas varones entre las edades de 55 a 65 años de edad, los cuales siguieron las indicaciones según la ficha adjuntada en el (anexo. 5)

Tabla 18. Resultado de la prueba organoléptica.

Atributos	MA	MB	MC
Color	7	5	
Aroma	8	6	
Sabor	6	6	
Espuma	7	5	

Fuente: Elaboración propia.

. La densidad de líquido a partir de su instalación fue de 1.050 durante los 12 días de fermentación ha descendido a una densidad de 1015 según muestra en la Tabla 11.

ANEXO 4:

Tabla 19.

RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL DE LAS MUESTRAS A.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	PROMEDIO
COLOR	4	3	5	5	5	4	4	5	4	3	4	4	3	4	4	5	4	5	5	4,211
AROMA	5	3	4	5	4	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	5	5	3	4	3,895
SABOR	4	4	4	5	3	5	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3,737
ESPUMA	5	5	4	5	5	4	4	4	3	4	5	3	3	4	4	4	4	3	5	4,105

Muy
agradable 5
Agradable 4
Aceptable 3
No agradable 2
Desagradable 1

Tabla 20.

RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL DE LA MUESTRA B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	PROMEDIO
COLOR	5	3	4	3	3	3	3	3	5	2	2	4	2	3	2	4	3	3	3	3,158
AROMA	4	2	4	2	1	4	2	3	3	2	2	4	2	3	3	4	4	3	3	2,895
SABOR	3	2	5	2	2	2	3	4	2	3	2	4	1	3	3	3	2	4	3	2,789
ESPUMA	4	2	4	2	2	4	4	3	2	3	2	4	1	3	2	4	3	3	3	2,895

Muy agradable	5
Agradable	4
Aceptable	3
No agradable	2
Desagradable	1

Tabla 21.

RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL DE LA MUESTRA C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	PROMEDIO
COLOR	3	2	1	3	2	3	2	1	2	3	1	1	2	1	2	1	3	1	2	1,895
AROMA	2	3	2	2	1	2	2	3	2	1	3	2	1	3	4	2	2	2	3	2,211
SABOR	2	2	3	3	4	2	2	3	2	4	3	3	2	4	2	4	3	3	4	2,895
ESPUMA	1	1	2	2	1	2	2	4	2	2	3	2	2	1	3	2	1	2	3	2,000

Muy agradable	5
Agradable	4
Aceptable	3
No agradable	2
Desagradable	1

ANEXO 5: CARTILLA DE EVALUACION SENSORIAL

**FICHA DE ACEPTABILIDAD MEDIANTE EL ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS
PRUEBA DE ESCALA HEDÓNICA – ESCALA ESTRUCTURADA**

APELLIDOS Y NOMBRES: _____

FECHA: _____ **HORA:** _____

EDAD: _____ **SEXO:** _____

Pruebe y evalúe cada muestra usando la escala representada para describir su nivel de agrado. Esta evaluación sensorial se realiza para poder apreciar la aceptabilidad de un nuevo producto, las cuales son percibidas por los sentidos humanos.

NIVEL DE AGRADO	VALOR
Muy agradable.	(5)
Agradable.	(4)
Aceptable.	(3)
No agradable.	(2)
Desagradable.	(1)

1. NÚMERO DE MUESTRA

A: B: C:

2. VALOR

> COLOR:	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>
> AROMA:	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>
> SABOR:	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>
> ESPUMA:	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px; border: 2px solid black;" type="text"/>

COMENTARIOS:

.....
.....

Firma

¡Muchas gracias!

ANEXO 6: EQUIPOS Y PASOS DE ELABORACION DE CERVEZA



FOTO N° 1 EQUIPO DE MACERACION Y COCCION. FUENTE: Equipos de la Planta Piloto de INGENIERIA QUIMICA



FOTO N° 2 EQUIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR. FUENTE: Equipos de la Planta Piloto de INGENIERIA QUIMICA



FOTO N° 3 Equipo de fermentación
FUENTE: Equipos de la Planta Piloto de INGENIERIA QUIMICA



FOTO N° 4 Sistema de maceración de malta
FUENTE: Equipos de la Planta Piloto de INGENIERIA QUIMICA



FOTO N° 5 Sistema de homogenización
FUENTE: Equipos de Planta Piloto de
INGENIERIA QUIMICA



FOTO N° 6 Desinfección de botella
FUENTE: Equipos de Planta Piloto de
INGENIERIA QUIMICA



FOTO N° 7 Filtrado de la cerveza
FUENTE: Equipos de planta piloto
INGENIERIA QUIMICA



FOTO N° 8 Adición de Jarabe para la segunda
fermentación.
FUENTE: Equipos de Planta Piloto de
INGENIERIA QUIMICA

ANEXO 7: RESULTADO DEL ANÁLISIS FICOQUÍMICO DE LA CERVEZA DE MASHUA

Determinación del pH de la cerveza

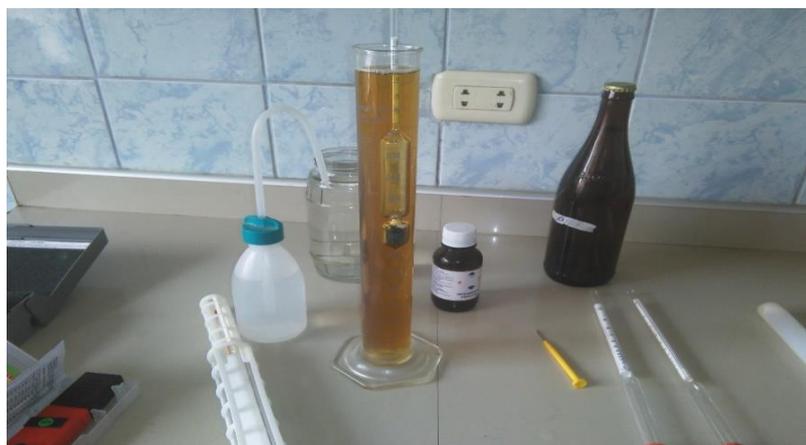
Foto: No. 1



Fuente: Elaboración propia

Determinación de la densidad

Foto: No.2



Fuente: Elaboración propia

Foto 3. **Estabilidad de la espuma**

Fuente: Elaboración propia

Para la muestra de cerveza a base de malta de cebada es de 6 a 8 minutos para la disipación de la corona de espuma hasta llegar al ras del líquido.

Para la cerveza artesanal existente en el mercado: 8 minutos con 10 minutos de la cerveza industrial para la disipación de la corona de espuma hasta llegar al ras del líquido y de 13 minutos con 20 segundos para la disipación total de la espuma.

Disipación de la corona espuma en la cerveza artesanal existente en el mercado, Disipación de la corona de espuma en la cerveza de cebada fueron de 6 a 8 minutos respecto a la cerveza industrial.