

**UNIVERSIDAD NACIONAL
"TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA"
DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot
esculenta Crantz*) Y AZÚCAR EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA
ARTESANAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTORES:

**Br. NOYER ARAUJO ESPEJO
Br. WILMER PILCO MASLUCAN**

ASESOR:

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

COASESOR:

Ing. MEREGILDO SILVA RAMÍREZ



**CHACHAPOYAS - AMAZONAS - PERÚ
2014**

04 FEB 2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot
esculenta* Crantz) Y AZÚCAR EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA
ARTESANAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTORES: Br. NOYER ARAUJO ESPEJO
Br. WILMER PILCO MASLUCAN**

**ASESOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
COASESOR: Ing. MEREGILDO SILVA RAMÍREZ**

CHACHAPOYAS – AMAZONAS – PERU

2014

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres, hermanos y hermanas.

*Familiares, maestros, amigos y
compañeros,*

*Quienes supieron inculcar en mí el
sentimiento de amor responsabilidad,
trabajo y pueda lograr con éxito lo
propuesto en mi vida.*

NOYER ARAUJO ESPEJO

A Dios por guiarme en mi camino.

A mis Padres, hermanos, y hermanas,

Quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional.

A mis tíos, maestros, compañeros y amigos quienes supieron

Brindarme su apoyo y confianza para la culminación de esta investigación.

WILMER PILCO MASLUCAN

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza-Amazonas, espacio fundamental del desarrollo intelectual, moral y ético donde nos formemos como hombres de bien.

De manera muy especial al Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, Asesor de la Tesis quien compartió y brindó sus conocimientos para culminar exitosamente esta investigación.

Al Ing. Meregildo Silva Ramírez, que nos asesoró y brindó sus consejos y experiencias en el desarrollo de éste trabajo investigativo. Quien con su experiencia y técnica en el campo cervecero, supo colaborar con la realización de esta tesis.

A todos nuestros familiares, amigos y demás personas que de una u otra manera brindaron su apoyo para la finalización de esta investigación.

LOS AUTORES

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph. D. Hab. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA
RECTOR**

**Dr. OSCAR ANDRES GAMARRA TORRES
VICERECTOR ACADÉMICO**

**Dra. MARIA NELLY LUJÁN ESPINOZA
VICERECTOR DE INVESTIGACIÓN**

**Ing. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ
DECANO (e) DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS
AGRARIAS**

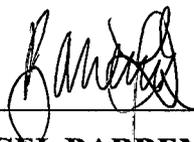
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El Docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada **INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) Y AZÚCAR EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)**, de los tesisistas egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la **UNTRM-A**

- Br. NOYER ARAUJO ESPEJO
- Br. WILMER PILCO MASLUCAN

El Docente de la UNTRM-A que suscribe, da el visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole paso para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones dadas por el jurado evaluador para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 05 de diciembre de 2014



Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
DOCENTE UNTRM-A

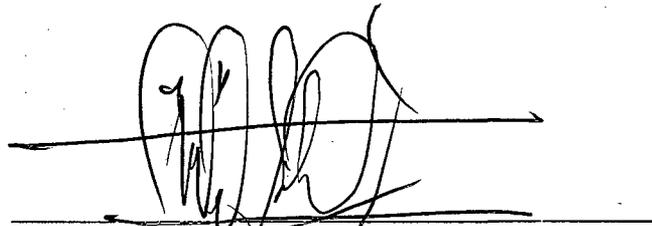
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS

El Docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha Co-asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada **INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) Y AZÚCAR EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)**, de los tesisistas egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A

- Br. NOYER ARAUJO ESPEJO
- Br. WILMER PILCO MASLUCAN

El Docente de la UNTRM-A que suscribe, da el visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole paso para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones dadas por el jurado evaluador para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 05 de diciembre de 2014



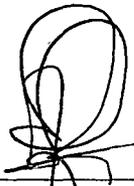
Ing. MEREQILDO SILVA RAMÍREZ

DOCENTE UNTRM-A

JURADO EVALUADOR



Ing. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ
PRESIDENTE



Ing. ERICK ALDO AUQUÍVIN SILVA
SECRETARIO



Ing. SEGUNDO VICTOR OLIVARES MUÑOZ
VOCAL

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
AUTORIDADES UNTRM-A	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR Y CO-ASESOR.....	iv
PAGINA DEL JURADO.....	vi
TABLA DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FOTOGRAFIAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. La yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	1
1.2. La cebada cervecera (<i>Hordeum vulgare</i>).....	2
1.3. El lúpulo	5
1.4. Levadura Cervecera (<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>)	6
1.5. La cerveza	7
II. MATERIAL Y MÉTODOS	9
2.1. Material biológico.	9
2.2. Insumos	9
2.3. Obtención del almidón de yuca.....	9
2.4. Descripción de la elaboración de la cerveza de cebada	12
2.5. Descripción de la elaboración de la cerveza de yuca	15
III. RESULTADOS	
2.1. Cerveza de cebada.	21
3.1. Cerveza de yuca.....	22
3.2. Cerveza de cebada y yuca.....	26

	Pag.
IV. DISCUSIONES	30
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES.....	33
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	34
VIII. ANEXOS	35
8.1. Anexo 1	35
8.2. Anexo 2	38
8.3. Anexo 3	41
8.4. Anexo 4	44
8.5. Anexo 5	46
8.6. Anexo 6	49
8.7. Anexo 7	54
8.8. Anexo 8	62

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de almidón de yuca	11
Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza de cebada y yuca	19

INDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1.	Tabla nutricional (por 100 g de porción comestible de yuca)	1
Tabla 2.	Composición nutricional de la cebada	3
Tabla 3.	Composición nutricional de la malta.	5
Tabla 4.	Porcentaje de mezclas de tipos de cerveza.	17
Tabla 5.	pH de la cerveza de cebada según proporción de azúcar	21
Tabla 6.	°GL de la cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	21
Tabla 7.	Densidad de la cerveza de cebada según proporción de azúcar	21
Tabla 8.	Acidez total de la cerveza de cebada según proporción de azúcar	21
Tabla 9.	pH de la cerveza de yuca según proporción de azúcar	22
Tabla 10.	°GL de la cerveza de yuca según proporción de azúcar	22
Tabla 11.	Densidad de la cerveza de yuca según proporción de azúcar	22
Tabla 12.	Acidez total de la cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	22
Tabla 13.	La evaluación sensorial del color de la cerveza de cebada	23
Tabla 14.	Evaluación sensorial del olor de la cerveza de cebada	23
Tabla 15.	Evaluación sensorial del Sabor de la cerveza de cebada	24
Tabla 16.	Evaluación sensorial del color de la cerveza de Yuca	24
Tabla 17.	Evaluación sensorial del olor de la cerveza de Yuca.....	25
Tabla 18.	Evaluación sensorial del Sabor de la cerveza de Yuca	25
Tabla 19.	Evaluación sensorial del color de la cerveza de cebada y yuca.....	26
Tabla 20.	Evaluación sensorial del olor de la cerveza de cebada y yuca.....	26
Tabla 21.	Evaluación sensorial del sabor de la cerveza de cebada y yuca	27
Tabla 22.	pH de la cerveza de cebada y yuca.	27
Tabla 23.	Grados alcohólicos de la cerveza de cebada y yuca.	28
Tabla 24.	Densidad de cerveza de cebada y yuca.....	28
Tabla 25.	Acidez total de cerveza de cebada y yuca	29
Tabla 26.	Análisis de varianza para el pH de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	35
Tabla 27.	Prueba Duncan para el pH de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	35
Tabla 28.	Análisis de varianza para Grado alcohólico de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	35
Tabla 29.	Prueba Duncan para grados alcohólicos de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	36

	Pag.
Tabla 30. Análisis de varianza para densidad de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	36
Tabla 31. Prueba Duncan para densidad de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	37
Tabla 32. Análisis de varianza para acidez total de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	37
Tabla 33. Prueba Duncan para acidez total de cerveza de cebada según proporción de azúcar.....	37
Tabla 34. Análisis de varianza para pH de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	38
Tabla 35. Prueba Duncan para pH de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	38
Tabla 36. Análisis de varianza de grados alcohólicos de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	38
Tabla 37. Prueba Duncan para grados alcohólicos de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	39
Tabla 38. Análisis de varianza de densidad de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	39
Tabla 39. Prueba Duncan para la acidez total de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	40
Tabla 40. Análisis de varianza de acidez total de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	40
Tabla 41. Prueba Duncan para la acidez total de cerveza de yuca según proporción de azúcar.....	40
Tabla 42. Análisis de varianza de color de cerveza de cebada según los panelistas.....	41
Tabla 43. Duncan para el color de cerveza de cebada según los panelistas.....	41
Tabla 44. Análisis de varianza panelistas de olor de cerveza de cebada según los panelistas.....	41
Tabla 45. Duncan para el olor de cerveza de cebada según los panelistas.....	42
Tabla 46. Análisis de varianza de sabor de cerveza de cebada según los panelistas.....	42
Tabla 47. Duncan para el sabor de cerveza de cebada según los panelistas.....	43

	Pag.
Tabla 48. Análisis de varianza de color de cerveza de yuca según los panelistas.	44
Tabla 49. Duncan para el color de cerveza de yuca según los panelistas.....	44
Tabla 50. Análisis de varianza de olor de cerveza de yuca según los panelistas.....	44
Tabla 51. Duncan para el olor de cerveza de yuca según los panelistas.....	45
Tabla 52. Análisis de varianza de sabor de cerveza de yuca según los panelistas.....	45
Tabla 53. Duncan para el sabor de cerveza de yuca según los panelistas	45
Tabla 54. Análisis de varianza de color de cerveza de cebada y yuca según los panelistas.....	46
Tabla 55. Duncan para el color de cerveza de cebada y yuca según los panelistas.....	46
Tabla 56. Análisis de varianza de olor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas.....	47
Tabla 57. Duncan para el olor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas.....	47
Tabla 58. Análisis de varianza de sabor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas.....	48
Tabla 59. Duncan para el sabor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas.....	48
Tabla 60. Análisis de varianza de pH de cerveza de cebada y yuca.....	49
Tabla 61. Prueba Duncan para pH de cerveza cebada de yuca.	49
Tabla 62. Análisis de varianza de grados alcohólicos de cerveza de cebada y yuca.....	50
Tabla 63. Prueba Duncan para grados alcohólicos de cerveza cebada y yuca	50
Tabla 64. Análisis de varianza de grados alcohólicos	51
Tabla 65. Prueba Duncan de densidad de cerveza cebada y yuca	51
Tabla 66. Análisis de varianza de Acidez total	52
Tabla 67. Prueba Duncan de acidez total de cerveza cebada y yuca	52
Tabla 68. Tratamiento de cerveza de cebada y yuca más adecuado según los panelistas.....	53

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pag.
Fotografía 1. Secado de la malta.....	54
Fotografía 2. Tostado de la malta	54
Fotografía 3. Molienda de la malta.....	54
Fotografía 4. Malta dentro de la bolsa de tela.....	54
Fotografía 5. Maceración del mosto	55
Fotografía 6. Cocción del mosto.....	55
Fotografía 7. Pesado de lúpulo	55
Fotografía 8. Pesado de la levadura.....	55
Fotografía 9. Activación de la levadura.....	55
Fotografía 10. Preparación de la cerveza de yuca	56
Fotografía 11. Macerado y cocción del mosto	56
Fotografía 12. Pesado del lúpulo y levadura.....	56
Fotografía 13. Pesado del lúpulo y levadura.....	56
Fotografía 14. Activación de la levadura.....	56
Fotografía 15. Primera fermentación de cerveza de yuca y cebada.....	57
Fotografía 16. Filtrado de la cerveza	57
Fotografía 17. Mezclas de cerveza de cebada y yuca en diferentes porcentajes	57
Fotografía 18. Medida de grados alcohólicos y la densidad.....	58
Fotografía 19. Análisis de la acidez total.....	58
Fotografía 20. Embotellado manual de la cerveza artesanal	58
Fotografía 21. Segunda fermentación de cerveza de cebada y yuca	58
Fotografía 22. Panelistas en la Catación de cerveza artesanal de cebada y yuca	59
Fotografía 23. Análisis pH de cerveza de cebada y yuca	60
Fotografía 24. Análisis de grados alcohólicos de cerveza de Cebada y yuca..	60
Fotografía 25. Análisis de densidad de cerveza de cebada y yuca..	60
Fotografía 26. Análisis de la acidez total de cerveza de cebada yuca	61

RESUMEN

La Cerveza se define como una bebida resultante de fermentar mediante levaduras seleccionadas, el mosto procedente de malta de cebada sólo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, cocción y aromatizado con flores de lúpulo. En la presente investigación se estudió la influencia del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), en la calidad de la cerveza para ello se produjo almidón de yuca siguiendo las siguientes operaciones: recepción, selección, lavado y pesado, rallado, filtrado, decantado, secado a temperatura ambiente por un tiempo de dos días. El proceso de elaboración de cerveza consta de seis etapas claramente definidas, que son: malteado, maceración, cocción, fermentación, pasteurización y maduración las cuales van a depender del tipo y estilo de cerveza que se quiera obtener. Se realizaron tres niveles de sustitución de cerveza de cebada por cerveza de yuca al (90%/10 %, 85%/15%, y 80%/20%). Luego se procedió al envasado de la cerveza con diferentes cantidades de azúcar (5, 7 y 9 gramos de azúcar por litro de cerveza), realizando los análisis físicos correspondientes. Los resultados experimentales indican, que la mejor cerveza obtenida se consigue con una mezcla de 85% de cerveza de cebada, y 15% de cerveza de yuca y 7 g de azúcar/L con un análisis físico de la cerveza, pH (4,13), grados alcohólicos (4,78), densidad (1,0198) y acidez total (0,3475), y también los cuales fueron evaluados organolépticamente (color, olor, sabor), con una buena aceptación por un grupo de panelistas el tratamiento 5. Para el análisis estadístico se empleó el diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B para cerveza de cebada y cerveza de yuca, donde se analizó el variable pH, grado alcohólico, densidad y acidez total. La determinación de la significación estadística se realizó con la prueba de Duncan al 95% de significancia para Tratamientos y el análisis organoléptico se utilizó el programa Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) para obtener resultados satisfactorios.

Palabras clave: yuca, cebada, levadura, lúpulo.

ABSTRACT

The beer is defined as a beverage resulting from fermentation by selected yeast, the juice from barley malt alone or mixed with other amylose products into sugars by enzymatic, cooking and flavored with hops flowers digestion. In this research the influence of starch from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) was studied in the quality of beer for that cassava starch occurred following the following operations: receiving, picking, washing and heavy, grated, filtering, decanting, dried at room temperature for two days time. The brewing process consists of six distinct phases, namely: malting, mashing, boiling, fermentation, pasteurization and maturity which will depend on the type and style of beer to be obtained. Three levels of substitution of barley beer were performed cassava (90% / 10 %, 85% / 15% and 80% / 20 %). Then he proceeded to packaging beer with different amounts of sugar (5, 7 and 9 grams of sugar per liter of beer), performing the corresponding physical analysis. Experimental results indicate that the best beer obtained is achieved with a mixture of 85% of barley beer and beer 15% cassava sugar 7 g / L with a physical analysis of the beer, pH (4,13), alcoholic (4,78), density (1,0198) and total acidity (0.3475), and which were organoleptically evaluated (color , smell, taste), with good acceptance by a group of panelists treatment 5. The statistical analysis was used design completely randomized factorial arrangement A x B for barley beer and beer cassava, wherein the variable pH, alcoholic strength, density and total acidity was analyzed. The determination of statistical significance was performed with Duncan test at 95 % significance for treatments and organoleptic analysis program design randomized complete block (DBCA) was used to obtain satisfactory results.

Keywords: cassava, barley, yeast, hops.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la Región Amazonas depende en parte de darle un valor agregado a los recursos culturales que se tiene ya que estos son en gran cantidad y diversidad, destacando los agrícolas cultivados que en la actualidad son aprovechados en forma deficiente y en algunos casos no se está dando un valor agregado.

Dentro de las líneas de procesamiento tradicionales se tiene la posibilidad de emplear la yuca (*Manihot esculenta Crantz*), en forma de almidón como suplemento en la elaboración de la cerveza.

1.1. La yuca (*Manihot esculenta Crantz*)

Es un cultivo perenne con alta producción de raíces reservantes, como fuente de carbohidratos y follajes para la elaboración de harinas con alto porcentaje de proteínas. Las características de este cultivo permiten su total utilización, el tallo (estacón) para su propagación vegetativa, sus hojas para producir harinas y las raíces para el consumo en fresco, la agroindustria o la exportación (Hough, 2002).

Tabla 1. Tabla nutricional (por 100 g de porción comestible de yuca)

Componentes	Cantidad
Calorías	120 cal
Proteínas	3,1g
Grasas	0,4g
Hidratos de Carbono	26,9g
Magnesio	66g
Potasio	764mg
Vitamina B6	0,3mg
Vitamina C	48,2mg
Almidón	19%

Fuente: www.consumer.es, 2009.

Los avances logrados en los últimos años en el desarrollo de variedades de yuca con alto potencial de rendimiento ayudan a mejorar la productividad y la competitividad del cultivo y le permiten entrar en diferentes mercados,

especialmente en los servidos por las industrias de alimentación animal y usos industriales (almidón y pegantes). El cultivo de la yuca demanda una cantidad apreciable de uno de ellos, la mano de obra, especialmente en las labores de siembra y cosecha. El maíz, cereal más completo en términos nutritivos para las dietas de alimentación, puede ser sustituido en valor nutritivo en 70% a 75% por yuca (Hough, 2002).

En la obtención del almidón de yuca se sigue los siguientes pasos. Las raíces de yuca son lavadas para eliminar la tierra, impurezas y retirar la cascarilla luego son ralladas para liberar los gránulos de almidón y la masa obtenida es lavada y filtrada o colocada en un colador y la lechada es colocada en un depósito para ser decantado.

El almidón decantado es pasado a otro depósito para luego ser secado al sol, al cabo del cual adquiere la propiedad de expansión y características de sabor, color y olor deseables en la elaboración productos horneados, sopas, cervezas y otros (Alarcón y Dufour, 1998).

Producción de yuca en la Región Amazonas registró 13 mil 53 toneladas y creció en 5,6% respecto a julio de 2011, que fue 12 mil 358 toneladas.

1.2. La cebada cervecera (*Hordeum vulgare*)

Es una planta anual de la familia de las gramíneas, parecida al trigo, con cañas de algo más de 0,60 m, espigas prolongadas, flexibles, un poco arqueadas, y semilla ventruda, puntiaguda por ambas extremidades y adherida al cascabillo, que termina en arista larga (Hough, 2002).

Características Nutricionales

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	%	0,50
Ácido linoleico	%	1,65
Grasa	%	1,80
Fibra	%	15,00
Ceniza	%	2,40
Almidón	%	5,00

Fuente: <http://www.nlm.nih.gov/medlinepl>, 2009

Muchos consideran a la cebada como un cereal más, sin embargo posee algunas particularidades que la diferencian del resto. Tiene más proteína que el trigo, pero tiene mucho menos gluten. Por esta razón los panes de cebada son más compactos y menos esponjosos. La mezcla que se hace en muchas regiones con harina de trigo, resulta muy benéfica: la cebada aporta su mayor riqueza en lisina (aminoácido limitante en el trigo), con lo cual el pan gana en valor proteico y la textura se hace más liviana (Hough, 2002).

En materia de minerales, la cebada es buena fuente de potasio, magnesio y fósforo, pero su mayor virtud es la riqueza en oligoelementos: hierro, azufre, cobre, cinc, manganeso, cromo, selenio, yodo y molibdeno. Esto la convierte en alimento ideal para estados carenciales y para el proceso de crecimiento. La cebada es el cereal mejor dotado de fibra (17%) y sobre todo en materia de fibra soluble (beta glucanos). Esta fibra retarda el índice de absorción de la glucosa y reduce la absorción de colesterol (Hough, 2002).

La cebada se germina y luego se seca, para convertir en malta activándose de esta forma enzimas como la amilasa que convertirán los almidones en azúcares solubles. En el transcurso de los años, se ha ido imponiendo, prácticamente en todo el mundo, el aroma de las cervezas elaboradas a partir de cebada malteada. Además, la cebada utilizada para la elaboración de malta destinada a la producción de cerveza es más rica en almidón, que es la sustancia que da origen al extracto fermentable (Hough, 2002).

La molienda tiene por objetivo triturar la malta. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible y que, en cambio, el endospermo se muele hasta un tamaño de partículas que permita la fácil liberación del extracto. Si se desintegra mucho, la cascarilla no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto a partir de la masa. Por otra parte la cascarilla rota libera más sustancias tánicas de las deseables. En cuanto a la trituración del endospermo, es preciso que las partículas del mismo se hidraten bien y liberen fácilmente sus enzimas y otros constituyentes celulares para que puedan degradarse rápidamente. Desde este punto de vista, serían ideales partículas de tamaño reducido, pero estas tienden a empaquetarse demasiado apretadamente y a formar un lecho impermeable, que libera muy lenta e incompletamente el mosto. La finura de la molienda depende; por ello, del tipo de equipo utilizado para la recuperación del mosto, si el recipiente es profundo requiere en general, partículas más gruesas que si tiene poca altura (Hough, 2002).

La maceración comienza con la malta triturada y el agua; en este caso se habla de maceración sencilla o simple. Debe llevarse a cabo de manera que malta y agua se mezclen bien, sin formar grumos. La mezcla debe tener aspecto de papilla pastosa. Conviene repartir la malta triturada en el agua sin dejar de remover. Al elegir el recipiente, debe tenerse en cuenta que 1 kg de la malta incrementa el volumen de la mezcla en casi 1 litro. También reviste importancia la T° a que tiene lugar la maceración simple. Muchas veces la operación se realiza en frío, es decir, la temperatura ambiente. Pero es más frecuente trabajar a temperatura de 35 °C o algo por encima de 50 °C (Vogel, 2003).

Tabla 3. Composición nutricional de la malta

Grupo	Azucares
Porción comestible	1,00
Agua ml	8,00
Energía (kcal)	300,00
Carbohidratos (g)	84,80
Proteínas	2,20
Lípidos	0,10
Potasio (mg)	20,00
Riboflavina (B2) (mg)	0,18

Fuente: <http://nutriguia.com/?id=malta;t=STORY;=alimentos>, 2009

1.3. El lúpulo

El lúpulo es una planta trepadora de la cual se utilizan las flores femeninas para dar el amargor. El lúpulo se añade en diferentes proporciones de manera que genere amargor, sabor y aroma dependiendo de tiempo en que el lúpulo está en contacto con el mosto en ebullición, (Gorostiaga, 2008).

El lúpulo es utilizado en cervecerías por su poder de amargor. El lúpulo se encuentra en la lupulina (gránulos de color amarillo que se encuentran en la flor) siendo estos unos ácidos amargos cristalizables que confieren el poder de amargor. Estos ácidos amargos se oxidan y polimerizan fácilmente perdiendo su poder de amargor, estos fenómenos son acelerados por el oxígeno, temperatura, y humedad. Siendo importante que para su conservación que deben ser colocados en lugar adecuados a 0° C de temperatura (Gorostiaga, 2008).

El amargado del mosto tiene lugar por el ingreso de determinadas sustancias amargas del lúpulo, siendo: ácidos alfa o humulona, ácidos beta o lupulona, resinas blandas alfa, resinas blandas beta, resinas duras. Siendo sus amargos relativos. Asimismo también imparte sabor el tanino de lúpulo el cual da el sabor final a la cerveza, el aroma característico.

Está dado en cambio por los aceites del lúpulo los cuales son una mezcla de varios aceites con un punto de ebullición de 127 a 300° C (<http://www.aldon.org/cerveza/lupulo.htm>. Agosto, 2009).

El lúpulo aporta a la cerveza: (Gorostiaga, 2008):

Sabor

Existen variedades de lúpulo que se utilizan solo para dar sabor, porque son muy pobres en cuanto a poder de amargo y aroma.

La adición de lúpulo en la cerveza logra que tenga un mayor o menor grado de amargor, según la cantidad de lúpulo que se adicione y el estilo de cerveza a elaborar.

Aroma

Se puede intensificar el aroma de la cerveza gracias al agregado de lúpulo. Existen lúpulos que solo se utilizan para proporcionar una mejor aroma, ya que son muy aromáticos y baja concentración de amargo y sabor.

Conservación

El lúpulo es un gran bactericida, por lo que ayuda a la cerveza a prolongar el tiempo de vida, evitando la descomposición a causa de bacterias.

1.4. Levadura Cervecera (*Saccharomyces cerevisiae*)

Las levaduras son organismos vivos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos. Se alimentan de los azúcares provenientes de la malta (Hough, 2002).

La *Saccharomyces cerevisiae*, tienen la capacidad de fermentar los azúcares, convertir el azúcar en dióxido de carbono y alcohol. La *Saccharomyces cerevisiae* hace esta función de forma tan eficiente que puede fermentar su propio peso en glucosa en no más de una hora. (www.ehowenespanol.com, septiembre 2013).

1.5. La cerveza

La cerveza es una bebida cuyo proceso está muy ligado a la mayoría de las culturas durante muchos años, en nuestros países ha surgido un crecimiento en la producción y consumo de esta bebida, con un interés de conocer y acercarse más a sus diversidades y matices. El proceso de elaboración de cerveza consta de seis etapas claramente definidas, que son: malteado, maceración, cocción, fermentación, pasteurización y maduración las cuales van a depender del tipo y estilo de cerveza que se quiera obtener y de acuerdo a la clase de cerveza la

cantidad y el tipo de materias primas va a variar. Son los parámetros por los cuales existe una gran variedad de cerveza hoy en el mundo, Según García *et al* (2012).

En la actualidad la cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación dentro del mercado nacional e internacional. El Perú ocupa el sexto puesto, con un total de 8,1 litros per cápita por año de bebidas fermentables (<http://elcomercio.pe/economia/peru>, setiembre 2014).

La producción está dedicada exclusivamente para el público adulto que tiene mayor inclinación por productos elaborados artesanalmente; ya que, en su elaboración el productor pone un minucioso énfasis en los detalles, puesto que no cuenta con la tecnología que tienen las cervecerías industriales, por lo que, el producto final es de mejor calidad.

La cerveza normalmente es elaborada mediante la mezcla de varios cereales como cebada, maíz, arroz entre otros. Pero han sido excluidas materias primas como yuca, patata, zanahoria, etc. Pese a contener un alto porcentaje de almidón los cuales pueden ser transformados en azúcares fermentables indispensables para la elaboración de bebidas alcohólicas y de moderación como la cerveza.

En la Región Amazonas gracias a su variedad de climas existen zonas tropicales, cálidas con T° 26– 28 °C y altitud hasta 2,200 m.s.n.m. Actualmente, en nuestro País la yuca es considerada un cultivo de pequeños agricultores.

Su producción está dedicada principalmente al consumo en estado fresco debido al desconocimiento en la elaboración de productos a base de tubérculos pues no se han buscado alternativas a nivel nacional para darle un valor agregado.

Los problemas antes mencionados, fueron los factores fundamentales que dieron base para la realización de la presente investigación, en la cual se determinó el porcentaje de almidón y la cantidad de azúcar en la elaboración de cerveza de modo artesanal.

Dentro de las industrias biotecnológicas la producción de cerveza ocupa el primer lugar dentro de las bebidas fermentadas más consumida por volumen de producción y por consiguiente es la de mayor importancia económica a nivel mundial, Según García *et al* (2012). En Latinoamérica la industria cervecera es

una de las actividades económicas que ha experimentado uno de los cambios estructurales y de organización interna más importantes del sector manufacturero, comercial que han mantenido un constante crecimiento durante los años que le ha permitido establecerse en el mercado con un alto nivel de capitalización e industrialización, Según García et al (2012).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó como materia prima la cebada y el almidón de yuca

2.1. Material biológico

- Cebada cervecera (*Hordeum vulgare*).
- Yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

2.2. Insumos

- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).
contiene un promedio de 75% de agua y entre los constituyentes más importantes de la sustancia seca el 90 a 95% es materia orgánica, la cual tiene un 45% de carbohidratos 5% de materias grasas y 50% de materias nitrogenadas, siendo las más importantes en las nitrogenadas las proteínas y en menos cantidad las vitaminas, dentro de las materias inorgánicas que viene a ser en un 5 a 10% encontramos fósforo, potasio, sodio, magnesio, cinc, hierro, y azufre, y el contenido de materias grasas es de un 8%. Vicente Ediciones, (1994).
- Lúpulo.
- Azúcar blanca.

2.3. Obtención del almidón de yuca

- a) Selección: esta operación se realizó en forma manual y visual.
- b) Pesado y lavado: para realizar esta operación se empleó una balanza comercial y para el lavado se empleó abundante agua potable.
- c) Pelado: se realizó en forma manual empleando un cuchillo.
- d) Rallado: se realizó con una ralladora manual para liberar los gránulos de almidón.
- e) Filtrado: se realizó en un colador para separar la parte lechosa de la fibra.
- f) Decantado: la lechosa se colocó en un recipiente de aluminio con la finalidad de separar el almidón del líquido lechoso.

- g)** Secado: esta operación se realizó con el fin de deshidratar el almidón de yuca, esta operación se llevó a cabo a temperatura ambiente por dos días.
- h)** Producto final: se obtuvo almidón de yuca que presenta un color blanco con buenas características organolépticas.

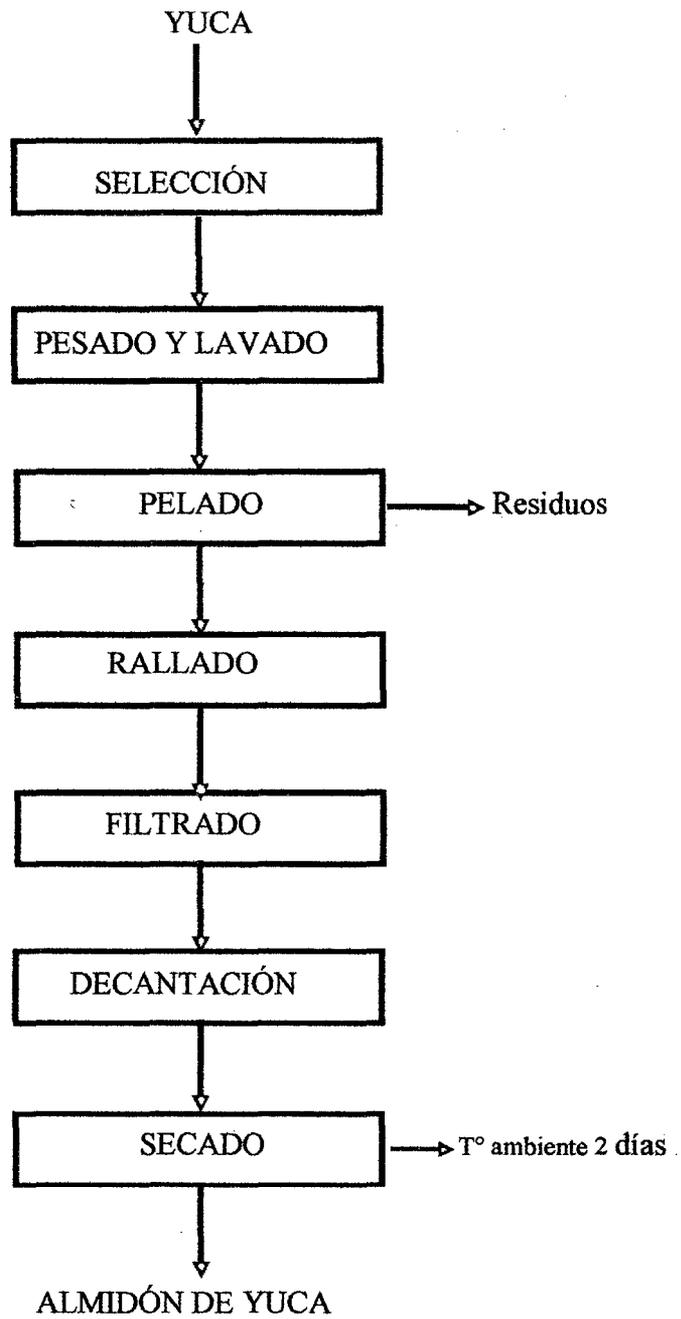


Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de almidón de yuca.

2.4. Descripción de la elaboración de la cerveza de cebada

a) Malteado

El malteado es un proceso en el cual los granos de cebada se colocaron en remojo hasta que adquirió una humedad determinada, lo que provocó la germinación. El tiempo aproximado de la misma fue de 8 días, hasta lograr que el brote haya alcanzado $\frac{1}{2}$ o $\frac{2}{3}$ de longitud del grano aproximadamente.

Una vez germinado el grano, se realizó el secado y tostado obteniendo así la llamada malta básica, que son granos de cebada con alto contenido de almidón soluble.

b) Molienda

La molienda de la malta se realizó utilizando un molino de mano. En este proceso se obtuvo 20% de harina, 50% de grano partido y 30% de grano entero aproximadamente.

c) Maceración

La maceración se dividió en dos partes: el empaste y la aspersion

Empaste

Se pesó 2,5kg de malta molida dentro de una bolsa de tela y se colocó la misma dentro de una olla de forma tal que la parte superior del costalillo quedó colgado hacia fuera y al cerrar la tapa se quedó sujetado el borde del costalillo para que no caiga dentro de la olla.

Se agregó 10 litros de agua caliente a 72 °C tratando de cubrir la malta que se encuentra dentro de la bolsa de tela y se dejó tapado durante una hora y media, con el fin que los granos absorban el agua caliente y de esta manera se active las enzimas diastasas que destruyeron el núcleo del almidón transformándolo en azúcares fermentables, obteniendo un líquido de color marrón, poco espeso y dulce, llamado mosto. Transcurrido 1 hora y 30 minutos se realizó el trasvase del mosto de la olla hacia el balde, es importante tomar en cuenta la densidad del mosto ($1,045 \text{ g/cm}^3$) ya que de ésta depende el rendimiento.

Aspersión

Terminado de sacar el mosto de la olla se introdujo 5 litros de agua caliente, se tapó y se dejó 20 minutos para que los granos desprendan el resto de azúcares fermentables. Se tomó una muestra para determinar la densidad del segundo mosto la cual fue $1,030 \text{ g/cm}^3$)

Luego de estos procesos, se adicionó 2 litros del segundo mosto al primero, repitiendo este paso hasta que llegó a una densidad de $1,025 \text{ g/cm}^3$), obteniendo así 16 litros de mosto listo para la cocción.

d) Cocción

Se hirvió durante 1 hora, y se adicionó el lúpulo ($0,9 \text{ g/L}$). El cual no sólo sirve para dar sabor amargo y aroma a la cerveza, sino también lograr prolongar su vida útil una vez embotellada, evitando la proliferación de bacterias.

Las adiciones de lúpulo fueron las siguientes:

- Al comenzar a hervir 50 % – Lúpulo para amargar
- A los 45 minutos 25 % - Lúpulo para sabor
- A los 55 minutos 25 % -Lúpulo para aroma

Es importante aclarar que a los 55 minutos, además del lúpulo, se adicionó gelatina sin sabor (2 g), para precipitar las proteínas del mosto producidas por el lúpulo y la malta, es decir lograr que esas impurezas se depositen en el fondo de la olla, por decantación. Se obtuvo una pérdida por evaporación durante la cocción de 12 a 14 %.

La espuma se sacó utilizando la espumadera, ya que contiene algunos aceites esenciales que pueden dar sabores extraños a la cerveza.

La cocción tuvo una duración de 1 hora donde se procedió a lupulizar el mosto (darle amargor y aroma), y también poder eliminar proteínas, partículas que enturbian la cerveza y desinfectar el medio para su posterior fermentación

e) Enfriado

Se sumergió la olla dentro de una tina, y se colocó agua fría, para lograr bajar la temperatura de 92 °C a 25 °C. En media hora se logró esa temperatura.

f) Primera fermentación

Se enfrió el mosto a 25 °C, se trasvasó al balde fermentador previamente desinfectado con alcohol, esto es importante para evitar la contaminación con bacterias.

Para activar la levadura se colocó 150 mL de agua hervida y enfriada a una temperatura de 25 °C, se adicionó 8g de levadura cervecera se dejó reposar durante 5 min y luego se adiciono la levadura activada en 14 litros de mosto.

Se tapó el balde y se colocó en la tapa una manguera plástica que conectó el balde del mosto y un envase con agua para dejar escapar el gas generado por la fermentación y evitar que el balde pueda explotar producto de la presión generada por el gas.

Este balde fue mantenido a temperatura de 25 °C por 7 días, ya que en los primeros 4 días, se observó una actividad importante dentro del balde, generando una espuma de color marrón y movimiento de elementos que suben y bajan dentro del mosto. A partir del 4to día, la actividad prácticamente cesó, se observó que en el fondo del balde comenzó a formar una capa de residuos producto de la fermentación por decantación y la cerveza comenzó a tomar un color diferente.

g) Filtrado

Transcurridos 7 días de fermentación, se realizó el trasvase de la cerveza del balde fermentador primario al balde fermentador secundario. Este proceso se hizo para eliminar la capa de residuos que se formó durante la fermentación. Se colocó de nuevo la tapa y la manguera plástica, y se dejó durante 7 días más a temperatura de 25 °C.

Con esto se logró que la cerveza termine de fermentar pero al mismo tiempo se redujo la capa de sedimentos, obteniendo una cerveza más cristalina.

2.5. Descripción de la elaboración de la cerveza de yuca

a) Gelatinización

Se mezcló el almidón de yuca con agua en relación de 2,7 kg en 16 litros y se llevó a ebullición para conseguir la gelatinización que es la disrupción de la ordenación de las moléculas en los gránulos de almidón produciendo así la separación de los sólidos solubles presentes en esta solución gelatinosa. Una vez que se llegue al punto de ebullición se enfriará a una temperatura de 55 °C.

b) Macerado

Cuando esta solución ha llegado a la temperatura de 55 °C, se dejó en reposo por 10 minutos, con la finalidad de ayudar en la hidrólisis del almidón de yuca trasformando la sustancia gelatinosa en un líquido el cual se denomina mosto.

c) Cocción

Se hirvió durante 1 hora en ebullición, y se adicionó el lúpulo 0,9 g/L el cual no sólo sirvió para dar amargo, sabor y aroma a la cerveza, sino también lograr prolongar su vida útil una vez embotellada, evitando la proliferación de bacterias.

Las adiciones de lúpulo fueron las siguientes:

- Al comenzar a hervir 50 % -Lúpulo para amargor
- A los 45 minutos 25 % - Lúpulo para sabor
- A los 55 minutos 25 % -Lúpulo para aroma

Es importante aclarar que a los 55 minutos, además del lúpulo, se adicionó gelatina sin sabor (2 g), para precipitar las proteínas del mosto

producidas por el lúpulo y la malta, es decir lograr que esas impurezas se depositen en el fondo de la olla, por decantación.

Hay que tener en cuenta algo muy importante durante el hervor, la espuma en el mosto se fue sacando utilizando la espumadera, para evitar que los aceites esenciales que contiene puedan dar sabores extraños a la cerveza, se obtuvo una pérdida por evaporación durante la cocción de 12 a 14 %.

La cocción tuvo una duración de 1 hora donde se procedió a lupulizar el mosto (darle sabor amargo y aroma), y también eliminar proteínas, partículas que enturbian la cerveza y desinfectar el medio para su posterior fermentación.

d) Enfriado

Se sumergió la olla dentro de una tina, a la cual se colocó agua fría, para lograr bajar la temperatura de 92 a 25 °C, en media hora se llegó a esa temperatura de 25 °C.

e) Primera Fermentación

Enfriado el mosto a 25 °C, se trasvasó al balde fermentador previamente desinfectado con alcohol, esto es importante para evitar la contaminación con bacterias.

Se activó la levadura en 150 mL de agua hervida y enfriada a una temperatura de 25 °C, y se adicionó 11 g de levadura cervecera, dejó reposar durante 5 min, y luego se adicionó la levadura activada en 14 litros de mosto.

Se tapó el balde y se colocó en la tapa una manguera plástica que conecto el balde del mosto y un envase con agua para dejar escapar el gas generado por la fermentación y evitar que el balde pueda explotar producto de la presión generada por el gas.

Este balde se mantuvo a temperatura de 25 °C por 7 días, ya que en los primeros 4 días, se observó una actividad importante dentro del balde, generando una espuma de color marrón y movimiento de elementos que

suben y bajan dentro del mosto. A partir del cuarto día, la actividad prácticamente cesó, observándose así en el fondo del balde comenzó a formar una capa de residuos producto de la fermentación por decantación y la cerveza comenzó a tomar un color diferente.

f) Filtrado

Al cabo de 7 días de fermentación, se realizó el trasvase de la cerveza del balde fermentador primario al balde fermentador secundario. Este proceso se hizo para eliminar la capa de residuos que se formó durante la fermentación. Se colocó la tapa y la manguera plástica, y se dejó durante 7 días más a temperatura de 25 °C. Con esto se logró que la cerveza termine de fermentar pero al mismo tiempo se redujo la capa de sedimentos, obteniendo una cerveza más cristalina.

2.6. Elaboración de la mezcla de cerveza de cebada y yuca

a) Mezcla

Tabla 4. Porcentaje de mezclas de tipos de cerveza.

Cerveza de cebada	Cerveza de yuca
90%	10%
85%	15%
80%	20%

Fuente: García y otros, 2004.

Después de realizar el proceso de mezclado se calculó la cantidad de azúcar necesario, se adicionó en la segunda fermentación, que fue de 5 g, 7 g y 9 g de azúcar por litro de cerveza. Con la finalidad de obtener una cerveza entre 4,8 a 5,2°GL y la producción de gas.

b) Envasado

Se realizó en botellas de vidrio color transparente de 300 mL de capacidad. Tapadas las botellas se dejó a temperatura de 25 °C tomando en cuenta que se tuvo que mantener una temperatura óptima para que puedan fermentar dentro de la botella y generar alcohol y gas.

Hay que distinguir dos tipos de envasado que pueden presentarse:

- Para las cervezas de baja fermentación. Antes de llevar la cerveza a la máquina de llenado se inyecta CO_2 en los tanques hasta conseguir la saturación deseada, para que la cerveza salga de su recipiente con una buena capa de espuma.
- Para la cerveza con segunda fermentación en botella, antes de embotellar se puede añadir una pequeña cantidad de azúcar, aunque la cerveza todavía contiene azúcar sobrante de la primera fermentación (Hornsey, 2003).

c) Segunda fermentación.

Empleó dos semanas con la finalidad de obtener una cerveza de 4,8 a 5,2 grados alcohólicos y la producción natural de gas. El proceso químico es el siguiente:

Azúcar + levadura + aire que se transforma en más alcohol + CO_2 + el residuo de la levadura que se deposita en el fondo de la botella. Como el poco aire que puede quedar en la botella y que podría dar lugar a una oxidación en el futuro se ha absorbido durante la segunda fermentación, no hace falta pasteurización, y la cerveza sigue evolucionando y madurando dentro de la botella.

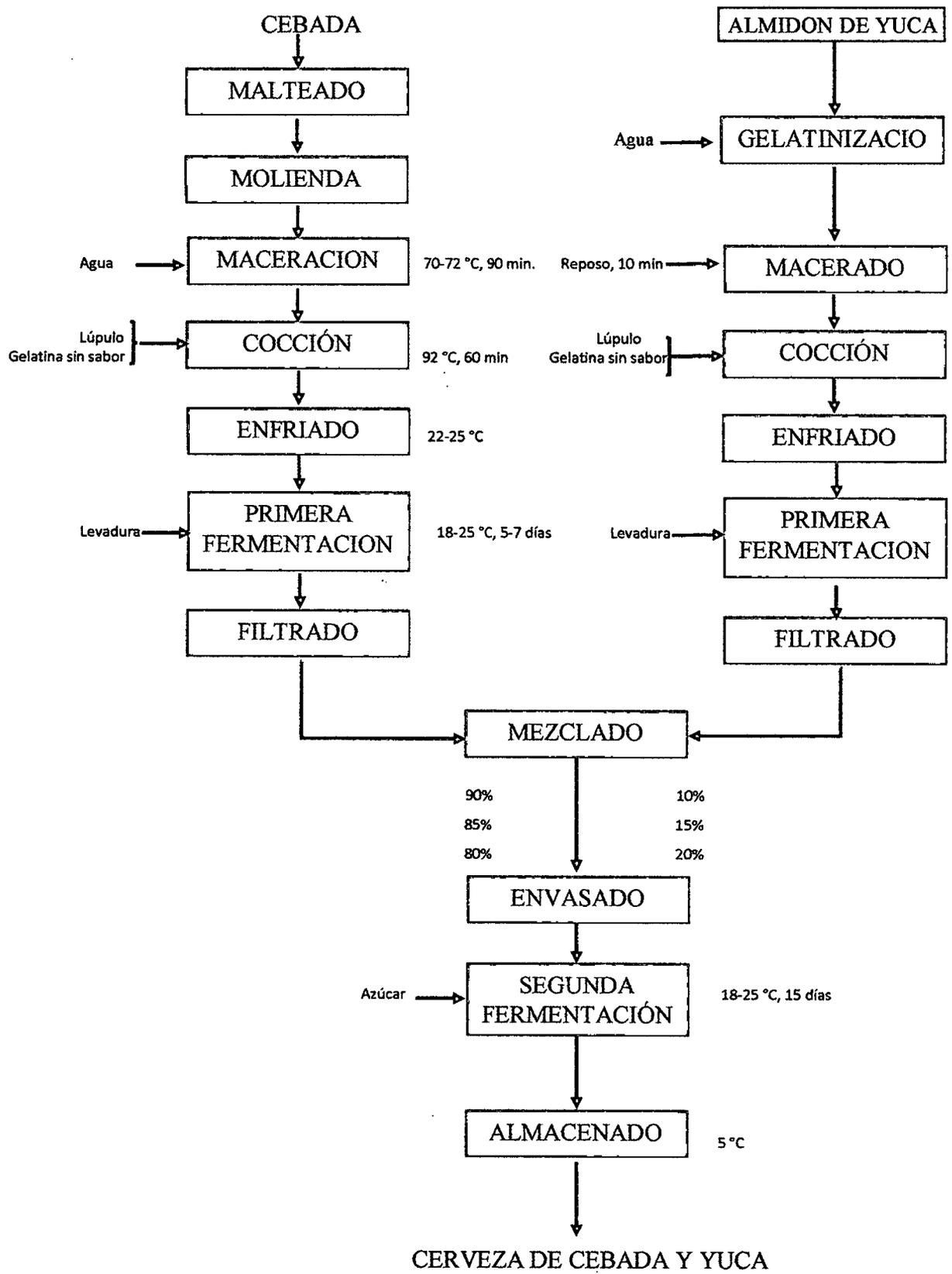


Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza de cebada y yuca

Fuente: García y otros, 2004.

2.7. Prueba de aceptabilidad

La prueba hedónica es de tipo discriminatoria que parte del agrado al desagrado del producto para el paladar, olfato, y vista. Para esta prueba a cada panelista se le proporcionó nueve muestras diferentes codificadas con códigos diferentes que correspondían a tres repeticiones, también se le proporcionó un formato para que anote su apreciación o desagrado del producto, previa capacitación para su correcto llenado. Se proporcionó un vaso de agua mineral, para poder diferenciar los atributos de las muestras por los panelistas.

La escala a evaluar fue de cinco puntos para color, olor y sabor. Los diez panelistas lo conformaron los estudiantes, trabajadores y tesistas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Análisis físico y organoléptico de la cerveza

Se realizó el análisis a la cerveza obtenida de la malta de cebada con diferentes porcentajes de cerveza de yuca.

- **pH:** Se realizó a los 15 días después de haber sido envasados el valor del pH de la cerveza se determinó con el pH-metro.
- **Grados alcohólicos:** Se realizó a los 15 días después de haber sido envasados el valor de los grados alcohólicos de la cerveza se realizó con el alcoholímetro, centesimal de Gay-Lussac.
- **Densidad:** Este parámetro se realizó a los 15 días después de haber sido envasados el valor de la densidad de la cerveza se realizó con el densímetro de 500-1000.
- **Acidez total:** Se realizó el análisis a los 15 días después de haber sido envasados, por el método (titulación con fenolftaleína), el resultado se expresó como ácido láctico (0,090)

III. RESULTADOS

3.1. Cerveza de Cebada

Tabla 6. pH de la cerveza de cebada según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar (C ₅)	4,32	4,26	4,36	4,31
7gramos de azúcar (C ₇)	4,30	4,23	4,26	4,26
9gramos de azúcar (C ₉)	4,34	4,28	4,34	4,32

Tabla 6. Grado alcohólico de la cerveza de cebada según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar(C ₅)	5,100	5,150	4,912	5,050
7gramos de azúcar (C ₇)	5,110	5,111	4,980	5,070
9gramos de azúcar(C ₉)	5,210	5,221	5,120	5,180

Tabla 7. Densidad de la cerveza de cebada según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar(C ₅)	1,010	1,010	1,009	1,010
7gramos de azúcar (C ₇)	1,009	1,011	1,012	1,010
9gramos de azúcar(C ₉)	1,011	1,012	1,008	1,010

Tabla 8. Acidez total de la cerveza de cebada según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar (C ₅)	0,2889	0,1915	0,2727	0,2510
7 gramos de azúcar (C ₇)	0,2573	0,2546	0,2432	0,2517
9 gramos de azúcar (C ₉)	0,1956	0,2647	0,1753	0,2119

3.2. Cerveza de Yuca.

Tabla 9. pH de la cerveza de yuca según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar (Y ₅)	3,61	3,56	3,11	3,43
7 gramos de azúcar (Y ₇)	3,60	3,54	3,54	3,56
9 gramos de azúcar (Y ₉)	2,93	3,53	3,52	3,33

Tabla 10. Grado alcohólico de la cerveza de yuca según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar (Y ₅)	4,91	5,10	4,92	4,98
7 gramos de azúcar (Y ₇)	4,93	5,10	5,12	5,05
9 gramos de azúcar (Y ₉)	5,12	5,22	5,21	5,18

Tabla 11. Densidad de la cerveza de yuca según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar (Y ₅)	1,012	1,013	1,013	1,01
7 gramos de azúcar (Y ₇)	1,013	1,011	1,012	1,01
9 gramos de azúcar (Y ₉)	1,011	1,012	1,009	1,01

Tabla 12. Acidez total de la cerveza de yuca según proporción de azúcar

Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	M1	M2	M3	
5 gramos de azúcar (Y ₅)	0,2884	0,3285	0,5364	0,3639
7 gramos de azúcar (Y ₇)	0,2864	0,3396	0,3364	0,3537
9 gramos de azúcar (Y ₉)	0,4552	0,3772	0,3273	0,3866

Tabla 13. La evaluación sensorial del color de la cerveza de cebada

Panelista	Repeticiones		
	M1	M2	M3
1	3	3	4
2	3	3	2
3	2	3	2
4	3	3	4
5	3	3	2
6	3	3	3
7	3	3	3
8	3	3	3
9	3	3	2
10	3	3	3
Total	28	30	28
Promedio	3	3	3

Tabla 14. Evaluación sensorial del olor de la cerveza de cebada

Panelista	Repeticiones		
	M1	M2	M3
1	3	3	4
2	3	3	2
3	2	3	2
4	3	3	4
5	3	3	2
6	3	3	3
7	3	3	3
8	3	3	3
9	3	3	2
10	3	3	3
Total	28	30	28
Promedio	3	3	3



04 FEB 2013

Tabla 15. Evaluación sensorial del Sabor de la cerveza de cebada

Panelista	Repeticiones		
	M1	M2	M3
1	3	3	3
2	3	4	3
3	2	3	2
4	3	3	4
5	3	3	2
6	2	3	3
7	2	3	3
8	3	4	3
9	3	3	3
10	3	3	3
Total	26	31	29
Promedio	3	3	3

Tabla 16. Evaluación sensorial del color de la cerveza de Yuca

Panelista	Repeticiones		
	M1	M2	M3
1	3	1	2
2	2	2	1
3	2	2	1
4	2	2	1
5	1	1	2
6	2	2	2
7	2	2	1
8	1	1	1
9	2	2	1
10	1	2	2
Total	17	17	15
Promedio	2	2	1

Tabla 17. Evaluación sensorial del olor de la cerveza de Yuca

Panelista	Repeticiones		
	M1	M2	M3
1	3	3	3
2	2	2	3
3	1	1	2
4	2	2	2
5	1	1	1
6	2	1	1
7	2	2	1
8	2	1	2
9	1	2	2
10	2	2	2
Total	18	17	20
Promedio	2	2	2

Tabla 18. Evaluación sensorial del Sabor de la cerveza de Yuca

Panelista	Repeticiones		
	M1	M2	M3
1	2	2	2
2	3	2	2
3	2	2	2
4	2	2	2
5	1	1	2
6	1	2	2
7	2	3	3
8	3	3	2
9	1	2	2
10	2	2	2
Total	19	21	21
Promedio	2	2	2

3.3. Cerveza artesanal de cebada y yuca

Tabla 19. Evaluación sensorial del color de la cerveza de cebada y yuca

	a ₁			a ₂			a ₃		
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₂	b ₃	b ₁	b ₁	b ₂	b ₃
Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	3	2	3	2	3	2	1	3	2
3	2	3	3	3	3	3	3	4	2
4	1	3	2	2	3	1	3	3	1
5	2	2	3	2	2	1	3	3	3
6	2	2	2	2	2	3	3	2	3
7	2	1	1	2	3	3	2	2	2
8	2	3	1	1	2	1	3	3	2
9	3	2	2	3	3	4	4	4	4
10	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Total	21	22	22	22	24	22	27	27	23
Promedio	2	2	2	2	2	2	3	3	2

Tabla 20. Evaluación sensorial del olor de la cerveza de cebada y yuca

	a ₁			a ₂			a ₃		
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁	b ₂	b ₃
Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	3	3	3	3	2	3	3	3	3
2	2	2	4	2	3	3	3	3	3
3	2	2	2	3	3	3	2	2	2
4	3	2	3	3	3	2	3	3	3
5	3	2	2	4	3	3	3	3	3
6	3	3	3	4	2	2	3	3	3
7	3	2	2	2	2	2	4	2	3
8	3	3	3	2	3	3	2	2	3
9	3	3	2	3	3	3	2	1	4
10	2	3	3	2	2	3	3	3	3
Total	26	25	26	28	25	26	28	24	28
Promedio	3	3	3	3	3	3	3	2	3

Tabla 21. Evaluación sensorial del sabor de la cerveza de cebada y yuca

	a ₁			a ₂			a ₃		
	b1	b2	b3	b1	b2	b3	b1	b2	b3
Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	2	3	3	2	2	3
3	2	2	2	3	3	2	2	2	3
4	1	3	3	3	4	3	3	2	3
5	3	2	2	3	2	3	3	2	1
6	2	2	3	3	3	3	2	3	3
7	1	3	1	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	3
9	3	2	2	2	3	3	3	2	3
10	2	3	4	3	3	3	3	3	3
Total	20	24	24	26	28	27	25	23	27
Promedio	2	2	2	3	3	3	3	2	3

Tabla 22. pH de la cerveza de cebada y yuca.

Tratamientos	M1	M2	M3	Promedio
T1	4,15	3,98	4,11	4,08
T2	4,16	4,08	4,13	4,12
T3	4,15	4,08	4,10	4,11
T4	4,17	4,14	4,16	4,16
T5	4,15	4,11	4,13	4,13
T6	4,14	4,08	4,13	4,12
T7	4,19	4,13	4,18	4,17
T8	4,19	4,16	4,18	4,17
T9	4,14	4,13	4,11	4,13
Total	41,44	36,89	37,23	115,56

Tabla 23. Grados alcohólicos de la cerveza de cebada y yuca.

Tratamientos	M1	M2	M3	Promedio
T1	5,20	5,15	5,15	5,1667
T2	4,80	4,71	4,70	4,7367
T3	4,25	4,25	4,29	4,2633
T4	5,18	5,16	5,20	5,1800
T5	4,80	4,80	4,75	4,7833
T6	4,15	4,20	4,12	5,4900
T7	5,10	5,20	5,05	5,1167
T8	4,65	4,13	4,80	4,5267
T9	4,14	4,15	4,10	4,1300
Total	42,27	41,75	42,16	130,18

Tabla 24. Densidad de cerveza de cebada y yuca

Tratamientos	M1	M2	M3	Promedio
T1	1,0120	1,0110	1,0109	1,0113
T2	1,0124	1,0111	1,0111	1,0115
T3	1,1035	1,0134	1,0124	1,0431
T4	1,0125	1,0125	1,0135	1,0128
T5	1,0135	1,0350	1,0109	1,0198
T6	1,0135	1,0134	1,0135	1,0135
T7	1,0111	1,1350	1,0134	1,0532
T8	1,0135	1,0125	1,0135	1,0132
T9	1,0117	1,0115	1,0117	1,0116
Total	9,2037	9,2554	9,1109	9,1900

Tabla 25. Acidez total de cerveza de cebada y yuca

Tratamientos	M1	M2	M3	Promedio
T1	0,3118	0,3708	0,2922	0,3249
T2	0,2560	0,2813	0,3169	0,2847
T3	0,2690	0,2528	0,2308	0,2509
T4	0,2860	0,2621	0,2667	0,2716
T5	0,3510	0,5329	0,3088	0,3476
T6	0,3290	0,3582	0,3529	0,3467
T7	0,2920	0,2250	0,2711	0,2627
T8	0,2110	0,2755	0,2323	0,2396
T9	0,2760	0,3484	0,2611	0,2952
Total	2,5818	2,9070	2,5328	2,2872

IV. DISCUSION

La Norma Técnica Nacional de bebidas alcohólicas- cerveza de cebada N° 213.014 (febrero 1973), elaborada por el instituto de investigación tecnológica industrial y normas técnicas (ITINTEC, 1989), afirma que la cerveza debe reunir los siguientes requisitos técnicos:

- No contener más de 6% de alcohol en volumen.
- No presentar más de 0.06 de alcohol volátil expresada como ácido láctico.
- Presentar una acidez total no mayor de 0,3% expresada como ácido láctico.

Según los resultados de la investigación realizada se obtuvo un máximo de alcohol de 5,5 en el T6 el cual está dentro del rango permitido; en el caso de la acidez el valor mínimo fue de 0,2396 T8 y el valor máximo de 0,3476 el T5; siendo el T9 el que más se aproxima al rango establecido con 0,2951

Según Wolfgang Vogel, (2003), las cervezas se pueden clasificar según el tipo de fermentación (alta 15-25 °C; baja 7-12 °C) tipo de materia prima utilizados para su elaboración (cebada, trigo, arroz, avena, centeno, maíz, sorgo y recientemente, almidón de yuca), teniendo en cuenta estos conceptos la cerveza fermentada obtenida en la presente investigación se puede clasificar como “cerveza ale” elaborada a partir de cebada y almidón de yuca.

Al llevarse la cocción del mosto se cubren 7 objetivos tecnológicos (Varnan y Sutherland, 1997):

- Concentración de sólidos en el mosto.
- Extracción de los componentes del lúpulo.
- Inactivación de las enzimas de la malta.
- Esterilización del mosto.
- Eliminación de compuestos volátiles indeseables.
- Formación de los compuestos responsables del aroma, sabor y color de la cerveza.
- Coagulación de proteínas y favorecimiento de la reacción entre taninos y proteínas para la formación de compuestos insolubles que precipitan clarificando así el producto. En el caso de la investigación realizada para lograr estos objetivos se realizó la cocción por una hora.

Después de enfriar y filtrar la solución se obtuvo un mosto equilibrado compuesto principalmente por carbohidratos fermentables, aminoácidos y minerales. El mosto sirvió como sustrato para el crecimiento de las levaduras y en la producción de etanol. Así mismo fue fuente de precursores de aroma y sabor (Varnan y Sutherland, 1997).

La fermentación del mosto se realiza a temperaturas que van desde 15 a 22 °C para cervezas “ale” y desde 8 a 12 °C para cervezas “lager”. En esta etapa las levaduras metabolizan los carbohidratos del mosto para la generación de etanol y CO₂ predominantemente.

El proceso de maduración consiste en someter al mosto fermentado a bajas temperaturas que van desde 4 a 10 °C por un tiempo de 5 a 10 días. La maduración proporciona a la cerveza sus características finales de olor, color, sabor y brillantez (Hernández, 2003; López et al., 2002; Varnan y Sutherland, 1997).

En la investigación realizada se mantuvo una temperatura de 20-25 C° para la fermentación y en el caso de la maduración se mantuvo a 4 C° por 7 días.

Los valores de pH según Wolfgang Vogel, 2003 debe estar entre 4,3 y 4,8, (las cervezas de fermentación alta desciende hasta 4,1), ósea que está claramente en zona acida. Considerando estas referencias podemos decir que los tratamientos evaluados se encuentran dentro de los valores indicados considerando con pH inferior al T1 con 4,08 y con pH superior al T8 con 4,17.

Los atributos de las evaluaciones sensoriales (color, olor y sabor), fueron determinantes para conocer la aceptación del producto obtenido por un panel semi entrenado. Para la discusión del análisis de calidad sensorial realizado se puede decir que la cerveza elaborada tuvo mayor aceptación en el color T8 = 3, olor T9 3,0 y sabor tenemos los tratamientos T5= 3; siguiendo los tratamientos T6, T9 =3; y T4=3 lo cual significa que fue muy aceptable por el panel, manteniendo también puntajes aceptables en las demás características evaluadas. Mientras que el tratamiento T1=2,0 registra la calificación más baja.

V. CONCLUSIONES

- Empleando 15% de almidón de yuca y 7 g de sacarosa por litro de mosto a base de cebada, se obtuvo cerveza con características de calidad física y organolépticas aceptables.
- El porcentaje adecuado de almidón de yuca fue el 15% para cerveza de cebada y yuca.
- El mejor tratamiento de cerveza de cebada fue la muestra M3 (9 g/L de azúcar), de acuerdo al análisis estadístico realizado a las variables: pH = 4,34, °GL = 5,18, Densidad = 1,010, Acidez = 0,2517.
- El mejor tratamiento de cerveza de yuca fue la M2 (7 g/L azúcar), de acuerdo al análisis estadístico realizado a las variables: pH = 3,5660; °GL = 5,049, Densidad = 1,012, y Acidez = 0,3238.
- En Color, la media más alta tuvo el tratamiento 8 (80% cerveza de cebada +20% cerveza de yuca), siendo ésta considerada como la mejor variable en esta investigación de acuerdo a análisis organoléptico realizados por los panelistas.
- En cuanto a Olor, la media más alta tuvo el tratamiento 9; (80% cerveza de cebada + 20 de cerveza de yuca), siendo considerada como la mejor variable en esta investigación de acuerdo al análisis organoléptico realizados por los panelistas.
- El mejor tratamiento de cerveza de cebada y yuca, fue el Tratamiento 5, (7 g/L de azúcar), de acuerdo al análisis estadístico realizado a las variables físicas: pH = 4,13, °GL = 4,78, Densidad = 1,019, Acidez = 0,3476.
- En cuanto a Sabor, que el Tratamiento 5 (85% cerveza de cebada +15% cerveza de yuca), que permitió considerar esta variable como la mejor en esta investigación de acuerdo a los análisis físicos realizados y en la catación por los panelistas.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar el mejor tratamiento M3 (9 g/L de azúcar) cuando se trate de elaborar cerveza artesanal de cebada.
- Se debe emplear el mejor tratamiento M2 (7 g/L de azúcar) cuando se trate de elaborar cerveza artesanal de yuca.
- La mezcla más recomendable para cerveza artesanal de cebada y yuca el Tratamiento 5 (85% cerveza de cebada + 15% cerveza de yuca).
- No emplear alcoholes, agentes edulcorantes y saborizantes artificiales o sustitutos de lúpulo ya que afectan las características organolépticas y dejaría de llamarse cerveza artesanal.
- Emplear la técnica empleada en esta investigación para elaborar otros estilos de cerveza artesanal como: rojizas, negras, ahumadas,..etc.
- En otra investigación, trabajar con otro tipo de materias primas que contengan almidón y puedan ser transformadas en azúcares fermentables para la elaboración de este tipo de bebidas.
- Emplear el bagazo de malta sobrante de la maceración como alimento de animales.

VII. REFERENCIAS

García, T. y Otros. 2004. La cerveza artesanal: Cómo hacer cerveza en casa. Sabadell: Editorial CerveArt. pp. 70-72

Gorostiaga, F. 2008. Manual del proceso de elaboración de cerveza. Primera Edición, Quito- Ecuador. pp. 100-102

Hernández, P.A. 2003. Microbiología Industrial. Editorial EUNED. Chile. pp. 36-61.

Hornsey Ian s. 2003. Elaboración de cerveza microbiológica, química y tecnológica. Zaragoza-España. Editorial Acribia, S.A.

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.

Hughes, P. 2003. Cerveza: Calidad, higiene y características nutricionales. Zaragoza- España: Editorial Acribia.

López, A., García, G.M., Quintero, R.R., López-Munguía A., Canales, I. 2002. Biotecnología alimentaria. Editorial Limusa. México. pp. 263-312.

Varnan, A.H. y Sutherland, J.P. 1997. Bebidas: Tecnología, Química y Microbiología. Editorial Acribia. España. pp. 307-372.

Vogel Wolfgang. 2003. Elaboración casera de cerveza, Zaragoza-España: Editorial Acribia.

Bibliografía Electrónica

<http://www.aldon.org/cerveza/lupulo.htm>. Agosto, 2009.

www.ehowenespanol.com, septiembre 2013.

<http://elcomercio.pe/economia/peru/peru-sexto-pais-mayor-consumo-alcohol-region-noticia-1728867-2014>.

VIII. ANEXOS.

Anexo 1

Tabla 26. Análisis de varianza para pH de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Cebada	0,006	2	0,003	1,738	0,254
Error	0,010	6	0,002		
Total corregida	0,016	8			

$p=0,254 > 0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a pH de la cerveza de cebada (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 27. Prueba Duncan para el pH de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

Cebada		N	Subconjunto
			1
Duncan (a,b)	C7	3	4,2633a
	C5	3	4,3133a
	C9	3	4,3200a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 28. Análisis de varianza para Grado alcohólico de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Cebada	0,030	2	0,015	1,860	0,235
Error	0,049	6	0,008		
Total corregida	0,080	8			

$p=0,235>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto al grado alcohólico de la cerveza de cebada (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 29. Prueba Duncan para grados alcohólicos de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

	Cebada	N	Subconjunto
			1
Duncan (a,b)	C5	3	5.05433a
	C7	3	5.06700a
	C9	3	5.18367a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 30. Análisis de varianza para densidad de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Cebada	0,000	2	0,000	0,333	0,729
Error	0,000	6	0,000		
Total corregida	0,000	8			

$p=0,729>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a la densidad de la cerveza de cebada (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 31. Prueba Duncan para densidad de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

		Cebada	N	Subconjunto
				1
Duncan (a,b)	C5	3	1,009667a	
	C9	3	1,010333a	
	C7	3	1,010667a	

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 32. Análisis de varianza para acidez total de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Cebada	0,003	2	0,002	0,941	0,441
Error	0,010	6	0,002		
Total corregida	0,013	8			

$p=0,441 > 0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a la acidez total de la cerveza de cebada (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 33: Prueba Duncan para acidez total de cerveza de cebada según proporción de azúcar.

		Cebada	N	Subconjunto
				1
Duncan (a,b)	C9	3	0,211867a	
	C5	3	0,251033a	
	C7	3	0,251700a	

Letras iguales indican diferencias no significativas

Anexo 2

Tabla 34. Análisis de varianza para pH de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Cebada	0,082	2	0,041	0,632	0,563
Error	0,390	6	0,065		
Total corregida	0,472	8			

$p=0,563 > 0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a pH de la cerveza de yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 35. Prueba Duncan para pH de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

	Yuca	N	Subconjunto
			1
Duncan (a,b)	Y9	3	3,3267a
	Y5	3	3,4267a
	Y7	3	3,5600a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 36. Análisis de varianza de grados alcohólicos de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Yuca	0,066	2	0,033	3,942	0,081
Error	0,050	6	0,008		
Total corregida	0,117	8			

$p=0,081>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto al grados alcohólico de la cerveza de yuca (ANVA). Sin embargo la prueba Duncan reporta que existen dos grupos homogéneos de tratamientos; el primero formado por los tratamientos Y5, Y7 y el segundo grupo Y7, Y9 donde Y9 reporta el mayo pH.

Tabla 37. Prueba Duncan para grados alcohólicos de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

Yuca	N	Subconjunto	
		1	2
Duncan (a,b) Y5	3	4,977000b	
Y7	3	5,049367b	5,049367a
Y9	3		5,184000a

Letras diferentes indican diferencias significativas

Tabla 38. Análisis de varianza de densidad de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Yuca	0,000	2	0,000	2,545	0,158
Error	0,000	6	0,000		
Total corregida	0,000	8			

$p=0,158>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a la densidad de la cerveza de yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 39. Prueba Duncan para densidad de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

	Yuca	N	Subconjunto
			1
Duncan (a,b)	Y9	3	1,01067a
	Y7	3	1,01200a
	Y5	3	1,01267a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 40. Análisis de varianza de acidez total de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Yuca	0,008	2	0,004	0,552	0,602
Error	0,046	6	0,008		
Total corregida	0,054	8			

$p=0,602 > 0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a la acidez total de la cerveza de yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 41. Prueba Duncan para la acidez total de cerveza de yuca según proporción de azúcar.

	Yuca	N	Subconjunto
			1
Duncan (a,b)	Y7	3	0,320800a
	Y5	3	0,384433a
	Y9	3	0,386567a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Anexo 3

Tabla 42. Análisis de varianza de color de cerveza de cebada según los panelistas.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panel	4,533	9	0,504	0,751	0,660
Tratam	3,267	2	1,633	2,436	0,116
Error	12,067	18	0,670		
Total corregida	19,867	29			

$p=0,116>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás con respecto a la evaluación sensorial del color de la cerveza de cebada (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 43. Duncan para el color de cerveza de cebada según los panelistas

Tratam	N	Subconjunto
		1
Duncan (a,b) M1	10	2,30a
M3	10	2,80a
M2	10	3,10a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 44. Análisis de varianza de olor de cerveza de cebada según los panelistas.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panel	2,700	9	0,300	1,421	0,251
Tratam	0,200	2	0,100	0,474	0,630
Error	3,800	18	0,211		
Total corregida	6,700	29			

$p=0.630>0.05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás con respecto a la evaluación sensorial del olor de la cerveza de cebada (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 45 Duncan para el olor de cerveza de cebada según los panelistas.

Duncan (a,b)	Tratam	N	Subconjunto
			1
	M3	10	2,80a
	M1	10	2,90a
	M2	10	3,00a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 46. Análisis de varianza de sabor de cerveza de cebada según los panelistas.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panel	3,200	9	0,356	1,882	0,121
Tratam	1,267	2	0,633	3,353	0,058
Error	3,400	18	0,189		
Total corregida	7,867	29			

$p=0,058>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto al sabor de la cerveza de cebada (ANVA). Sin embargo la prueba Duncan reporta que existen dos grupos homogéneos de tratamientos; el primero formado por los tratamientos M1, M3 y el segundo grupo M3, M2 donde M2 reporta la mayor aceptación en la evaluación sensorial el sabor.

Tabla 47. Duncan para el sabor de cerveza de cebada según los panelistas

Duncan (a,b)	Tratam	N	Subconjunto	
			2	1
	M1	10	2.70b	
	M3	10	2.90b	2,90a
	M2	10		3,20a

Letras diferentes indican diferencia significativa.

Anexo 4

Tabla 48. Análisis de varianza de color de cerveza de yuca según los panelistas.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panel	2,300	9	0,256	0,793	0,627
Tratam	0,867	2	0,433	1,345	0,286
Error	5,800	18	0,322		
Total corregida	8,967	29			

$p=0,286 > 0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás con respecto a la evaluación sensorial del color de la cerveza de yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 49. Duncan para el color de cerveza de yuca según los panelistas

Duncan (a,b)	Tratam	N	Subconjunto
			1
	M3	10	1,40a
	M2	10	1,70a
	M1	10	1,80a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 50. Análisis de varianza de olor de cerveza de yuca según los panelistas

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panel	8,800	9	0,978	4,632	0,003
Tratam	0,200	2	0,100	0,474	0,630
Error	3,800	18	0,211		
Total corregida	12,800	29			

$p=0,630>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás con respecto a la evaluación sensorial del olor de la cerveza de yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 51. Duncan para el olor de cerveza de yuca según los panelistas

Duncan (a,b)	Tratam	N	Subconjunto
			1
	M2	10	1,70a
	M1	10	1,80a
	M3	10	1,90a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 52. Análisis de varianza de sabor de cerveza de yuca según los panelistas

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panel	4,967	9	0,552	2,661	0,037
Tratam	0,267	2	0,133	0,643	0,537
Error	3,733	18	0,207		
Total corregida	8,967	29			

$p=0,537>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás con respecto a la evaluación sensorial del sabor de la cerveza de yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 53. Duncan para el sabor de cerveza de yuca según los panelistas

Duncan (a,b)	Tratam	N	Subconjunto
			1
	M1	10	1,90a
	M2	10	2,10a
	M3	10	2,10a

Letras diferentes indican diferencias significativas

Anexo 5

Tabla 54. Análisis de varianza de color de cerveza de cebada y yuca según los panelistas

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panelista	13,778	9	1,531	3,599	0,001
A	2,867	2	1,433	3,370	0,040
B	1,867	2	0,933	2,194	0,119
A * B	0,867	4	0,217	0,509	0,729
Error	30,622	72	0,425		
Total corregida	50,000	89			

A: % de almidón de yuca

B: cantidad de azúcar

El almidón de yuca (A) es factor influyente en el color de la cerveza ($p=0,04 < 0,05$ ANVA), el factor B no es significativo ($p=0,119 > 0,05$) y tampoco la interacción AB ($p=0,729 > 0,05$).

Tabla 55. Duncan para el color de cerveza de cebada y yuca según los panelistas

Tratamiento	N	Subconjunto	
		2	1
Duncan (a,b) 1	10	2,10b	
3	10	2,10b	
4	10	2,10b	
2	10	2,20b	2,20a
6	10	2,20b	2,20a
9	10	2,30b	2,30a
5	10	2,60b	2,60a
7	10	2,60b	2,60a
8	10		2,80a

Letras diferentes indican diferencias significativas

Tabla 56. Análisis de varianza de olor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panelista	2,900	9	0,322	0,892	0,537
A	0,267	2	0,133	0,369	0,693
B	1,267	2	0,633	1,754	0,180
A * B	0,467	4	0,117	0,323	0,862
Error	26,000	72	0,361		
Total corregida	30,900	89			

A: % de almidón de yuca

B: cantidad de azúcar

El almidón de yuca (A) no es significativo en el olor de la cerveza ($p=0,693>0,05$ ANVA), el factor B no es significativo ($p=0,180>0,05$) y tampoco la interacción AB ($p=0,962>0,05$)

Tabla 57. Duncan para el olor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas

Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Duncan (a,b) 2	10	2,50a
8	10	2,50a
5	10	2,60a
3	10	2,70a
1	10	2,70a
6	10	2,70a
7	10	2,80a
4	10	2,80a
9	10	3,00a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 58. Análisis de varianza de sabor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Panelista	10,044	9	1,116	4,109	0,000
A	2,822	2	1,411	5,195	0,008
B	0,822	2	0,411	1,514	0,227
A * B	1,244	4	0,311	1,145	0,342
Error	19,556	72	0,272		
Total corregida	34,489	89			

A: % de almidón de yuca

B: cantidad de azúcar

El almidón de yuca (A) es factor influyente en el sabor de la cerveza ($p=0,008 < 0,05$ ANVA), el factor B no es significativo ($p=0,227 > 0,05$) y tampoco la interacción AB ($p=0,342 > 0,05$)

Tabla 59. Duncan para el sabor de cerveza de cebada y yuca según los panelistas

Tratamiento	N	Subconjunto	
		2	1
Duncan (a,b) 1	10	2,00b	
8	10	2,30b	2,30a
3	10	2,40b	2,40a
2	10	2,40b	2,40a
7	10	2,50b	2,50a
4	10		2,60a
6	10		2,70a
9	10		2,70a
5	10		2,80a

Letras diferentes indican diferencias significativas

Anexo 6

Tabla 60. Análisis de varianza de pH de cerveza de cebada y yuca

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	5,121	8	0,640	1,067	0,427
Error	10,801	18	0,600		
Total corregida	15,923	26			

$p=0,427>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto al pH de la cerveza de cebada y yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 61. Prueba Duncan para pH de cerveza cebada de yuca.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	
Duncan (a,b)	1	3	4,0800a
	3	3	4,1100a
	6	3	4,1167a
	2	3	4,1233a
	9	3	4,1267a
	5	3	4,1300a
	4	3	4,1567a
	7	3	4,1667a
	8	3	5,5100a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 62. Análisis de varianza de grados alcohólicos de cerveza de cebada y yuca

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	5,001	8	0,625	1,033	0,448
Error	10,888	18	0,605		
Total corregida	15,889	26			

$p=0,448>0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto al grado alcohólicos de la cerveza de cebada y yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 63. Prueba Duncan para grados alcohólicos de cerveza cebada y yuca.

Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Duncan (a,b) 9	3	4,1300a
3	3	4,2633a
8	3	4,5267a
2	3	4,7367a
5	3	4,7833a
7	3	5,1167a
1	3	5,1667a
4	3	5,1800a
6	3	5,4900a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 64. Análisis de varianza de grados alcohólicos

fuelle	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	28,152	1	28,152	31,923	0,000
Tratamiento	0,006	8	0,001	0,842	0,579
Error	0,016	18	0,001		
Total corregida	0,022	26			

$p=0,579 > 0,05$ por tanto no existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a la densidad de la cerveza de cebada y yuca (ANVA). La prueba Duncan confirma que todos los tratamientos constituyen un solo grupo homogéneo.

Tabla 65. Prueba Duncan de densidad de cerveza de cebada y yuca

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	
Duncan (a,b)	1	3	1,01130a
	2	3	1,01153a
	9	3	1,01163a
	4	3	1,01283a
	8	3	1,01316a
	6	3	1,01346a
	5	3	1,01980a
	3	3	1,04310a
	7	3	1,05316a

Letras iguales indican diferencias no significativas

Tabla 66. Análisis de varianza de Acidez total

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	2,383	1	2,383	975,034	0,000
Tratamiento	0,062	8	0,008	3,185	0,020
Error	0,044	18	0,002		
Total corregida	0,106	26			

$P=0,020 < 0,05$ por lo tanto existe por lo menos un tratamiento que sea significativamente diferente que los demás respecto a la acidez total de la cerveza de cebada y yuca (ANVA). La prueba Duncan reporta que existe tres grupos homogéneos de tratamientos; el primero formado por los tratamientos T1, T6, T5 el segundo grupo T7, T4, T2, T9, T1, T6 y el tercer grupo T8, T3, T7, T4, T2, T9, T1.

Tabla 67. Prueba Duncan de acidez total de cerveza cebada y yuca

Tratamiento	N	Subconjunto			
		3	2	1	
Duncan (a,b)	8	3			
	3	3			
	7	3	0,262700c	0,26270b	
	4	3	0,271600c	0,27160b	
	2	3	0,284733c	0,28473b	
	9	3	0,295167c	0,29516b	
	1	3	0,324933c	0,32493b	0,324933a
	6	3		0,34670b	0,346700a
	5	3			0,347567a

Letras diferentes indican diferencias significativas

Tabla 68. Tratamiento de cerveza de cebada y yuca más adecuado según los panelistas

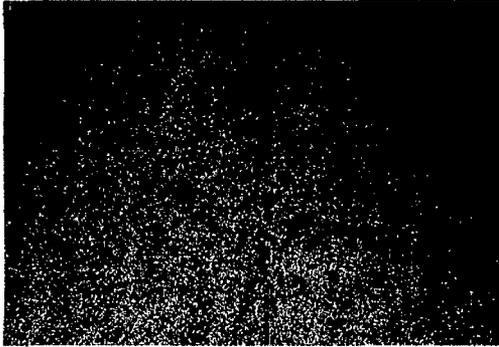
Tratamiento	N	Subconjunto	
		2	1
Duncan(a,b) 1	10	2,00b	
8	10	2,30b	2,30a
3	10	2,40b	2,40a
2	10	2,40b	2,40a
7	10	2,50b	2,50a
4	10		2,60a
6	10		2,70a
9	10		2,70a
5	10		2,80a

Letras diferentes indican diferencias significativas

El Tratamiento 5 (85% cerveza de cebada +15% cerveza de yuca), es considerada como el mejor tratamiento en esta investigación de acuerdo a los análisis físicos realizados y en la catación por los panelistas.

Anexo7

Fotografía 1. Secado de la malta



Fotografía 2. Tostado de la malta



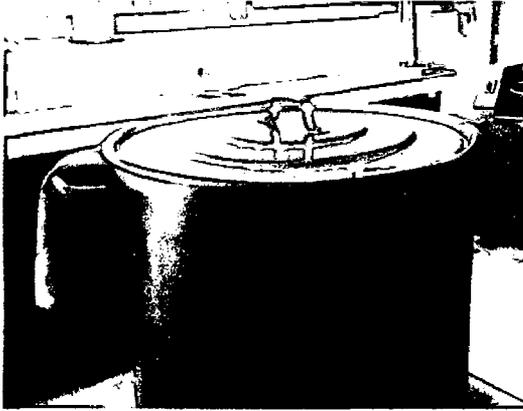
Fotografía 3. Molienda de la malta



Fotografía 4. Malta dentro de la bolsa de tela



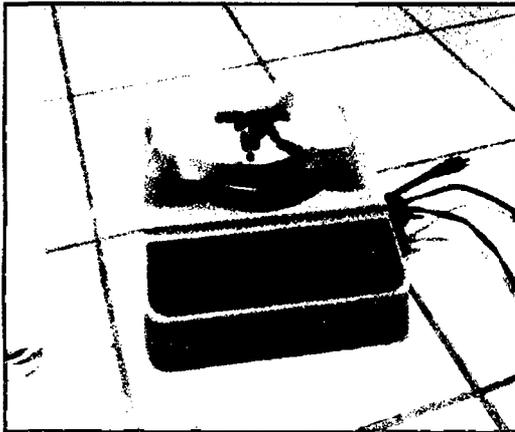
Fotografía 5. Maceración del mosto



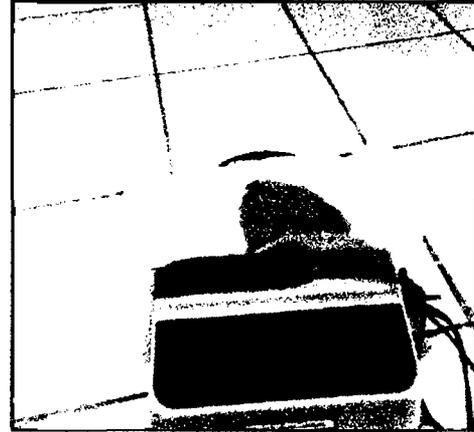
Fotografía 6. Cocción del mosto



Fotografía 7. Pesado de lúpulo



Fotografía 8. Pesado de la levadura



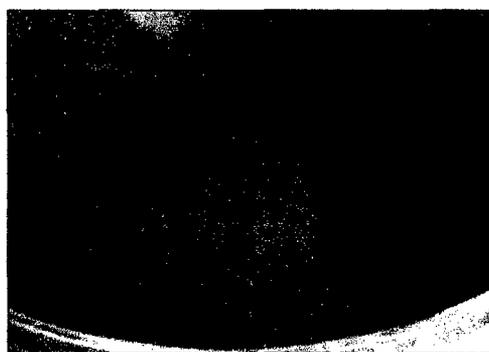
Fotografía 9. Activación de la levadura



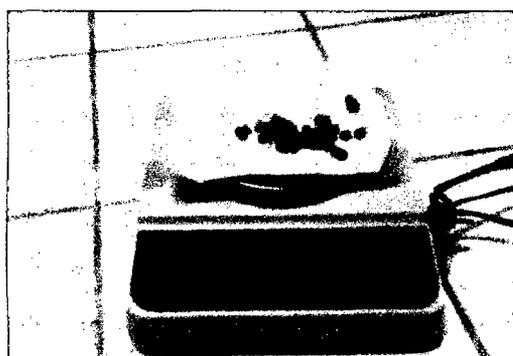
Fotografía 10. Preparación de la cerveza de yuca



Fotografía 11. Cocción del mosto



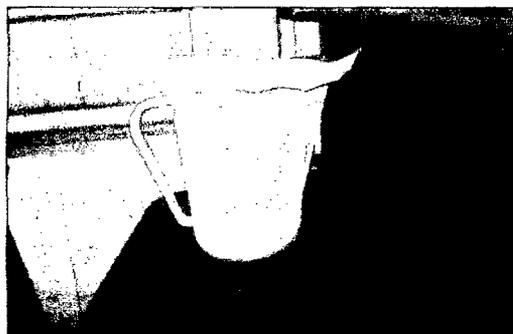
Fotografía 12. Pesado del lúpulo



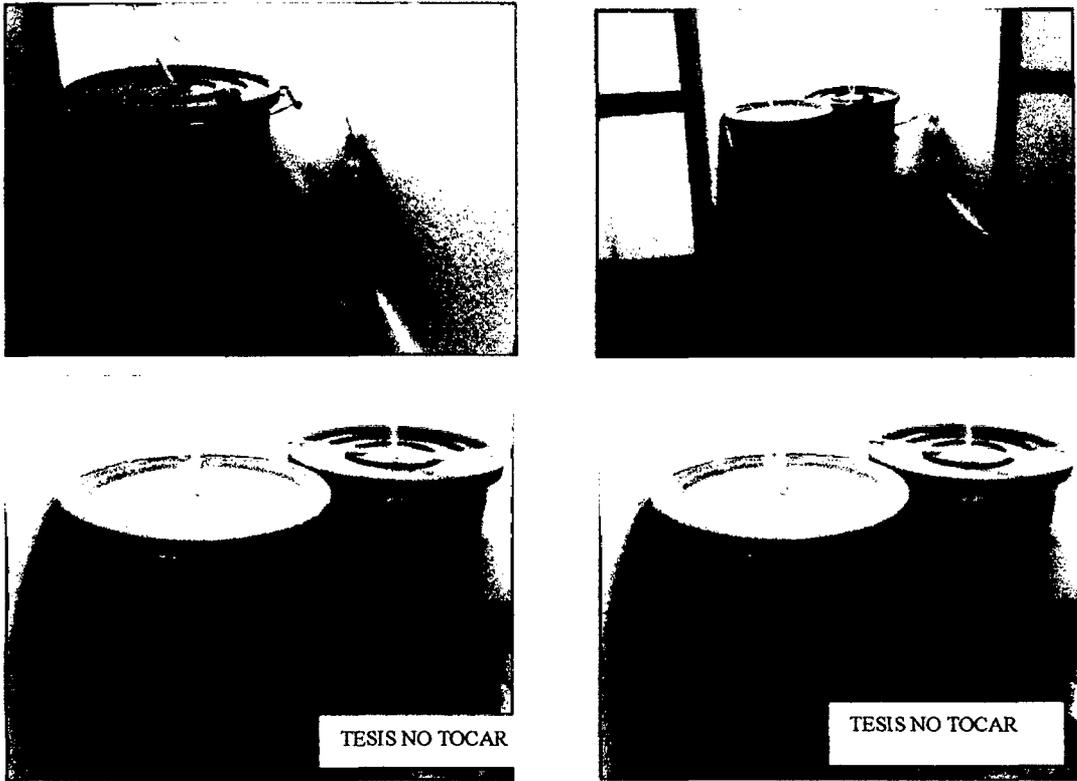
Fotografía 13. Pesado de la levadura



Fotografía 14. Activación de la levadura



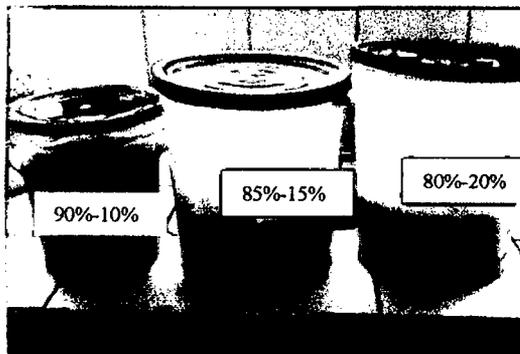
Fotografía 15. Primera fermentación de cerveza de yuca y cebada



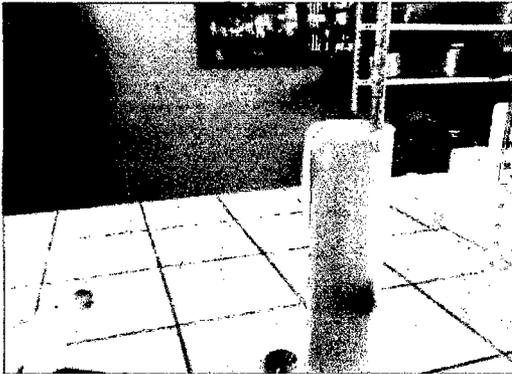
Fotografía 16. Filtrado de la cerveza



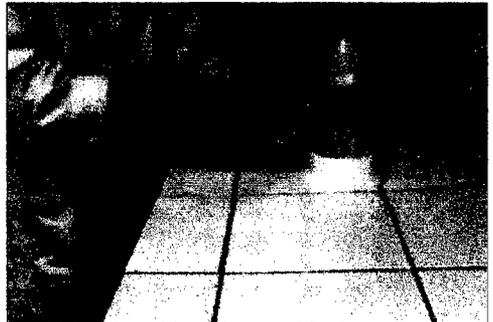
Fotografía 17. Mezclas de cerveza de cebada y yuca en diferentes porcentajes



Fotografía 18. Medida de grados alcohólicos y la densidad



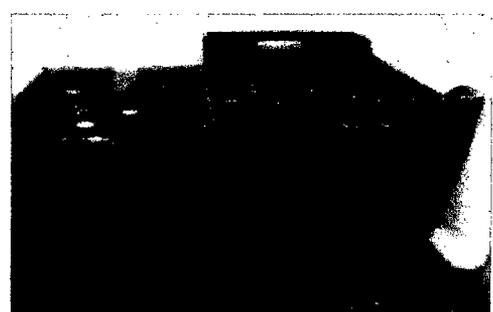
Fotografía 19. Análisis de la acidez total



Fotografía 20. Embotellado manual de la cerveza artesanal



Fotografía 21. Segunda fermentación de cerveza de cebada y yuca



Fotografía 22. Panelistas en la Catación de cerveza artesanal de Cebada y Yuca





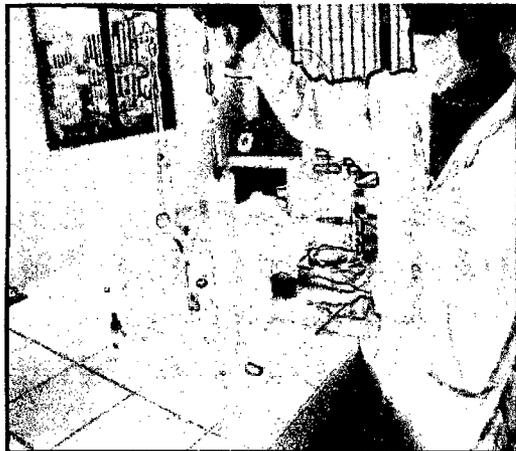
Fotografía 23. Análisis de pH de
cerveza de cebada y yuca



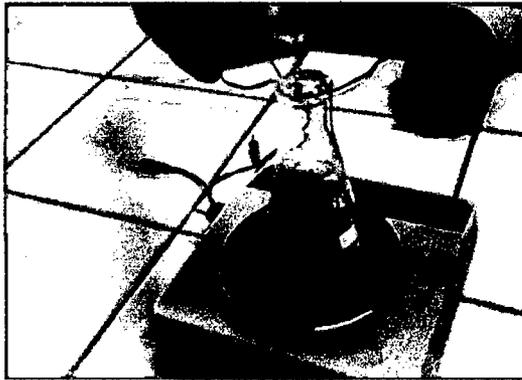
Fotografía 24. Análisis de °GL de
cerveza de Cebada y Yuca



Fotografía 25. Análisis de densidad de cerveza de cebada y yuca



Fotografía 26. Análisis de la acidez total de cerveza de cebada yuca



Anexo 8

Formato test escala hedónica

Hoja de Catación de Cerveza artesanal de cebada (*Hordeum vulgare*)

Reciba un cordial saludo de quienes formamos parte del Proyecto
“Producción de cerveza artesanal de cebada y yuca”

Nombre y apellidos.....

Fecha.....

hora.....

COLOR		OLOR		SABOR	
Turbio	1	Inexistente	1	Muy ligero	1
Poco claro	2	Flojo	2	Ligero	2
Claro	3	Característico	3	Suficiente	3
Brillante	4	Suficiente	4	Vigoroso	4
Cristalino	5	Intenso	5	Generoso	5

TRATAMIENTOS	COLOR	OLOR	SABOR
T1			
T2			
T3			

Comentario.....
.....
.....

Hoja de Catación de Cerveza de Yuca (*Manihot esculenta Crantz*).

Reciba un cordial saludo de quienes formamos parte del Proyecto
“Producción de cerveza artesanal de cebada y yuca”

Nombre y apellidos.....

Fecha.....

hora.....

COLOR		OLOR		SABOR	
Turbio	1	Inexistente	1	Muy ligero	1
Poco claro	2	Flojo	2	Ligero	2
Claro	3	Característico	3	Suficiente	3
Brillante	4	Suficiente	4	Vigoroso	4
Cristalino	5	Intenso	5	Generoso	5

TRATAMIENTOS	COLOR	OLOR	SABOR
T1			
T2			
T3			

Comentario.....

.....

Hoja de Catación de Cerveza artesanal de cebada (*Hordeum vulgare*) y Yuca (*Manihot esculenta Crantz*).

Reciba un cordial saludo de quienes formamos parte del Proyecto “Producción de cerveza artesanal de cebada y yuca”

Nombre y apellidos.....

Fecha.....

hora.....

COLOR		OLOR		SABOR	
Turbio	1	Inexistente	1	Muy ligero	1
Poco claro	2	Flojo	2	Ligero	2
Claro	3	Característico	3	Suficiente	3
Brillante	4	Suficiente	4	Vigoroso	4
Cristalino	5	Intenso	5	Generoso	5

TRATAMIENTOS	COLOR	OLOR	SABOR
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			
T7			
T8			
T9			

Comentario.....

.....