



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“COMPARACIÓN BROMATOLÓGICA Y
MICROBIOLÓGICA DE CHICHAS ELABORADAS CON DOS
VARIETADES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)”**

Tesis previa la obtención del Título de:
INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA:

RAQUEL GRIVANESA DAHUA CISNEROS

DIRECTORA:

DRA. LAURA SCALVENZI

PASTAZA – ECUADOR

2016

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE
TRIBUNAL DE GRADO:

Dr. Luis Bravo Sánchez

Presidente del tribunal

MSc. Paulina Echeverría Guevara

Miembro del tribunal

MSc. Marianela Escobar Arcos

Miembro del tribunal

2016

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento más profundo a las personas e instituciones que contribuyeron significativamente al desarrollo de la investigación, a los cuales quiero expresar mis sinceros agradecimientos.

A mi Directora de Tesis, la Dra. Laura Scalvenzi, por haberme guiado, enseñado y ayudado a elaborar este trabajo investigativo. De la misma forma por haberme dejado trabajar de manera independiente, permitiéndome de esta forma aprender de mis propios errores, contribuyendo aún más con mi desarrollo profesional, lo cual valoro y quiero agradecerlo profundamente.

A los laboratorios de Agroindustria, Biología y Química, por permitirme realizar este estudio y contar con todo su apoyo y colaboración durante el proceso de la investigación.

A las autoridades y docentes de la Universidad Estatal Amazónica en especial a los señores: Dra. Ana Chafra, Dr. Juan Elías Gonzales, Ing. Víctor Cerda, Ing. Paulina Echeverría y Dra. Laura Scalvenzi, por los comentarios y sugerencias realizadas, las cuales fueron utilizadas como herramienta para el desarrollo del trabajo de tesis.

Finalmente, quiero agradecer la ayuda, paciencia y apoyo constante e incondicional, de mi familia, mis amigos y mi esposo.

Raquel Dahua

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desvanecerse en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos, para no retroceder jamás.

A mis cuñadas y mi esposo por sus apoyos, psicológicos, económicos permitiéndome de esta forma superarme profesionalmente.

A los docentes y compañeros estudiantes de la Universidad Estatal Amazónica, los cuales me han permitido ser parte fundamental de la familia universitaria para así llegar a la meta mi profundo agradecimiento.

Raquel Dahua

RESPONSABILIDAD

Yo Raquel Grivanesa Dahua Cisneros, declaro que el contenido de la presente Tesis de Grado es de mi responsabilidad exclusiva.

Raquel Grivanesa Dahua Cisneros

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	4
RESPONSABILIDAD	5
CAPÍTULO I.....	13
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1. Objetivo general	16
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
1.2. HIPÓTESIS.....	17
1.2.1. Hipótesis general	17
1.2.2. Hipótesis específicas	17
CAPÍTULO II.....	18
2. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. La yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	18
2.2. Variedades de yuca.....	19
2.3. Especie estudiada.....	21
2.4. Taxonomía de la planta	21
2.5. Propagación	21
2.6. Cosecha.....	22
2.7. Distribución geográfica	22
2.8. Alimentos y bebidas fermentados tradicionales	22
2.9. La chicha de yuca	23
CAPÍTULO III.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Localización y duración del experimento	26

3.2. Condiciones meteorológicas	26
3.3. Materiales y Equipos	26
3.3.1. Biológico (material experimental)	26
3.3.2. Insumos	26
3.3.3. Material de oficina	27
3.3.4. Materiales para las unidades experimentales	27
3.3.5. Materiales para la elaboración de la chicha	27
3.3.6. Equipos para el abastecimiento personal	27
3.3.7. Equipos y materiales para los análisis de laboratorio	27
3.4. Factores de estudio	28
3.5. Diseño experimental	28
3.6. Mediciones experimentales	29
3.7. Manejo del experimento	30
3.7.1. Elaboración de la chicha	30
3.7.2. Análisis físico-químico de la chicha	31
3.7.3. Análisis bromatológico de la chicha	34
3.7.4. Análisis microbiológico de la chicha	39
3.8. Análisis económicos	43
CAPÍTULO IV	44
4. Resultados experimentales y Discusión	44
4.1. Parámetros físico químico de la chicha de yuca	44
4.1.1. Temperatura	44
4.1.2. pH.....	46
4.1.3. Grados Brix	47
4.1.4. Grado alcohólico	49
4.1.5. Humedad	49

4.2. Análisis Bromatológico	51
4.2.1. Determinación de proteína	51
4.2.2. Determinación de grasas	53
4.2.3. Determinación de fibra.....	55
4.2.4. Determinación de carbohidratos	56
4.2.5. Determinación de ceniza	58
4.3. Análisis Microbiológico	59
4.3.1. Determinación de hongos y bacterias en las Chichas	59
4.3.2. Determinación de bacterias coliformes	62
CAPÍTULO V	64
5. Conclusiones	64
6. Recomendaciones	66
7. Resumen	67
8. Summary	69
9. Bibliografía	70
10. Anexos	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuantificación de costo de producción de la chicha	43
Tabla 2. Composición físico-químicos de las chichas elaboradas con dos variedades de yuca: amarilla (Chicha A), blanca (Chicha B)	44
Tabla 3. Valores de temperatura registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	45
Tabla 4.- Test de Tukey para la variable temperatura.....	45
Tabla 5. Valores de pH registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	46
Tabla 6. Test de Tukey para la variable pH	47
Tabla 7. Valores de grados Brix registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	48
Tabla 8.- Test de Tukey para la variable grados Brix	49
Tabla 9. Valores de humedad registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	50
Tabla 10.- Test de Tukey para la variable humedad	51
Tabla 11. Composición bromatológica (%) de las chichas elaboradas con dos variedades de yuca: amarilla (Chicha A), blanca (Chicha B)	51
Tabla 12. Contenido en proteínas (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	52
Tabla 13. Test de Tukey para la variable proteína	53
Tabla 14. Contenido en grasa (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	53
Tabla 15. Test de Tukey para la variable grasa.....	54
Tabla 16. Contenido en fibra (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	55
Tabla 17. Test de Tukey para la variable fibra.....	56

Tabla 18. Contenido en carbohidratos (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	56
Tabla 19. Test de Tukey para el variable carbohidrato.....	57
Tabla 20. Contenido en ceniza (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	58
Tabla 21. Test de Tukey para la variable ceniza.....	59
Tabla 22. Concentración de hongos ($\times 10^5$ UPC/ml) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/ml) en la chicha amarilla al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	59
Tabla 23. Concentración de hongos ($\times 10^5$ UPC/ml) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/ml) en la chicha blanca al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	60
Tabla 24. Test de Tukey para la presencia de hongos.....	61
Tabla 25. Test de Tukey para la presencia de bacterias.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedades de yuca <i>Manihot esculenta</i> Crantz.....	19
Figura 2. Preparación de la chicha de yuca en las tinajas de barro tradicionales.	31
Figura 3. Destilación del jugo de la chicha para la obtención de alcohol	33
Figura 4. Equipo Kjeldahl para la determinación de la proteína.....	35
Figura 5. Equipo Soxhlet para extracción de grasa.....	37
Figura 6. Proceso de filtrado de la muestra de chicha para la determinación de fibra.....	38
Figura 7. Equipos para determinación de ceniza. A: Quemado de la muestra hasta carbonización. B: Mufla para incineración.....	39
Figura 8. Fases de proceso de análisis microbiológico. A: Medio de cultivos utilizados (PDA, NA, Chromocult). B: Rotulación de material. C: Siembra de microorganismos en caja Petri. D: Conteo en placa de microorganismos.	41
Figura 9. Ficha de interpretación de resultados del análisis de bacterias coliformes, mediante uso del medio de cultivo Chromocult.....	42
Figura 10. Valores de temperatura registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	45
Figura 11. Valores de pH registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	47
Figura 12. Valores de grados Brix registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	48
Figura 13. Valores de grado alcohólico registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio	49
Figura 14. Valores de humedad registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio desde el día	50
Figura 15. Contenido en proteínas (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	52

Figura 16. Contenido en grasa (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	54
Figura 17. Contenido en fibra (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	55
Figura 18. Contenido en carbohidratos (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	57
Figura 19. Contenido en ceniza (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.....	58
Figura 20. Presencia de hongos ($\times 10^5$ UPC/ml) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/ml) registrados en la chicha amarilla, durante el período de estudio.....	60
Figura 21. Presencia de hongos ($\times 10^5$ UPC/ml) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/ml) registrados en la chicha blanca, durante el período de estudio	61
Figura 22. Colonias de <i>Citrobacter</i> procedentes de chicha amarilla y blanca.....	63

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo ciertos cultivos tropicales como la yuca, el arroz, la caña de azúcar y el maíz se mencionan con altos niveles de carbohidratos y cotidianamente se van mejorando las técnicas para su producción, procesamiento y venta en el mercado. Esos cultivos ayudan a fortalecer la dieta alimentaria y la prosperidad de las personas que los producen ya que son cultivados generalmente por pequeños agricultores tradicionalmente y, en su mayoría, son consumidos en zonas rurales con fines de subsistencia. Su comercialización se dificulta por la saturación de producción y por ello muy a menudo estos son transformadas estas en productos derivados como alimentos y bebidas (Cock, 1989).

La presente tesis se enfocó al estudio de la chicha de yuca.

La Yuca es una planta perenne, perteneciente a la familia Euphorbiaceae, cuyo nombre científico es *Manihot esculenta* Crantz. La planta tiene una alta producción de raíces, ricas en carbohidratos y proteínas. Su centro de origen es América Latina, en la cual se encuentra la mayor diversidad genética. El género *Manihot* tiene elevada complejidad de especies en Brasil y en las regiones surorientales de México y Guatemala. La yuca es una planta de primordial importancia en algunas zonas con déficit alimentario. África es el mayor productor a nivel mundial, seguido por Nigeria, América y Oceanía (Catie, 1980).

La yuca se cultiva también en Ecuador, donde existe un desarrollo alto en su cultivo ya que es un alimento tradicional y de gran valor por su aporte nutricional. Sus raíces además de emplearse en estado fresco para consumo humano y animal, han venido adquiriendo gran importancia por su utilización como materia prima en la industria alimentaria en la producción de etanol y plásticos biodegradables (Pincay, 2010).

La yuca en el Ecuador es cultivada en todas las provincias del País, y su producción ha ido aumentando anualmente. Tiene muchas ventajas para los agricultores de bajos recursos ya que se venden en los mercados locales. Además, la yuca es exportada a más de 10 países, siendo su principal mercado Estados los Unidos (Corpei, 2009).

A través de una investigación realizada en Portoviejo por el Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias (INIAP), se ha fortalecido la investigación sobre la yuca recolectado en las tres regiones del país y se conserva en un banco de germoplasma. En la estación existen 255 variedades (INIAP, 2012).

En Ecuador la yuca se utiliza para el consumo directo y para elaboración de la “chicha”, una bebida fermentada de alto valor nutricional por su contenido en carbohidratos. La chicha es uno de los productos más difundidos entre las comunidades indígenas amazónicas; se han creado nuevas formas de producirla y generalmente las mujeres son las responsables de elaborarla mediante “mastiqueo”. Se puede preparar añadiendo camote (*Ipomoea batatas*), para que adquiera un sabor particular; la chicha es consumida máximo hasta los cinco días después de su elaboración ya que los procesos fermentativos que caracterizan su producción, pueden dañarla pasado ese lapso de tiempo (Whitten, 1976).

Las bebidas tradicionales fermentadas representan un patrimonio cultural y alimenticio de las nacionalidades Amazónicas del Ecuador. En las diversidades de bebidas tradicionales existentes en la nacionalidad indígena, se encuentran la chicha de yuca, de plátano (*Musa paradisiaca*), de maíz (*Zea mays*) y de chonta (*Bactris gasipaes*). La chicha de yuca, especialmente, es una bebida de uso cotidiano en la Amazonía ecuatoriana, que los hombres consumen en la mañana y que les permite no alimentarse por el resto del día. En la nacionalidad Kichwa de Pastaza, la chicha se prepara y es consumida desde la antigüedad por los ancestros, que han transmitido sus conocimientos a las nuevas generaciones, con el fin de mantener las tradiciones, costumbres y la cultura de ese pueblo indígena

de la Amazonia Ecuatoriana. En lo que se refiere al impacto social, la chicha tiene sus desventajas ya que al consumirla en eventos, mingas, fiestas tradicionales, días festivos, y siendo esta rica en alcohol, puede ocasionar embriaguez en las personas que la consumen en exceso. Debido al valor cultural que dicha bebida tiene, es importante estudiarla desde el punto de vista científico, tanto bajo el criterio bromatológico como microbiológico, para conjugar estudios científicos con las praxis culturales.

A tal fin la presente investigación fue enfocada en el estudio bromatológico y microbiológico de chichas elaboradas de forma tradicional con dos variedades de yuca: la amarilla y la blanca, con la finalidad de comprobar si existían diferencias, que pudieran traducirse en una indicación nutricional para las personas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Comparar a nivel bromatológico y microbiológico las chichas elaboradas de forma tradicional con dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físico-químicos (temperatura, pH, grados Brix, grado alcohólico y humedad).
- Determinar el contenido en proteína, grasa, fibra, carbohidrato y cenizas.
- Determinar la presencia de microorganismos, hongos, aerobios totales, y coliformes.
- Comparar y analizar los resultados bromatológicos y microbiológicos obtenidos.

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

Es posible realizar la comparación bromatológica y microbiológica de chichas elaboradas con dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

1.2.2. Hipótesis específicas

- Existen diferencias significativas en los parámetros físico-químicos (temperatura, pH, grados Brix, grado alcohólico y humedad).

- Existen diferencias significativas en el contenido de proteínas, grasa, fibra, carbohidratos y cenizas.

- Existen diferencias significativas en la presencia de microorganismos como hongos, aerobio totales y coliformes

- Existen diferencias significativas en la comparación y análisis de los resultados bromatológicos y microbiológicos obtenidos.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una planta tropical, que crece desde el nivel del mar hasta los 1800 metros, y su raíz es rica en carbohidratos; es muy consumida en esta región del mundo, y de hecho representa la fuente energética principal de la dieta del hombre a esa latitud. La yuca es originaria de Sur América y su domesticación se remonta a hace 5000 años. Los exploradores de Europa difundieron la apreciada planta a África y Asia, donde hoy se consume de forma habitual. En el mundo la yuca tiene diferentes nombre comunes; en America Latina se conoce como “mandioca” y en inglés como “cassava”. La raíz de la yuca es la parte más consumida por su contenido en hidratos de carbono, proteínas, minerales y vitaminas. Aparte de la raíz, también las hojas son utilizadas para la alimentación humana y animal, especialmente en África y Asia. Se conocen diferentes variedades de yuca, dependiendo del contenido en linamarina, un glucosido cianogénico tóxico. La planta se utiliza también para la alimentación animal, ya que se emplea en la elaboración de alimentos balanceados. Adicionalmente, de la planta se extrae almidón y se obtiene alcohol (Ceballos, 2002).

Montaldo (1985) en sus estudios acerca de la historia del uso de la yuca menciona que a finales del siglo XVI, se difundió al continente africano. El pirata Hawkins, en sus relatos acerca de sus viajes por los mares, describe los usos de una planta llamada “cassava” que en Brasil se usaba para producir una harina denominada “Farinha de paw”, la cual era empleada para la alimentación de los tripulantes y de los esclavos, y era muy parecida a la papa. Además indica que la yuca fue encontrada en Perú como también mencionan otros historiadores en Colombia y Venezuela. Hace 2.100 años encontraron la yuca en el noreste de México y en la actualidad la yuca se ha distribuido en las tierras bajas y calientes de zonas tropicales, en Bolivia existen productores que la cultivan en zonas altas y frías. El hombre industrializó por primera vez la cosecha tropical Americana de la

yuca en Venezuela. La yuca se encuentra en su hábitat natural en América tropical, donde fue cultivada desde antes de Cristo en ciertos lugares como puerto Hormiga, Barlovento y Canapote en Colombia y Panamá (Montaldo, 1985).

2.2. Variedades de yuca

En la actualidad se cultivan numerosas variedades de yuca con diferentes características botánicas y de rendimiento. A continuación se presentan los más difundidas (Figura 1).

Figura 1. Variedades de yuca *Manihot esculenta* Crantz



Fuente: (Ballesteros Patrón, 2011)

a. Variedad Bernabela

La variedad Bernabela tiene su origen en el Norte de Colombia, la planta posee una altura mediana, es de alto rendimiento en raíces de buena calidad. En la

fase tierna el tallo presenta un color verde y cuando está en su etapa de cosecha se vuelve marrón. En cuanto a las características de las hojas en la etapa madura presenta un color verde, con nervaduras amarillas. La raíz de esta variedad es blanca.

b. Variedad Yema de Huevo

La variedad Yema de huevo es originaria de Brasil y esta variedad es proveniente de un Banco de Germoplasma del “CIAT” en Colombia, la cual posee un porte mediano y es de alto rendimientos en raíces. Se conoce por sus raíces amarillas, sus hojas verdes con peciolo rojo púrpura, en la etapa madura su hoja posee un color amarillo y el tallo marrón.

c. Variedad Morelos

Esta variedad ha sido recolectada en Zacatepec y Morelos. Presenta su tamaño mediano. La planta joven posee un tallo y hoja de color morado y en su etapa madura las raíces son de color blanco.

d. Variedades Chico Méndez

Esta variedad es originaria de Brasil y proveniente del Banco de Germoplasma del CIAT en Colombia. La planta es de tamaño alto, sus hojas son de color verde, posee un tallo verde y la raíz es de color blanca.

e. Variedad Mandioca

La variedad mandioca es originaria de Brasil y proveniente del Banco de Germoplasma del CIAT en Colombia. Es una planta de tamaño alto, las hojas verdes y su raíz es blanca (Ballesteros Patrón, 2011).

2.3. Especie estudiada

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Liliáceae (Euphorbiaceae)

Género: *Manihot*

Especie: *Manihot esculenta* Crantz

(Ramírez, 2007).

2.4. Taxonomía de la planta

La yuca es un arbusto de crecimiento perenne, que crece en suelos de fertilidad deficiente, su ciclo vegetativo es de 9 a 12 meses cuando es en regiones cálidas y de 2 años en regiones frías. Además, posee raíces tuberosas, se propaga por estacas que se obtienen del tallo; tiene varias ramificaciones cuando es cultivada por estacas y varía en el tamaño de la planta. Cuando la planta de yuca crece por semilla no presenta ramificaciones, es un solo tallo y ambos tienen nudos con látex blanco, con peciolo verde, flores verdosas y la raíz es de forma circular. La planta de yuca tiene sus inflorescencias al final de las ramificaciones incluso forman alrededor de 50 flores estaminadas y 6 pistiladas. La polinización es cruzada gracias al efecto combinado del viento y de los insectos; su fruto es de forma circular con seis aristas longitudinales y onduladas, para su maduración el fruto tarda 5 meses, luego se abre y expulsa las semillas maduras (Ballesteros Patrón, 2011).

2.5. Propagación

La planta de yuca se propaga de forma vegetativa por medio de estacas, además, su multiplicación es muy baja y el cultivo de yuca por estacas está propenso a la transmisión de plagas y enfermedades. Cuando la siembra es por estacas influye en la mayoría, por lo que no todas las estacas crecen al estar infectadas con agentes patógenos; todo esto genera al productor grandes pérdidas, además, son muy difíciles de eliminar con los procedimientos existentes. El cultivo “*in vitro*” se realiza de tejidos vegetales, esto se refiere a la propagación

que genera con el aislamiento de una parte de la planta para ser cultivado en un medio nutritivo aséptico y bajo condiciones controladas de luz, temperatura y humedad, hasta obtener una nueva planta, todo esto genera una planta sin plagas y enfermedades, además no se presentan grandes pérdidas y hay un mayor rendimiento en raíces (Súarez, 2011).

2.6. Cosecha

La cosecha de la yuca en la mayoría de lugares se puede iniciar a los siete meses después de la siembra, esto se refiere a zonas cálidas y en zonas altas y frías hasta los 18 meses o más; el contenido de almidón en zonas frías se genera más alto. Al momento de cosechar, los productores cortan el tallo de la superficie, dejando un tamaño pequeño para arrancarlas y obtener su raíz (Ballesteros Patrón, 2011).

2.7. Distribución geográfica

La yuca fue domesticada en la cuenca del Amazonas en Brasil, posteriormente hubo un segundo lugar de domesticación que fue en México y una parte de América Central, donde existía una abundante variabilidad genética. Algunos investigadores mencionan que la yuca amarga se encuentra distribuida en regiones de América del Sur, y la yuca dulce fue domesticada independientemente en América Central (Ramírez, 2007).

2.8. Alimentos y bebidas fermentados tradicionales

La fermentación de alimentos y bebidas es una práctica muy antigua de conservación de alimentos, que el hombre lleva adelante desde hace miles de años. La fermentación es un proceso bioquímico que se puede dar en medio líquido o sólido y permite conservar productos animales y vegetales, mejorando su valor nutricional, reduciendo su tiempo de cocción y confiriendo aromas y sabores característicos. Ya 6000 A.C. los Sumerios elaboraban cerveza de forma artesanal, logrando obtener una bebida ligeramente alcohólica, que inhibía el crecimiento de microorganismos patógenos y por ende era más saludable

comparado con las bebidas no fermentadas. Los Egipcios y Romanos aportaron muchas mejoras al proceso de elaboración del vino y de la cerveza. Los chinos también consumían desde tiempos inmemoriales bebidas fermentadas como el sake. Los alimentos fermentados se desarrollaron en su inicio de forma inocua, por su contenido en alcohol o ácidos orgánicos capaces de bajar el pH; hoy en día se han vuelto productos de consumo masivo y son comunes en la mayoría de los países del mundo, como son por ejemplo el pan, el yogurt, los quesos, el vinagre y el vino (Rennenberg, 2008).

Muchos grupos étnicos suelen elaborar productos fermentados como parte de su cultura culinaria. Estos son obtenidos mediante métodos tradicionales empíricos, que se transmiten de forma oral de padres a hijos, y representan uno de los patrimonios intangibles de dichas poblaciones. En Ecuador se menciona la chicha de yuca, de chonta, de maíz y de plátano maduro, ampliamente consumidas en la Amazonía y en la Sierra (Rodarter, 2004).

2.9. La chicha de yuca

La palabra “chicha” es un término general para identificar a las bebidas fermentadas elaboradas por las nacionalidades indígenas de la Amazonía y de los Andes. Esa bebida puede ser producida con diferentes plantas ricas en almidón como la yuca (*Manihot esculenta*), la chonta (*Bactris gasipaes*) y el maíz (*Zean mays*). Restos arqueológicos preincaicos de chicha de maíz fueron encontrados en Perú, demostrando su antiguo consumo. Hoy, la chicha de yuca es la más consumida y se caracteriza por ser una bebida ligeramente alcohólica (2-5%), con una consistencia parecida a la leche y un sabor característico. La chicha se obtiene mediante un proceso tradicional que consiste en seleccionar, lavar y cocinar en agua las raíces de yuca, hasta que se ablanden. Posteriormente se machacan con un mortero y se empiezan a masticar y escupir. La masticación favorece la hidrólisis del almidón a glucosa, mediante las enzimas α -amilasas de la saliva. Sucesivamente la masa obtenida se pone en vasija de barro durante 1-2 días; durante este período inicia la fermentación alcohólica a cargo de las levaduras naturalmente presentes en el entorno, que transforman la glucosa en alcohol y

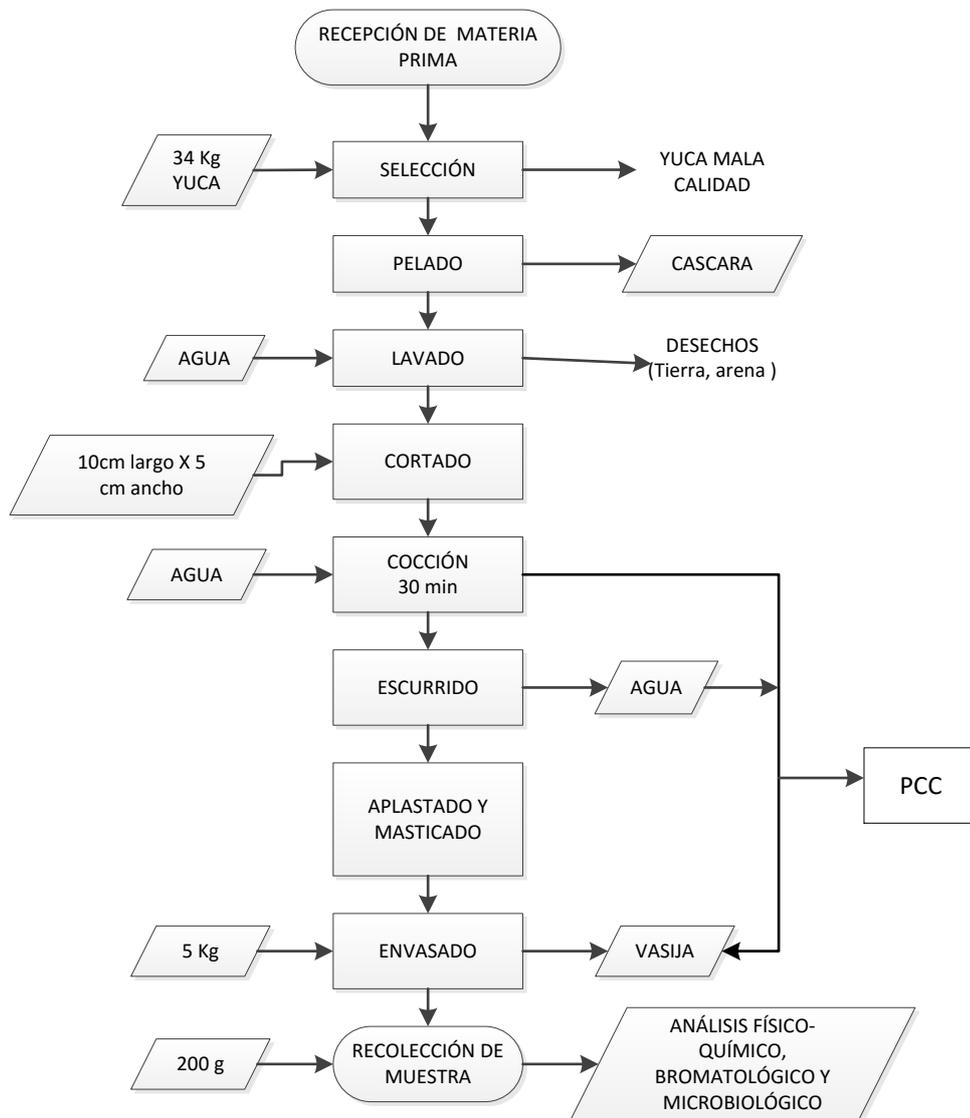
anhídrido carbónico. Este proceso toma el nombre de fermentación espontánea; para que la chicha tenga un sabor particular se suele elaborar con diferentes tipos de yuca o agregándole camote (*Dioscorea* sp.). La bebida se consume dentro de 4 a 5 días. La preparación de la chicha es tarea de las mujeres. La chicha de yuca sigue siendo, hasta el día de hoy, el alimento de base para muchísimos grupos étnicos de la cuenca del Amazonas, ya que su proceso de elaboración favorece la biodisponibilidad y síntesis de vitaminas y minerales esenciales, como el calcio, el zinc y el hierro, que en caso contrario podrían estar faltando en la dieta. El término chicha es empleado en otros países de América Latina desde antes de la llegada de los españoles, para referirse a una bebida de arroz, sin grado de alcohol. La chicha andina, por su parte, fue la bebida ritual de los pobladores indígenas de la América precolombina. No obstante la importancia y la difusión de esta bebida, solo se ha encontrado un estudio a cerca de su caracterización microbiológica, realizado en comunidades Shuar amazónicas de Morona Santiago (Ecuador). Dicho estudio ha demostrado una fuerte presencia de bacterias del ácido láctico (LAB), especialmente del género *Lactobacillus* (Colehour, y otros, 2014). Este género de bacterias contribuye a producir ácido láctico por fermentación láctica, lo cual contribuye a disminuir el pH y por ende bajar la probabilidad de que se desarrollen microorganismos. Esto permite contar con chichas más inocuas.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se indican todos los pasos realizados para la elaboración de la chicha, en forma de diagrama de flujo.

Diagrama del proceso de elaboración de la chicha de yuca con dos variedades la amarilla y la blanca.



Fuente: (Dahua, 2016)

3.1. Localización y duración del experimento

La investigación se desarrolló en los laboratorios de Agroindustria, Biología y Química en la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en el Km 2½ vía Napo (Paso Lateral), Cantón Puyo, Parroquia Puyo, Provincia de Pastaza. El estudio tuvo una duración de aproximadamente 6 meses.

3.2. Condiciones meteorológicas

El lugar del experimento se caracterizó por las condiciones meteorológicas descritas a continuación:

- Temperatura promedio: 25,9°C
- Humedad relativa: 85%
- Precipitación promedio anual: 4500mm
- Altitud: 954 m.s.n.m

Fuente: (INAMHI, 2015)

3.3. Materiales y Equipos

3.3.1. Biológico (material experimental)

La investigación se realizó sobre dos diferentes tipos de chichas, elaboradas de forma tradicional, de acuerdo a los conocimientos tradicionales del pueblo Kichwa, a partir de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), la una amarilla y la otra blanca. Se utilizaron en total 30 kg de raíces de yuca.

3.3.2. Insumos

Para la elaboración de la chicha se utilizó la misma masa de la chicha (a partir de dos variedades diferentes) el agua y los microorganismos presentes en el entorno.

3.3.3. Material de oficina

Durante todo el trabajo experimental se utilizaron los siguientes materiales de oficina: computadora portátil, cámara fotográfica, textos, tablero de campo, cuadernos, esferos, “flash memory” y marcadores.

3.3.4. Materiales para las unidades experimentales

Cada unidad experimental se constituyó utilizando un envase de barro, tapado con hojas de plátano, cerradas mediante el amarado con una piola.

3.3.5. Materiales para la elaboración de la chicha

Para elaborar la chicha se usaron una olla de aluminio, un bate de madera, una cuchara plástica, una batea de madera, un cuchillo y un machete.

3.3.6. Equipos para el abastecimiento personal

Equipo de seguridad personal: botas, guantes, cofias, franelas, overol o mandil, baldes.

3.3.7. Equipos y materiales para los análisis de laboratorio

Los análisis bromatológicos y microbiológicos se realizaron en los laboratorios de Química y Microbiología de la UEA utilizando los siguientes equipos: refractómetro utilizado fue de marca ATAGO y su modelo HSR-500, equipo Kjeldahl fue de marca GERHARDT de modelo K113/26, equipo Soxhlet fue de marca SELECTA del modelo UNIPLAC, destilador, balanza analítica marca ADAM EQUIPMENT de modelo PW254, estufa de marca BARNSTEAD INTERNATIONAL de modelo 5313, mufla de marca SELECTA de modelo N-8L, pH metro de marca THERMO SCIENTIFIC de modelo ORION 3 STAR, agitador magnético marca BOECO de modelo MSH420, cámara de flujo laminar de marca BIOMEDIS de modelo INFINITY ESCO CLASE IIBSC, autoclave de marca SHENAN de modelo LDZX-50FBS, incubadora y termostato. Los materiales más importantes empleados fueron vasos de precipitación, espátulas, crisoles, perlas de ebullición, bandejas, cajas Petri, medio de cultivo para microorganismos, termómetro, matraz Erlenmeyer, tamiz manual, balones de

destilación, pastillas agitadores, tubos de ensayo, micro pipetas, micro puntas, mechero, aza, embudos y buretas.

3.4. Factores de estudio

Los factores de estudio considerados para la investigación fueron:

- ✚ El contenido expresado en %, en proteína, grasa, fibra, carbohidrato y ceniza, en lo que se refiere al análisis bromatológico;
- ✚ UFC/mL de bacterias aerobias totales, UPC/mL de hongos y levaduras por lo que se refiere al análisis microbiológico;
- ✚ Presencia o ausencia de bacterias coliformes.

3.5. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en la investigación fue un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AXB, con dos (2) factores y tres (3) repeticiones constituyéndose un total de seis (6) tratamientos a igual números de unidades experimentales. Los datos fueron analizados con una prueba de ANOVA. Para la prueba de post análisis se usó la prueba de Tukey con un 95% de significancia con la ayuda del programa estadístico INFOSTAT.

Para la presente investigación se establecieron seis tratamientos, como se indica a continuación:

- A1B1: chicha de yuca amarilla, 1 día de fermentación
- A1B2: chicha de yuca amarilla, 3 días de fermentación
- A1B3: chicha de yuca amarilla, 5 días de fermentación
- A2B1: chicha de yuca blanca, 1 día de fermentación
- A2B2: chicha de yuca blanca, 3 días de fermentación
- A2B3: chicha de yuca blanca, 5 días de fermentación

Donde “A” corresponde a la variedad de yuca y “B” al día de fermentación de la chicha.

Las unidades experimentales, constituidas por muestras de chicha, se establecieron cada una en una vasija de barro, con capacidades de 5kg por vasija.

Después de la elaboración de la chicha, se vertió en los respectivos envases, los mismos que permanecieron cerrados durante el proceso de fermentación de la bebida. La frecuencia de toma de las muestras fue cada dos días, hasta el quinto día a partir de la elaboración.

3.6. Mediciones experimentales

Las mediciones experimentales de los factores de estudios fueron las siguientes:

Análisis físico y químico

- Temperatura
- pH
- Grados Brix
- Grado alcohólico
- Humedad

Mediciones bromatológicas

- Proteína
- Grasa
- Fibra
- Ceniza
- Carbohidratos

Mediciones microbiológicas

- Aerobios totales
- Hongos totales
- Bacterias coliformes

Las variables anteriormente mencionadas se cuantificaron a los días 1, 3 y 5 después de la elaboración de la chicha, debido a que la durabilidad de la bebida es de cinco días como máximo.

3.7. Manejo del experimento

3.7.1. Elaboración de la chicha

Las dos variedades de yuca utilizadas para elaborar la chicha, fueron recolectadas en la chacra de la familia Dahua, en la comunidad Kichwa Puyo Pungo, por un peso aproximado total de 34 kg, 17 kg por cada variedad. Posteriormente se seleccionaron las dos variedades de yuca por separado, verificando que se encuentren en buen estado, es decir sin golpes, fisuras, deformidades, enfermedades u otros daños provocados por roedores e insectos. A continuación se procedió al pelado de la yuca seleccionada, el cual consistió en cortar la parte dura del tallo, para luego eliminar manualmente la cáscara con un cuchillo, obteniendo un total de 30 kg de raíces peladas. Luego se realizó el lavado de la yuca pelada, el cual consistió en eliminar con abundante agua limpia la tierra o impurezas que estaban presentes. Se realizó el corte de la yuca, partiéndola por la mitad y luego cortando trozos de aproximadamente 10cm de largo x 5 cm ancho, con el apoyo de un cuchillo. Los pedazos de yuca fueron cocinados durante 30 minutos, en una olla de aluminio con agua limpia, que cubría hasta la mitad la yuca colocada en ella. Después de la cocción se procedió al escurrido del agua que sobró del proceso de cocción.

La yuca cocida se colocó en una batea de madera, se aplastó con un bate y se procedió al masticado hasta que la masa se volvió suave y dulce. Una vez elaborados los dos tipos de chicha y después de su enfriamiento, se realizó el envasado en las correspondientes vasijas de barro (equivalentes a las unidades experimentales), las mismas que llevaban 5 kg de chicha cada una (Figura 2). Las vasijas fueron tapadas con hojas verdes de plátano.

Figura 2. Preparación de la chicha de yuca en las tinajas de barro tradicionales.



Fuente: (Dahua, 2016)

Después de 1, 3 y 5 días de la elaboración de las chichas, se recolectaron las diferentes muestras en un recipiente estéril, etiquetadas con el respectivo tratamiento y fueron transportadas a los laboratorios de Agroindustria, Biología y Bromatología de la UEA para los respectivos análisis físico-químico, bromatológico y microbiológico.

3.7.2. Análisis físico-químico de la chicha

Las muestras de chicha correspondientes a los diferentes tratamientos fueron analizadas desde el punto de vista físico-químico, considerando los siguientes ensayos:

a. Determinación de la temperatura

La temperatura se midió con un termómetro, directamente en la vasija de barro, antes de recolectar las muestras, en el centro de la masa, por triplicado.

b. Análisis de pH

El pH se midió en laboratorio con el auxilio de un pH-metro. Para lo cual se tomaron 20 g de chicha por cada tratamiento y se pusieron en vasos de precipitación por separado; posteriormente se midió el pH tomando la precaución de lavar cuidadosamente el sensor con agua destilada, tanto antes como después del análisis. Cada medición se realizó por triplicado.

c. Determinación de grados Brix

Los grados Brix (°Bx) miden la concentración de sacarosa disuelta en un líquido. En la presente investigación se midieron los grados Brix mediante el uso de un refractómetro de 0 a 90 grados. Para cada tratamiento se sacó el jugo de la masa de la chicha y se colocaron 3-4 gotas en el espejo del refractómetro; posteriormente se leyó el resultado. Cada ensayo se realizó por triplicado.

d. Determinación del grado alcohólico

La determinación del grado alcohólico de la chicha se realizó en dos fases: 1).- Destilación del alcohol a partir del jugo de chicha. 2).- Medición del alcohol mediante un alcoholímetro. Se tomó 1 kg de muestra de chicha, por cada tratamiento, y se extrajeron 600 mL de jugo, que luego fueron colocados en el destilador (Figura 3). Se colocó el jugo en el balón de destilación de 1000 mL, se encendió el plato calentador hasta alcanzar una temperatura entre 60 y 70°C, por 5 horas y finalmente se recolectó la disolución alcohólica obtenida.

Figura 3. Destilación del jugo de la chicha para la obtención de alcohol



Fuente: (Dahua, 2016)

El contenido alcohólico se determinó sumergiendo el alcoholímetro en el destilado obtenido previamente aforado hasta obtener el volumen inicial del jugo (600 mL).

e. Determinación de la humedad

La humedad de las diferentes muestras de chicha se midió mediante la determinación de la pérdida de peso de la misma muestra, de acuerdo a la norma NORELCO S.A. (NORELCO S.A, 2012). Para este fin se pesaron 2 g de muestras molida de chicha en un recipiente de aluminio, con tapa de 50 – 60 mm y 20 mm de profundidad, previamente secado y pesado. Posteriormente se colocó el recipiente y su contenido en la estufa a una temperatura entre 100 y 105 °C, durante 2 horas. Luego se sacó el recipiente de la estufa, se dejó enfriar, se pesó y se repitió el proceso hasta llegar a un peso constante de la muestra. Los cálculos para obtener el valor de humedad se realizaron aplicando la siguiente fórmula:

$$H = \frac{m1 - m2}{m1 - m} \times 100$$

Donde:

H = Contenido de humedad en %

m= Masa de recipiente vacío

m1 = Masa de recipiente + muestra húmeda en gramos

m2 = Masa de recipiente + muestra seca en gramos

Cada medición fue realizada por triplicado.

3.7.3. Análisis bromatológico de la chicha

Los análisis bromatológicos de la chicha se realizaron en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica, aplicando las normas NORELCO S.A. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

a. Determinación de proteínas

El contenido en proteínas de los dos tipos de chicha, se determinó por digestión en húmedo de las muestras, calentando con ácido sulfúrico concentrado y catalizadores. Para la determinación del contenido en proteína se realizaron tres procesos:

Digestión.- La digestión induce la descomposición del nitrógeno que posee la muestra orgánica utilizando una disolución de ácido concentrado, el cual se hierve en una disolución de ácido sulfúrico y como resultado del proceso se obtiene una disolución de sulfato de amonio.

Destilación.- En este proceso se libera el amoniaco, el cual es retenido en una disolución de ácido bórico. Se efectúa una destilación con vapor por el método de arrastre de vapor de agua, mediante la cual se obtiene el destilado.

Titulación.- En este proceso es medida la cantidad de ácido neutralizado por el amonio disuelto; esto demuestra la cantidad de proteína presente en la muestra y se realiza con el ácido sulfúrico (Gutiérrez, 2000).

Para la determinación de proteínas se pesaron 0,20 g de muestra, luego se trituraron en papel graso, después se colocaron en el balón de digestión, de tal manera que la muestra no se pudiera pegar al tubo. A continuación se adicionó 1,1 g de pastilla Kjeldahl y 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Posteriormente se colocaron los balones en el digestor, el cual permaneció a 100 – 150°C; posteriormente se abrió la llave de extracción de gases al vacío y se dejó en digestión por 2 horas. Luego se retiraron los balones del digestor, se dejaron enfriar evitando que se solidifique el contenido. Se añadieron 100 mL de agua destilada y se agitó suavemente. Aparte, en un matraz de 250 ml se agregaron 10 ml de ácido bórico al 2% y 3 gotas de indicador Tashiro el cual obtuvo una coloración violeta. Fue colocada en el tubo destilador dejando sumergido en el tubo condensado en dicha disolución. Posteriormente se añadieron 10 mL de

hidróxido de sodio al 45,4% al balón y se colocó en el equipo destilador. Se destiló por 10 minutos hasta que presentó un cambio de coloración verde esmeralda en el matraz. A continuación se tituló con ácido sulfúrico 0,2 N hasta observar el cambio de color, de verde a púrpura, lo cual indicó el punto final de la titulación. Se realizó un blanco con todo los reactivos sin la muestra, siguiendo los mismos pasos (Figura 4).

El contenido en proteínas se determinó mediante la siguiente fórmula:

Fórmula

$$P = \frac{V \times N \times F \times 0,014}{m} \times 100$$

Donde:

P = Contenido en proteínas (%)

V = ml de ácido sulfúrico consumido

N = Normalidad del ácido

F = Factor para convertir el contenido de nitrógeno a proteína

(F=6,25 para proteína en general)

m = Peso de la muestra en gramos

Figura 4. Equipo Kjeldahl para la determinación de la proteína



Fuente: (Dahua, 2016)

b. Determinación de grasa

El contenido de grasa, llamado también extracto etéreo, se determinó a partir del extracto del material seco y triturado, utilizando éter de petróleo en un aparato de extracción continua Soxhlet (Figura 5).

Para determinar el contenido en grasa se pesaron 2 g de muestra seca en papel filtro que posteriormente se cerró, formando un pequeño paquete. Este se ubicó en la cámara central con sifón del aparato extractor Soxhlet; en un balón de 250 mL de capacidad se pusieron 110 mL de éter de petróleo. Se prendió la hornilla hasta llegar a una temperatura de 50 a 60 °C y se realizó la extracción a reflujo por 2 horas. La grasa extraída, al encontrarse en disolución con el éter de petróleo, tuvo que separarse por destilación utilizando el mismo equipo y se colocó el balón con su contenido en grasa y el paquetito (es utilizado para determinar la fibra), en la estufa a 100 – 110 °C por media hora. Después de este período, la grasa se desecó y quedó adherida a las paredes del balón; después del enfriamiento, se pesó el balón y se obtuvo el valor de la grasa, restando los valores del balón con grasa y sin grasa. Para determinar el contenido final en grasa de la muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$G = \frac{m1 - m2}{m} \times 100$$

Donde

G = Contenido de grasa en %

m = Peso de la muestra desengrasada

m1 = Peso del balón + grasa extraída

m2 = Peso del balón vacío

Figura 5. Equipo Soxhlet para extracción de grasa



Fuente: (Dahua, 2016)

c. Determinación del contenido de fibra

La fibra cruda es el residuo que se obtiene del lavado, secado y pesado que queda después de la digestión de la muestra desengrasada con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio diluido continuamente. Para la determinación del contenido en fibra se pesó 1 g de muestra de chicha previamente desengrasada y se colocó en un vaso de precipitación de 250 mL. Se adicionaron 150 mL de ácido sulfúrico 0,25 N y se dejó hervir durante 30 minutos, contados a partir desde el minuto de inicio de la ebullición. Posteriormente se filtró en caliente y se lavó con agua destilada hasta eliminar todo el ácido. Se ubicó el residuo en el mismo vaso de precipitación y se adicionaron 150 mL de hidróxido de sodio 0,313 N. A continuación se enjuagó 3 veces el residuo con 10 mL de alcohol potable. Luego se colocó el residuo en un crisol y se metió a la estufa a 105 °C, hasta obtener la muestra seca; se pesó la muestra y se puso en la mufla durante 30 minutos (Figura 6). El valor de fibra se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{m1 - m2}{m} \times 100$$

Donde:

F = Contenido de fibra en %

m= Peso de la muestra desengrasada

m1 = Peso de crisol + muestra (estufa)

m2 = Peso del crisol + muestra (mufla)

Para estar seguros de haber realizado un buen lavado, es decir que no haya exceso de ácido en la muestra, se agregó 1 gota de anaranjado de metilo al 0,5% al filtrado, el cual dio un color ligeramente rosado o incoloro; lo mismo se aplica con el hidróxido pero utilizando fenoltaleína al 0,5%.

Figura 6. Proceso de filtrado de la muestra de chicha para la determinación de fibra



Fuente: (Dahua, 2016)

d. Determinación del contenido de ceniza

La ceniza es el residuo que queda después de quemar la materia orgánica, cuando a los alimentos se los somete a temperatura de 500 – 600 °C. A estas temperaturas el agua y otros componentes volátiles se eliminan en forma de vapor y los componentes orgánicos se queman en presencia de oxígeno y se generan dióxido de carbono y óxido de nitrógeno. Estos residuos inorgánicos son los que constituyen las cenizas. En las muestras de chicha la ceniza se calculó pesando 2 g de muestra molida en un crisol. El crisol con la muestra se trasladó a una hornilla para quemar la muestra hasta la carbonización. Luego se colocó el crisol en la mufla y se incineró a 600°C durante 2 horas (Figura 7). Posteriormente se procedió a pesar y a realizar los cálculos para obtener el valor final de cenizas, aplicando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \times 100$$

Donde:

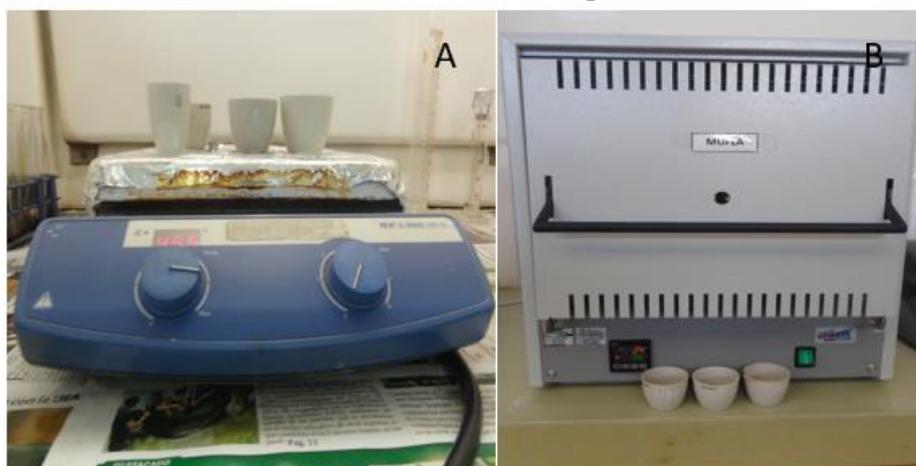
C = Contenido de ceniza %

m= Peso del crisol vacío en g

m1 = Peso del crisol + muestra en g

m2 = Peso del crisol + ceniza en g

Figura 7. Equipos para determinación de ceniza. **A:** Quemado de la muestra hasta carbonización. **B:** Mufla para incineración



Fuente: (Dahua, 2016)

e. Determinación del contenido en carbohidratos

Los carbohidratos, se determinaron de forma indirecta restando los valores de proteína, grasa, fibra, ceniza y humedad previamente obtenidos.

3.7.4. Análisis microbiológico de la chicha

Las chichas elaboradas con las dos variedades de yuca fueron analizadas microbiológicamente. A tal fin se realizaron tres ensayos: mohos y levaduras, aerobios totales y bacterias coliformes. Los tres ensayos se realizaron por el método del conteo en placa. A continuación se describen los procedimientos desarrollados.

a. Determinación de mohos y levaduras

Para la determinación de mohos y levaduras en las muestras de chicha se utilizó el método de las diluciones sucesivas, a fin de tomar oportunas diluciones de la muestra a analizar. Para tal fin se pesó 1 g de muestra, por cada tratamiento, y se mezcló con 10 mL de agua peptonada estéril al 0,1%, en un tubo de ensayo. A partir de esta solución madre, se elaboraron las diferentes diluciones hasta llegar de 10^{-1} hasta 10^{-6} . Posteriormente se tomó 1 mL de cada dilución y se sembró con un micropipeta, en cajas Petri con 20 mL de medio de cultivo PDA (Potato Dextrose Agar), previamente esterilizado; se usaron perlas de ebullición para distribuir uniformemente la muestra encima del agar. Todos los pasos se realizaron por triplicado y en condiciones estériles, utilizando una cabina de flujo laminar (Figura 8). Las cajas Petri fueron incubadas a 27 °C durante 5 días. Posteriormente se procedió al conteo de las colonias crecidas, y el resultado fue expresado en UPC/mL (Unidades Propagadoras de Colonias por mL).

b. Determinación de aerobios totales (bacterias)

Para la determinación de bacterias aerobias totales, también se utilizó el método de las diluciones sucesivas. Para tal fin se pesó 1 g de muestra, por cada tratamiento, y se mezcló con 10 mL de agua peptonada estéril al 0,1%, en un tubo de ensayo. A partir de esta solución madre, se elaboraron las diferentes diluciones hasta llegar de 10^{-1} hasta 10^{-6} . Posteriormente se tomó 1 mL de cada dilución y se sembró con una micropipeta, en cajas Petri con 20 mL de medio de cultivo NA (Nutrient Agar), previamente esterilizado; se usaron perlas de ebullición para distribuir uniformemente la muestra encima del agar. Todos los pasos se realizaron por duplicado y en condiciones estériles, utilizando una cabina de flujo laminar (Figura 8). Las cajas Petri fueron incubadas a 37 °C durante 2 días. Posteriormente se procedió al conteo de las colonias crecidas, y el resultado fue expresado en UFC/mL (Unidades Formadoras de Colonias por mL).

Figura 8. Fases de proceso de análisis microbiológico. A: Medio de cultivos utilizados (PDA, NA, Chromocult). B: Rotulación de material. C: Siembra de microorganismos en caja Petri. D: Conteo en placa de microorganismos.



Fuente: (Dahua, 2016)

c. Determinación de bacterias coliformes

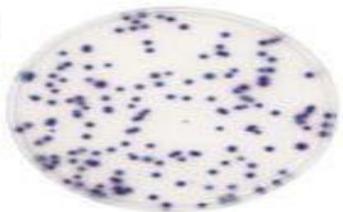
Para la determinación de bacterias coliformes, también se utilizó el método de las diluciones sucesivas. Para tal fin se pesó 1 g de muestra, por cada tratamiento, y se mezcló con 10 mL de agua peptonada estéril al 0,1%, en un tubo de ensayo. A partir de esta solución madre, se elaboraron las diferentes diluciones hasta llegar de 10^{-1} hasta 10^{-6} . Posteriormente se tomó 1 mL de cada dilución y se sembró en cajas Petri con 20 mL de medio de cultivo Chromocult, específico para coliformes; no fue necesario esterilizar previamente el medio, así como indica en la etiqueta. Con una micropipeta se tomó 1 mL por cada dilución y se sembró en la respectiva caja Petri. Todos los pasos se realizaron por duplicado y en condiciones estériles, utilizando una cabina de flujo laminar. Las cajas Petri fueron incubadas a 37 °C durante 2 días. Se procedió a observar la presencia de colonias y a su reconocimiento de forma colorimétrica, como indicado en las instrucciones del medio Chromocult (Figura 9). El resultado fue expresado como “presencia/ausencia” de colonias.

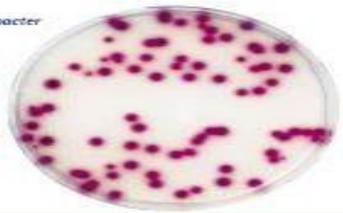
Figura 9. Ficha de interpretación de resultados del análisis de bacterias coliformes, mediante uso del medio de cultivo Chromocult

chromocult
Colour makes the difference.

Quality control

Test strains	Colony colour	Salmon-GAL	X-Glucuronide	Indol
<i>Escherichia coli</i> ATCC 11775	dark-blue to violet	+	+	+
<i>Escherichia coli</i> DSMZ 502	dark-blue to violet	+	+	+
<i>Citrobacter freundii</i> ATCC 8090	salmon to red	+	-	-
<i>Salmonella enteritidis</i> ATCC 13076	colourless	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 19433	inhibited			

E.coli


Citrobacter


Fuente: (Darmstadt, 2014)

3.8. Análisis económicos

Se determina el costo de producción de la elaboración de chichas con dos variedades de yuca amarilla y la blanca, para los dos tratamientos no varía el costo de producción, los gastos son iguales para ambas chichas.

A continuación se cuantifican los gastos realizados para determinar el costo de producción de la chicha.

Tabla 1. Cuantificación de costos de producción de las dos chichas

	TRATAMIENTOS		Total/ Cantidades	VALOR UNITARIO USD	VALOR TOTAL USD
	YUCA AMARILLA	YUCA BLANCA			
DETALLE	Cantidad Kg/U	Cantidad Kg/U			
Yuca	15 Kg	15 Kg	30	0,55	16,50
Batea	1 Unidad	1 Unidad	2	50,00	100,00
Maso	1 Unidad	1 Unidad	2	10,00	20,00
Tinajas	3 Unidades	3 Unidades	6	30,00	180,00
Hojas de plátanos	15 Unidades	15 Unidades	30	0,25	7,50
Piolas	3 Unidades	3 Unidades	6	1,00	6,00
TOTAL DE COSTOS					330,00

En la Tabla 1 se reporta el costo total de la producción de las dos chichas. Se ha producido 30 lt de chicha, con un costo por litro de 11,00 USD (330,00 USD/30 lt = 11.00 USD)

CAPÍTULO IV

4. Resultados experimentales y Discusión

4.1. Parámetros físico químicos de la chicha de yuca

Los valores promedios de los parámetros físicos y químicos (temperatura, pH, grados Brix, grado alcohólico y humedad) de los dos tipos de chicha, están registrados en el Anexo 1. A continuación se describen los resultados obtenidos para los diferentes parámetros.

El análisis físico-químico de las chichas elaboradas con dos variedades de yuca (la amarilla y la blanca) permitió determinar la temperatura, pH, grados Brix, grado alcohólico y humedad. En la Tabla 2 están reportados los resultados.

Tabla 2. Composición físico-química de las chichas elaboradas con dos variedades de yuca: amarilla (Chicha A), blanca (Chicha B).

	Temperatura (°C)	pH	Grados Brix (°Bx)	Grado alcohólico (%V/V)	Humedad (%)
Chicha A	23,06±0,29	4,38±0,15	21, 89±0,38	5	72,78±3,75
Chicha B	23,11±0,29	4,42±0,09	19,45±0,19	5	72,45±4,72

Los datos obtenidos y su respectivo análisis estadístico indican que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dos chichas por lo que se refiere al parámetro grados Brix, mientras no se han observado diferencias en cuanto a temperatura, pH, grado alcohólico y humedad. A continuación se reportan por separado los datos obtenidos por cada parámetro.

4.1.1. Temperatura

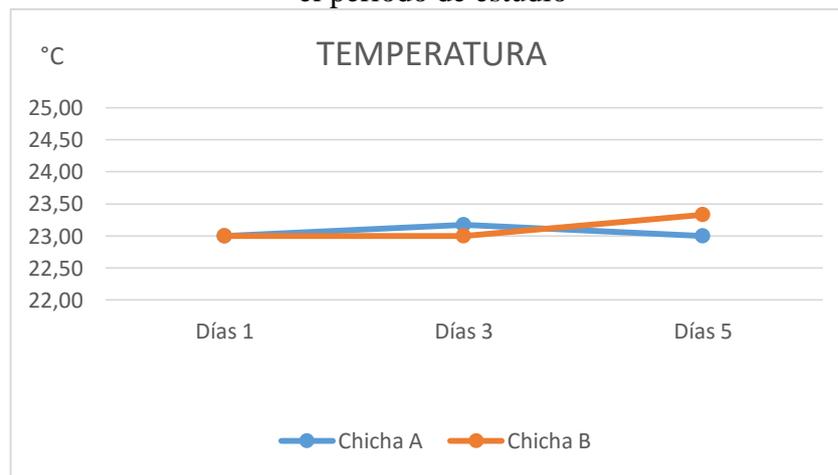
En la Tabla 3 están reportados los valores de temperatura registrados en las chichas durante todo el proceso de elaboración. Se observó que existe una variación mínima entre los valores de temperatura entre el primer y último día de fermentación (Figura 10).

Tabla 3. Valores de temperatura registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio

Temperatura			
	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	23,00±0,00	23,33±0,29	23,00±0,00
Chicha B	23,00±0,00	23,00±0,00	23,33±0,29

En la Tabla 3 y Figura 10 se observa que en ambas chichas la temperatura se matuvo constante desde el primer hasta el quinto día de fermentación y fue de aproximadamente 23°C.

Figura 10. Valores de temperatura registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha revelado que no existen diferencias significativas en cuanto a la temperatura en las dos chichas ($p=0,45$), lo cual significa que la chicha amarilla y la blanca mantienen la misma temperatura. En cambio, se registraron diferencias significativas entre los días de fermentación ($p=0,03$) (Tabla 4).

Tabla 4.- Test de Tukey para la variable temperatura

Días de fermentación	Medias
1	23,00 b
3	23,00 b
5	23,17 a

Error estándar: 0,10. Significación: $S/p < 0,05$

Es importante que la temperatura de las dos chichas se mantenga a 23 °C esto permite que los microorganismos que actúan en la fermentación de la chicha se desarrollen.

4.1.2. pH

En cuanto al pH se observó una disminución en ambas chichas desde el primer día hasta el tercer día de fermentación, como se indica en la (Figura 11). De hecho, desde el primer día hasta el quinto día de fermentación se pasó de un $\text{pH}=4,74\pm 0,06$ a un $\text{pH}=4,06\pm 0,15$ en la chicha A, y a un $\text{pH}=4,71\pm 0,11$ a un $\text{pH}=4,20\pm 0,10$ en la chicha B (Tabla 5). Esta disminución se supone que sea debida a la producción de ácido láctico como producto de la fermentación láctica, que se da durante el proceso de elaboración de la chicha. La fermentación láctica se da por medio de bacterias que transforman los azúcares como la glucosa en ácido láctico, el cual por su naturaleza ácida contribuye a disminuir el pH del medio. En otros estudios sobre la chicha de yuca, se ha comprobado la presencia de bacterias del ácido láctico *Lactobacillus plantarum* (Dast, 2014).

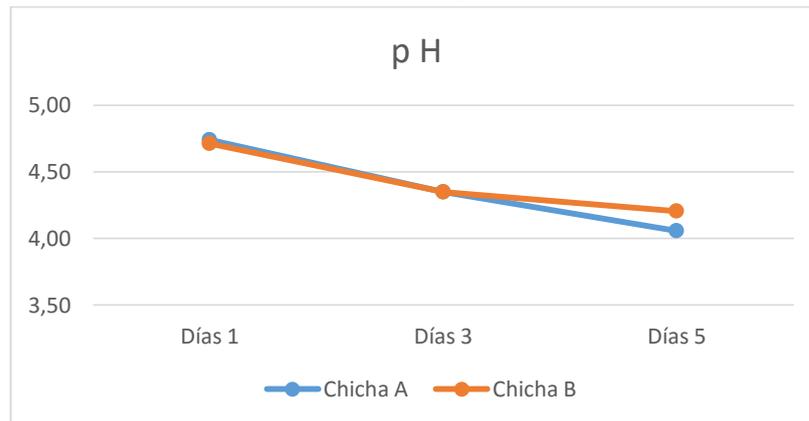
Los valores de pH registrados son similares a aquellos observados en otras investigaciones realizadas sobre la chicha de jora (*Z. mays*) en la cual el valor final era de $\text{pH}=4,00$. (Sempertegui Puente, 2013) y sobre la chicha de yuca en comunidades Shuar de Morona Santiago en los cuales se registró un $\text{pH}=4,5$ (Colehour, y otros, 2014).

Tabla 5. Valores de pH registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio

pH			
	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	$4,74\pm 0,06$	$4,35\pm 0,26$	$4,06\pm 0,15$
Chicha B	$4,71\pm 0,11$	$4,35\pm 0,08$	$4,20\pm 0,10$

En la Figura 11 se observa que el pH de las dos chichas ha tenido un comportamiento parecido, es decir, una disminución en el transcurso de la fermentación.

Figura 11. Valores de pH registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas en cuanto al pH en las dos chichas ($p=0,51$), lo cual significa que la chicha amarilla y la blanca mantienen el mismo pH. Por lo contrario, se registraron diferencias significativas en cuanto al pH entre los días de fermentación ($p=0,0001$) (Tabla 6).

Tabla 6. Test de Tukey para el variable pH

Días de fermentación	Medias
1	4,76 a
3	4,24 b
5	4,13 c

Error estándar: 0,08. Significación: $S/p < 0,05$

4.1.3. Grados Brix

Por lo que se refiere a los grados Brix, se observó un comportamiento similar en las dos chichas, es decir que se destacó una disminución de los valores durante la fermentación (Tabla 7). Se observó una leve diferencia en los tres valores registrados, pero la tendencia general es la misma. En la chicha A empezó con $26,17 \pm 0,29$ °Brix en el primer día y en el quinto día llega a $19,17 \pm 0,29$ °Brix; en la chicha B empezó con $25,17 \pm 0,29$ °Brix en el día uno y en el quinto día llegó a $15,00 \pm 0,00$ °Brix. Este comportamiento es debido a que en el proceso de elaboración de la chicha se dan dos tipos de fermentación: alcohólica y láctica. En la fermentación alcohólica los azúcares son transformados en alcohol y

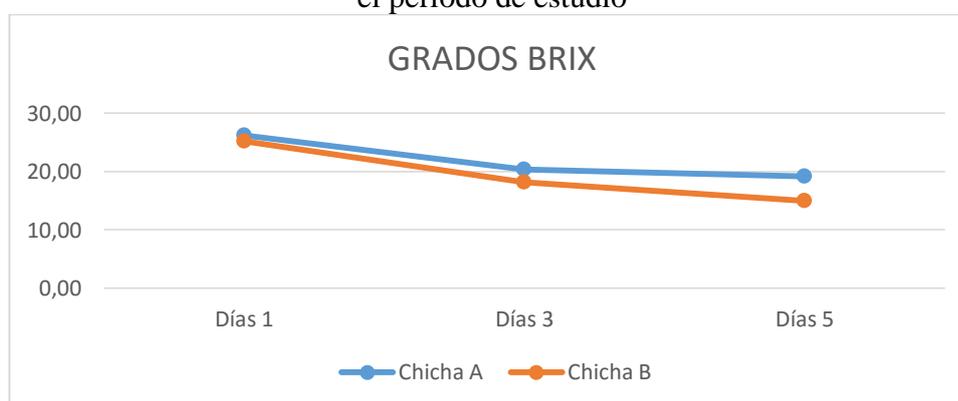
anhídrido carbónico por parte de las levaduras, mientras en la fermentación láctica los azúcares son transformados en ácido láctico por parte de las LAB (Lactic Acid Bacteria). Ambos tipos de fermentación hacen que los azúcares disminuyan porque son transformados en otros compuestos químicos y los grados Brix miden esta disminución (Figura 12).

Tabla 7. Valores de grados Brix registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio

Grados Brix			
	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	26,17±0,29	20,33±0,58	19,17±0,29
Chicha B	25,17±0,29	18,17±0,29	15±0,00

En la Figura 12 se observa que los grados Brix de las dos chichas han tenido un comportamiento parecido, es decir, una disminución durante la fermentación (entre el primer y quinto día) de 26,17 a 19,17 °Brix en la chicha amarilla y de 25,17 a 15,00 °Brix en la blanca.

Figura 12. Valores de grados Brix registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha demostrado que existen diferencias significativas en cuanto a los grados Brix en las dos chichas ($p=0,0001$). Así mismo, se registraron diferencias significativas entre los días de fermentación ($p=0,0001$).

Tabla 8.- Test de Tukey para la variable grados Brix

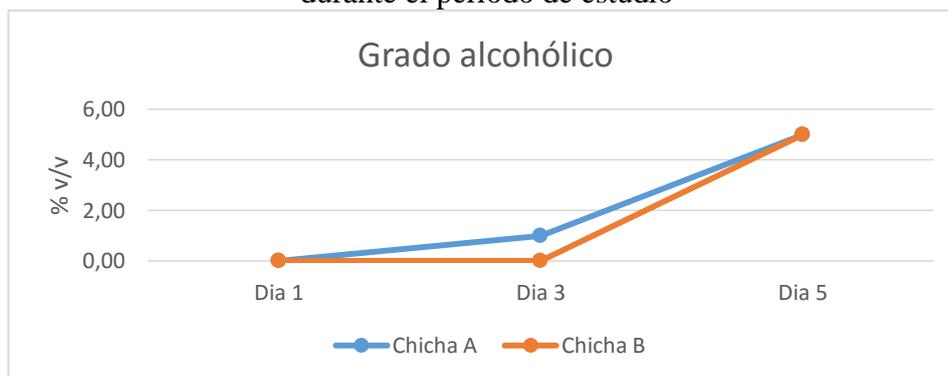
Días de fermentación	Medias
1	25,46 a
3	20,00 b
5	17,00 c

Error estándar: 0,52. Significación: S/p<0,05

4.1.4. Grado alcohólico

El grado alcohólico medido en las dos chichas ha tenido una tendencia similar, de hecho en el primer día se registró un valor de 0% para los dos tipos de chichas, en el tercer día se observó un leve aumento en la chicha amarilla (1%) y en el quinto día se registró el valor más alto de alcohol, correspondiente a 5% en ambas chichas. Este valor se ha registrado en otros estudios, como en la chicha de jora (maíz) (Sempertegui Puente, 2013) y en la chicha de yuca (2 -5%) (Colehour, y otros, 2014).

Figura 13. Valores de grado alcohólico registrados en los dos tipos de chicha, durante el periodo de estudio



Fuente: (Dahua, 2016)

4.1.5. Humedad

En cuanto a la humedad se observó un aumento en ambas chichas desde el primer día hasta el tercer día de fermentación, como se indica en la Tabla 9 y Figura 14. Tuvo una humedad de $67,67 \pm 10,69$ del día uno, llegando a $79,00 \pm 0,00$ de humedad en el día 5 en la chicha A; y de un $58,67 \pm 13,58$ del día uno, llegando a $82,00 \pm 0,00$ en el día 5 de humedad en la chicha B.

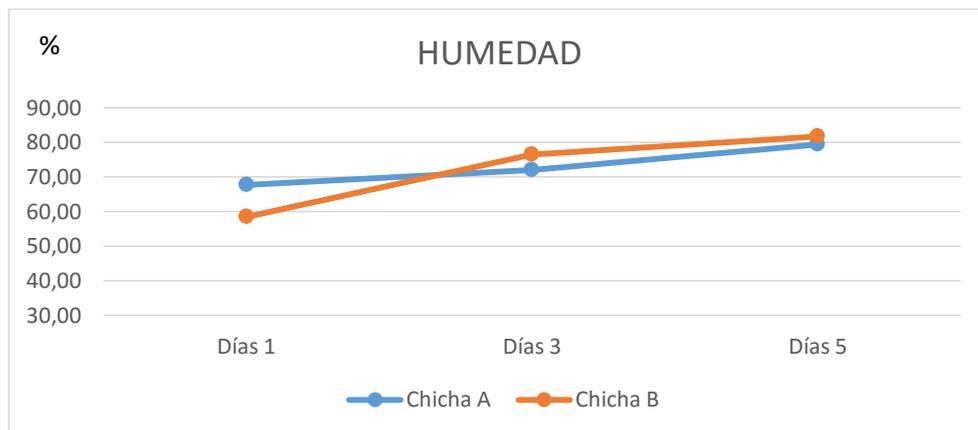
Otros estudios han mostrado valores parecidos de humedad, como por ejemplo en el cual se registró un valor de 60,76 % (Velásquez, 2006).

Tabla 9. Valores de humedad registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio

Humedad			
	Días 1	Días 3	Días 5
Chicha A	67,67±10,69	71,67±0,58	79,00±00
Chicha B	58,67±13,58	76,67±0,58	82,00±00

En la Figura 14 se observa que la humedad de las dos chichas ha tenido un comportamiento parecido, es decir aumento en el transcurso de la fermentación.

Figura 14. Valores de humedad registrados en los dos tipos de chicha, durante el período de estudio desde el día



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha demostrado que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto a la humedad en las dos chichas. En cambio se han registrado diferencias significativas entre los días de fermentación ($p = 0,03$) (Tabla 10). La humedad ayuda a que la masa de la chicha se encuentre semisólido.

Tabla 10.- Test de Tukey para la variable humedad

Días de fermentación	Medias
1	0,057 b
3	0,052 b
5	0,075 a

Error estándar: 0,003. Significación: S/p<0,05

4.2. Análisis Bromatológico

El análisis bromatológico de las chichas elaboradas con dos variedades de yuca (la amarilla y la blanca) permitió determinar la composición química en cuanto a proteína, grasa, fibra, carbohidratos, compuesto inorgánico y agua. Los datos completos se encuentran en el Anexo 2. En la tabla 11 están reportados los resultados.

Tabla 11. Composición bromatológica (%) de las chichas elaboradas con dos variedades de yuca: amarilla (Chicha A), blanca (Chicha B)

	Proteínas	Grasa	Fibra	Carbohidratos	Ceniza	Agua
Chicha A	0,46	0,07	0,20	25,52	0,72	72,78
Chicha B	0,35	0,06	0,20	26,30	0,81	72,45

Los datos obtenidos y su respectivo análisis estadístico indican que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dos chichas por lo que se refiere a los parámetros proteína y ceniza, mientras no se han observado diferencias en cuanto a carbohidratos, grasas y fibra. Debido a la escasez de estudios bromatológicos realizados sobre la chicha de yuca, los datos obtenidos en la presente investigación se comparan con aquellos encontrados en otros estudios, pero referidos a las raíces de yuca. A continuación se reportan por separado los datos obtenidos por cada parámetro.

4.2.1. Determinación de proteína

En la Tabla 12 se observan los resultados obtenidos en cuanto al contenido en proteínas de las dos chichas, expresados en forma de porcentaje. Las dos chichas han tenido un contenido promedio total en proteínas de 0,45%; en la chicha amarilla se observó un valor de 0,50%, mientras en la chicha blanca de 0,40%.

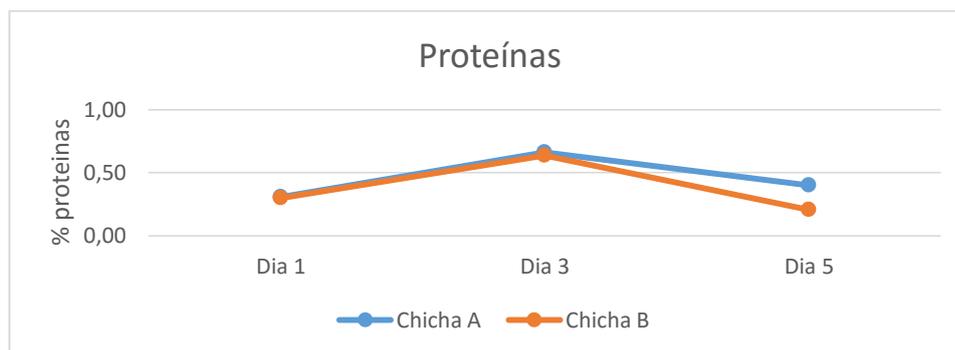
Ese dato se encuentra en línea con el contenido de proteínas en las raíces de yuca, que está alrededor de 0,50-1,00% (Dast, 2014).

Tabla 12. Contenido en proteínas (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación

	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	0,31±0,01	0,66±0,02	0,40±0,01
Chicha B	0,30±0,01	0,64±0,02	0,12±0,01

En la Tabla 12 y Figura 15 se observa que en ambas chichas las proteínas tuvieron una tendencia parecida; desde el primer hasta el tercer día se registró un aumento significativo (de 0,30% a 0,65%) mientras al quinto día se observó una disminución, de igual manera significativa. En estudios previos realizados sobre la fermentación en estado sólido de las raíces de yuca, por parte de *S. Cereviasies*, *Lactobacillus plantarum* y *Rhizopus oryzae* se ha observado un incremento en el contenido de proteínas al final de la fermentación. Ese dato puede ser tomado como referencial aunque en esta tesis se haya trabajado en la fermentación en estado líquido (Gunawan, y otros, 2015)

Figura 15. Contenido en proteínas (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha revelado que existen diferencias significativas en cuanto al contenido de proteínas en las dos chichas ($p=0,005$), lo cual significa que la yuca amarilla y la blanca tienen un diferente contenido en proteínas. Así mismo, se registraron diferencias significativas entre los días de fermentación ($p=0,0001$) (Tabla 13).

Tabla 13. Test de Tukey para la variable proteína

Días de fermentación	Medias
1	0,30 b
3	0,65 a
5	0,30 b

Error estándar: 0,02. Significación: S/p<0,05

4.2.2. Determinación de grasas

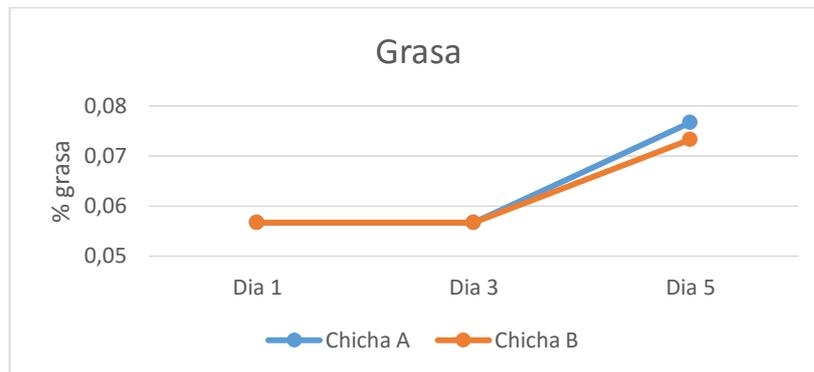
En la Tabla 14 se observan los resultados obtenidos en cuanto al contenido en grasa de las dos chichas, expresados en forma de porcentaje. Las dos chichas han tenido un contenido promedio total en grasa de 0,06%.

Tabla 14. Contenido en grasa (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación.

	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	0,06±0,01	0,06±0,01	0,08±0,01
Chicha B	0,06±0,01	0,06±0,01	0,07±0,01

En la Figura 16 se observa que el contenido en grasa de las dos chichas ha tenido un comportamiento parecido, es decir aumentó en el transcurso de la fermentación. Ese comportamiento se ha registrado también en estudios hechos por Oboh y Akindahunsi (2003), en los cuales se ha registrado un aumento en el contenido de grasa después del proceso de fermentación de la harina y del “gari” de yuca, mediante la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Este dato está encaminado en corroborar el dato obtenido en la presente tesis, aunque al ser dos tipos de sustratos diferentes (en él un caso la chicha y en el otro harina y gari) la comparación no puede ser total. (Oboh & Akindahunsi, 2003)

Figura 16. Contenido en grasa (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha demostrado que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto al parámetro grasa en las dos chichas, lo cual significa que las dos variedades de yuca amarilla y blanca, tienen un contenido similar en grasa. En cambio se han registrado diferencias significativas entre los días de fermentación (Tabla 15).

Tabla 15. Test de Tukey para la variable grasa

Días de fermentación	Medias
1	0,057 b
3	0,052 b
5	0,075 a

Error estándar: 0,003. Significación: $S/p < 0,05$

Observando la Figura 16 y la Tabla 15 se nota que hasta el tercer día de fermentación los valores coincidieron y luego, al quinto día, se registró un aumento significativo. La prueba de Tukey evidenció que la mayor diferencia de comportamiento se registró el quinto día, teniendo la media correspondiente a este día una letra diferente. Lastimosamente no se han encontrado otros estudios bromatológicos sobre la chicha de yuca, por eso no se pueden comparar los datos obtenidos.

4.2.3. Determinación de fibra

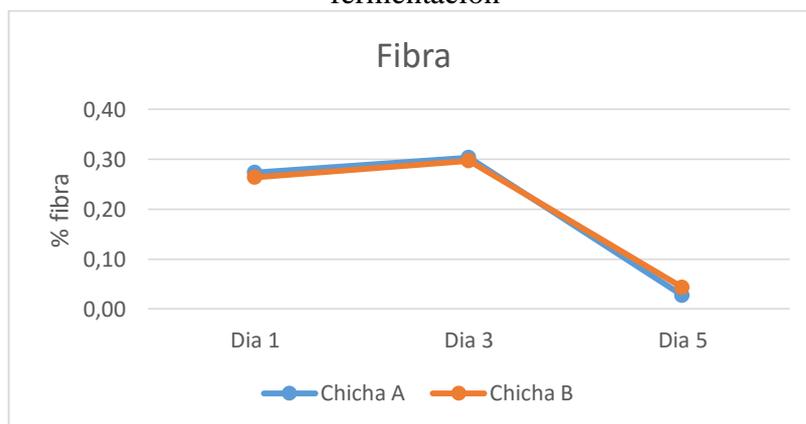
En la Tabla 16 se registran los resultados obtenidos en cuanto al contenido en fibra de las dos chichas, expresados en forma de porcentaje. Las dos chichas se han caracterizado por un contenido promedio total en fibra de 0,20%.

Tabla 16. Contenido en fibra (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación

	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	0,27±0,01	0,30±0,01	0,03±0,01
Chicha B	0,26±0,01	0,30±0,01	0,04±0,01

En la Figura 17 se observa que el contenido en fibra de las dos chichas ha tenido un comportamiento parecido, es decir aumentó levemente en la primera fase de la fermentación (entre el primer y tercer día, mientras que en el quinto día se disminuyó significativamente por lo que se va degradando la fibra) y sucesivamente pasó de 0,27% ±0,01% a 0,03±0,01% de fibra en la chicha amarilla y de 0,26% ±0,01% a 0,4% ±0,01% en la chicha blanca.

Figura 17. Contenido en fibra (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha demostrado que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto al parámetro fibra en las dos chichas, lo cual significa que las dos variedades de yuca amarilla y blanca, tienen un contenido

similar en fibra. En cambio se han registrado diferencias significativas entre los días de fermentación (Tabla 17).

Tabla 17. Test de Tukey para la variable fibra

Días de fermentación	Medias
1	0,27 b
3	0,30 a
5	0,03 c

Error estándar: 0,004. Significación: S/p<0,05

De hecho, observando la Figura 17 y la Tabla 17 se evidencia cómo los valores de fibra son diferentes durante el transcurso del proceso de fermentación. La prueba de Tukey evidenció medias con letras diferentes por los días considerados en la investigación (1, 3 y 5). Lastimosamente no se han encontrado otros estudios bromatológicos sobre la chicha de yuca, por eso no se pueden comparar los datos obtenidos.

4.2.4. Determinación de carbohidratos

En la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en cuanto al contenido en carbohidratos de las dos chichas, expresados en forma de porcentaje. Las dos chichas registraron un contenido promedio total en carbohidratos de 25,75%; en la chicha amarilla se observó un valor de 25,50% mientras en la chicha blanca de 26,00%.

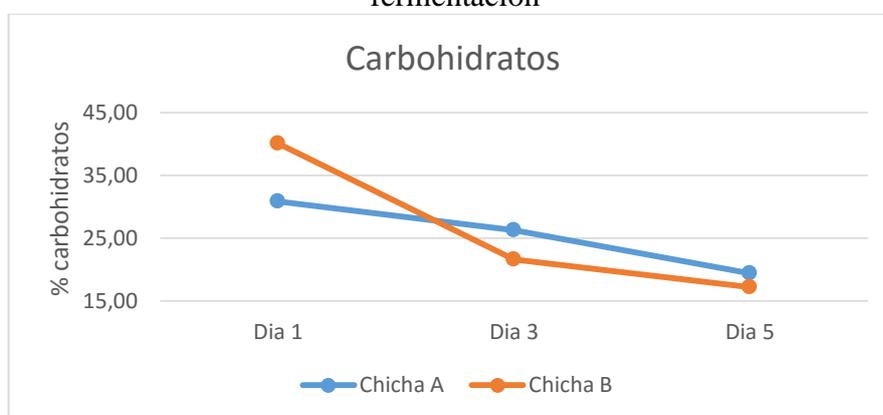
Tabla 18. Contenido en carbohidratos (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación

	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	30,85±10,69	26,31±0,31	19,41±0,09
Chicha B	40,08±13,61	21,58±0,36	17,24±0,14

En la Figura 18 se observa que el contenido en carbohidratos de las dos chichas ha tenido un comportamiento parecido en el transcurso de la fermentación; en lo específico se observa una disminución de esta clase de compuestos químicos. Dicha disminución se justifica por el hecho de que los

azúcares presentes al inicio del proceso, procedentes de la degradación enzimática del almidón de las raíces de yuca, son transformados en etanol y CO₂ por las levaduras y en ácido láctico por las bacterias del ácido láctico.

Figura 18. Contenido en carbohidratos (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha demostrado que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto al parámetro carbohidratos en las dos chichas. En cambio, se han registrado diferencias significativas entre los días de fermentación (Tabla 19).

Tabla 19. Test de Tukey para el variable carbohidrato

Días de fermentación	Medias
1	35,47 a
3	23,95 b
5	18,33 b

Error estándar: 3,019. Significación: S/p < 0,05

De hecho, observando la Figura 18 y la Tabla 19, se puede notar cómo disminuyeron paulatinamente los valores de carbohidratos desde el primer hasta el quinto día de fermentación. La prueba de Tukey evidenció que la mayor diferencia se registró entre el primer y tercer día, teniendo las respectivas medias letras diferentes. Eso fue debido a la transformación de los azúcares en etanol y CO₂ por las levaduras y en ácido láctico por las bacterias del ácido láctico. En otras investigaciones sobre fermentados de yuca se ha observado que la disminución rápida del contenido en carbohidrato se da entre las 24 y 48 h, desde

el inicio de la fermentación. Esta disminución se acompaña con un aumento en la concentración de bacterias del ácido láctico. Un 90% de estas han demostrado que pueden fermentar no solo la glucosa sino también otros mono y disacáridos como la maltosa, la sacarosa y la melobiosa; mientras el restante 10% también la celobiosa, la esculina y el manitol, entre otros (Colehour, y otros, 2014).

4.2.5. Determinación de ceniza

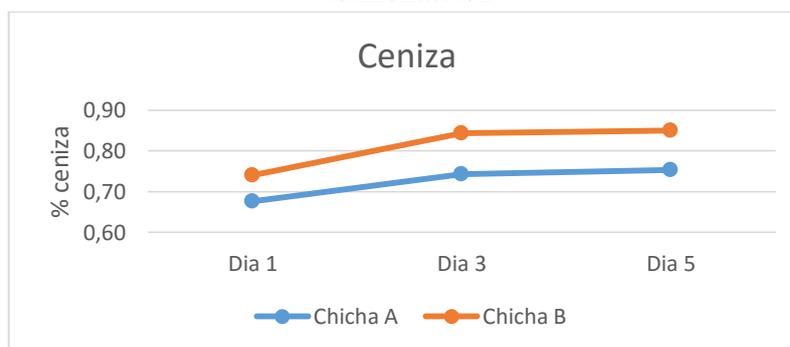
En la Tabla 20 se indican los resultados obtenidos en cuanto al contenido en ceniza de las dos chichas, expresados en forma de porcentaje. Las dos chichas registraron un contenido promedio total en ceniza de 0,77%; en la chicha amarilla se determinó un valor de 0,72% mientras en la chicha blanca de 0,82%

Tabla 20. Contenido en ceniza (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación

	Día 1	Día 3	Día 5
Chicha A	0,68±0,10	0,74±0,01	0,75±0,02
Chicha B	0,74±0,01	0,84±0,01	0,85±0,01

En la Figura 19 se observa que el contenido en ceniza de las dos chichas ha tenido un comportamiento parecido durante la fermentación; de forma específica se observó un aumento en una primera fase, es decir entre el primer y tercer día, y posteriormente una fase estacionaria donde no se ha registrado una variación significativa.

Figura 19. Contenido en ceniza (%) de las dos chichas al día 1, 3 y 5 de la fermentación



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico determinó que existen diferencias significativas entre la dos chichas por cuanto se refiere a la variable ceniza ($p < 0,05$), hecho que indica que las dos variedades de yuca se caracterizan por un diferente valor de materia inorgánico. También se observaron diferencias significativas entre los días de fermentación. La prueba de Tukey (Tabla 21) evidenció que la mayor diferencia entre medias se registró entre el primer día y tercer y quinto día conjuntamente.

Tabla 21. Test de Tukey para la variable ceniza

Días de fermentación	Medias
1	0,70 b
3	0,82 a
5	0,78 a

Error estándar: 0,016. Significación: $S/p < 0,05$

No se han encontrado otros estudios bromatológicos sobre la chicha de yuca, por eso no se pueden comparar los datos obtenidos.

4.3. Análisis Microbiológico

4.3.1. Determinación de hongos y bacterias en las Chichas

El análisis microbiológico de las dos chichas se ha realizado al primer, tercer y quinto días de la fermentación. Los datos completos se encuentran en el Anexo 3. En la Tabla 22 se registran los datos obtenidos para la chicha amarilla y en la Tabla 23 para la chicha blanca. Tanto para los hongos como para las bacterias se ha observado una misma tendencia, es decir, un aumento rápido desde el primer hasta el tercer día de fermentación y luego una bajada acelerada hasta el quinto día (Figura 20 y Figura 21).

Tabla 22. Concentración de hongos ($\times 10^5$ UPC/mL) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/mL) en la chicha amarilla al día 1, 3 y 5 de la fermentación.

Chicha Amarilla			
	Día 1	Día 3	Día 5
Hongos	1,30	75,00	15,00
Bacterias	5,00	58,00	0,60

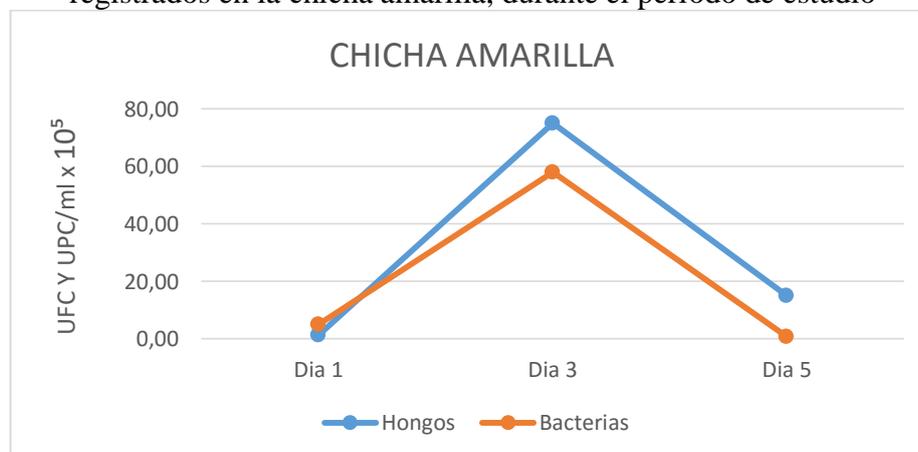
Tabla 23. Concentración de hongos ($\times 10^5$ UPC/mL) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/mL) en la chicha blanca al día 1, 3 y 5 de la fermentación

Chicha blanca			
	Día 1	Día 3	Día 5
Hongos	0,30	28,50	14,60
Bacterias	0,80	25,60	1,90

Este comportamiento se supone que fue debido a dos factores principales: el primero es la presencia de etanol producido durante la fermentación alcohólica, y el segundo es la disminución del pH causado por la producción de ácido láctico durante la fermentación láctica. La presencia de alcohol y el pH ácido son condiciones óptimas para inhibir el crecimiento de los microorganismos (Rennenberg, 2008).

En la Tabla 22 y Figura 20 se observa que en la chicha amarilla los hongos y bacterias tuvieron una tendencia parecida; en hongos, desde el primer hasta el tercer día, se registró un aumento significativo (de 1,3 a 75×10^5 UPC/ml) mientras al quinto día se observó una disminución de igual manera significativa (15×10^5 UPC/mL). En bacterias desde el primer hasta el tercer día se registró un aumento significativo (de 5 a 58×10^5 UFC/mL) mientras al quinto día se observó una disminución de igual manera significativa (de $0,60 \times 10^5$ UFC/mL).

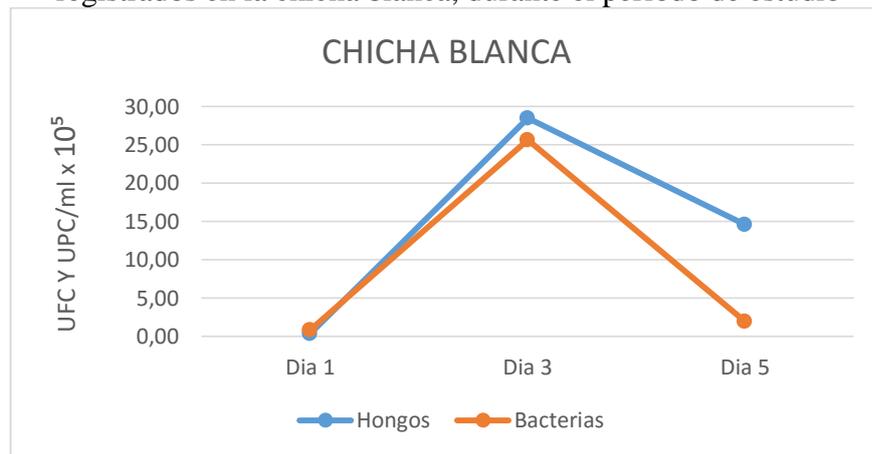
Figura 20. Presencia de hongos ($\times 10^5$ UPC/mL) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/mL) registrados en la chicha amarilla, durante el período de estudio



Fuente: (Dahua, 2016)

En la Tabla 23 y Figura 21 se observa que en la chicha blanca los hongos y bacterias tuvieron una tendencia parecida; en hongos, desde el primer hasta el tercer día se registró un aumento significativo (de 0,30 a $28,50 \times 10^5$ UPC/mL) mientras al quinto día se observó una disminución ($14,60 \times 10^5$ UPC/ml), de igual manera significativa. En bacterias desde el primer hasta el tercer día se registró un aumento significativo (de 0,80 a $25,60 \times 10^5$ UFC/mL) mientras al quinto día se observó una disminución, de igual manera significativa ($1,9 \times 10^5$ UFC/mL).

Figura 21. Presencia de hongos ($\times 10^5$ UPC/mL) y bacterias ($\times 10^5$ UFC/mL) registrados en la chicha blanca, durante el período de estudio



Fuente: (Dahua, 2016)

El análisis estadístico ha revelado que existen diferencias significativas en cuanto a la presencia de hongos en las dos chichas ($p=0,013$). Así mismo, se registraron diferencias significativas entre los días de fermentación ($p=0,0001$) (Tabla 24).

Tabla 24. Test de Tukey para la presencia de hongos

Días de fermentación	Medias
1	0,83 b
3	51,83 a
5	15,03 b

Error estándar: 5,01. Significación: $S/p < 0,05$

El análisis estadístico ha revelado que existen diferencias significativas en cuanto a la presencia de bacterias en las dos chichas ($p=0,010$). Así mismo, se

registraron diferencias significativas entre los días de fermentación ($p=0,0001$) (Tabla 25).

Tabla 25. Test de Tukey para la presencia de bacterias

Días de fermentación	Medias
1	2,75 b
3	41,20 a
5	1,25 b

Error estándar: 3,35. Significación: $S/p < 0,05$

Estudios previos han demostrado que en los fermentados de *Manihot esculenta*, las bacterias del ácido láctico dominan en el medio. En estudios realizados sobre la chicha de yuca elaborada en la comunidad Shuar de Morona Santiago (Ecuador), se ha registrado que las especies bacterianas más presentes eran: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus reuteri* y *Lactobacillus delbrueckii*.

Dicha bacterias provienen del entorno donde se elabora la chicha, es decir la superficie de la materia prima procesada (raíces de yuca), las herramientas utilizados (batea, vasija), el aire. La fermentación espontánea en un sitio específica repetida por largos períodos de tiempo, como se da en la elaboración tradicional de la chicha, es considerada como una forma de “domesticación” microbiana.

Esto significa que los procesos involucrados en la fermentación espontánea, incluyendo a aquellos de selección dirigidos por el hombre, pueden contribuir a producir un producto único, específico de un cierta región y de ciertas prácticas culturales. Esto es lo que ocurre por ejemplo en los vinos y los quesos cuando se habla de denominación de origen (Colehour, y otros, 2014).

Este mismo concepto se puede aplicar a la chicha, llegando a determinar que también se podría atribuir una denominación de origen a esta bebida fermentada.

4.3.2. Determinación de bacterias coliformes

Durante el presente estudio se ha detectado la presencia de bacterias coliformes en las dos chichas, específicamente del género *Citrobacter*. Este tipo

de bacterias coliformes logra crecer a pH ácido. La presencia de coliformes indica que, aunque el grado alcohólico y el pH sean favorables para la inhibición del crecimiento microbiano, ciertas bacterias peligrosas para la salud humana pueden crecer en la chicha.

Figura 22. Colonias de *Citrobacter* procedentes de chicha amarilla y blanca



Fuente: (Dahua, 2016)

CAPÍTULO V

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que la hipótesis general puede ser aceptada, es decir que fue posible realizar la comparación bromatológica y microbiológica de dos chichas diferentes, elaborados con dos variedades de yucas distintas (la amarilla y la blanca).

- Existen diferencias significativas en los parámetros físico-químicos de las dos chichas; por lo que se refiere exclusivamente a los grados Brix: en la chicha amarilla se registró un valor promedio de 21,89 °Bx, mientras en la chicha blanca de 19,45 °Bx. Los demás parámetros registraron valores parecidos, el grado alcohólico de 5% (v/v) en ambas chichas.
- La chicha amarilla se caracteriza por la siguiente composición bromatológica: proteínas 0,46%; grasas 0,07%; fibra 0,2%; carbohidratos 25,52%; cenizas 0,72%; agua 72,78%. La chicha blanca por la siguiente composición bromatológica: proteínas 0,36%; grasas 0,06%; fibra 0,2%; carbohidratos 26,30%; cenizas 0,81%; agua 72,45%.
- Existen diferencias significativas entre las dos chichas por lo que se refiere a los análisis bromatológicos de los parámetros proteínas y ceniza. La chicha amarilla se caracterizó por un mayor contenido en proteínas (0,46%) respecto a la chicha blanca (0,36%). Mientras la chicha blanca registró un contenido en ceniza (0,81%) mayor de la chicha amarilla (0,72%). Todos los demás parámetros no reportaron diferencias entre las dos chichas.
- En las dos chichas se ha observado un aumento rápido de microorganismos desde el primer hasta tercer día de fermentación, mientras luego bajaron repentinamente el quinto día. Existen diferencias significativas en las dos chichas en cuanto a la concentración de hongos y bacterias

- En ambas chichas se registró presencia de bacterias coliformes de género *Citrobacter*.
- En ambas chichas no existe diferencias en costos de producción, en ambas para producir 1 lt el costo es de 11,00 USD.

6. Recomendaciones

- Realizar nuevas investigaciones analizando la composición bromatológica y microbiológica de otros tipos de chichas elaboradas en las comunidades indígenas de la Amazonia.
- Realizar nuevas investigaciones para buscar alternativas para alargar la vida útil de la chicha
- Se divulguen los resultados de la investigación a través de revistas técnicas u otros para dar a conocer los análisis obtenidos de bromatología y microbiología.

7. Resumen

En la presente investigación se elaboraron dos tipos de chicha a partir de dos variedades diferentes de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), la amarilla (A) y blanca (B), para posteriormente comparar su composición bromatológica y microbiológica, con la finalidad de verificar si existían diferencias. La chicha fue elaborada de acuerdo a la forma tradicional del pueblo Kichwa de la Amazonía, mediante masticado y fermentación espontánea, durante 5 días. Cada tipo de chicha, elaborada utilizando 15 kg de raíces de yuca por cada variedad, se dejó fermentar en tinajas tradicionales de barro con 5 kg de chicha cada una y 3 repeticiones. Fueron evaluados los parámetros físico-químicos (temperatura, pH, grados Brix, grado alcohólico y humedad), bromatológicos (proteína, grasa, fibra, carbohidrato y ceniza) y microbiológicos (hongos y levaduras, aerobios totales y coliformes) de las dos chichas, en días diferentes de la fermentación (1, 3 y 5). Los resultados obtenidos comprueban que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dos chichas por lo que se refiere a los grados Brix (21,89 °Bx chicha A, 19,45 °Bx chicha B), mientras para los demás parámetros físico-químicos se registraron valores parecidos (valores promedios: $T=23^{\circ}\text{C}$; $\text{pH}=4,4$; grado alcohólico=5% (v/v); humedad=72,6%). En cuanto a la composición bromatológica se registraron valores parecidos de grasas (~0,06%), fibra (0,02%), carbohidratos (~26,00%) y agua (~72,60%), mientras se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dos chichas en cuanto al contenido en proteínas (0,46% chicha A, 0,36% chicha B) y ceniza (0,81% chicha B, 0,72% chicha A).

Por lo que se refiere al contenido en microorganismos, se observó un crecimiento rápido de su concentración hasta el tercer día de fermentación y posteriormente una repentina disminución. Dicho comportamiento se justifica por el pH ácido de la bebida y por su contenido alcohólico. La chicha A registró una concentración significativamente superior de hongos y bacterias. En ambas chichas se registró presencias de bacterias coliformes de género *Citrobacter*. En conclusión la investigación llegó a determinar que las dos chichas tienen diferencias en cuanto

al aporte en proteínas y a la concentración microbiana y que, a pesar del pH ácido y del contenido en alcohol, se pueden desarrollar bacterias coliformes.

8. Summary

In this research two types of “chicha” were prepared using two different varieties (yellow-A and white-B) of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), which then were compared for bromatological and microbiological composition, in order to verify whether differences existed. Chichas were prepared according to traditional knowledge of the Amazonian Kichwa, through mashed and spontaneous fermentation for 5 days. Each type of chicha, made using 15 kg of cassava roots for each variety, fermented within traditional jarclay, containing 5kg of chicha each and 3 replications. Physico-chemical (temperature, pH, Brix, alcoholic and humidity degree), bromatological (protein, fat, fiber, carbohydrate and ash) and microbiological (fungi and yeasts, total aerobic and coliforms) parameters of the two chichas were evaluated during fermentation period (1, 3 and 5 days). The results obtained prove that existed: significant difference ($p < 0.05$) between the two chichas regarding Brix degree (21.89 °Bx chicha A, 19,45 °Bx chicha B), while for the other physico-chemical parameters similar values were recorded (mean values: $T = 23$ °C, $pH = 4.4$; alcohol content = 5% (v / v); humidity = 72.6%). Similar values were recorded for bromatological composition about fat (~0,06%), fiber (0.02%), carbohydrates (~26,00%) and water (~72,60%); by contrast significant differences ($p < 0.05$) were recorded for protein content (0.46% chicha A, 0.36% chicha B) and ash (0.81% chicha B, 0.72% chicha A). As regards microorganism content, a rapid growth of concentration was observed, until the third day of fermentation, and then a sudden drop. Such behavior is justified by the acid pH and the alcohol content of the beverage. The Chicha A recorded a significantly higher concentration of fungi and bacteria. Into both chichas, *Citrobacter* coliform bacteria were recorded. In conclusion, the present research determined that the two chichas have differences concerning to protein content and microbial concentration; moreover, despite the acid pH and alcohol content, Coliform bacteria were able to develop.

9. Bibliografía

- Ballesteros Patrón, R. P. (Febrero de 2011). *La yuca Manihot esculenta Crantz, cultivo promisorio para Guerrero*. Obtenido de http://www.academia.edu/1060352/La_yuca_Manihot_esculenta_Crantz_cultivo_promisorio_para_Guerrero
- Catie. (1980). *Recurso genéticos de Manihot esculenta*. Turrialba, Costa Rica: Agrinter.
- Ceballos, H. (2002). *La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario*. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/55238/capitulo01.pdf?sequence=1>
- Cock, J. H. (1989). *La yuca nuevo potencial para un cultivo tradicional*. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=CCHrPDm_pjcC&oi=fnd&pg=PA7&dq=el+cultivo+de+yuca+en+ecuador&ots=IT7vh-ywCs&sig=_lauM-bDy_w8ZKySIlhNEcH50I0#v=onepage&q&f=false
- Colehour, A., Meadow, J., Liebert, M., Cepon-Robins, T., Gildner, T., Urlacher, S., . . . Sugiyama, L. (2014). Local domestication of lactic acid bacteria via cassava beer fermentation. *Peerj*, DOI 10.7717/peerj.479.
- Corpei. (2009). *Perfiles de productos, Perfiles de yuca*. Ecuador: CICO.
- Dahua, R. (2016). Ejecutora del proyecto.
- Darmstadt, G. (2014). *Chromocult Coliform Agar*. Recuperado el 2016, de http://www.amco-instruments.com/index_files/pdf/chromocult-coliform.pdf
- Dast, S. M. (2014). *Fermentation optimization for a probiotic local northeastern Indian rice beer and application to local cassava and plantain beer production*. Recuperado el 2016, de <https://www.deepdyve.com/lp/wiley/fermentation-optimization-for-a-probiotic-local-northeastern-indian-RmGCiUmH00>
- Gunawan, S., Widjaja, T., Zullaikah, S., Ernawati, L., Istianah, N., Aparamarta, H., & Prasetyoko, D. (2015). *Effect of fermenting cassava with Lactobacillus plantarum, Saccharomyces*. Obtenido de [http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20\(03\)%202015/\(55\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(03)%202015/(55).pdf)
- Gutiérrez, J. B. (2000). *Ciencia Bromatológica*. Madrid: Díaz de Santos.
- INAMHI. (2015). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

- INIAP. (22 de 11 de 2012). *Instituto Nacional de Autonomo de Investigacion Agropecuaria*. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/web/>
- Montaldo, A. (1985). *La yuca o Mandioca*. San José, Costa Rica: IICA.
- NORELCO S.A. (2012). *Tu empresa*. Recuperado el 2016, de <http://ecuador.tuempresa.co/9567-norelco-sa.html>
- Oboh, G., & Akindahunsi, A. (2003). Biochemical changes in cassava products (flour & gari) subjected to *Saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation. *Food Chemistry*, v.82. 599-602.
- Pincay, L. M. (2010). *Caracterización agronómica, morfológica y molecular del banco de yuca (Manihot esculenta Crantz) de la estación experimentación Portoviejo del INIAP*. Potoviejo.
- Ramírez, J. (2007). *El cultivo de la yuca Manihot esculenta Crantz; para la producción forrajera y su utilizacion en alimentacion bovino*. Obtenido de <http://www.uneditorial.net/uflip/Manual-tecnico-el-cultivo-de-la-yuca-Manihot-esculenta-crantz-para-produccion-forrajera/index.html#/1/>
- Rennenberg, R. (2008). *Biotecnología para principiantes*. Reverté.
- Rodarter, C. W. (2004). Alimentos y Bebidas de Fermentados Tradicionales. *BIOTECNOLOGIA ALIMENTARIA*, 313-317. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=2ctdvBnTa18C&oi=fnd&pg=PA313&dq=bebidas+fermentadas+en+el+mundo&ots=_qA26kBBDe&sig=EoWBtgdtpjyDQmH2AJ6kDEelJY#v=onepage&q&f=true
- Sempertegui Puente, M. A. (2013). Perspectivas para la industrialización de la chicha de jora. *Trabajo de graduacion previo a la obtencion del titulo de Ingeniero en Alimentos*. Cuenca: Universidad de Azuay. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3315/1/10085.PDF>
- Súarez, L. (2011). *Apuntes sobre el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Tendencias actuales*. Recuperado el 2016, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362011000300004&script=sci_arttext
- Velásquez, H. J. (11 de Septiembre de 2006). *Caracterización reológica de la yuca*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532007000100003&script=sci_arttext
- Whitten, N. (1976). *Sacha Runa. Ethnicity and Adaptation of Ecuadorian Jungle Quichua*. Chicago: University of Illinois Press.

10. Anexos

Anexo 1. Datos de los análisis físico-químicos de las dos chichas

A	B	Repeticiones	p H	Promedio	DE	Grados Brix	Promedio	DE	Humedad	Promedio	DE	Temperatura	Promedio	DE	Grado alcohólico	DE
Yuca amarilla	Día 1	Rep 1	4,68			26			70			23			0	
	Día 1	Rep 2	4,74	4,74	0,06	26,5	26,17	0,29	77	67,67	10,69	23	23	0	0	0
	Día 1	Rep 3	4,8			26			56			23			0	
	Día 3	Rep 1	4,09			21			71			23,5			1	
	Día 3	Rep 2	4,35	4,35	0,26	20	20,33	0,58	72	71,67	0,58	23	23,17	0,29	1	0
	Día 3	Rep 3	4,6			20			72			23			1	
	Día 5	Rep 1	4,06			19			79			23			5	
	Día 5	Rep 2	3,91	4,06	0,15	19	19,17	0,29	79	79	-	23	23	0	5	0
	Día 5	Rep 3	4,2			19,5			79			23			5	
Yuca blanca	Día1	Rep 1	4,71			25			43			23			0	
	Día1	Rep 2	4,82	4,71	0,11	25,5	25,17	0,29	67	58,67	13,58	23	23	0	0	0
	Día1	Rep 3	4,6			25			66			23			0	
	Día3	Rep 1	4,35			18			77			23			0	
	Día3	Rep 2	4,27	4,35	0,08	18,5	18,17	0,29	77	76,67	0,58	23	23	0	0	0
	Día3	Rep 3	4,42			18			76			23			0	
	Día5	Rep 1	4,31			15			82			23,5			5	
	Día5	Rep 2	4,19	4,2	0,1	15	15	0	82	82	-	23,5	23,33	0,29	5	0
	Día5	Rep 3	4,11			15			82			23			5	

Fuente: (Dahua, 2016)

Anexo 2. Datos del análisis bromatológicos realizados

		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	DE	
Yuca amarilla	Proteína	Día 1	0,31	0,30	0,31	0,31	0,01
		Día 3	0,68	0,65	0,65	0,66	0,02
		Día5	0,41	0,40	0,39	0,40	0,01
	Grasa	Día 1	0,05	0,06	0,06	0,06	0,01
		Día 3	0,04	0,05	0,05	0,05	0,01
		Día5	0,09	0,07	0,07	0,08	0,01
	Carbohidrato	Día 1	21,41	42,46	28,69	30,85	10,69
		Día 3	26,67	26,16	26,10	26,31	0,31
		Día5	19,31	19,47	19,46	19,41	0,09
	Fibra	Día 1	0,28	0,27	0,27	0,27	0,01
		Día 3	0,31	0,30	0,30	0,30	0,01
		Día5	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01
	Ceniza	Día 1	0,62	0,79	0,62	0,68	0,10
		Día 3	0,74	0,74	0,75	0,74	0,01
		Día5	0,77	0,74	0,75	0,75	0,02
Humedad	Día 1	77,33	56,12	70,05	67,83	10,78	
	Día 3	71,56	72,10	72,15	71,94	0,33	
	Día5	79,40	79,29	79,30	79,33	0,06	
Yuca Blanca	Proteína	Día 1	0,29	0,30	0,30	0,30	0,01
		Día 3	0,62	0,64	0,65	0,64	0,02
		Día5	0,20	0,21	0,21	0,21	0,01
	Grasa	Día 1	0,06	0,06	0,07	0,06	0,01
		Día 3	0,05	0,06	0,06	0,06	0,01
		Día5	0,08	0,07	0,07	0,07	0,01
	Carbohidrato	Día 1	55,78	31,48	32,99	40,08	13,61
		Día 3	21,22	21,94	21,59	21,58	0,36
		Día5	17,10	17,25	17,38	17,24	0,14
	Fibra	Día 1	0,26	0,27	0,26	0,26	0,01
		Día 3	0,29	0,30	0,30	0,30	0,01
		Día5	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01
	Ceniza	Día 1	0,77	0,72	0,73	0,74	0,03
		Día 3	0,92	0,86	0,90	0,89	0,03
		Día5	0,84	0,80	0,80	0,81	0,02
Humedad	Día 1	42,84	67,17	65,65	58,55	13,63	
	Día 3	76,90	76,20	76,50	76,53	0,35	
	Día5	81,73	81,63	81,50	81,62	0,12	

Fuente: (Dahua, 2016)

Anexo 3. Resultados de los análisis microbiológico

Yucas	Días	Hongos (x10⁵UPC/ml)	Bacterias (x 10⁵UFC/ml)
Yuca amarilla	Día 1	1,3	5
Yuca amarilla	Día 1	1,4	4
Yuca amarilla	Día 1	1,3	5
Yuca amarilla	Día 3	76	55
Yuca amarilla	Día 3	75	58
Yuca amarilla	Día 3	75	58
Yuca amarilla	Día 5	15	0,6
Yuca amarilla	Día 5	15	0,6
Yuca amarilla	Día 5	17	0,7
Yuca blanca	Día 1	0,3	0,8
Yuca blanca	Día 1	0,3	0,9
Yuca blanca	Día 1	0,4	0,8
Yuca blanca	Día 3	28,5	25,6
Yuca blanca	Día 3	28	25
Yuca blanca	Día 3	28,5	25,6
Yuca blanca	Día 5	14,6	1,9
Yuca blanca	Día 5	14	1,8
Yuca blanca	Día 5	14,6	1,9

Fuente: (Dahua, 2016)