



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**CARRERA: INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**TEMA**

---

**“USO DEL ALMIDÓN DE YUCA PARA LA OBTENCIÓN  
DE ALCOHOL ETÍLICO”**

---

**Trabajo de Investigación (Graduación). Modalidad: Seminario de Graduación. Presentado como Requisito Previo a la Obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.**

**AUTOR:**

**Arévalo Moncayo Alejandra Marilyn**

**TUTOR:**

**Ing. Cecilia Carpio**

**Ambato-Ecuador**

**2011**

Ing. Cecilia Carpio

## **TUTOR Del TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CERTIFICA:

Que el presente Trabajo de Investigación: **“USO DEL ALMIDÓN DE YUCA PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO”** desarrollado por la Señorita Alejandra Arévalo; observa las orientaciones metodológicas de la Investigación Científica.

Que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con las disposiciones en la Universidad Técnica de Ambato, a través del Seminario de Graduación.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la respectiva calificación.

Ambato, 17 de junio del 2011

Ing. Cecilia Carpio  
TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

## **AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido del Trabajo de Investigación “USO DEL ALMIDÓN DE YUCA PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO”, corresponde a Alejandra Arévalo y de la Ing. Cecilia Carpio Tutor del Trabajo de Investigación, y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Ambato.

---

**Alejandra Arévalo**  
**Autor del Trabajo de Investigación**

---

**Ing. Cecilia Carpio**  
**Tutor del Trabajo de Investigación**

## **A CONSEJO DIRECTIVO DE LA FCIAL**

El Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación “USO DEL ALMIDÓN DE YUCA PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO”, presentado por la Señorita Alejandra Arévalo y conformada por: Ingeniera Alexandra Lascano e Ingeniero Lenin Garcés Miembros del Tribunal de Defensa y Tutor del Trabajo de Investigación Ingeniera Cecilia Carpio y presidido por el Ingeniero Romel Rivera, Presidente de Consejo Directivo, Ingeniera Mayra Paredes E., Coordinadora del Décimo Seminario de Graduación FCIAL-UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisado el Trabajo de Investigación escrito en el cuál se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación, remite el presente Trabajo de Investigación para su uso y custodia en la Biblioteca de la FCIAL.

---

**Ing. Romel Rivera**  
**Presidente Consejo Directivo**

---

**Ing. Mayra Paredes E.**  
**Coordinadora Décimo Seminario de Graduación**

---

**Ing. Lenin Garcés**  
**Miembro del Tribunal**

---

**Ing. Alexandra Lascano**  
**Miembro del Tribunal**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día. A mi familia por todo su apoyo incondicional.

Alejandra Arévalo Moncayo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Bertila y Raúl ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día. A mi hermano Danilo y mis hermanas Paola y Michelle porque han estado a mi lado y hemos compartido todas esas aventuras que solo se pueden vivir entre hermanos. A mis abuelitos Cristóbal y Bertila por el apoyo que dieron a mi familia cuando lo necesitamos. A mi tutora Ing. Cecilia Carpio por su tiempo, ayuda y paciencia hacia mí.

Alejandra Arévalo Moncayo

## ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Certificación de Aprobación del Tutor.....	ii
Declaración de Autenticidad y Autoría.....	iii
Aprobación del Tribunal de Grado .....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General de Contenidos.....	vii
Índice General de Cuadros y Gráficos.....	x
Resumen Ejecutivo.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1. Tema de Investigación.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.2.1. Contextualización.....	3
1.2.1.1. Macro Contextualización.....	3
1.2.1.2. Meso Contextualización.....	9
1.2.1.3. Micro Contextualización.....	15
1.2.2. Análisis Crítico.....	16
1.2.3. Árbol de Problema.....	17
1.2.4. Prognosis.....	18
1.2.5. Formulación del Problema.....	18
1.2.6. Delimitación del problema.....	18
1.2.7. Preguntas Directrices.....	19
1.3. Justificación.....	20
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General.....	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21

<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	22
2.1. Antecedentes de Investigación.....	22
2.2. Fundamentación Filosófica.....	24
2.3. Fundamentación Legal.....	25
2.4. Categorías Fundamentales.....	26
2.4.1. Redes de inclusiones.....	26
2.4.2. Descripción del proceso .....	32
2.4.2.1. Obtención del almidón de yuca.....	32
2.4.2.2. Hidrólisis del almidón.....	33
2.4.2.3. Fermentación alcohólica.....	33
2.5. Hipótesis.....	35
2.6. Señalamiento de Variables.....	35
 <b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	 36
3.1. Enfoque.....	36
3.2. Modalidad de Investigación.....	37
3.3. Tipo de Investigación.....	38
3.4. Población y Muestra.....	38
3.5. Operacionalización de Variables.....	40
3.6. Plan de Recolección de Información.....	41
3.7. Plan de Procesamiento de la Información.....	41
 <b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	 42
4.1. Análisis de los resultados.....	12
4.2. Interpretación de datos.....	48
4.3. Verificación de hipótesis.....	50

<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
5.1. Conclusiones.....	51
5.2. Recomendaciones.....	52
<b>CAPÍTULO VI. PROPUESTA.....</b>	<b>53</b>
6.1. Datos informativos.....	53
6.2. Antecedentes de la propuesta.....	54
6.3. Justificación.....	54
6.4. Objetivos.....	55
6.5. Análisis de factibilidad.....	56
6.6. Fundamentaciones.....	57
6.7. Descripción del procedimiento.....	58
6.8. Metodología.....	60
6.9. Administración.....	61
6.10. Previsión de la evaluación.....	62
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE GENERAL DE CUADROS Y GRÁFICOS

### CUADROS:

<b>CUADRO N.1:</b> Tipos de Licores y sus Características.....	5
<b>CUADRO N.2:</b> Tipos de Licores, País de Origen y sus Características.....	6
<b>CUADRO N.3:</b> Producción de yuca en el año 2009.....	8
<b>CUADRO N.4:</b> Producción en toneladas de yuca en los años 2008 y 2009....	12
<b>CUADRO N.5:</b> Producción de yuca en el Ecuador desde 2000 al 2009.....	14
<b>CUADRO N.6:</b> Cuadro para reportar los resultados.....	39
<b>CUADRO N.7:</b> Operacionalización de Variables.....	40
<b>CUADRO N.8:</b> Pesos de la yuca.....	75
<b>CUADRO N.9:</b> Resultados de la prueba de Benedict con alfa amilasa.....	75
<b>CUADRO N.10:</b> Resultados de la prueba de Benedict con glucoamilasa.....	76
<b>CUADRO N.11:</b> Cambios de los sólidos solubles (°brix).....	77
<b>CUADRO N.12:</b> Cambios de pH.....	77
<b>CUADRO N.13:</b> Grados alcohólicos.....	78
<b>CUADRO N.14:</b> Resultados de la pregunta ¿Qué tipo de bebida prefiere?.....	78
<b>CUADRO N.15:</b> Resultados de la pregunta ¿Le agradan las bebidas alcohólicas?.....	79
<b>CUADRO N.16:</b> Resultados de la pregunta ¿Qué tipo de bebida alcohólica prefiere?.....	79

<b>CUADRO N.17:</b> Resultados de la pregunta ¿Con qué frecuencia los consume?.....	80
<b>CUADRO N.18:</b> Resultados de la pregunta ¿Consumiría un licor hecho con almidón de yuca?.....	80
<b>CUADRO N.19:</b> Resultados de la pregunta ¿Con que frecuencia consumiría un licor hecho con almidón de yuca?.....	81
<b>CUADRO N.20:</b> Resultados de la pregunta ¿Qué característica evaluaría primero en un licor hecho con almidón de yuca?.....	81
<b>CUADRO N.21:</b> Resultados del COLOR de la prueba sensorial.....	82
<b>CUADRO N.22:</b> Resultados del PODER ALCOHÓLICO de la prueba sensorial.....	82
<b>CUADRO N.23:</b> Resultados del OLOR de la prueba sensorial.....	83
<b>CUADRO N.24:</b> Resultados del SABOR de la prueba sensorial.....	83
<b>CUADRO N.25:</b> Resultados de la ACEPTABILIDAD de la prueba sensorial	84
<b>CUADRO N.26:</b> Porcentajes de almidón en la yuca.....	90
<b>CUADRO N.27:</b> Análisis de varianza para los °brix de cada tratamiento y replica registrados al final de la fermentación.....	90
<b>CUADRO N.28:</b> Prueba de diferenciación.....	91
<b>CUADRO N.29:</b> Análisis de varianza para el pH de cada tratamiento y replica registrados al final de la fermentación.....	91
<b>CUADRO N.30:</b> Prueba de diferenciación.....	92
<b>CUADRO N.31:</b> Análisis de varianza para los grados alcohólicos de cada tratamiento y replica registrados al final de la fermentación....	92

<b>CUADRO N.32:</b> Prueba de diferenciación.....	93
<b>CUADRO N.33:</b> Análisis de varianza para el COLOR de cada tratamiento...	93
<b>CUADRO N.34:</b> Prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).....	94
<b>CUADRO N.35:</b> Análisis de varianza para el PODER ALCOHÓLICO de cada tratamiento.....	94
<b>CUADRO N.36:</b> Prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).....	95
<b>CUADRO N.37:</b> Análisis de varianza para el OLOR de cada tratamiento.....	95
<b>CUADRO N.38:</b> Análisis de varianza para el SABOR de cada tratamiento...	96
<b>CUADRO N.39:</b> Prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).....	96
<b>CUADRO N.40:</b> Análisis de varianza para la ACEPTABILIDAD de cada tratamiento.....	97
<b>CUADRO N.41:</b> Prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).....	97
<b>CUADRO N.42:</b> Hipótesis para los °brix, pH y grados alcohólicos.....	98
<b>CUADRO N.43:</b> Hipótesis para las pruebas sensoriales.....	98

## **GRÁFICOS:**

<b>GRÁFICO N.1:</b> Relación Causa – Efecto.....	17
<b>GRÁFICO N.2:</b> Redes de inclusiones.....	26
<b>GRÁFICO N.3:</b> °Brix vs. Tiempo de fermentación R1.....	86
<b>GRÁFICO N.4:</b> °Brix vs. Tiempo de fermentación R2.....	86
<b>GRÁFICO N.5:</b> pH vs. Tiempo de fermentación R1.....	87
<b>GRÁFICO N.6:</b> pH vs. Tiempo de fermentación R2.....	87
<b>GRÁFICO N.7:</b> Grados alcohólicos vs. Tratamiento.....	88

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema:

"USO DEL ALMIDÓN DE YUCA PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO"

AUTOR:

Arévalo Moncayo Alejandra Marilyn

TUTOR:

Ing. Cecilia Carpio

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación describe la tecnología utilizada para la obtención de alcohol etílico a partir del almidón de yuca, así como también las variables para poder determinar con que tratamiento se logra obtener mayor cantidad de alcohol etílico después de la fermentación. Las variables estudiadas fueron: el porcentaje de almidón en la suspensión (20% y 25%) y el tiempo de hidrólisis con alfa amilasa (1h y 1.5h); se seleccionó estas dos variables porque afectan directamente a la cantidad de azúcares formados (°Brix), los cuales son utilizados por las levaduras, para convertirlos en alcohol etílico y gas carbónico. Los factores de estudio son grados alcohólicos, °Brix y pH.

La obtención de alcohol etílico consistió en tres etapas. La primera fue la obtención de almidón de yuca, consiguiendo un rendimiento del almidón de 16.51%. En la segunda etapa con el almidón obtenido se preparó una suspensión para someterla a hidrólisis con alfa amilasa y glucoamilasa, para convertir el almidón en glucosa. En la tercera etapa se desarrolla la fermentación, durante 34 días; todos los tratamientos permanecieron en fermentación el mismo tiempo, para así poder apreciar las variaciones que se produce por el diferente porcentaje de almidón y tiempo de hidrólisis.

Mediante el análisis estadístico de los resultados se determinó que el mejor tratamiento corresponde a la utilización de una suspensión de almidón al 25% y un tiempo de hidrólisis con alfa amilasa de 1.5h (a1b1) con los cuales se obtuvo el mayor grado alcohólico 12.5%. Otros resultados relevantes son los del pH y °Brix; durante la fermentación existen ligeros cambios del pH, los datos de pH se encuentran alrededor de 6.5, en cuanto a los resultados de los °Brix van descendiendo hasta valores entre 14 y 21.5 °Brix.

DESCRIPTORES.- yuca, almidón, hidrolisis, fermentación, alcohol etílico.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, la yuca en Ecuador, es un cultivo tradicional que se produce en la costa occidental, la Amazonía oriental y los valles interandinos (tales como Loja y Santo Domingo de los Colorados). En Manabí, el mayor porcentaje de productores de la yuca está constituido por pequeños agricultores de escasos recursos, que la siembran generalmente como cultivo de subsistencia.

La yuca después de los cereales tradicionales como el trigo, el maíz y el arroz, es uno de los principales productos alimenticios. Es, además, un producto particularmente consumido por habitantes de zonas tropicales o por emigrantes que viven en áreas templadas, pero su utilización se limita enormemente por el rápido deterioro de la raíz [**Productos Agri-Nova, 2004**].

El almidón es uno de los principales componentes de la yuca y de otras raíces y tubérculos, se encuentra almacenado en gránulos y se extrae utilizando un proceso de disolución en agua y filtrado con mantas. El almidón de yuca nativo también se conoce como tapioca, y es utilizado en la industria alimentaria como coadyuvante de emulsificantes, fuente de carbohidratos que pueden ser fermentados, espesante y agente texturizante [**Bustos y Rodríguez, 2001**].

El fenómeno de la fermentación debió llamar la atención del hombre desde las épocas más remotas, pero sin el conocimiento de la naturaleza de los fenómenos químicos y biológicos que rigen las manifestaciones de la vida, no se podría dar una explicación, ni lejanamente probable sobre este fenómeno, y su esencia quedó envuelta en los velos del misterio hasta mediados del siglo XIX. Para entonces, sin conocer las causas ni los agentes que determinaban su formación, se sabía que los líquidos azucarados, una vez fermentados, contenían alcohol y anhídrido carbónico. El sabio Lavoisier en 1789 llevó a cabo estudios cuantitativos sobre la fermentación alcohólica y halló además de etanol y dióxido de carbono, otro producto al que le dio el nombre de ácido acético [**García, 2008**].

Hace poco más de un siglo, Pasteur demostró que la fermentación se produce por medio de las levaduras cuando éstas viven sin aire, por supuesto que se puede hacer vino sin conocer todos los mecanismos de la fermentación, pero cuando estos mecanismos se conocen y se comprenden es más fácil seguirlos, reproducirlos y dirigirlos, por tanto, "la fermentación es una correlación de la vida, y son las levaduras, hongos microscópicos unicelulares, las que descomponen el azúcar en alcohol y gas carbónico" [**Lucas, 1994**].

La fermentación de la yuca produce una bebida ligeramente alcohólica llamada cauim, consumida con propósitos rituales por los pueblos aborígenes. El Cauim es tradicional en Brasil desde la época precolombina. Aunque se elabora en la actualidad en zonas remotas en todo Panamá y América del Sur. El Cauim se hace mediante la fermentación de la yuca, en ocasiones se utiliza el maíz, a veces con sabor a los zumos de frutas [**Stolfi, 2008**].

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. Tema de Investigación**

“Uso del almidón de yuca para la obtención de alcohol etílico”

#### **1.2. Planteamiento del Problema**

##### **1.2.1. Contextualización**

###### **1.2.1.1. Macro Contextualización**

El alcohol no es un producto como cualquier otro, ha formado parte de la civilización humana durante miles de años. EL alcohol etílico no sólo es el producto químico orgánico sintético más antiguo empleado por el hombre, sino también uno de los más importantes.

El alcohol etílico es el componente principal de las bebidas alcohólicas. Se prepara por fermentación del azúcar, contenido en una variedad sorprendente de fuentes vegetales. La bebida específica obtenida depende de lo que se fermente, centeno, maíz, uvas, etc., cómo se fermente y de lo que se haga después de la fermentación (se destile o no). El sabor especial de la bebida no se debe al alcohol etílico, sino a otras sustancias características de las fuentes específicas o añadidas deliberadamente [Morrison y Boyd, 1998].

Como se sabe la fermentación es un proceso natural y espontaneo, el cual se puede llevar a cabo naturalmente cuando el jugo de frutas y cereales queda expuesto al aire durante un tiempo determinado; así, por la acción de unos hongos microscópicos llamados levaduras, el azúcar que contienen se transforma en alcohol fermentado [GreenFacts, 2006].

Estudios mundiales recientes informan que los adultos consumen un promedio anual de cinco litros de alcohol puro procedente de la cerveza, el vino y los licores. Europa posee el consumo medio de alcohol más elevado, seguido por América y África. El consumo suele aumentar con el desarrollo económico. **[Revista de Educación y Cultura, 2008].**

Las preferencias de cada nación por determinados tipos de bebidas son muy variadas. Por ejemplo, algunos países de Europa, América y África prefieren la cerveza, mientras que el vino es el favorito en los países vinícolas y los licores, en la Europa del Este, en Asia y en algunos Estados insulares. Sin embargo, los consumidores se abren cada vez más a bebidas diferentes a las que se producen habitualmente en sus países **[Revista de Educación y Cultura, 2008].**

La obtención de alcohol étílico puede clasificarse de acuerdo al número de sustancias y saborizantes que intervienen en la fermentación. Así pueden ser:

- Simple: cuando se elaboran con una sola sustancia, aunque se utilicen pequeñas cantidades de otras, para mejorar el sabor o potenciar el aroma.
- Mixto: son los que llevan, en distintas proporciones, pero con igual importancia, varios ingredientes.

De la fermentación de frutos, cereales, etc., se pueden obtener diversos licores, con diferentes características organolépticas. Existen varios saborizantes para la aplicación en licores, entre los más utilizados están, la corteza de naranja, la semilla de alcaravea y el endrino, entre otros, los cuales son muy utilizados en Europa y Asia Occidental **[Lucas, 1994].**

Muchos licores han sido elaborados por monjes como los Cartujos o los Benedictinos. Los licores pueden servirse como aperitivos o después de las comidas y también como ingredientes en combinaciones de bebidas y cócteles **[López, 2004].**

Los licores son conocidos por sus nombres genéricos, su sabor, color y graduación alcohólica. En el cuadro N.1 se muestra esas características:

**Cuadro N.1:** Tipos de Licores y sus Características

Nombre conocido del licor	Sabor	Color	% de alcohol
Amaretto	almendras	marrón	28
Anisete	anís	transparente	27
Anís	anís	transparente	39-50
Apricot	albaricoque	marrón	30
BlackBerry	mora / zarzamora	rojo oscuro	30
Cherry	cereza	rojo brillante	30-32
Crema de Cacao	chocolate y vainilla	marrón o blanco	25-27
Crema de Cassis	grosella o pasas	rojo	25
Crema de Framboises	frambuesa	rojo	30
Crema de Menthe	menta	verde, blanco o rosa	30
Crema de Roses	rosas	rosado	30
Crema de Vainille	vainilla	marrón	30
Crema de Violettes	violetas	violeta	30
Curacao	naranja	naranja	30-42
Danziger Goldwasser	naranja y pimienta	transparente	38
Kümmel	kümmel o carvi	transparente	39-46
Maraschino	cerezas	transparente	30-32
Ojen	anís	transparente	42
Ouzo	anís	transparente	45-49
Parfait Amour	violetas	violeta	27-30
Peach	durazno	marrón dorado	35-40
Prunelle	ciruela	marrón	40
Sloe Gin	endrina	rojizo	30
Swedish Punsch	rummy	amarilla	28-30
Triple Sec	naranja	transparente	38-40

**Fuente:** Ramírez, 2004

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

Por otra parte, existen también muchos licores que son conocidos por sus marcas propietarias. Estos son producidos por las empresas dueñas de sus marcas, como se observa en el cuadro N.2.

**Cuadro N.2:** Tipos de Licores, País de Origen y sus Características

<b>Licor</b>	<b>País de origen</b>	<b>Sabor</b>	<b>Color</b>	<b>% alcohol</b>
Benedictino D.O.M.	Francia	pimiento	dorado	43
B & B, D.O.M.	Francia	pimiento	dorado	43
Chartreuse amarillo	Francia	pimiento y anís	dorado - amarillento	43
Chartreuse verde	Francia	pimiento y vino	verde	55
Cherry Heering	Dinamarca	cereza	rojizo	24
Cordial Medoc	Francia	naranja y cacao	marrón	44
Cointreau	Francia	naranja	transparente	40
Crème Yvette	EEUU	violeta	violeta	33
Drambuie	Escocia	pimiento y whisky escocés	dorado	40
Falernum	Barbados	lima y almendra	transparente	6
Forbidden Fruit	EEUU	naranja y toronja (pomelo)	naranja	35
Galliano	Italia	naranja	dorado	40
Grand Marnier	Francia	pimiento	naranja rojizo	40
Gilka Kümmel	Alemania	kümmel (carvi)	transparente	43
Irish Mist	Irlanda	pimiento y miel	dorado	40
Liqueur d'Or	Francia	pimiento y limón	dorado suave	43
Strega	Italia	pimiento	dorado suave	42
Tia Maria	Jamaica	café	marrón	31
Vieille Curé	Francia	pimiento	dorado	43

**Fuente:** Ramírez, 2004

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

Como se puede observar en los cuadros 1 y 2 existen diversos licores, que se han obtenido por la fermentación de diferentes frutas, cereales, etc., y con sus respectivas características; en cuanto al porcentaje de alcohol de estos licores se puede ver que va desde un 25% a 55%.

La fermentación alcohólica (denominada también como fermentación del etanol o incluso fermentación etílica) es un proceso biológico en plena ausencia del oxígeno, originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono (por regla general azúcares, como por ejemplo la glucosa, la fructosa, la sacarosa, el almidón, etc.) para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol.

Como se menciona la fermentación alcohólica se puede dar utilizando el almidón, que es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, constituido por amilosa y amilopectina. El almidón es la sustancia con la que las plantas almacenan su alimento en raíces (yuca), tubérculos (patata), frutas y semillas (cereales) [Mitchell, 2007].

Desde el punto de vista químico el almidón es un polisacárido, resultante de unir moléculas de glucosa que forman largas cadenas, aunque pueden aparecer otros constituyentes en cantidades mínimas.

El almidón es una sustancia que se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo. En el proceso se absorbe la energía del sol y se almacena en forma de glucosa y uniones entre estas moléculas para formar las largas cadenas del almidón, que pueden llegar a tener 1000 o más unidades de glucosa [Mitchell, 2007].

El almidón está realmente formado por una mezcla de dos polímeros, amilosa y amilopectina, que sólo difieren en su estructura, en la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre sí para formar las cadenas. Pero esto es determinante

para sus propiedades. Así, la amilosa es soluble en agua y más fácilmente hidrolizable que la amilopectina, lo que quiere decir que es más fácil romper su cadena para liberar las moléculas de glucosa.

La yuca pertenece a la familia de las Euforbiáceas que comprende más de 7000 especies distribuidas por las regiones cálidas de todo el mundo. Las variedades más importantes son la manihot utilissima (mandioca dulce) y la manihot esculenta, con la que se obtiene la tapioca. La yuca es muy rica en hidratos de carbono complejos, pobre en proteínas y grasas, y muy buena fuente de vitaminas del grupo B (B2, B6), vitamina C, magnesio, potasio y calcio [Mitchell, 2007].

La yuca es un tubérculo que procede de un arbusto que se cultiva en los países tropicales de América, África y Asia. Presenta una carne de color blanco, recubierta por una corteza de color pardo o marrón oscuro y de aspecto leñoso. Es una especie de origen americano, que se ha extendido en una amplia área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el Noroeste de Brasil, con predominio de los tipos de yuca dulce en el norte y en la zona de Brasil los amargos.

En el cuadro N.3 se muestra distintos indicadores del cultivo de la yuca en la población mundial en el año 2009:

**Cuadro N.3:** Producción de yuca en el año 2009

	<b>Producción Cantidad (tm)</b>	<b>Superficie cultivada(ha)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Producción Porcentaje (%)</b>
<b>América</b>	34'677.336,00	2'667.458,00	13.000,14	14,39
<b>África</b>	124'615.026,00	12'332.713,00	10.104,43	51,71
<b>Asia</b>	81'473.817,00	4'036.585,00	20.183,85	33,81
<b>Oceanía</b>	223.302,00	21.620,00	10.328,49	0,09
<b>Total</b>	240'989.481,00	19'058.376,00	53.616,91	100,00

**Fuente:** FAOSTAT, 2009

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

En el cuadro N.3 se observa que África es el continente con mayor producción mundial, alcanzando el 51.71% del total mundial, Asia produce el 33.81% de la yuca mundial. No obstante se aprecia cómo, a pesar de las cifras de producción de África, es Asia el continente que consigue un mayor rendimiento de sus plantaciones. El país americano que más yuca produce es Brasil.

La yuca es un arbusto extensamente cultivado en Sudamérica y el Pacífico por su raíz almidonosa de alto valor alimentario. La yuca es endémica de la región subtropical y tropical de Argentina y Paraguay, y de la región tropical de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela, aunque se estima que las variedades hoy conocidas son efecto de la selección artificial [**García, 2009**].

Dado que hoy se producen unos 200 millones de toneladas de raíces de yuca al año, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) considera que muchos países en desarrollo podrían fortalecer su economía rural, e incrementar los ingresos de los productores de yuca, mediante la conversión de esa materia prima de relativo bajo costo en almidones de elevado valor [**FAO, 2006**].

#### **1.2.1.2. Meso Contextualización**

En el Ecuador se encuentra diversos productores de licor tales como, Cervecería Andina, Plantas de Desarrollo Agropecuario (fabricante de Ron San Miguel), Destilería Zhumir, Licorera del Austro (Licor Cristal), Vinos Baldoré, entre otros.

El 16 de enero del 2009 el diario El Universo publicó un artículo sobre producción local, en el cual los ejecutivos de ventas de algunas empresas licoreras señalan que ante una restricción de importaciones de licores será complicado abastecer los pedidos de sus clientes [**Diario El Universo, 2009**].

Es por ello que se vuelve importante presentar al consumidor nuevos productos y de calidad, para que exista una variedad en licores con lo cual el consumidor se decidirá por productos ecuatorianos, con lo cual se lograría crear o incrementar nuevas fuentes de trabajo.

En el Ecuador existen varias industrias licoreras, las cuales tienen buenos productos pero se ven afectados por el contrabando, el 28 Junio del 2010 en el diario El Comercio se menciona que los empresarios del sector, tanto productores como importadores, señalan dos razones por las cuales las ventas anuales han disminuido: las salvaguardias aplicadas por el Gobierno en el 2009 y el contrabando que afecta a cerca de 20 empresas formales [**Diario El Comercio, 2010**].

Según Juan Nasser, presidente de la Asociación Ecuatoriana de Importadores de Licores, el 70% del valor de una botella corresponde a impuestos. Rafael Corral, ex presidente de la Asociación de Industriales Licoreros del Ecuador, añade que el 15% de los licores que se consumen en el país es de contrabando.

En cuanto a la producción nacional, Jorge Villegas, actual titular de la Asociación de Industriales Licoreros, indica que en Ecuador se producen, cada año, cerca de tres millones de cajas de nueve litros de bebidas alcohólicas [**Revista Líderes, 2010**].

Como se puede ver el contrabando perjudica en gran proporción a la industria licorera, por lo que se debe buscar nuevas formas para rebajar los costos de producción, con materias primas que no representen costos elevados y con las que se tenga buenos resultados.

Una de las opciones es obtener alcohol etílico del almidón de yuca, ya que el almidón presenta gran cantidad de glucosa en su estructura, siendo este monosacárido de alta importación para realizar una fermentación alcohólica, para poder lograr una fermentación es necesario realizar una hidrólisis del almidón de

yuca obteniendo así glucosa, la cual por acción de la levadura se transforma en alcohol etílico y gas carbónico.

En la Amazonía Peruana, se prepara el masato, una bebida alcohólica indígena de yuca. En Colombia las culturas indígenas sacan bebidas de la yuca. En Panamá en pueblos aborígenes se usa para la preparación cauim, que es la fermentación de la yuca la cual produce una bebida ligeramente alcohólica, consumida con propósitos rituales [Stolfi, 2008].

Como se puede apreciar en varios lugares aborígenes se ha utilizado la yuca para realizar fermentación. Desde tiempos antiguos la fermentación alcohólica ya era conocida, pero hoy en día se conoce varias tecnologías y la aplicación de nuevas materias primas para este fin. Existen trabajos sobre la obtención de alcohol etílico, Rojas y Cabanillas (2008) con el trabajo sobre la “Producción de alcohol de residuos lignocelulósicos - cáscaras de arroz (*Oriza sativa*)”, mencionan el proceso de utilización de los residuos del arroz para obtener alcohol y los resultados sobre los grados alcohólicos.

El Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor de la FAO, en el 2006 en su enfoque señala que el mercado de almidón añade valor a la yuca y sugiere que los países productores de yuca deberían convertir una mayor cantidad de esta materia prima de relativo bajo costo en almidón de valor elevado para los mercados interno e internacional. Muchos países en desarrollo podrían fortalecer su economía rural, e incrementar los ingresos de los productores de yuca [FAO, 2006].

"La yuca produce un almidón excelente" explica Danilo Mejía, ingeniero agrónomo de la Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura, de la FAO, que coordina la preparación de un nuevo manual para los países en desarrollo sobre extracción de almidón de la yuca [FAO, 2006].

Hoy en día se encuentran disponibles varias técnicas artesanales de producción de almidón, lo que para el agricultor es de gran beneficio, ya que le permite informarse y poder elegir un buen proceso de obtención de almidón, incrementando así los rendimientos en la manufactura.

La clave del futuro de la yuca en los mercados mundiales e internos de almidón, señala la FAO, será incrementar la eficacia, mejorar la calidad, y reducir los costos de producción. Para lograr un modelo de fomento eficaz de la industria de la yuca, los países africanos y latinoamericanos deben tener en cuenta el ejemplo de Tailandia, el primer productor del mundo. La industria tailandesa comenzó hace más de 50 años y creció aceleradamente en el decenio de 1990, cuando limitaciones del mercado redujeron agudamente las importaciones europeas de hojuelas de yuca seca de Tailandia, utilizadas como pienso.

La extracción de almidón se ha convertido en una importante fuente de ingresos para los pequeños productores de yuca cuyas parcelas están situadas en las laderas de la provincia de Manabí, en Ecuador. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) informa de que se han establecido 230 establecimientos de elaboración semimecanizados y tradicionales en esta provincia en los últimos años, en respuesta a una gran demanda de la industria alimentaria de Colombia y de las panaderías y la industria de la repostería en Quito [FAO, 2006].

Ya que para muchos agricultores la siembra de la yuca se ha vuelto una forma de ingreso para sus hogares, han tratado de mejorar este ingreso a través de la producción y comercialización del almidón de yuca; hoy en día se realizan muchas investigaciones en las cuales se utiliza la yuca como materia prima, la cual era normalmente destinada para otros fines, como exportación.

En el cuadro N.4 se observa la producción de yuca en toneladas de los años 2008 y 2009 en diferentes países de América, el mayor productor de yuca en

América es Brasil, seguido de Paraguay y Colombia. En Ecuador se puede notar que la producción de yuca descendió para el 2009 de 102.277 a 66.299 toneladas.

**Cuadro N.4:** Producción en toneladas de yuca en los años 2008 y 2009

<b>País</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Argentina	175.000	180.000
Bahamas	190	190
Barbados	400	400
Belice	304	328
Bolivia	361.329	363.133
Brasil	26'703.039	26'030.969
Colombia	1'803.911	2'202.205
Costa Rica	401.400	451.700
Cuba	339.600	315.784
Ecuador	102.277	66.299
El Salvador	22.029	20.091
Haití	435.000	-
Honduras	28.157	28.523
Islas Caimán	10	10
Jamaica	14.991	-
México	13.640	-
Nicaragua	115.000	-
Panamá	20.159	-
Paraguay	2'218.530	2'610.000
Perú	1'171.818	1'221.267
Puerto Rico	500	-
República Dominicana	100.164	-
Trinidad y Tabago	1.200	-
Venezuela	430.245	-

**Fuente:** FAOSTAT, 2009

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

La yuca en Ecuador se la cultiva desde el nivel del mar hasta los 2400 metros de altura (San José de Minas, Pichincha); tanto en la Costa, Sierra (algunos valles) y en el Oriente ecuatoriano; constituye un cultivo tradicional explotado durante siglos; en el oriente por indios y colonos y en la Costa y Sierra por la población nativa, repercutiendo favorablemente en el aspecto social y económico. El promedio de producción nacional es de 3-5 ton/ha. En el cuadro N.5 se observa la producción de la yuca en el Ecuador.

**Cuadro N.5:** Producción de yuca en el Ecuador desde 2000 al 2009

<b>Años</b>	<b>Producción Cantidad (tm)</b>	<b>Superficie cultivada (ha)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
2009	66.299,00	21.256,00	3.119,07
2008	102.277,00	19.964,00	5.123,07
2007	74.241,00	16.459,00	4.510,66
2006	69.397,00	20.245,00	3.427,86
2005	100.229,00	22.677,00	4.419,85
2004	88.601,00	22.373,00	3.960,18
2003	85.678,00	21.453,00	3.993,75
2002	94.521,00	23.540,00	4.015,34
2001	84.307,00	22.186,00	3.800,01
2000	84.971,00	24.341,00	3.490,86

**Fuente:** FAOSTAT, 2009

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

En el cuadro N.5 se observa como para el 2009 la producción de yuca en el Ecuador descendió notablemente, durante el 2000 al 2009 los años de menor producción fueron el 2006 y 2009, esto se debe a que hay gran cantidad de productos importados los cuales disminuyen la producción y ventas de productos del país.

Estimaciones estadísticas del Ministerio de Agricultura y Ganadería indican que la superficie cosechada de esta raíz se ha mantenido en los últimos ocho años entre 20.000 ha, con rendimientos variables de acuerdo a la región, sobresaliendo la Costa, la cual representa el 37,0% del área sembrada en el país, mientras que las zonas bajas de las provincias de la Sierra registran el 31,2%, el Oriente 31,4% y Galápagos 0,4%. Referencias históricas y actuales señalan a la provincia de Manabí como la predominante en el cultivo de la yuca.

### **1.2.1.3. Micro Contextualización**

En febrero del 2007, Juan Javier Guevara, gerente de Vinos Baldore manifestó que la provincia de Tungurahua se enorgullece de contar con empresas que con el transcurrir del tiempo han logrado ubicarse entre las mejores del país en base a una lucha diaria, esfuerzo de sus ejecutivos y apoyo de todo el personal que permanentemente dedica su capacidad en beneficio del desarrollo y progreso del país [**Diario Los Andes, 2007**].

La oferta de nuevos productos al consumidor, le permite tener diversidad al momento de elegir, y el diseñar nuevos productos o identificar nuevas fuentes de alcohol etílico en la provincia permite crear nuevas fuentes de trabajo, lo que en sus inicios hizo Vinos Baldore.

En la Universidad Técnica de Ambato se pueden encontrar varios trabajos dirigidos a la obtención de jarabe de glucosa, fermentación y obtención de alcohol etílico. En estos trabajos se puede encontrar claramente cómo hacer una fermentación, con cada paso detallado.

En noviembre del 2008 se publica un artículo de Carpio y colaboradores, sobre la utilización de enzimas inmovilizadas para la producción de jarabes de glucosa a partir de almidón de yuca licuado, donde indica las condiciones de trabajo y la forma de la utilización de enzimas para hidrólisis del almidón de yuca, al igual que otras determinaciones, pero la principal para la ejecución de este proyecto es

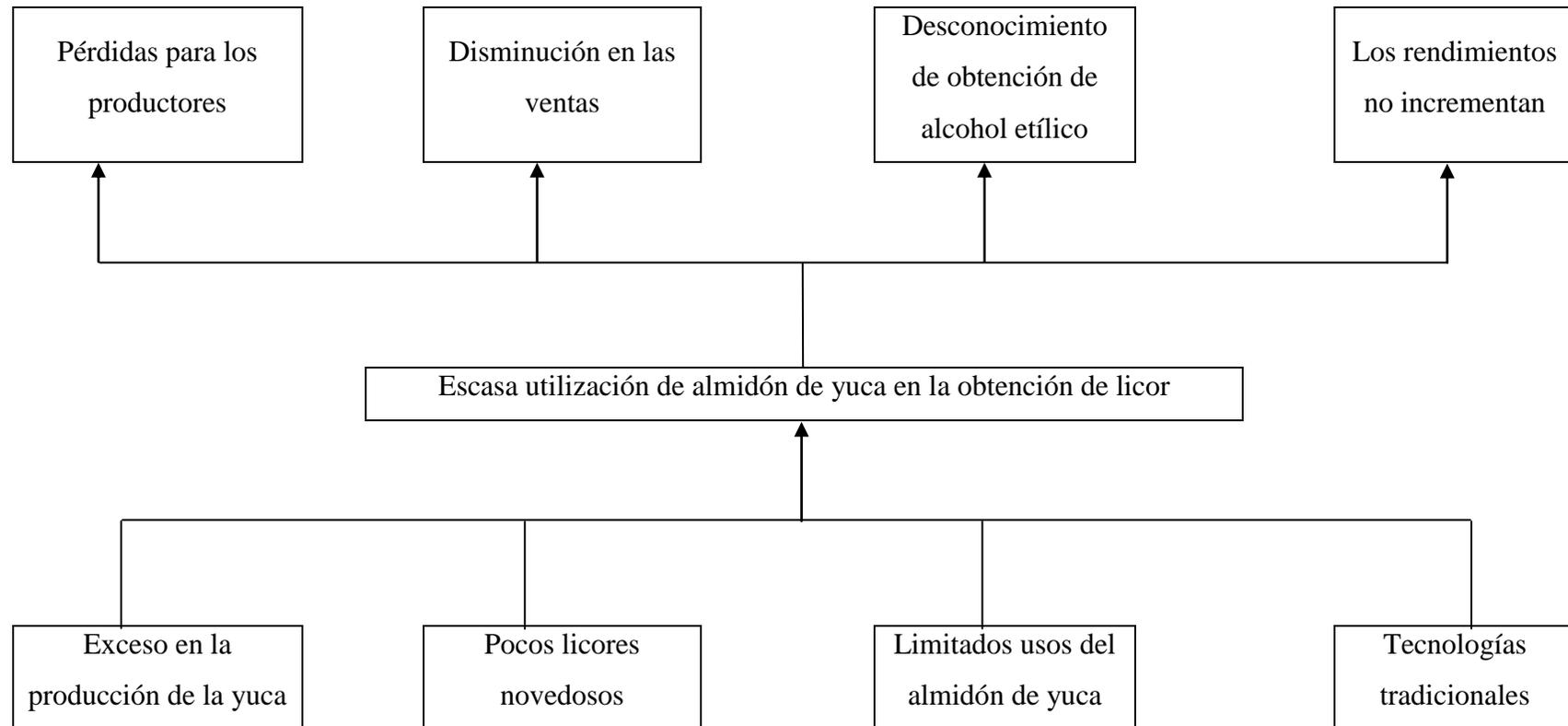
la hidrólisis del almidón, para lo cual se consideran temperaturas necesarias para la utilización de las enzimas.

### **1.2.2. Análisis Crítico**

El mayor productor de yuca en América latina es Brasil, en Ecuador se encuentra también que se cultiva la yuca pero en cantidades muy inferiores. La producción de yuca en el Ecuador se da por pequeños agricultores que lo hacen como una forma de ingreso, el cual puede mejorar, al obtener productos de la yuca, como: harina, pan de yuca, almidón de yuca, el cual últimamente los agricultores lo están elaborando porque les genera un mejor rendimiento e ingreso por su cosecha.

Con la realización de este proyecto se busca elaborar un nuevo producto para el mercado, el cual puede aportar de gran manera a la sociedad al crear nuevas fuentes de trabajo y mejorar el ingreso de varios agricultores.

### 1.2.3. Árbol de Problema



**Gráfico N.1:** Relación Causa – Efecto

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

#### **1.2.4. Prognosis**

El fin de este proyecto es tener nuevas fuentes de alcohol etílico de materias primas que han sido destinadas para otros fines como es el almidón de yuca, el cual se lo utiliza para repostería y como espesante, en el caso de que no se llegara a producir alcohol etílico a partir del almidón de yuca no se estaría utilizando la producción de yuca en su máximo potencial.

De la yuca se consigue obtener varios productos entre ellos: harina, la cual se puede utilizar para elaborar pan de yuca o un pan común que en su formulación incorpore un porcentaje de esta harina, almidón de yuca, el cual se lo está utilizando para repostería y se lo exporta a Colombia.

Este proyecto afectaría de manera positiva a la industria agrícola ya que presenta un gran impacto económico debido a que los agricultores podrían vender toda su cosecha a las industrias sin tener que desperdiciar lo que no puedan vender o realizar productos artesanalmente con el que van a tener un mayor ingreso.

#### **1.2.5. Formulación del Problema**

La investigación realizada u orientada al uso del almidón de yuca para la obtención de alcohol etílico es prominente, para lo cual se planteó la siguiente pregunta:

¿Tiene influencia la cantidad de almidón de yuca sobre la cantidad alcohol etílico contenido en un licor?

#### **1.2.6. Delimitación del problema**

**Campo:** Ingeniería en Alimentos.

**Área:** Fermentación alcohólica.

**Aspecto:** Producción de alcohol etílico.

**Delimitación Temporal:** el trabajo de investigación se realizó desde enero del 2011 a abril del 2011.

**Delimitación Espacial:** Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

El presente proyecto de investigación, USO DEL ALMIDÓN DE YUCA PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO, se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, durante el ciclo Enero 2011 – Abril 2011.

#### **1.2.7. Preguntas Directrices**

- ¿Cuál sería la tecnología que se va aplicar para la obtención de alcohol etílico a partir del almidón de yuca?
- ¿Qué cantidad de yuca se utilizaría para ejecutar este proyecto?
- ¿Qué porcentaje de rendimiento se tendría al realizar este producto?
- ¿Cómo se determinaría las características sensoriales del alcohol etílico?
- ¿Sería necesario el incremento de producción de yuca?
- ¿A qué mercado se abarcaría con la obtención de este alcohol?
- ¿Cuál es el sector al que va dirigido este producto?
- ¿Se podría integrar este producto con facilidad al mercado?
- ¿Cómo incrementar el trabajo e ingresos para los agricultores?

### **1.3. Justificación**

En este trabajo de investigación se presentará en forma clara, la posibilidad de obtener otro producto de la yuca como es el alcohol etílico, por esta razón el proyecto es de mucha importancia ya que se daría a conocer una tecnología adecuada para la producción.

Su importancia radica también en que habrá una fuente de investigación para los futuros Ingenieros en Alimentos para que puedan avanzar en la ejecución de este tipo de temas, este trabajo de investigación se basa en fuentes bibliográficas, lo que lo convierte en una buena fuente de consulta.

Existen algunos trabajos sobre la elaboración de alcohol etílico y bebidas alcohólicas pero la originalidad de este proyecto se base en que hay otras materias primas que pueden ser utilizadas para la obtención de alcohol etílico como es este caso, en el cual se va a utilizar almidón de yuca.

La ejecución de este proyecto puede acarrear ciertos beneficios tanto para el agricultor como para la industria. Para el agricultor ya que así podrá incrementar la producción de yuca y venderla en su totalidad a la industria, ya no sólo quedarse en la producción artesanal de almidón de yuca sino avanzar un paso más que es la obtención de alcohol etílico.

Los beneficios que podría tener la industria son desarrollar nuevos productos, los cuales serían atractivos para el consumidor y abriría nuevos mercados implantando nuevas líneas de producción y a la vez promoviendo la creación de una fuente de trabajo.

Este proyecto es factible ya que presenta un gran impacto económico debido a que los agricultores podrían vender toda su cosecha a las industrias sin tener que desperdiciar lo que no puedan vender o realizar productos artesanalmente con el que van a tener un mayor ingreso.

Es importante presentar al consumidor nuevos productos y de calidad, para que exista una variedad en licores con lo cual el consumidor se decidirá por productos ecuatorianos, con lo cual se lograría crear o incrementar nuevas fuentes de trabajo.

El contrabando perjudica en gran proporción a la industria licorera, por lo que se debe buscar nuevas formas para rebajar los costos de producción, con materias primas que no representen costos elevados y con las que se tenga buenos resultados.

Una de las opciones es obtener alcohol etílico del almidón de yuca, ya que el almidón presenta gran cantidad de glucosa en su estructura, siendo este monosacárido de alta importación para realizar una fermentación alcohólica.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

- Utilizar una nueva fuente de alcohol etílico de materias primas que han sido destinadas para otros fines como es al almidón de yuca

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar una tecnología adecuada para la obtención de alcohol etílico
- Determinar el mejor tratamiento en relación al mayor rendimiento en la obtención de alcohol etílico.
- Realizar un análisis sensorial de los diferentes tratamientos

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de Investigación

El alcohol no es un producto como cualquier otro, ha formado parte de la civilización humana durante miles de años.

Al revisar investigaciones realizadas en la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos se encontraron los siguientes trabajos de investigación realizados en diferentes años sobre alcohol etílico y el almidón:

En el estudio sobre “Obtención de alcohol etílico a partir de la melaza” se analizó que es imprescindible realizar ajustes de los parámetros tales como pH, °Brix, acidez y controlar las condiciones del medio donde se va a realizar la fermentación; en los resultados experimentales muestran rendimientos mucho más elevados en la fermentación batch, siendo esta una fermentación en la que se añade una solución rica en nutrientes, se inoculan los microorganismos y no se le añade nada más excepto oxígeno (ya que muchos microorganismos utilizados en procesos biotecnológicos son aerobios) y un antiespuma. El alcohol etílico obtenido puede ser usado tanto para consumo humano como para el consumo industrial [**Eraza y Vaca, 1981**].

En la investigación sobre “Obtención de una bebida alcohólica de oca” se consideró que la fermentación alcohólica de la oca permite la obtención de un producto con un porcentaje de alcohol alrededor de 8%, en este trabajo se utilizaron enzimas alfa y beta amilasa, presentes en la malta que casi en su totalidad transforman el almidón en azúcares, la cantidad de alcohol se ve influenciado por el porcentaje de malta utilizada en el licuado de la oca con agua,

el % de malta añadida a la sacarificación, la cepa de levadura y la adición del nutriente que es fosfato de amonio y extracto de levadura. La levadura utilizada fue la *Saccharomyces cerevisiae* de Levapan y mimas levadura pero procedente de Holanda. En cuanto al análisis sensorial la mejor puntuación se registró en las bebidas que fueron elaboradas con materia prima en estado fisiológico no germinado [Cornejo y Villacis, 1993].

En un estudio sobre la “Obtención de una bebida alcohólica de patata (*Solanum tuberosum* Lin)” se investigó que la utilización de dos tipos de papas, tales como Leona y Esperanza, presentan resultados similares durante la ejecución y finalización del proyecto, con respecto a los grados alcohólicos, al igual que la manejo de una materia prima germinada y no germinada. Se utilizó malta para hidrolisis del almidón que contiene la papa, ejecutando una sacarificación. Durante la fermentación se controló °Brix, pH, acidez y % de etano, como resultados finales se obtuvieron entre 6-8°Brix, de 3-4 el pH y 8.13% de etanol contenido en la bebida alcohólica [Lozada y Villacres 1994].

En la investigación sobre la “Obtención de jarabe de glucosa a partir de almidón de maíz (*Zea mays*)” se analizó que la obtención del jarabe de glucosa se realizara por degradación enzimática, para lo que se consideró el pH se la suspensión (6.2 y 6.5), en la hidrolisis se consideró la cantidad de  $\alpha$  amilasa (0.05 y 0.1%) y glucoamilasa (0.15 y 0.2%), en este trabajo se describe la forma adecuado de la manipulación y utilización de las enzimas; otro factor tomado en cuenta es la presencia y ausencia de pululanasa que es una enzima que actúa en los enlaces  $\alpha$  1-6 de las maltotriosa. La licuefacción se realizó a una temperatura de 105°C por 7 minutos y la dextrinización a 92°C por 3horas. El mejor tratamiento es cuando se trabajó con un pH de 6.2, 0.1% de  $\alpha$  amilasa, 0.2% de glucoamilasa y presencia de pululanasa, utilizando estos parámetros se obtiene 295.4g/L de jarabe de glucosa [Bayas e Ibarra, 1999].

En el estudio sobre la “Obtención de una bebida alcohólica a partir de sustrato de papa (*Solanum tuberosum*) tratado con alfa-amilasa (Fungamyl.Br)” se analizó que la variedad de la papa no influye (Chola y Gabriela) no influye significativamente, pero si la cantidad de  $\alpha$  amilasa (0.4 y 0.6 g/Kg) y levadura (0.4 y 0.5 g/L de mosto), en el transcurso del proceso fermentativo se realizaron análisis de control: °Brix, pH, acidez y grados alcohólicos, la fermentación duró 34 días. Los grados alcohólicos de la bebida alcohólica de papa fueron entre 20.1 – 21.7%. Entre los dos mejores tratamientos encuentran, el tratamiento que se trabaja con variedad de papa Chola, 0.4 g de enzima y 0.4g de levadura y el tratamiento con variedad de papa Gabriela, 0.4 g de enzima y 0.4g de levadura [Chico y Ponce, 2004].

## **2.2. Fundamentación Filosófica**

El trabajo de investigación científica tiene un fundamento de carácter académico con clara disposición didáctica en la que predomina la inducción y deducción.

Es de razonamiento inductivo ya que consiste en obtener conclusiones generales a partir de premisas que contienen datos particulares. La observación repetida de acontecimientos de la misma índole, establece una conclusión para todos los objetos o eventos de dicha naturaleza, se supone que tras una primera etapa de observación, registro, análisis y clasificación de los datos, se deriva una hipótesis que soluciona el problema planteado.

Por cuanto en algunas etapas de la investigación se inicia de lo general a lo particular, es de razonamiento deductivo, con este método se logra inferir los hechos observados basándose en el estatuto generales.

La disposición didáctica para la realización de este trabajo está basada en una disciplina científica que tiene como objeto de estudio centrarse los procesos y elementos existentes.

La didáctica se logra entender como pura técnica o ciencia aplicada, que es la aplicación del conocimiento de una o varias áreas especializadas de la ciencia para resolver problemas, los cuales para este proyecto viene siendo, conocimientos biotecnológicos que se aplican para la fermentación, tecnológicos en cuanto a la obtención de almidón, y los conocimientos adquiridos en Estadística y Diseño Experimental para la aplicación del diseño experimental A\*B para poder entender de mejor manera los resultados que se obtengan al desarrollar el proyecto.

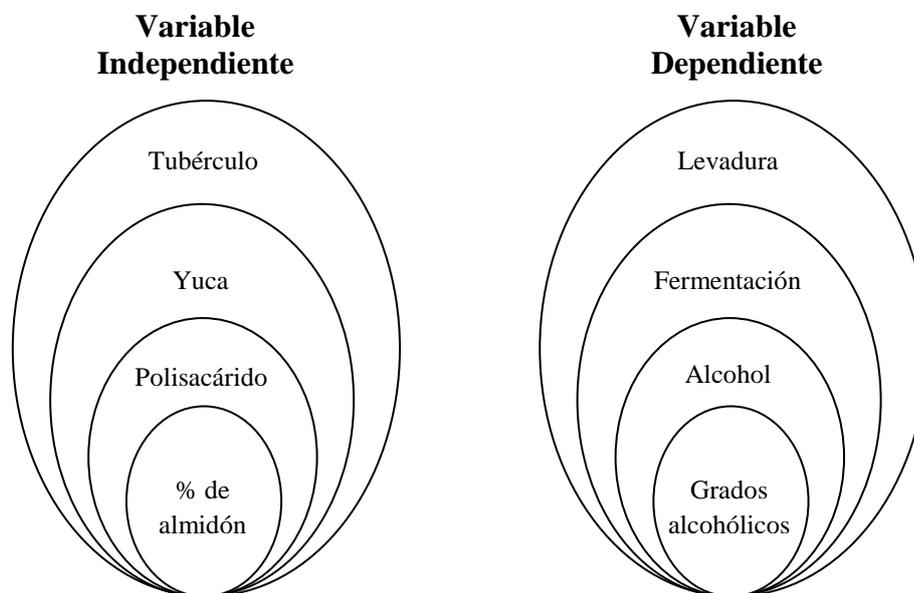
### **2.3. Fundamentación Legal**

Para la elaboración de este proyecto se tomará en cuenta las Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (Normas INEN). La Norma INEN 350 referente a bebidas alcohólicas sobre el ensayo de catado, se considerará en el momento de la evaluación sensorial. La Norma INEN 1837 referente a bebidas alcohólicas-Licores-Requisitos.

También se tendrá muy presente la utilización de las Normas del CODEX para la Yuca (*Mandioca*) dulce (CODEX STAN 238-2003) y para la amarga (CODEX STAN 300-2010), las cuales tratan sobre las disposiciones referentes a la calidad, a la clasificación por calibres, contaminantes e higiene.

## 2.4. Categorías Fundamentales

### 2.4.1. Redes de inclusiones



**Gráfico N.2:** Redes de inclusiones

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

La Yuca es un tubérculo perteneciente a la familia *Euphorbiacea* y al género *Manihot*, siendo la del tipo *Manihot Esculenta Crant* la que es comercialmente conocida, es un arbusto muy ramificado, de hasta 2.5 m de altura, con flores de color amarillo verdoso, la raíz alcanza hasta 8 cm de diámetro y 90 cm de longitud, los frutos asemejan pequeños plátanos y son comestibles [López, 2004].

La yuca o mandioca es una especie de origen americano, que se ha extendido en una amplia área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el Noroeste de Brasil, con predominio de los tipos de yuca dulce en el norte y en la zona de Brasil los amargos [García, 2009].

Los rendimientos máximos de cultivo se obtienen en un rango de temperatura entre 25-29°C, siempre que haya suficiente humedad disponible en el período de crecimiento. Aunque puede tolerar el rango 16-38°C, por debajo de los 16°C el

crecimiento se detiene. Por este motivo en los climas tropicales-húmedos se alcanzan altas productividades, mientras que en otras regiones subtropicales, al descender de los 16°C se paraliza el crecimiento [**Productos Agri-Nova, 2004**].

El sistema radicular (raíces) de la planta de yuca, comprende la corteza externa, la corteza media y la corteza interna y el cilindro central. La corteza externa llamada también súber o corcho, corresponde un 0,5-2,0% del total de la raíz. La industria del almidón prefiere aquellas variedades de adherencia débil. La corteza media constituye un 9-15% del total de la raíz, está formada por felodermis (tejido que se halla en la corteza de las plantas leñosas). Posee un contenido en almidón bajo. La corteza interna está constituida por parte del parénquima de la corteza primaria, floema primario y secundario (tejido conductor encargado del transporte de nutrientes orgánicos, especialmente azúcares).

Por último, el cilindro central está formado básicamente por el xilema secundario (tejido vegetal leñoso de conducción que transporta líquidos). La raíz reservante no tiene médula y pueden ser raíces de pulpa amarilla, crema y blanca. El rendimiento de raíces por planta suele ser de 1-3 kg, pudiendo llegar en óptimas condiciones hasta 5-10 kg/planta [**Productos Agri-Nova, 2004**].

Los polisacáridos son biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos. Se encuadran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales.

Los polisacáridos son polímeros, cuyos monómeros constituyentes son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos. Estos compuestos llegan a tener un peso molecular muy elevado, que depende del número de residuos o unidades de monosacáridos que participen en su estructura.

Los polisacáridos pueden descomponerse, por hidrólisis de los enlaces glucosídicos, en polisacáridos más pequeños, así como en disacáridos o monosacáridos. Su digestión dentro de las células, o en las cavidades digestivas,

consiste en una hidrólisis catalizada por enzimas digestivas (hidrolasas) llamadas genéricamente glucosidasas, que son específicas para determinados polisacáridos y, sobre todo, para determinados tipos de enlace glucosídico. Así, por ejemplo, las enzimas que hidrolizan el almidón, cuyos enlaces son del tipo llamado  $\alpha(1-4)$ , no pueden descomponer la celulosa, cuyos enlaces son de tipo  $\beta(1-4)$ , aunque en los dos casos el monosacárido sea el mismo [Nahum, 2008].

El almidón es una sustancia que se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo. En el proceso se absorbe la energía del sol y se almacena en forma de glucosa y uniones entre estas moléculas, para formar las largas cadenas del almidón llamadas polisacáridos, que pueden llegar a tener hasta 2000 o 3000 unidades de glucosa.

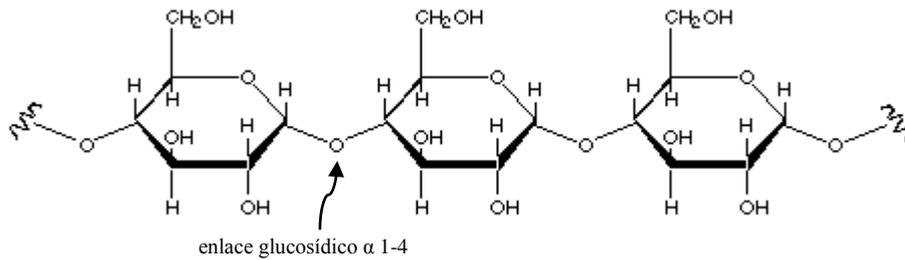
El almidón está realmente formado por una mezcla de dos sustancias, amilosa y amilopectina, que sólo difieren en su estructura: la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre sí para formar las cadenas. Pero esto es determinante para sus propiedades. Así, la amilosa es soluble en agua y más fácilmente hidrolizable que la amilopectina (es más fácil romper su cadena para liberar las moléculas de glucosa) [Nahum, 2008].

Lo que llamamos almidón no es realmente un polisacárido, sino la mezcla de dos, la amilosa y la amilopectina. Ambos están formados por unidades de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces  $\alpha 1-4$  lo que da lugar a una cadena lineal. En el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones debidas a enlaces  $\alpha 1-6$  [Calvo, 2008].

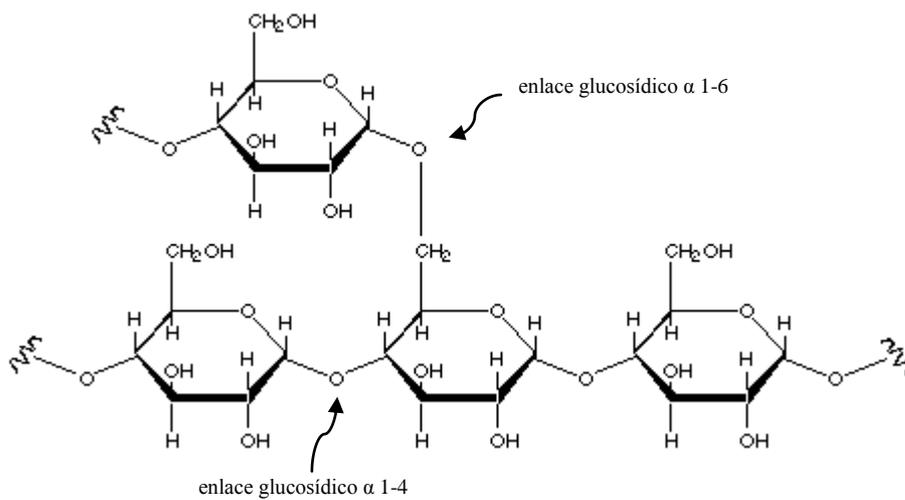
En la figura N.1 se puede apreciar cómo se encuentran formada la cadena de amilosa y amilopectina, y la ubicación de los enlaces glucosídicos.

**Figura N.1:** Cadena de Amilosa y Amilopectina

Amilosa



Amilopectina



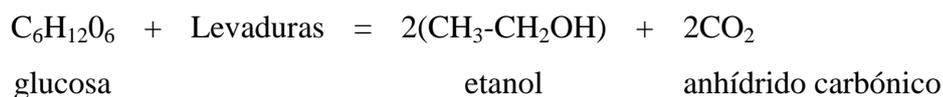
**Fuente:** Calvo, 2008

Por otro lado, la destilación del alcohol era relativamente poco conocida hasta fines del siglo XVI. Tanto los griegos como los romanos, sólo conocían la elaboración del vino, entre los cuáles había algunos que perfumaban con hierbas aromáticas. Posiblemente, entre ellos, está el precursor de lo que hoy se conoce con el nombre de Vermouth, cuya demanda en todo el mundo, es sencillamente sorprendente. También elaboraban cierta clase de bebidas con alta concentración de azúcar y zumo de frutas, con el nombre de jarabes [Lopez, 2004].

La fermentación alcohólica es el proceso por el cual los azúcares contenidos en el mosto se convierten en alcohol etílico. La fermentación alcohólica tiene como finalidad biológica proporcionar energía anaeróbica a los microorganismos unicelulares (levaduras) en ausencia de oxígeno para ello disocian las moléculas

de glucosa y obtienen la energía necesaria para sobrevivir, produciendo el alcohol y CO<sub>2</sub> como desechos, resultados de la fermentación [Díaz, 2010].

Expresada en términos químicos, se establece la ecuación ya formulada por Gay-Lussac en el año 1820, para la fermentación alcohólica:



Es decir, una molécula de glucosa más levaduras produce 2 de etanol y 2 de anhídrido carbónico, lo que, traducido en peso, supone que 180g de glucosa producen 92g de etanol y 88g de anhídrido carbónico.

La causa de la fermentación alcohólica fue demostrada por Pasteur, que descubrió que ésta no era más que el resultante de un fenómeno bioquímico, la vida de un ser vivo unicelular, la levadura, la cual, en lugar de tomar el oxígeno que precisa para su proceso respiratorio directamente del aire, lo toma de otra sustancia, en este caso la glucosa o la fructosa del mosto a las que descompone. Este tipo de respiración propia de muchos organismos vivos, entre ellos las levaduras, recibe el nombre de respiración anaerobia [Díaz, 2010].

En resumen, la fermentación alcohólica no es más que el resultado del proceso respiratorio anaerobio de unos seres vivos, llamados levaduras. Este proceso, demostrado ya por Pasteur, menciona que la reacción de Gay-Lussac no se cumple completamente, sólo en un 95 %, siendo el 5 % restante una serie de sustancias como glicerina, ácido succínico, etc., producidas en lugar de alcohol y de anhídrido carbónico, resultantes del proceso metabólico de las levaduras.

Cuando se está finalizando la fermentación conviene que la presencia de oxígeno sea pequeña para evitar la pérdida de etanol y la aparición en su lugar de ácido acético.

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico exotérmico (libera energía) y moléculas de ATP (adenosina trifosfato) necesarias para el funcionamiento metabólico de las levaduras.

El alcohol etílico es la sustancia psicoactiva de mayor consumo en el mundo. De acuerdo con el informe mundial sobre el consumo de drogas de la ONU del 2004, se estima que en el mundo cerca de 2.600 millones de personas lo consumen ya sea en forma ocasional, habitual, abusiva o adictiva **[GreenFacts, 2006]**.

El compuesto químico etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Mezclable con agua en cualquier proporción; a la concentración de 95% en peso se forma una mezcla azeotrópica. Su fórmula química es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , principal producto de las bebidas alcohólicas como el vino (alrededor de un 13%), la cerveza (5%) o licores (hasta un 50%) **[Lucas, 1994]**.

Los grados alcohólicos de una bebida alcohólica son la expresión en grados del número de volúmenes de alcohol (etanol) contenidos en 100 volúmenes del producto, medidos a la temperatura ambiente. Se trata de una medida de concentración porcentual en volumen.

A cada unidad de porcentaje de alcohol en el volumen total le corresponde un grado en la escala de graduación alcohólica. Así, se habla de un vino con una graduación de 13,5° cuando tiene un 13,5% de alcohol, o sea, 13.5 ml de etanol por cada 100ml de vino.

En las etiquetas de las bebidas alcohólicas, el grado alcohólico volumétrico se indica mediante el uso de la palabra “alcohol”, o la abreviatura “alc.”, seguida del símbolo “% vol.”. En el ejemplo anterior, la inscripción de la etiqueta podría ser: "alc. 13,5% vol." **[Hidalgo, 2002]**.

## **2.4.2. Descripción del proceso**

### **2.4.2.1. Obtención del almidón de yuca**

#### **Recepción**

La materia prima (yuca) es adquirida en la cantidad necesaria, verificando visualmente que sea de la calidad adecuada.

#### **Lavado**

La materia prima se lavó con agua clorada (100ppm de cloro).

#### **Pelado**

Se retiró la corteza protectora de la yuca manualmente.

#### **Cortado**

Se picó la yuca en trozos pequeños, solo para trabajar en el laboratorio, industrialmente no es necesario.

#### **Licuada y filtrado**

Se licuó la yuca con agua en una relación (1:2) y se filtró con un lienzo, el filtrado reposó por aproximadamente 12h, cumplido este tiempo se desecha el sobrenadante, se vuelve a adicionar agua, se revuelve y se dejó reposar por 12h, a continuación se desecha el sobrenadante.

#### **Secado y tamizado**

El sedimento que queda en el fondo del recipiente se lo secó al ambiente por 2 días, pasado ese tiempo se tamiza el almidón (malla 80).

#### **2.4.2.2. Hidrólisis del almidón**

##### **Solubilización**

Se preparó 300g de suspensión al 20% y 25% de almidón en agua, calentarlo en un baño maría a 37°C por 5 minutos.

##### **Licuefacción**

Se ajustó el pH a 5.4, se agrega a cada suspensión la enzima  $\alpha$ -amilasa, aproximadamente 0.1% en relación al peso de almidón, se sigue calentando en un baño maría a ebullición por un tiempo de 1 hora o 1.5 hora según el ensayo que se esté realizando.

##### **Análisis**

Cuando se concluye el tiempo de hidrólisis, se realizó la Prueba de Benedict, consiste en tomar 0.5 ml de la muestra inicial (suspensión de almidón) y 0.5 ml de la muestra final, se coloca cada muestra en un tubo de ensayo y a cada uno se agrega 2.5ml del reactivo de benedict, se calienta los tubos en un baño de agua hirviendo por 5 minutos, se retira los tubos y observa.

##### **Sacarificación**

Se ajustó el pH de la solución a 4.4 o según las especificación de la casa comercial de donde se obtenga la enzima; se continuó hidrolizando a 60°C con la enzima glucoamilasa (aproximadamente el 0.01% en relación al almidón). Se realizó la Prueba de Benedict como se menciona anteriormente.

#### **2.4.2.3. Fermentación alcohólica**

##### **Análisis y adición**

Se midió los °Brix y pH del almidón hidrolizado; se adicionó fosfato de amonio (15g en 100L), el cual se emplea como nutriente para enriquecer el mosto.

### **Inoculación y fermentación**

Se activó la levadura (0.5g por litro), disolviendo la levadura en poca cantidad de agua caliente a 37°C con un poco de azúcar (entre 2-3g) y se espera que se active. Colocar el almidón hidrolizado en un recipiente con trampa de agua e inocular con la levadura. Se fermentó por 34 días, se midió los °Brix y pH durante el lapso de fermentación.

### **Centrifugación y análisis**

Una vez terminada la fermentación, se realizó una centrifugación para desechar el almidón que no se ha hidrolizado. Al centrifugado se midió los grados alcohólicos, °Brix y pH.

### **Pasteurización y refrigeración**

Se pasteurizó a 65°C por 25 minutos y luego se dejó en refrigeración a 8°C por 1 día.

### **Análisis sensorial**

Se realizó un análisis sensorial para evaluar las características organolépticas.

### **Envasado**

Se envasó en botellas previamente esterilizadas, ya sea de plástico o de vidrio.

El diagrama de la obtención de alcohol etílico se encuentra en el anexo 1 al final del trabajo de investigación.

## 2.5. Hipótesis

- **Hipótesis nula:** % de almidón en la suspensión y tiempo de hidrólisis con alfa amilasa no influyen significativamente en los grados alcohólicos.
- **Hipótesis alternativa:** % de almidón en la suspensión y tiempo de hidrólisis con alfa amilasa influye significativamente en los grados alcohólicos.

## 2.6. Señalamiento de Variables

Para la realización de este trabajo investigativo se seleccionó las siguientes variables:

- **Variable Independiente:** % de almidón en la suspensión
- **Variable Dependiente:** grados alcohólicos

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque

El trabajo de investigación tiene un enfoque constructivista con un juicio crítico y propositivo. Es constructivista porque los conocimientos y la investigación son fruto de la revisión bibliográfica del autor, para lo cual se ha tomado en cuenta libros referentes al tema, investigaciones realizadas con anterioridad tales como tesis y publicaciones de proyectos, también se ha utilizado páginas del internet como la de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), la del Codex Alimentarius, entre otras [Salazar, 2011].

Tiene juicio crítico porque refleja el nivel de conocimiento adquirido en los diferentes semestres que oferta la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, tales como biotecnológicos los cuales se aplican para la fermentación, tecnológicos en cuanto a la obtención de almidón, y los conocimientos obtenidos en Estadística y Diseño Experimental debido a que se va aplicar el diseño experimental A\*B para poder entender de mejor manera los resultados que se obtengan al desarrollar el proyecto.

Es propositivo porque se registra una solución al problema planteado en este proyecto de investigación, cuyo objetivo principal es la obtención de alcohol etílico, para lo cual mediante la utilización de la yuca se puede extraer el almidón de una manera no complicada, pero se debe tener presente el tratar de eliminar toda la fibra posible, para incrementar el rendimiento de alcohol etílico. Con la aplicación de una hidrólisis al almidón, se obtendrá un sustrato para la

fermentación con levaduras; en la hidrólisis se utilizará enzimas que actuarán sobre el almidón rompiendo los enlaces presentes en la amilosa y amilopectina [Salazar, 2011].

### **3.2. Modalidad de Investigación**

Para la realización de este proyecto es importante realizar una investigación sistemática en general, ya que se partirá de la formulación de una hipótesis u objetivo de trabajo, se recogerán datos según un plan preestablecido que, una vez analizados e interpretados, modificarán o añadirán nuevos conocimientos a los ya existentes, iniciándose entonces un nuevo ciclo de investigación.

Al visualizar este trabajo de investigación en una forma más específica y detallada se puede mencionar que tiene un sustento bibliográfico, documental y experimental. Bibliográfico porque se consultará libros, textos, revistas, folletos, internet, artículos, etc., relacionados con el tema con los cuales se pueda desarrollar el proyecto con menor dificultad y facilitar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Es documental porque se revisó archivos y documentos que faciliten el desarrollo de la investigación, entre los cuales se encuentran los documentos expuestos en el CIBIA VI (Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos), los artículos del Journal of Food Science, las tesis de la biblioteca de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, artículos de periódicos sobre la producción de licores, etc.

Es una investigación experimental porque se obtiene información de la actividad intencional realizada por el investigador que se encuentra dirigida a modificar el contexto con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga y así poder observarlo; es así que en este proyecto se ha adecuado un método a seguir para poder cumplir los objetivos que se ha planteado.

### **3.3. Tipo de Investigación**

El proyecto tiene los siguientes tipos de investigación: exploratorio y correlacional o asociación de variables.

Es exploratorio porque permite desarrollar temas nuevos o poco conocidos, como es la utilización de una nueva materia prima para la producción de alcohol etílico, la cual ha sido usada para otros fines; esta investigación se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de este proyecto y encontrar la manera adecuada para realizar las investigaciones pertinentes.

Por último es correlacional o de asociación de variables porque permite confrontar a la variable independiente, % de almidón en la suspensión, con la variable dependiente, grados alcohólicos. Al realizar la asociación entre estas dos variables se estimará la influencia que ejercen los cambios de una variable en los cambios de la otra.

### **3.4. Población y Muestra**

La población a ser investigada está conformada por 15 jueces no entrenados, estudiantes de un curso de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, para evaluar el color, poder alcohólico, olor, sabor y la aceptabilidad de los productos obtenidos con cada tratamiento. Por ser la población menor a 100 se trabajará con la totalidad. Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos (donde 5 es lo mejor y 1 es lo peor) para el análisis de los resultados.

Las muestras que se utilizaron fueron el alcohol etílico a base del almidón de yuca contenido en una bebida alcohólica.

En esta investigación se utilizó un Diseño A \* B, donde A es la cantidad de almidón de yuca y B es el tiempo de hidrólisis. La variable de respuesta será grados alcohólicos.

Modelo matemático:  $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (AB)_{ij} + T_k + \varepsilon_{ijk}$

Factor A: porcentaje de almidón en la suspensión

Nivel  $a_0 = 20\%$

Nivel  $a_1 = 25\%$

Factor B: tiempo de hidrólisis con la alfa amilasa

Nivel  $b_0 = 1$  hora

Nivel  $b_1 = 1.5$  horas

En el cuadro N.6 se puede observar la combinación de los niveles correspondientes a los factores de estudio; una vez obtenidos los resultados se procederá a tabular los datos de la siguiente manera:

**Cuadro N.6:** Cuadro para reportar los resultados

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>		<b>Réplica 1</b>	<b>Réplica 2</b>
a0 b0 (T1)	20% de almidón	1 hora de hidrólisis	% alcohol	% alcohol
a0 b1 (T2)	20% de almidón	1.5 horas de hidrólisis	% alcohol	% alcohol
a1 b0 (T3)	25% de almidón	1 hora de hidrólisis	% alcohol	% alcohol
a1 b1 (T4)	25% de almidón	1.5 horas de hidrólisis	% alcohol	% alcohol

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

El cuadro N.6 se describe la combinación de los niveles de cada factor, los cuales forman 4 tratamientos, realizando dos réplicas de cada tratamiento y que como repuesta se tendrá los grados alcohólicos.

Los grados alcohólicos de una bebida alcohólica son la expresión en grados del número de volúmenes de alcohol (etanol) contenidos en 100 volúmenes del producto, medidos a la temperatura ambiente, por ejemplo si un producto tiene una graduación de  $15^\circ$  significa que hay 15% de alcohol, es decir 15 ml de alcohol etílico por cada 100 ml de producto [Hidalgo, 2002].

### 3.5. Operacionalización de Variables

**Variable Dependiente:** grados alcohólicos

**Variable Independiente:** % de almidón en la suspensión

**Cuadro N.7:** Operacionalización de Variables

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas y Instrumentos
<b>Variable Dependiente:</b> Los grados alcohólicos es la cantidad de alcohol contenida en una bebida alcohólica terminada la fermentación.	Alcohol	Cantidad	¿Cuál es la cantidad permitida?	Investigación (Normas INEN1837)
	Bebida alcohólica	Consumo	¿Cada qué tiempo se consume?	Hoja de encuesta (cuestionario)
	Fermentación	Especificación	¿Qué parámetros se necesita?	Investigación
<b>Variable Independiente:</b> El % de almidón en la suspensión es la cantidad de almidón contenida en una sustancia, siendo el almidón un polisacárido resultado de unir moléculas de glucosa en largas cadenas.	Almidón	Cantidad	¿Qué % de almidón se necesita para la suspensión?	Diseño experimental
	Glucosa	Tiempo de hidrólisis	¿Qué parámetros se necesita?	Hoja técnica de la enzima

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### **3.6. Plan de Recolección de Información**

Los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, al igual que el desarrollo del proyecto.

Los métodos de investigación como procesos sistemáticos permitirán ordenar la información recolectada de una manera formal, lo cual facilitó el logro de los objetivos. De manera que es importante la aplicación de una técnica de recolección de datos en el presente proyecto.

El trabajo de investigación tiene como técnica la realización de encuestas, la cual permite la recopilación de datos de forma directa, por lo que se utilizó el cuestionario como instrumento estructurado (Anexo 2).

La recolección de información se dio a través de encuestas a la población antes indicada con un cuestionario en el cual se identificó si se consumirá este producto. Otro tipo de encuesta que se utilizó fue una catación del producto. Estas encuestas se encuentran en el anexo 2.

### **3.7. Plan de Procesamiento de la Información**

Una vez obtenidos los datos se procedió a la tabulación de la información recolectada, utilizando los programas Word y Excel, Statgraphics se utilizó para el tratamiento de la información aplicando el diseño experimental, los datos que sean posibles se los graficará para visualizar mejor las respuestas obtenidas. Para la evaluación sensorial se aplicó el diseño experimental de un factor completamente aleatorizado.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de los resultados

En el anexo 3 se encuentran los datos registrados durante la ejecución del trabajo de investigación, donde consta pesos, hidrólisis, °Brix, pH y grados alcohólicos, también se muestra los resultados de la encuesta y de la prueba sensorial; el esquema de la encuesta y de la hoja de catación se encuentran en el anexo 2.

#### Obtención de almidón

La materia prima utilizada fue la yuca, de la cual se extrajo el almidón para realizar este trabajo de investigación; durante la obtención de almidón se registraron los pesos de la yuca y del almidón, como se observa en el Cuadro 8; del peso de la yuca al peso del almidón se estima que existe una gran cantidad de desechos (cáscaras y bagazo).

En este trabajo de investigación no se ha tomado en cuenta la utilización del bagazo, pero puede ser operado para muchas aplicaciones tales como por ejemplo la elaboración de comida para animales, galletas integrales, pan integral, harina, etc., el bagazo consta de una gran cantidad de fibra, con el cual se consigue obtener harina luego de secarlo y molerlo [**Hiscox, 1988**].

En el Cuadro 26 se puede observar que el rendimiento del almidón obtenido es del 16.51%, valor relativamente bajo comparado con el obtenido en el trabajo “Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca”, que es de 25%, esto se debe al proceso con el que se obtiene el almidón, ya que en este proyecto se extrae

el almidón por vía húmeda y en este trabajo por vía seca [Cobana y Antezana, 2007].

También se puede estimar que la cantidad de desechos es muy alta, por lo que se debería utilizar el bagazo para el procesamiento de algún alimento y determinar si las cáscaras podrían servir como mejorador de la tierra.

### **Hidrólisis del almidón**

Una vez obtenido el almidón, se hidrolizó, para este proceso se preparó 300g de suspensión al 20% y 25% de almidón, una vez terminada la hidrólisis con cada enzima se realizó la Prueba de Benedict, prueba cualitativa en la cual se puede apreciar, dependiendo del color de la prueba, si en la suspensión de almidón existe alta o poca concentración de azúcares, el color ladrillo indica que la prueba es positiva (existe alta concentración de azúcares), el color verde indica una hidrólisis parcial (poca concentración de azúcares) y el color azul corresponde a una prueba negativa.

En el Cuadro 9, resultados de la Prueba de Benedict con la alfa amilasa, se registró que sólo se obtuvo una hidrólisis parcial en todos los tratamientos, en la figura N.2 se observa claramente que el primer tubo (muestra de la suspensión sin hidrolizar) es azul, prueba negativa, q no existe presencia de azúcares, los siguientes tratamiento dieron como resultado de la prueba un color verde, ya que sólo se produjo una hidrólisis parcial y hay poca cantidad de azúcares reductores.

En el Cuadro 10, los resultados de la Prueba de Benedict con glucoamilasa fueron positivos, ya que la hidrólisis es total, en la figura N.3 se observa que los tratamientos y la réplica tienen un color naranja rojizo, en la figura N.4., datos bibliográficos menciones que la presencia de este color indica una prueba positiva, que existe alta concentración de azúcares [Virella, 2005].

### **Cambios de los sólidos solubles (°Brix)**

Una de las respuestas experimentales durante la fermentación son los sólidos solubles (°Brix), en el Cuadro 11, se observa que el proceso de fermentación de cada tratamiento inicia con diferente °Brix, entre 24 y 33°Brix, la diferencia se debe a los factores experimentales que se observa en el Cuadro 6, todos los tratamientos tuvieron una fermentación de 34 días, se mantuvo el mismo tiempo de fermentación para observar las variaciones; no se ajustaron los °Brix de los tratamientos para poder apreciar la influencia de las variables de los tratamiento sobre °Brix; se llegó a obtener valores de °Brix que fluctúan entre 14 y 21.5°Brix. En una bebida alcohólica los °Brix pueden llegar a descender de 5 a 10°Brix, esto depende de la cantidad de alcohol que se desea y del dulzor [Hidalgo, 2002].

En los Gráficos 2 y 3 se aprecia de mejor manera el descenso de los °Brix conforme pasa el tiempo; el tratamiento a1b1 (25% de almidón en la suspensión y 1.5 horas de hidrólisis con alfa amilasa) es el que mayor contenido de °Brix posee, probablemente si se aumenta el tiempo de fermentación se podrá degradar más azúcares, en los otros tratamientos la cantidad de °Brix es inferior, en el Cuadro 11 se observa las variaciones de los °Brix entre los tratamientos, siendo los tratamientos con el nivel a0 (20% de almidón en la suspensión) los que contienen menor cantidad de °Brix.

### **Cambios del pH**

Es muy importante considerar que las levaduras fermentan mejor los azúcares en un medio neutro o ligeramente ácido; en el Cuadro 12 se observa que los valores del pH, a los 34 días de la fermentación están alrededor de 6.0, se puede evidenciar claramente que la variación de pH es mínima, por ello sólo se registró el pH 4 veces.

Los valores de pH de todos los tratamientos, al comienzo de la fermentación varían entre 6.34 y 6.67 y al final entre 6.42 y 6.84; el tratamiento más cercano a

pH 7 fue el tratamiento 1, en el cual se trabaja con 20% de almidón en la suspensión y 1 hora de hidrólisis (a0b0). En los Gráficos 4 y 5 se puede evaluar el ligero aumento en el pH de todos los tratamientos.

Es importante el control del pH ya que es un factor limitante en el proceso de la fermentación ya que las levaduras se encuentran afectadas claramente por el ambiente, bien sea alcalino o ácido. Por regla general el funcionamiento de las levaduras está en un rango que va aproximadamente desde 4.0 a 6.5 pH. Los procesos industriales procuran mantener los niveles óptimos de pH durante la fermentación usualmente mediante el empleo de disoluciones tampón. Los ácidos de algunas frutas (ácido tartárico, málico) limitan a veces este proceso [Dobislaw, 1959].

### **Grados alcohólicos**

En el Cuadro 13, se observa los valores de los grados alcohólicos, los cuales varían de acuerdo al tratamiento, desde 5 a 13 grados alcohólicos; el valor más bajo corresponde al tratamiento a0b0 (20% de almidón en la suspensión y 1 hora de hidrólisis con alfa amilasa) y el valor más alto corresponde al tratamiento a1b1 (25% de almidón en la suspensión y 1.5 hora de hidrólisis con alfa amilasa).

Hay que tener muy presente que a medida que los sólidos solubles (°Brix) disminuyen durante la fermentación, los grados alcohólicos incrementan, por lo tanto la cantidad de alcohol etílico está estrechamente ligada con la cantidad de azúcar que se consume en la fermentación. [Hidalgo, 2002].

El tratamiento 4 fue el que más grados alcohólicos presentó, como se puede apreciar claramente en el Gráfico 6.

## **Encuestas sobre las preferencias en bebidas y frecuencia de consumo**

En el anexo 2 se encuentra el formato de la encuesta, con sus respectivas preguntas y las opciones que tiene el encuestado para responder. La población a ser investigada está conformada por 15 jueces no entrenados, estudiantes de un curso de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos.

En el Cuadro 14 se reportan los resultados de la pregunta 1: ¿Qué tipo de bebida prefiere?; las bebidas que tuvieron más preferencia fueron el jugo y la cola, con la misma cantidad de votos (7); la cerveza tuvo 3 votos; como se puede observar la preferencia se inclina hacia una bebida refrescante y que sea agradable.

En el Cuadro N.15; se observan los resultados de la pregunta 2: ¿Le agradan las bebidas alcohólicas?; el 100% de los encuestados respondió que sí, claramente se puede deducir que a la gente le gusta consumir bebidas alcohólicas aunque sea en pequeñas cantidades.

En el Cuadro 16, que trata la pregunta 3: ¿Qué tipo de bebida alcohólica prefiere?; menciona que el whisky y tequila son las bebidas con mayor preferencia, eso puede deberse a sus características organolépticas y a la graduación alcohólica que poseen estas bebidas, las personas que prefieren una bebida alcohólica con poco alcohol opta por consumir un vino.

En el Cuadro 17, la pregunta 4: ¿Con qué frecuencia los consume?; menciona que la frecuencia de consumo de una bebida alcohólica es regular, ya que las bebidas alcohólicas con mayor preferencia son consumidas en algún programa o evento.

En el Cuadro 18, se observan los resultados de la pregunta 5: ¿Consumiría un licor hecho con almidón de yuca?; indica que a todos los encuestados les atrae la idea de conocer y tener más variedad en licores. También la pregunta 6: ¿Con que

frecuencia consumiría un licor hecho con almidón de yuca?, (Cuadro N.19); manifiesta que cinco encuestados consumirían con muy poca frecuencia, y 10 encuestados con regularidad. Con estos resultados se puede identificar que el consumidor siempre está buscando productos nuevos.

En la pregunta 7, cuyos resultados se encuentran en el Cuadro 20, consulta: ¿Qué característica evaluaría primero en un licor hecho con almidón de yuca?; 13 encuestados contestó el sabor, ya que de esta manera sabrán si consumirlo de nuevo o nunca más, la segunda característica tomada en cuenta es el olor, cuando un alimento se lo lleva a la boca se percibe inmediatamente su olor, y si no tiene un olor agradable tal vez decida no probarlo, la tercera característica es el aspecto, esta característica es muy importante ya que si el producto tiene un aspecto agradable va a llamar la atención del consumidor.

### **Resultados de las pruebas sensoriales**

Los resultados de las cataciones se reportaron en cuadros separados por atributo; y en cuanto a los valores de las repuestas se debe tener presente que la calificación 5 es lo mejor y 1 es lo peor. Para una mejor apreciación de los datos obtenidos en las cataciones es importante aplicar un diseño experimental.

En el Cuadro 21 se observó que el tratamiento que presenta el mejor color es el 4, con un color más trasparente que los otros tratamientos; en el Cuadro 22 se analizó que los tratamientos 3 y 4 presentan el poder alcohólico suficiente; en el Cuadro 23 se identificó que el olor se aprecia de la misma manera para los 4 tratamientos, poco intenso; en cuanto al sabor en el Cuadro 24 los tratamientos que presentan un sabor distinguido son el 3 y 4, y en la aceptabilidad, en el Cuadro 25 se examinó que el producto obtenido del tratamiento 4 gusta poco.

## **4.2. Interpretación de datos**

### **Análisis de varianza de los sólidos solubles (°Brix)**

Los datos finales de los °Brix fueron sometidos a un análisis de varianza, que se reportan en el Cuadro 27, del que se puede concluir que, con un nivel de confianza del 95%, existe diferencia significativa con respecto al factor A (porcentaje de almidón en la suspensión) y factor B (tiempo de hidrólisis).

El efecto que producen los niveles a0 y a1 en los °Brix de la fermentación difiere significativamente, al igual que los niveles del factor B, en el Cuadro 28, el mejor nivel es el a1 (25% de almidón en la suspensión) ya que produce mayor cantidad de °Brix lo que es bueno porque se puede prolongar la fermentación y conseguir mayor cantidad de grados alcohólicos; lo mismo sucede con el nivel b1 (1.5 horas de hidrólisis con alfa amilasa).

### **Análisis de varianza del pH**

En el Cuadro 29, se identifica que sólo el factor B presenta diferencia mínima significativa, por lo que se le sometió a una prueba de diferencia mínima significativa que se observa en el Cuadro 30, mediante la cual se concluyó que el mejor nivel de este factor es b1 (1.5 horas de hidrólisis con alfa amilasa), ya que mantiene un pH neutro el mismo que resulta adecuado para las levaduras porque fermentan mejor los azúcares en un medio neutro o poco ácido [Díaz, 2010].

### **Grados alcohólicos**

En el Cuadro 31, se reporta el análisis de varianza para grados alcohólicos, mediante el cual se puede identificar que influye significativamente en los grados alcohólicos, el porcentaje de almidón en la suspensión y el tiempo de hidrólisis con alfa amilasa; el análisis en cuanto a las réplicas presenta valores parejos y la interacción de los factores efecto similar.

En el Cuadro 32, se observa los resultados de la prueba de diferencia mínima significativa, se identifica que el efecto que producen los niveles a0 y a1 en la fermentación es diferente, el mejor nivel es el a1 ya que produce mayor cantidad de alcohol. Al igual que los niveles del factor A, los niveles del factor B tienen efecto diferente, el mejor nivel es el b1 porque produce mayor cantidad de alcohol.

### **Resultados de las pruebas sensoriales**

En el Cuadro 33, se presenta el análisis de varianza para el COLOR, se identifica que los productos elaborados con los distintos tratamientos presentan diferencias significativas. En el Cuadro 34, prueba de Tukey, se diferencia 2 grupos T1=T3=T4 y T2, el producto con más baja calificación (2.5 puntos de 5 puntos) es el correspondiente al tratamiento 2, teniendo un color entre opaco y turbio, una de las causas para esta respuesta podría ser que en este tratamiento se aplica 25% de almidón en la suspensión, pero sólo se hidroliza por una hora, y el de mejor calificación (3.6 puntos de 5 puntos) es el producto del tratamiento 4 que presenta un color más transparente, para este tratamiento se aplicó el mismo porcentaje de almidón pero el tiempo de hidrólisis fue de 1.5 horas.

En el Cuadro 35, análisis de varianza para el PODER ALCOHÓLICO, se observa que los productos obtenidos con los diferentes tratamientos presentan diferencias significativas, por esta razón se realizó una prueba de Tukey diferenciación, en el Cuadro 36 se puede identificar 2 grupos T1=T2=T3 y T4, en este cuadro se observa claramente que el mejor producto proviene del tratamiento es el 4 (a1b1), 25% de almidón en la suspensión y 1.5 hora de hidrólisis, con un valor de 4.0 puntos de 5 puntos.

En el Cuadro 37, se reporta el análisis de varianza para el OLOR, se observó que los tratamientos no presentan diferencias significativas en los productos, por lo que el producto de cualquier tratamiento presenta olor poco intenso, con un valor de 4.0 puntos de 5 puntos.

En el Cuadro 38, se presenta el análisis de varianza para el SABOR, la situación cambia, ya que los resultados de este aspecto en la catación presentan diferencias significativas. En la prueba de Tukey, del Cuadro 39, se observa que el producto del tratamiento 4 presenta la mejor calificación, esto significa que tiene un sabor distinguido, con un valor de 3.8 puntos de 5 puntos.

En el Cuadro 40, análisis de varianza para la ACEPTABILIDAD, se puede observar que los tratamientos tienen una diferencia significativa; en el Cuadro 41, prueba de Tukey, se observa que el producto elaborado mediante el tratamiento 4 es el que presenta mejores resultados, con un valor de 3.4 puntos de 5 puntos, correspondiendo a la opción ni gusta ni disgusta, el producto del tratamiento con bajo valor (2.2 puntos de 5 puntos) fue el tratamiento 1.

### **4.3. Verificación de hipótesis**

Para el desarrollo de este proyecto se plantearon 2 hipótesis:

- **Hipótesis nula (H0):** % de almidón en la suspensión y tiempo de hidrólisis con alfa amilasa no influyen significativamente en los grados alcohólicos.
- **Hipótesis alternativa (H1):** % de almidón en la suspensión y tiempo de hidrólisis con alfa amilasa influye significativamente en los grados alcohólicos.

En el Cuadro 31, se identifica que la H0 se rechaza, esto significa que el porcentaje de almidón en la suspensión y tiempo de hidrólisis con alfa amilasa provocan efectos diferentes en los grados alcohólicos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Mediante la realización del proyecto de investigación se obtuvo alcohol etílico a partir del almidón de yuca, para lo cual se aplica una hidrólisis y fermentación; durante el tiempo de fermentación fue importante controlar los parámetros tales como pH y °brix, también debe existir plena ausencia del aire, lo cual permitirá una buena fermentación y que no intervengan otros microorganismos que generen la síntesis de distintos productos, se determinó también que el almidón de yuca es una materia prima adecuada para la obtención de alcohol etílico.
- Se desarrolló la tecnología adecuada para la obtención de alcohol etílico a partir del almidón de yuca, mediante el control de dos factores, el Factor A que es el porcentaje de almidón en la suspensión, con nivel cero 20% y nivel uno 25% y el Factor B que es el tiempo de hidrólisis con la alfa amilasa, con nivel cero 1 hora y nivel uno 1.5 hora. A los 4 tratamientos resultantes de la combinación de los factores se les sometió al mismo tiempo de fermentación lo cual permitió poder apreciar los cambios del pH y °Brix durante la fermentación.
- Se diferenció el mejor tratamiento mediante el análisis estadístico  $P > 0.05$ , revelando que los dos factores estudiados: porcentaje de almidón en la suspensión y tiempo de hidrólisis con la alfa amilasa influyen en el grado alcohólico del producto obtenido; con el incremento del contenido de almidón en la suspensión de 20 a 25% y del tiempo de hidrólisis con alfa

amilasa de 1 a 1.5 h, se duplicó el contenido de alcohol. En consecuencia la combinación óptima de los factores es de 25% de almidón y 1.5h de hidrólisis con la alfa amilasa.

- Mediante el análisis sensorial de los productos obtenidos con los diversos tratamientos se determinó que el producto puede ser consumido como una bebida alternativa y no ser utilizada únicamente para la obtención de etanol de 95° luego de destilación y rectificación. El producto con las mejores características fue el producido por el 25% de almidón y 1.5h de hidrólisis con alfa amilasa. El análisis de las características tales como color, poder alcohólico, sabor y aceptabilidad presentan diferencias significadas entre los tratamientos, a excepción del olor que no se aprecia ninguna diferencia.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para la realización de este proyecto se recomienda utilizar una levadura con mayor resistencia a los grados alcohólicos, como la *Saccharomyces bayanus* que desarrolla una fermentación más lenta, precisa una mayor cantidad de nutrientes y es la levadura de mayor resistencia al alcohol. (Hidalgo, 2002)
- Otra de las recomendaciones es mantener controlada la temperatura de fermentación, ya que las levaduras tienen su óptimo de intensidad fermentativa, aproximadamente a los 30°C y paralizan cualquier actividad a los 45°C. Un mosto de 200 g/L de azúcar, fermentaría en 3 o 4 días a 30°C, tardaría 15 días a 20°C y semanas a 10°C.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. Datos informativos**

**Título:** "Estudio de la estabilidad química y organoléptica del alcohol etílico obtenido a partir del almidón de yuca, sometido a diferentes condiciones de temperatura e iluminación"

**Institución ejecutora:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Laboratorio de Biotecnología y Procesamiento de Alimentos.

**Beneficiarios:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, público en general.

**Ubicación:** Ambato - Ecuador

**Tiempo estimado para la ejecución:** 6 meses, 20 días

**Equipo técnico responsable:**

- Egda. Alejandra Arévalo
- Ing. Cecilia Carpio.

**Costo:** \$ 336,00

## **6.2. Antecedentes de la propuesta**

La fermentación alcohólica (conocida también como fermentación del etanol o incluso fermentación etílica) es un proceso biológico que se produce en plena ausencia de aire, originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono (por regla general azúcares) para obtener como productos finales un alcohol en forma de etanol y dióxido de carbono [**García, 2008**].

El alcohol etílico es la sustancia psicoactiva de mayor consumo en el mundo y en Ecuador. De acuerdo con el informe mundial sobre el consumo de drogas de la ONU del 2004, se estima que en el mundo cerca de 2.600 millones de personas lo consumen ya sea en forma ocasional, habitual, abusiva o adictiva.

La apariencia de un producto alimenticio es fundamental en el momento en que el consumidor decide adquirirlo, el impacto visual que genera un producto en el potencial consumidor es un factor fundamental en la decisión de compra. Es claro que nadie adquiere una bebida cuya apariencia indique que algo ha sucedido o está sucediendo en el interior del envase o empaque [**Restrepo, 2006**].

Un aspecto crítico de la conservación de un producto alimenticio, hace referencia a las condiciones de almacenamiento, como la temperatura, humedad e iluminación. El término estabilidad química al ser usado en el sentido técnico en química se refiere a la estabilidad termodinámica de un sistema químico [**Restrepo, 2006**].

## **6.3. Justificación**

La realización de problema propuesto es de gran importancia porque promueve el estudio de la estabilidad química y organoléptica del alcohol etílico obtenido a partir del almidón de yuca. Los resultados de esta investigación serán utilizados para la selección de un almacenamiento correcto, en el cual se mantengan

semejantes las características finales con las iniciales, tales como aspecto, color, sabor, pH, °Brix, grados alcohólicos, etc.

Existen algunos trabajos sobre el estudio de la estabilidad de química y organoléptica de una bebida alcohólica pero la originalidad de este proyecto se basa en que se elaborara una bebida alcohólica a partir del almidón de yuca, y a este se le someterá a un estudio de estabilidad para el cual se tomará en cuenta las condiciones de temperatura e iluminación.

La ejecución de este proyecto puede acarrear ciertos beneficios para la industria, ya que los resultados obtenidos pueden ser utilizados para mejorar el almacenamiento de bebidas alcohólicas y mantener las características químicas y sensoriales deseadas del producto.

Otros beneficios que podría tener la industria son desarrollar nuevos productos, los cuales serían atractivos para el consumidor y que lo puedan almacenar por un largo tiempo sin que exista alguna variación del producto, para lo cual se envasaría en una botella que pueda conservar las características químicas y sensoriales.

## **6.4. Objetivos**

### **Objetivo General**

- Estudiar la estabilidad química y organoléptica del alcohol etílico obtenido a partir del almidón de yuca, sometido a diferentes condiciones de temperatura e iluminación.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el mejor tratamiento de acuerdo a la óptima conservación de las características químicas y sensoriales durante el almacenamiento.

- Evaluar el efecto combinado entre la temperatura e iluminación que presenta mejor estabilidad.
- Estimar otros factores que pueden ocasionar cambios en la estabilidad del producto.

### **6.5. Análisis de factibilidad**

El análisis de factibilidad forma parte del proceso de evaluación al cual debe someterse todo nuevo proyecto de inversión, el costo que conlleva realizar el estudio de la estabilidad química y sensorial, puede ser recuperado con el mejoramiento de las ventas, ya que el producto almacenado poseerá las mismas características iniciales.

El análisis económico se realiza con el fin de saber si el producto será accesible para todo público y además para saber si competirá en el mercado como producto novedoso. Hay que recalcar que el precio deberá ser rentable para la empresa, produciendo ganancias y no pérdidas, que provoque el decaimiento de la misma.

Con el objetivo de saber cuál será el impacto económico que provocaría la obtención de alcohol etílico y estudiar su estabilidad química y sensorial se realizara el análisis de factibilidad, involucrando en ello, los materiales directos e indirectos, los equipos y utensilios, los suministros y una inversión para el estudio.

La investigación previa aporta con la selección del mejor tratamiento para la obtención de alcohol etílico a partir del almidón de yuca, que consiste en trabajar con una suspensión de 25% de almidón que se ha hidrolizado con alfa amilasa por 1.5 horas para obtener mejores resultados; por tanto es este tratamiento el que se deba ocupar la realizar el estudio de estabilidad.

El estudio de la estabilidad química se daría midiendo el pH, °Brix y grados alcohólicos durante el tiempo de almacenamiento de la bebida alcohólica sometida a diferentes temperaturas e iluminación; el estudio de la estabilidad sensorial se realizara utilizando un panel de catadores.

## **6.6. Fundamentaciones**

El término estabilidad química al ser usado en el sentido técnico en química se refiere a la estabilidad termodinámica de un sistema químico.

La estabilidad termodinámica ocurre cuando un sistema está en su estado de menor energía o equilibrio químico con su entorno. Este puede ser un equilibrio dinámico, en donde moléculas o átomos individuales cambian de forma, pero su número total en una forma o estado particular se conserva. Este tipo de equilibrio químico termodinámico se mantendrá indefinidamente a menos que el sistema sea modificado. Los sistemas químicos pueden incluir cambios en el estado de la materia o un grupo de reacciones químicas [Restrepo, 2006].

La estabilidad termodinámica se aplica a un sistema particular. La reactividad de una sustancia química es una descripción de cómo podría reaccionar a través de una variedad de sistemas químicos potenciales.

Sustancias químicas o estados pueden persistir indefinidamente aunque no sean el estado más bajo de energía si experimentan metaestabilidad, un estado estable solo si no es muy perturbado. Una sustancia puede ser cinéticamente persistente si está cambiando a otra sustancia o estado relativamente lento, y por lo tanto no es un equilibrio termodinámico.

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias. Estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono [García, 2008].

Para el almacenamiento se debe considerar ciertos aspectos tales como, lugares ventilados, frescos y secos, lejos de fuentes de calor e ignición, separado de materiales incompatibles y tener el producto herméticamente cerrado.

Durante el almacenamiento debe permitirse la circulación de aire, se debe tener muy en cuenta la correcta manipulación cuanto se vaya a realizar las cataciones durante el almacenamiento ya que podría existir contaminación cruzada, lo cual va a afectar significativamente en los resultados de la estabilidad.

### **6.7. Descripción del procedimiento**

Para realizar el estudio de estabilidad química y organoléptica se debe realizar una fermentación alcohólica, descrita con anterioridad el proceso en el anexo 1 y el mejor tratamiento en el literal 4.2.

Después de realizar la fermentación alcohólica y obtener el producto se procederá a someterlo a las siguientes condiciones:

#### **Condiciones de almacenamiento:**

Las condiciones a ser analizadas son la temperatura e iluminación, para lo cual dejar las muestras envasadas a las siguientes condiciones:

- Para la temperatura de almacenamiento se consideró: 5°C, 10°C, 20°C y 30°C, son temperaturas totalmente diferentes, que representan distintos ambientes.
- Para la iluminación se consideró: sin luz, luz artificial y luz natural, la luz es uno de los factores que afecta directamente al color.

**Análisis durante el almacenamiento:**

La toma de muestras, se realizarán cada 7 días por 49 días. En cada punto de toma de muestra se analizarán los parámetros de deterioro; en el deterioro químico se evaluará el pH, °Brix y grados alcohólicos y en el deterioro sensorial a un panel de jueces analizará el sabor, olor, color, acidez y aceptabilidad.

## 6.8. Metodología

### Modelo operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Estudiar la estabilidad química y organoléptica del alcohol etílico obtenido a partir del almidón de yuca (condiciones: temperatura e iluminación)	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$45,00	1 mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Analizar la factibilidad de la propuesta.	Análisis económico	Investigador	Humanos Económicos	\$20,00	20 días
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta.	Estudio de la estabilidad química y organoléptica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$185,00	3 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobar el cumplimiento de la propuesta	Aplicación del diseño experimental y cataciones	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$86,00	2 mes

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

## 6.9. Administración

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Conservación de las características iniciales al final del almacenamiento.	Desconocimiento de los mejores parámetros para el almacenamiento en el estudio de estabilidad.	Prolongación del tiempo de almacenamiento.  Aportar a la población con un nuevo producto	Controlar cada 7 días los parámetros de deterioro químicos y organolépticos  Realizar análisis sensorial	Investigador: Alejandra Arévalo

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

## 6.10. Previsión de la evaluación

<b>Preguntas básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Quiénes solicitan evaluar?	Las personas de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
¿Por qué evaluar?	Porque se está garantizando la veracidad del proceso de producción y de todos sus parámetros de control.
¿Para qué evaluar?	Para corregir los errores, si existieran en algún lugar del proceso o dentro de las formulaciones respectivas. Para establecer las mejores condiciones de temperatura e iluminación.
¿Qué evaluar?	La tecnología utilizada, materias primas, pH, °Brix, grados alcohólicos, sabor, olor, color, acidez y aceptabilidad
¿Quién evalúa?	El investigador El director de investigación
¿Cuándo evaluar?	Cada 7 días por 49 días
¿Cómo evaluar?	Con un pH metro, brixómetro, alcoholímetro, prueba sensorial
¿Con qué evaluar?	Con los manuales instructivos de cada equipo de análisis. Normas establecidas.

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

## BIBLIOGRAFÍA

- BAYAS, Julio e  
IBARRA, Amable  
(1999) “Obtención de jarabe de glucosa a partir de almidón de maíz (*Zea mays*)”, Tesis 226 de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- BUSTOS, Leonor y  
RODRÍGUEZ, Wendy  
(2001) “Producción y comercialización de yuca y malanga como una alternativa para la exportación de productos no tradicionales”, tesis de grado de la escuela superior politécnica del litoral
- CARPIO C., ESCOBAR  
F., VIERA F., RUALES  
J. (2008) “Bone-Bound Glucoamylase as a Biocatalyst in Bench-Scale Production of Glucose Syrups from Liquefied Cassava Starch”
- COBANA M. y  
ANTEZANA R. (2007) “Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca”, Revista Boliviana De Química, Volumen 24, No.1
- CORNEJO, Libio y  
VILLACIS, Jaime  
(1993) “Obtención de una bebida alcohólica de oca”, Tesis 145 de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- CHICO, Darío y  
PONCE, Katherine  
(2004) “Obtención de una bebida alcohólica a partir de sustrato de papa (*Solanun tuberosum*) tratado con alfa-amilasa (Fungamyl Br)” Tesis 320 de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- DOBISLAW, Ernst  
(1959) “Métodos industriales para la fabricación de bebidas alcohólicas”, primera edición, editorial Reverte, Barcelona, 246 p.

- ERAZO y VACA (1981) “Obtención del alcohol etílico a partir de la melaza”, Tesis 18 de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- HERNÁNDEZ, Alicia y QUESADA, Melissa (2007) “Producción de jarabe de glucosa a partir de almidón de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*)”, CIBIA VI, Tecnología, T1. Biotecnología de alimentos, pág. 30
- HIDALGO, José (2002) “Tratado de Enología”, tomo 1, editorial Mundi-Prensa, España, 862 p.
- HISCOX, G. D. (1988) “Gran enciclopedia práctica de recetas industriales y fórmulas domésticas”, primera edición, editorial Gustavo Gili, 514 p.
- LOZADA, Marco y VILLACRES, Héctor (1994) “Obtención de una bebida alcohólica de patata (*Solanum tuberosum Lin*)”, Tesis 157 de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- MORRISON y BOYD (1998) “Química orgánica”, quinta edición, editorial Addison Wesley, México, 653 p.
- RESTREPO, Mauricio (2006) “Identificación de factores que afectan la estabilidad de una bebida alcohólica”, Revista Lasallista de Investigación, Volumen 3, No.02
- ROJAS, Roque y CABANILLAS, Juan (2008) “Producción de alcohol de residuos lignocelulósicos – cáscaras de arroz (*Oriza sativa*)”

**Internet:**

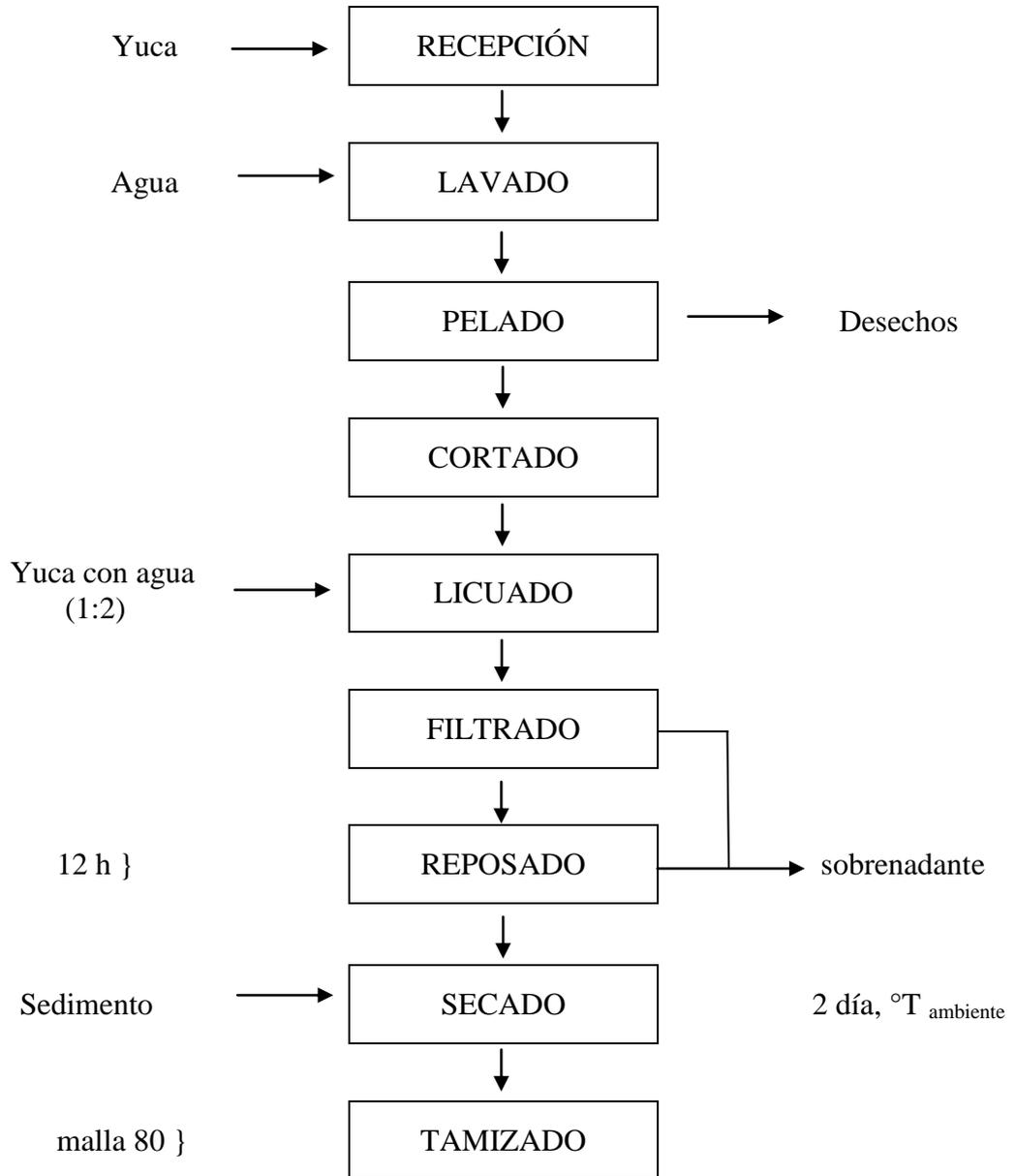
- CALVO, Miguel (2008) “Estructura del almidón”, 2011, disponible en:  
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucars/almidon.html>
- Diario El Universo (2009) “Producción local - Licores ”2011, disponible en:  
<http://www.eluniverso.com/2009/01/16/1/1356/2010BA739E3A40899044E694FA4E75D4.html>
- DÍAZ, Samanta (2010) “La fermentación alcohólica”, 2011, disponible en: <http://poica2010c.wordpress.com/2010/04/>
- FAO (2006) “El mercado de almidón añade valor a la yuca”, 2011, disponible en:  
<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0610sp1.htm>
- FAOSTAT (2009) “Producción de la yuca”, 2011, disponible en:  
<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- GARCÍA, Martha (2008) “Fermentación alcohólica”, 2011, disponible en:  
<http://qumicageneral6.blogspot.com>
- GARCÍA, Tomas (2009) “Manejo cultivo yuca”, 2011, disponible en:  
<http://agrodominicano.blogspot.com/2009/04/manejo-cultivo-yuca-repdom.html>
- GreenFacts (2006) “Consenso científico sobre el alcohol”, 2011, disponible en:  
<http://www.greenfacts.org/es/alcohol/index.htm>

- LÓPEZ, Sergio (2004) “Origen de las bebidas alcohólicas”, 2011, disponible en:  
<http://www.mailxmail.com/curso-licores-cocteles/origen-bebidas-alcoholicas>
- LUCAS, Javier (1994) “ Fermentación Alcohólica”, 2011, disponible en:  
<http://javierdelucas.es/fermentacion.htm>
- MITCHELL, Frank (2007) “Valor nutricional y factores de producción de la yuca”, 2011, disponible en:  
<http://sanyuca.blogspot.com/search/label/3.%20Valores%20Nutricionales>
- NAHUM (2008) “Hidrólisis acida y enzimática del almidón”, 2011, disponible en:  
<http://www.scribd.com/doc/19046859/HIDROLISIS-ACIDA-Y-ENZIMATICA-DEL-ALMIDON>
- Productos Agri-Nova (2004) “El cultivo de la yuca”, 2011, disponible en:  
<http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>
- Revista Lideres (2010) “La industria licorera nacional”, 2011, disponible en:  
<http://www.revistalideres.ec/2010-06-28/Informe.aspx>
- STOLFI (2008) “Manihot esculenta”, 2011, disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Manihot\\_esculenta](http://es.wikipedia.org/wiki/Manihot_esculenta)
- VIRELLA, Carlos (2005) “Laboratorio 3”, 2011, disponible en:  
[www.uprm.edu/biology/cursos/biologiageneral/CVlab4.ppt](http://www.uprm.edu/biology/cursos/biologiageneral/CVlab4.ppt)

**ANEXOS 1**

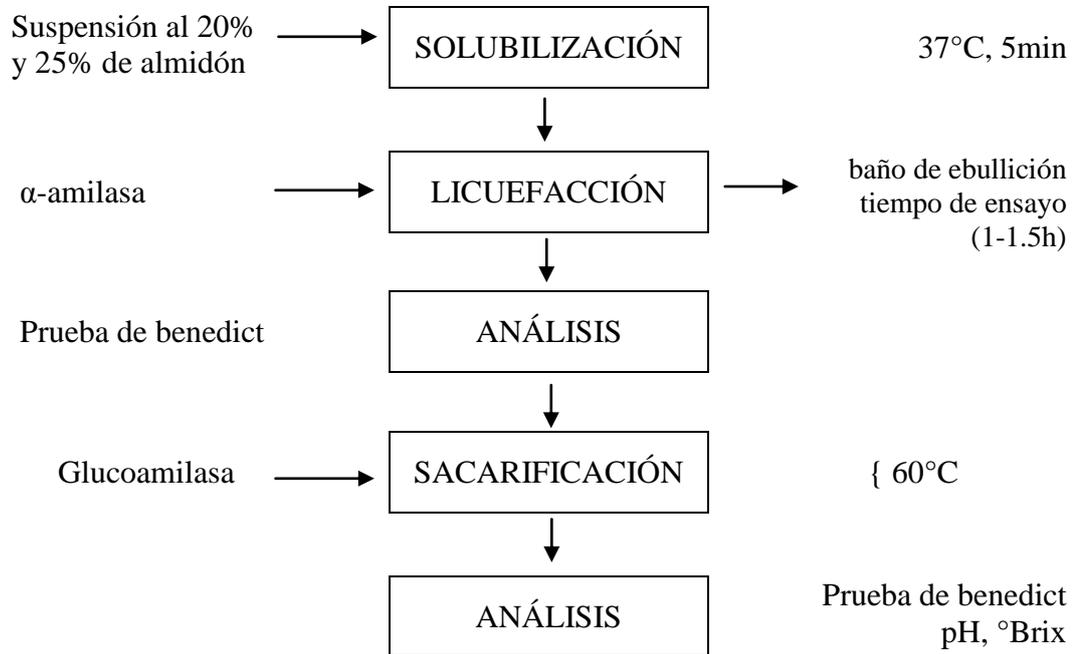
**DIAGRAMA**

### 1.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA



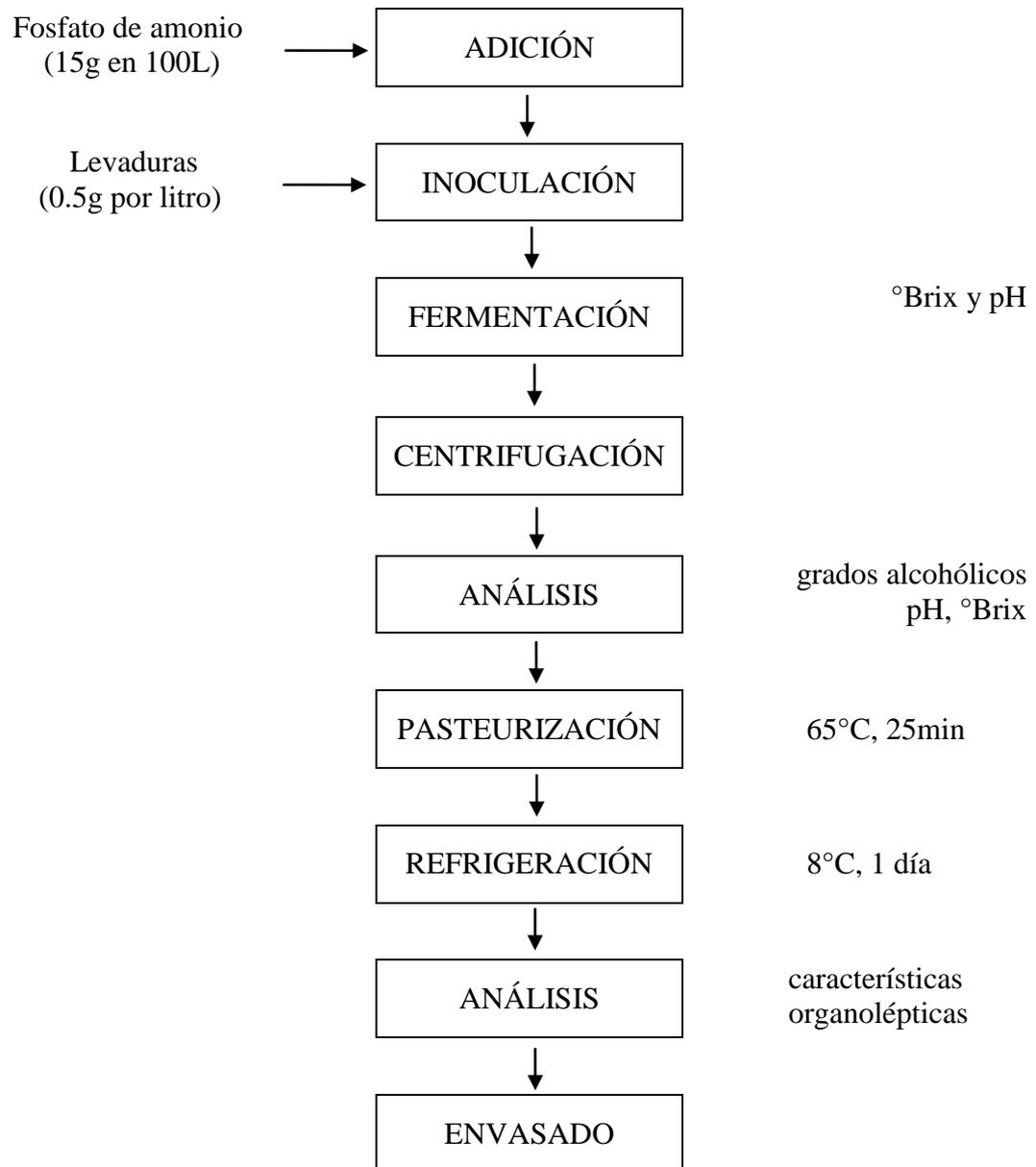
**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

## 1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN



**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### 1.3. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA



**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

## **ANEXOS 2**

## **ENCUESTAS**

## 2.1. ENCUESTA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

#### Encuesta

Sr(a). sírvase contestar las siguientes preguntas:

**1. ¿Qué tipo de bebida prefiere?**

Jugo\_\_\_ Cola\_\_\_ Cerveza\_\_\_ Agua\_\_\_ Licor\_\_\_

**2. ¿Le agradan las bebidas alcohólicas?**

Si\_\_\_ No\_\_\_

**3. ¿Qué tipo de bebida alcohólica prefiere?**

Vino\_\_\_ Licores\_\_\_ Ron\_\_\_ Aguardiente\_\_\_ Vodka\_\_\_  
Whisky\_\_\_ Tequila\_\_\_ Brandy\_\_\_

**4. ¿Con qué frecuencia los consume?**

Siempre \_\_\_ Regular \_\_\_

**5. ¿Consumiría un licor hecho con almidón de yuca?**

Si \_\_\_ No\_\_\_

**6. ¿Con que frecuencia consumiría un licor hecho con almidón de yuca?**

Siempre \_\_\_ Regular \_\_\_ Muy poco \_\_\_

**7. ¿Qué característica evaluaría primero en un licor hecho con almidón de yuca?**

Aspecto\_\_\_ Color\_\_\_ Olor\_\_\_ Sabor\_\_\_

## 2.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Sr(a). pruebe cuidadosamente cada una de las muestras y marque con una X en la característica que usted considere conveniente.

Características	Alternativa	Número de muestra			
		257	095	161	348
Color	Muy transparente				
	Poco transparente				
	Opaco				
	Turbio				
	Blanquecino				
Poder alcohólico	Ligero				
	Suficiente				
	Cálido				
	Generoso				
	Vigoroso				
Olor	Inexistente				
	Poco perceptible				
	Flojo				
	Poco intenso				
	Intenso				
Sabor	Pobre				
	Ácido				
	Frescos				
	Distinguido				
	Muy fino				
Aceptabilidad	Desagrada mucho				
	Desagrada poco				
	Ni gusta ni disgusta				
	Gusta poco				
	Gusta mucho				

Comentarios y sugerencias: \_\_\_\_\_

Gracias por su colaboración

## **ANEXOS 3**

### **DATOS REGISTRADOS**

### 3.1. PESOS REGISTRADOS DURANTE LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN

**Cuadro N.8:** Pesos de la yuca

Datos	Peso
Yuca con cascara	1.120 g
Yuca sin cascara	930 g
Almidón	185 g

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

### 3.2. DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE BENEDICT DESPUÉS DE LA HIDRÓLISIS CON ALFA AMILASA Y GLUCOAMILASA, DATOS BIBLIOGRÁFICOS

**Cuadro N.9:** Resultados de la prueba de Benedict (hidrólisis con alfa amilasa)

Tratamiento	Réplica 1	Réplica 2
1	Hidrólisis Parcial	Hidrólisis Parcial
2	Hidrólisis Parcial	Hidrólisis Parcial
3	Hidrólisis Parcial	Hidrólisis Parcial
4	Hidrólisis Parcial	Hidrólisis Parcial

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.2:** Prueba de benedict (hidrólisis con alfa amilasa)



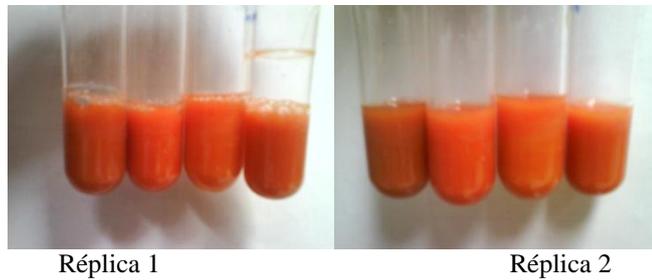
Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.10:** Resultados de la prueba de Benedict (hidrólisis con glucoamilasa)

<b>Tratamiento</b>	<b>Réplica 1</b>	<b>Réplica 2</b>
<b>1</b>	Hidrólisis total	Hidrólisis total
<b>2</b>	Hidrólisis total	Hidrólisis total
<b>3</b>	Hidrólisis total	Hidrólisis total
<b>4</b>	Hidrólisis total	Hidrólisis total

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.3:** Prueba de benedict (hidrólisis con glucoamilasa)



**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.4:** Resultados de la Prueba de Benedict



**Color ladrillo:** Positivo, alta concentración de azúcares (hidrólisis total)

**Color verde:** poca concentración de azúcares (hidrólisis parcial)

**Color azul:** Negativo

**Fuente:** Virella, 2005

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### 3.3. CAMBIOS DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) REGISTRADOS DURANTE LA FERMENTACIÓN

**Cuadro N.11:** Cambios de los sólidos solubles (°Brix)

<b>Tiempo (días) / Tratamiento</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>34</b>
<b>a0 b0 R1</b>	24.0	23.5	23.0	22.0	21.5	20.5	19.0	17.0	15.5
<b>a0 b0 R2</b>	24.0	22.0	22.5	22.0	21.0	20.0	18.0	16.0	14.0
<b>a0 b1 R1</b>	27.0	26.5	26.0	25.0	23.0	22.0	20.5	18.0	16.0
<b>a0 b1 R2</b>	26.0	25.5	25.0	24.0	23.5	22.0	21.0	19.0	16.5
<b>a1 b0 R1</b>	28.0	27.5	27.0	26.0	24.5	23.0	22.0	20.0	17.0
<b>a1 b0 R2</b>	29.0	28.5	28.0	27.0	26.0	25.0	23.0	21.0	18.5
<b>a1 b1 R1</b>	32.0	31.5	30.0	28.0	27.0	25.0	23.5	21.0	20.5
<b>a1 b1 R2</b>	33.0	32.5	31.0	29.0	28.0	27.0	25.0	22.0	21.5

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### 3.4. CAMBIOS DE pH REGISTRADOS DURANTE LA FERMENTACIÓN

**Cuadro N.12:** Cambios de pH

<b>Tiempo (días) / Tratamiento</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>34</b>
<b>a0 b0 R1</b>	6.67	6.71	6.76	6.84
<b>a0 b0 R2</b>	6.65	6.68	6.74	6.79
<b>a0 b1 R1</b>	6.46	6.49	6.51	6.56
<b>a0 b1 R2</b>	6.41	6.43	6.46	6.49
<b>a1 b0 R1</b>	6.54	6.57	6.59	6.62
<b>a1 b0 R2</b>	6.61	6.64	6.67	6.71
<b>a1 b1 R1</b>	6.39	6.42	6.44	6.47
<b>a1 b1 R2</b>	6.34	6.37	6.4	6.42

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### 3.5. GRADOS ALCOHÓLICOS DE CADA TRATAMIENTO Y RÉPLICA DE LA BEBIDA FERMENTADA

**Cuadro N.13:** Grados alcohólicos

Tratamiento	Réplica 1	Réplica 2
a0 b0	5	5
a1 b0	10	9
a0 b1	7	8
a1 b1	12	13

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

### 3.6. RESULTADOS DE LA ENCUESTA SOBRE LAS PREFERENCIAS EN BEBIDAS Y FRECUENCIA DE CONSUMO

#### Pregunta 1

**Cuadro N.14:** Resultados de la pregunta ¿Qué tipo de bebida prefiere?

Encuestado	Jugo	Cola	Cerveza	Agua	Licores
1		x	x		
2	x				
3	x				
4	x				
5		x			
6		x			
7			x		
8		x			
9		x	x		
10		x			
11	x				
12	x				
13		x			
14	x				
15	x				

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

## Pregunta 2

**Cuadro N.15:** Resultados de la pregunta ¿Le agradan las bebidas alcohólicas?

Encuestado	Si	No
1	x	
2	x	
3	x	
4	x	
5	x	
6	x	
7	x	
8	x	

Encuestado	Si	No
9	x	
10	x	
11	x	
12	x	
13	x	
14	x	
15	x	

**Fuente:**

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

## Pregunta 3

**Cuadro N.16:** Resultados de la pregunta  
¿Qué tipo de bebida alcohólica prefiere?

Encuestado	Vino	Licores	Ron	Aguardiente	Whisky	Tequila
1				x		x
2		x	x			x
3	x					
4	x					
5	x					
6	x	x				
7					x	x
8	x				x	x
9					x	x
10		x				
11	x					
12						x
13						x
14					x	
15					x	

El brandy y el vodka no tuvieron ninguna respuesta

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### Pregunta 4

**Cuadro N.17:** Resultados de la pregunta **¿Con qué frecuencia los consume?**

Encuestado	Siempre	Regular
1		x
2		x
3		x
4		x
5		x
6	x	
7		x
8	x	
9		x
10		x
11		x
12		x
13		x
14		x
15		x

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### Pregunta 5

**Cuadro N.18:** Resultados de la pregunta

**¿Consumiría un licor hecho con almidón de yuca?**

Encuestado	Si	No
1	x	
2	x	
3	x	
4	x	
5	x	
6	x	
7	x	
8	x	

Encuestado	Si	No
9	x	
10	x	
11	x	
12	x	
13	x	
14	x	
15	x	

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Pregunta 6**

**Cuadro N.19:** Resultados de la pregunta

**¿Con que frecuencia consumiría un licor hecho con almidón de yuca?**

<b>Encuestado</b>	<b>Siempre</b>	<b>Regular</b>	<b>Muy poco</b>
1		x	
2		x	
3		x	
4			x
5		x	
6		x	
7			x
8		x	
9		x	
10		x	
11			x
12			x
13		x	
14			x
15		x	

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Pregunta 7**

**Cuadro N.20:** Resultados de la pregunta **¿Qué característica evaluaría primero en un licor hecho con almidón de yuca?**

<b>Encuestado</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>
1		x		x
2			x	x
3				x
4			x	x
5				x
6				x
7			x	x
8	x			x
9			x	x
10	x			x
11				x
12			x	x
13			x	x
14	x			
15	x			

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### 3.7. RESULTADOS DE LAS CATAACIONES DE LA BEBIDA ALCOHÓLICA ELABORADA A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA

**Cuadro N.21:** Resultados del COLOR de la prueba sensorial

<b>Catadores</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>1</b>	2	1	3	4
<b>2</b>	4	3	4	3
<b>3</b>	3	2	4	4
<b>4</b>	3	2	4	3
<b>5</b>	3	3	4	3
<b>6</b>	3	4	3	4
<b>7</b>	3	3	4	4
<b>8</b>	4	4	3	4
<b>9</b>	4	4	3	4
<b>10</b>	4	3	4	4
<b>11</b>	4	3	3	3
<b>12</b>	3	2	4	3
<b>13</b>	4	3	4	4
<b>14</b>	3	2	3	3
<b>15</b>	4	2	3	4

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.22:** Resultados del PODER ALCOHÓLICO de la prueba sensorial

<b>Catadores</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>1</b>	4	5	4	5
<b>2</b>	5	3	5	4
<b>3</b>	3	4	3	5
<b>4</b>	4	4	3	4
<b>5</b>	4	3	5	5
<b>6</b>	2	4	4	5
<b>7</b>	3	4	4	5
<b>8</b>	3	4	5	5
<b>9</b>	4	3	4	4
<b>10</b>	4	4	3	5
<b>11</b>	5	4	5	4
<b>12</b>	2	4	4	5
<b>13</b>	5	3	5	4
<b>14</b>	3	4	4	3
<b>15</b>	3	5	4	5

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.23:** Resultados del OLOR de la prueba sensorial

<b>Catadores</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>1</b>	4	5	3	5
<b>2</b>	4	4	4	3
<b>3</b>	4	4	5	5
<b>4</b>	5	5	5	5
<b>5</b>	3	3	3	4
<b>6</b>	3	4	3	4
<b>7</b>	3	3	4	4
<b>8</b>	4	5	4	4
<b>9</b>	3	3	3	4
<b>10</b>	3	4	4	5
<b>11</b>	4	4	3	3
<b>12</b>	4	5	4	5
<b>13</b>	5	5	5	5
<b>14</b>	4	4	4	5
<b>15</b>	3	4	4	4

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.24:** Resultados del SABOR de la prueba sensorial

<b>Catadores</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>1</b>	2	2	3	2
<b>2</b>	3	3	3	5
<b>3</b>	2	3	3	4
<b>4</b>	3	4	3	4
<b>5</b>	2	3	4	4
<b>6</b>	4	3	2	3
<b>7</b>	2	3	3	4
<b>8</b>	3	3	4	3
<b>9</b>	3	3	3	4
<b>10</b>	3	3	2	5
<b>11</b>	4	3	2	5
<b>12</b>	3	2	3	4
<b>13</b>	4	4	4	4
<b>14</b>	2	3	4	4
<b>15</b>	3	2	3	2

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.25:** Resultados de la ACEPTABILIDAD de la prueba sensorial

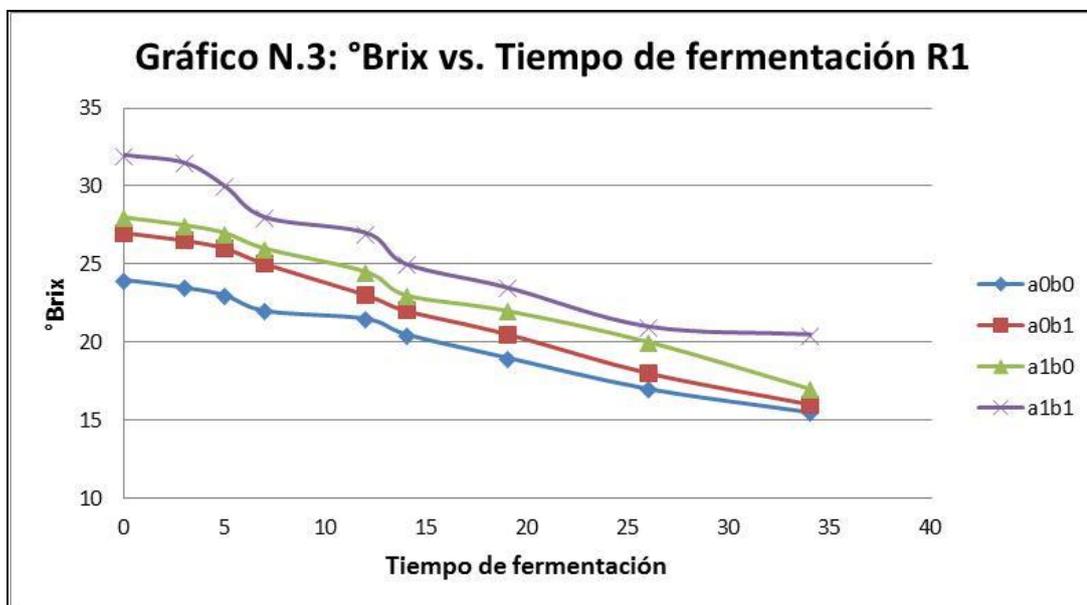
<b>Catadores</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>1</b>	1	3	3	3
<b>2</b>	3	3	4	3
<b>3</b>	2	2	3	3
<b>4</b>	3	3	3	4
<b>5</b>	1	3	2	4
<b>6</b>	2	3	2	3
<b>7</b>	2	2	3	3
<b>8</b>	3	3	3	3
<b>9</b>	2	3	2	3
<b>10</b>	3	3	2	2
<b>11</b>	1	2	3	2
<b>12</b>	3	2	3	4
<b>13</b>	3	3	3	4
<b>14</b>	3	3	4	4
<b>15</b>	2	2	3	2

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

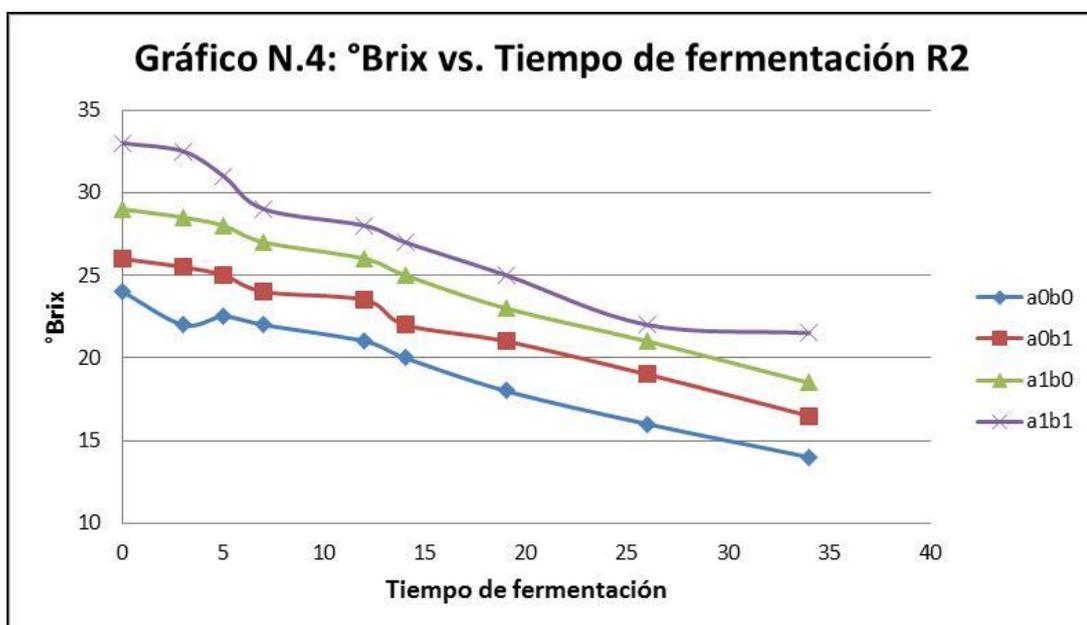
**ANEXOS 4**

**GRÁFICOS**

#### 4.1. GRÁFICOS DE LOS CAMBIOS DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) REGISTRADOS DURANTE LA FERMENTACIÓN

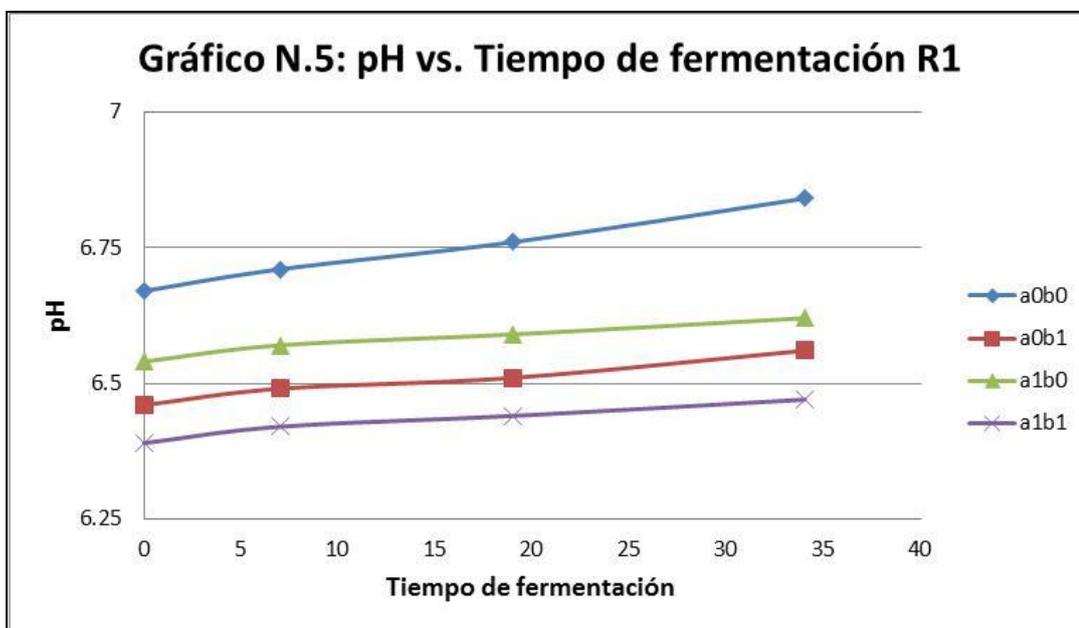


Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

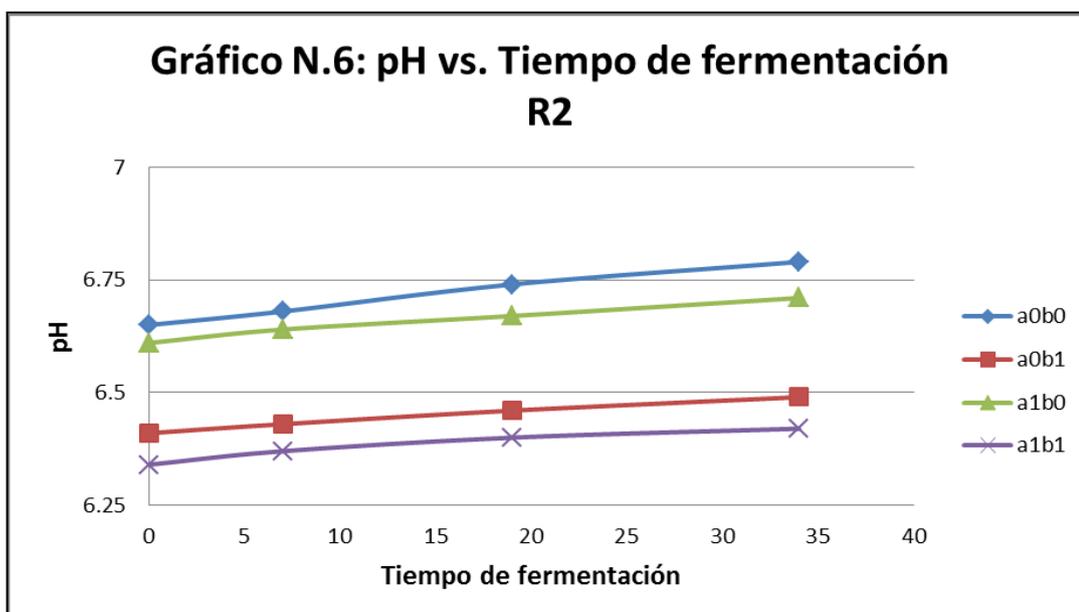


Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

## 4.2. GRÁFICOS DE LOS CAMBIOS DE pH REGISTRADOS DURANTE LA FERMENTACIÓN

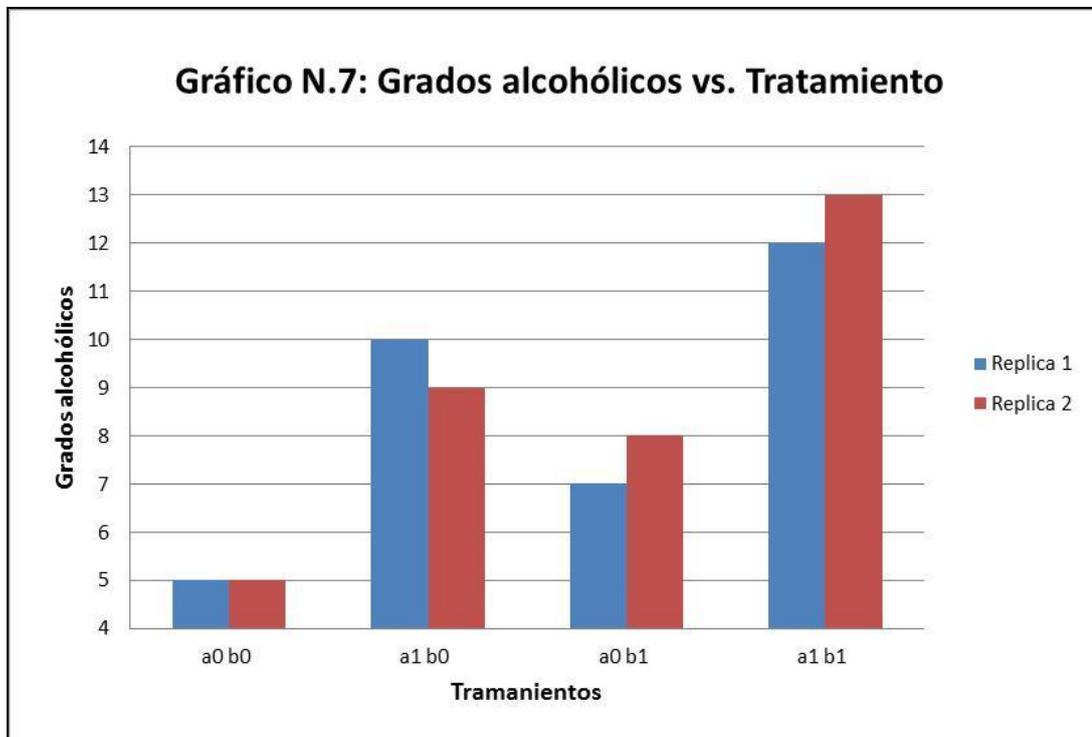


Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011



Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

### 4.3. GRÁFICO DE LOS GRADOS ALCOHÓLICOS (TRATAMIENTOS CON SUS RÉPLICAS)



Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

## **ANEXOS 5**

# **CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE VARIANZA**

## 5.1. RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN

**Cuadro N.26:** Porcentajes de almidón en la yuca

Datos	Porcentaje
Yuca con cascara	100,00%
Almidón	16,51%

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times (100\%)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{185 \text{ g}}{1.120 \text{ g}} \times (100\%)$$

$$\text{Rendimiento} = 16,51\%$$

## 5.2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX)

**Cuadro N.27:** Análisis de varianza para los °Brix de cada tratamiento y réplica registrados al final de la fermentación

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	F tablas 95%
Réplica	0.28	1	0.28	0.33	10.13
Factor A	30.03	1	30.03	34.74	10.13
Factor B	11.28	1	11.28	13.05	10.13
Interacción (AB)	1.53	1	1.53	1.77	10.13
Error	2.59	3	0.87		
Total	45.72	7			

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.28:** Prueba de diferenciación para los °Brix

Fuente	Orden Original		Orden por Rangos		Intervalos de diferenciación
	N°	Promedio	N°	Promedio	
Factor A	1	15.50	2	19.38	A
	2	19.38	1	15.50	B
Factor B	1	16.25	2	18.63	A
	2	18.63	1	16.25	B

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### 5.3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH

**Cuadro N.29:** Análisis de varianza para el pH de cada tratamiento y réplica registrados al final de la fermentación

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	F tablas 95%
Réplica	0.001	1	0.001	0.29	10.13
Factor A	0.03	1	0.03	9.68	10.13
Factor B	0.13	1	0.13	47.58	10.13
Interacción (AB)	0.003	1	0.002	0.90	10.13
Error	0.008	3	0.003		
Total	0.17	7			

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.30:** Prueba de diferenciación para el pH

Fuente	Orden Original		Orden por Rangos		Intervalos de diferenciación
	N°	Promedio	N°	Promedio	
Factor B	1	6.74	2	6.49	A
	2	6.49	1	6.74	B

Fuente: Statgraphics

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

#### 5.4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE GRADOS ALCOHÓLICOS

**Cuadro N.31:** Análisis de varianza para los grados alcohólicos de cada tratamiento y réplica registrados al final de la fermentación

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	F tablas 95%
Réplica	0.13	1	0.13	0.27	10.13
Factor A	45.13	1	45.13	98.46	10.13
Factor B	15.13	1	15.13	33.00	10.13
Interacción (AB)	0.13	1	0.13	0.27	10.13
Error	1.38	3	0.46		
Total	61.88	7			

Fuente: Statgraphics

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.32:** Prueba de diferenciación para los grados alcohólicos

Fuente	Orden Original		Orden por Rangos		Intervalos de diferenciación
	N°	Promedio	N°	Promedio	
Factor A	1	6.25	2	11.00	A
	2	11.00	1	6.25	B
Factor B	1	7.25	2	10.00	A
	2	10.00	1	7.25	B

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

### 5.5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES DE LA PRUEBA SENSORIAL

**Cuadro N.33:** Análisis de varianza para el COLOR de cada tratamiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	F tablas 95%
Tratamiento	7.12	3	2.37	5.57	2.77
Error	23.87	56	0.43		
Total	30.98	59			

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.34:** Prueba de Tukey para el COLOR

$t_{invertida} = 2.00$   
 DMS = 0.48

Tratamientos		T2	T1	T3	T4
		2.7	3.4	3.5	3.6
T2	2.7	0	0.67*	0.80*	0.87*
T1	3.4		0	0.13	0.20
T3	3.5			0	0.07
T4	3.6				0

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.35:** Análisis de varianza para el PODER ALCOHÓLICO de cada tratamiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	F tablas 95%
Tratamiento	7.13	3	2.38	4.06	2.77
Error	32.80	56	0.59		
Total	39.93	59			

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.36:** Prueba de Tukey para el PODER ALCOHÓLICO

$t_{invertida} = 2.00$   
 DMS = 0.56

Tratamientos		T1	T2	T3	T4
		<b>3.6</b>	<b>3.9</b>	<b>4.1</b>	<b>4.5</b>
T1	<b>3.6</b>	0	0.27	0.53	0.93*
T2	<b>3.9</b>		0	0.27	0.67*
T3	<b>4.1</b>			0	0.40
T4	<b>4.5</b>				0

Fuente: Statgraphics

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.37:** Análisis de varianza para el OLOR de cada tratamiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	F tablas 95%
Tratamiento	3.25	3	1.08	2.04	2.77
Error	29.73	56	0.53		
Total	32.98	59			

Fuente: Statgraphics

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.38:** Análisis de varianza para el SABOR de cada tratamiento

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Razón de Varianza</b>	<b>F tablas 95%</b>
<b>Tratamiento</b>	8.33	3	2.78	4.86	2.77
<b>Error</b>	32.00	56	0.57		
<b>Total</b>	40.33	59			

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.39:** Prueba de Tukey para el SABOR

$$t_{\text{invertida}} = 2.00$$

$$\text{DMS} = 0.56$$

<b>Tratamientos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>2.87</b>	<b>2.93</b>	<b>3.07</b>	<b>3.8</b>
<b>T1</b>	0	0.06	0.20	0.93*
<b>T2</b>		0	0.13	0.87*
<b>T3</b>			0	0.73*
<b>T4</b>				0

**Fuente:** Statgraphics

**Elaborado por:** Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.40:** Análisis de varianza para la ACEPTABILIDAD de cada tratamiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	F tablas 95%
Tratamiento	6	3	2	4.35	2.77
Error	25.73	56	0.46		
Total	31.73	59			

Fuente: Statgraphics

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

**Cuadro N.41:** Prueba de Tukey para la ACEPTABILIDAD

$$t_{\text{invertida}} = 2.00$$

$$\text{DMS} = 0.50$$

Tratamientos		T1	T2	T3	T4
		2.27	2.67	2.87	3.13
T1	2.27	0	0.40	0.60*	0.87*
T2	2.67		0	0.20	0.47
T3	2.87			0	0.27
T4	3.13				0

Fuente: Statgraphics

Elaborado por: Alejandra Arévalo, 2011

**5.6. HIPÓTESIS PLANTEADAS PARA LOS °BRIX, pH, GRADOS ALCOHÓLICOS Y PRUEBA SENSORIAL**

**Cuadro N.42:** Hipótesis para los °Brix, pH y grados alcohólicos

H0	$A_i=0$	H0	$B_j=0$	H0	$(AB)_{ij}=0$
H1	$A_i \neq 0$	H1	$B_j \neq 0$	H1	$(AB)_{ij} \neq 0$

**Cuadro N.43:** Hipótesis para las pruebas sensoriales

H0	$T_1=T_2=T_3=T_4$
H1	$T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$

## **ANEXOS 6**

### **FOTOS**

**Figura N.1: Yuca**



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.2: Pelado**



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.3: Lavado**



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.4: Licuado**



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.5: Filtrado**



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.6: Reposo**



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.7: Sedimento**



Elaborado: Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.8: Almidón**



Elaborado: Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.9: Preparación de suspensión**



Elaborado: Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.10: Suspensión**



Elaborado: Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.11: Hidrólisis**



Elaborado: Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.12: Prueba de Benidict**



Elaborado: Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.13:** Fermentación



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.14:** Centrifugación



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011

**Figura N.15:** Grados alcohólicos



**Elaborado:** Alejandra Arévalo, 2011