



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA
MODALIDAD:
PROYECTO INVESTIGATIVO

TEMA:
ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUARDIENTE DE CAÑA DE
AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM*) RECTIFICADO, BASADO
EN LA NTE INEN 362:2014 (5TA REVISIÓN) EN EL CANTÓN JUNÍN
DE LA PROVINCIA DE MANABÍ.

AUTORA:
RITHA FABIANA SOLÓRZANO PICO

TUTOR:
ING. ERNESTO ROSERO DELGADO

PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR

2016

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado con mucho amor a las personas que forjaron lo que ahora soy: mi mamá y a mis abuelos, quienes siempre han estado conmigo enseñándome de mis caídas y mis logros, demostrándome que con amor, paciencia y perseverancia todo es posible. Ellos, el motivo que me impulsa seguir luchando por mis metas día a día para que se sientan orgullosos de mí, de su hija.

A Dios quien siempre me brindo fortaleza y paciencia para seguir avanzando y no decaer.

A mi hermano Andrés, de quien espero y anhelo mucho como profesional y como persona, mi compañero de mi diario vivir desde hace casi 23 años, y quien ha hecho que esta aventura llamada “tesis” sea más divertida con sus ocurrencias.

A mis tíos, especialmente a Pepe, quien ha sido mi ejemplo de padre, amigo y profesional, y quien a pesar de mis altibajos nunca perdió las esperanzas en mí. La persona de quien estoy infinitamente orgullosa y agradecida por las lecciones enseñadas por él.

A Luis Eduardo, quien ha sido mi soporte y mi impulso en esta travesía, mostrándome siempre su optimismo, apoyo, entusiasmo y amor.

A toda mi familia y amigos quienes siempre me brindaron su apoyo y me llenaron de ganas y buenas vibras.

Solo quiero decirles:

LO LOGRAMOS !!!

Ritha Solórzano Pico.

AGRADECIMIENTO

La función de la educación es enseñar a pensar intensa y críticamente. Formar inteligencia y carácter – esa es la meta de la verdadera educación.-Martin Luther King, Jr.

Mis sinceros agradecimientos a mis docentes, el Ing. Ernesto Rosero y al Ing. Ulbio Alcívar, quienes desde un inicio en el proceso de titulación, han estado prestos a brindar su ayuda y compartir sus conocimientos.

De manera afectuosa quiero agradecer a cada uno de los productores artesanos, los señores: Arturo Cruz, Edison Cevallos y Manuel Guerrero, quienes me abrieron muy cariñosamente las puertas de sus fábricas, aportando con sus conocimientos y paciencia para mi aprendizaje durante la investigación.

Y en general, agradezco a quienes siempre estuvieron atentos de mis avances logrados, brindando siempre palabras de ánimo y motivación.

Una vez más:

LO LOGRAMOS !!!

Ritha Solórzano Pico.

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

CERTIFICA

Quien suscribe la presente señor Ing. Ernesto Rosero Delgado, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación **"ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUARDIENTE DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM*) RECTIFICADO, BASADO EN LA NTE INEN 362:2014 (5TA REVISIÓN) EN EL CANTÓN JUNÍN DE LA PROVINCIA DE MANABÍ"**, desarrollada por la profesionista: Srta. Solórzano Pico Ritha Fabiana con C.I. 131407517-5; en este contexto, tengo bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art.8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por la profesionista cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a la estudiante en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentó el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación la profesionista puso mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes.

Ing. Ernesto Rosero Delgado
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

INFORME DE REVISOR TRABAJO DE TITULACIÓN

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad investigativa y que lleva por el tema: **“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUARDIENTE DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM*) RECTIFICADO, BASADO EN LA NTE INEN 362:2014 (5TA REVISIÓN) EN EL CANTÓN JUNÍN DE LA PROVINCIA DE MANABÍ”** desarrollado por la Srta. **SOLÓRZANO PICO RITHA FABIANA** con cédula de ciudadanía N° 1314075175, previo a la obtención del título de Ingeniera Química, bajo la tutoría y control del señor Ing. Ernesto Rosero, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requerimientos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobado por el H. Consejo Universitario, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, el autor:

- Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.
- He aplicado correctamente el Reglamento General de Titulación de la Universidad Técnica de Manabí del Ecuador.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
- El trabajo posee suficiente argumento técnico científico, evidencia en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.
- Sin más que informar suscribo que este documento NO VINCULANTE para los fines legales pertinentes.



Ing. Carlos Moreira Mendoza

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

La Autora, SOLÓRZANO PICO RITHA FABIANA, egresada de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.

DECLARA QUE:

Las ideas expuestas en el presente trabajo titulado: “ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUARDIENTE DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM*) RECTIFICADO, BASADO EN LA NTE INEN 362:2014 (5TA REVISIÓN) EN EL CANTÓN JUNÍN DE LA PROVINCIA DE MANABÍ”, son absoluta responsabilidad de la autora.



Solórzano Pico Ritha
AUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ÍNDICE DE CONTENIDO

▪ DEDICATORIA	
▪ AGRADECIMIENTO	
▪ CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	
▪ CERTIFICACIÓN DEL REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	
▪ CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN DE TESIS	
▪ ÍNDICE DE CONTENIDO	
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
1. TEMA.....	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.1. Descripción de la Realidad Problemática	4
2.2. Delimitación del Problema.....	4
2.2.1. Delimitación Espacial	4
2.2.2. Delimitación Temporal	5
2.2.3. Formulación del Problema	5
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO	
.....	6
3.1. Antecedentes	6
3.2. Justificación.....	6
3.3. Marco Teórico.....	8
3.3.1. Alcohol Etílico.....	8
3.3.2. Producción de Alcohol Etílico.....	10
3.3.3. Materias Prima.....	13
3.3.4. Caña de Azúcar	15
3.3.5. Procesos de producción del alcohol etílico a partir del jugo de caña ..	20
3.3.6. Requisitos para la exportación y de calidad del alcohol etílico.....	25
3.3.7. Derivados a partir del etanol.....	30
3.3.8. Composición del alcohol etílico	31
3.3.9. Efectos del alcohol etílico de baja calidad sobre el organismo	32

3.3.10.	Fermentación.....	35
3.3.11.	Microorganismos utilizados para la obtención de alcohol etílico....	39
3.3.12.	Destilación.....	41
4.	VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO	48
5.	ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES... ¡Error!	
	Marcador no definido.	
5.1.	Hipótesis.....	49
5.2.	Variables y su Operacionalización.....	49
5.2.1.	Variable dependiente	49
5.2.2.	Variable independiente	49
5.3.	Operacionalización de las Variables	50
6.	DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	52
6.1.	Objetivos	52
6.1.1.	Objetivo General.....	52
6.1.2.	Objetivos Específicos	52
6.2.	Campo de acción	52
6.3.	Diseño Metodológico	53
6.3.1.	Tipo de Investigación.....	53
6.3.2.	Métodos	53
6.3.3.	Materiales, equipos, reactivos e insumos.....	54
6.3.4.	Técnicas	55
6.4.	Diseño Experimental.....	65
7.	DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	67
7.1.	Selección de las destilerías evaluadas.....	67
7.2.	Estudio del aguardiente de caña mediante análisis preliminares de calidad	67
7.3.	Evaluación físico-química y microbiológica del jugo de caña e inóculo....	67
7.4.	Selección del jugo de caña e inóculo para los procesos fermentativos de fermentación.....	68
8.	RECOLECCIÓN DE DATOS	69
8.1	Parámetros evaluados en el proceso artesanal de producción del aguardiente de caña de azúcar	69
8.2.	Parámetros evaluados en los procesos fermentativos de laboratorio	74
9.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	76

9.1.	Resultados de la evaluación del proceso artesanal de producción del aguardiente de caña de azucar.....	76
9.1.1.	Materia Prima.....	76
9.1.2.	Molienda de la materia prima.....	77
9.1.3.	Evaluación del Inóculo.....	79
9.1.4.	Proceso fermentativo artesanal.....	81
9.1.5.	Proceso de destilación.....	85
9.1.6.	Análisis de calidad al producto final: Aguardiente de Caña.....	85
9.1.7.	Diagrama de flujo de las destilerías evaluadas.....	89
9.1.8.	Diagrama de proceso de las destilerías artesanales evaluadas.....	91
9.2.	Resultados de los procesos fermentativos a escala de laboratorio.....	97
9.2.1.	Estabilidad de la temperatura durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio.....	97
9.2.2.	Dinámica de los grados brix durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio.....	97
9.2.3.	Dinámica del pH durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio.....	98
9.2.4.	Resultados de la evaluación del crecimiento de la levadura en la fermentación aerobia y anaerobia en el laboratorio.....	99
10.	ELABORACIÓN DEL REPORTE DE RESULTADOS.....	101
10.1.	Proceso artesanal de producción del aguardiente de caña de azucar.....	101
10.2.	Sugerencias para el proceso de producción para la obtención de aguardiente de caña bajo la norma de calidad NTE INEN 362:2014 ...	110
10.3.	Diagrama de proceso realizado para la obtención del aguardiente de caña bajo la NTE INEN 362 en el laboratorio.....	114
11.	CONCLUSIONES.....	118
12.	RECOMENDACIONES.....	119
	PRESUPUESTO.....	120
	CRONOGRAMA.....	121
	BIBIOGRAFÍA.....	122
	ANEXOS.....	129

ANEXO 1. EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS FERMENTATIVOS

ARTESANALES	129
ANEXO 2. EVALUACIÓN EN EL SISTEMA AEROBIO UTILIZADO PARA LA COMPROBACIÓN.....	132
ANEXO 3. ANÁLISIS PRELIMINARES	133
ANEXO 4. ANÁLISIS DE COMPROBACIÓN	139
ANEXO 5. NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.)	140

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Evolución de la producción mundial de estanol por materia prima utilizada.....	14
Gráfica 2: Producción de alcohol etílico por materia prima en el Ecuador	15
Gráfica 3: Índice de madurez de la caña de azúcar como materia prima utilizada por las destilerías en comparación al índice de madurez óptimo	76
Gráfica 4: Comparación del volumen de caña de azúcar procesado en las tres destilerías	77
Gráfica 5: Capacidad de producción de jugo de caña.....	77
Gráfica 6: Rendimiento de jugo de caña en litros por kilogramos	78
Gráfica 7: Porcentaje de fibra en muestras de jugo de caña	78
Gráfica 8: Comparación de la concentración celular del inóculo	80
Gráfica 9: Comparación de la concentración celular del inóculo por litro de jugo de caña	80
Gráfica 10: Comparación de la concentración de enterobacterias.....	81
Gráfica 11: Estabilidad de la temperatura en el proceso de fermentación de las destilerías en estudio	82
Gráfica 12: Dinámica de los grados brix durante el proceso de fermentación de las destilerías en estudio	83
Gráfica 13: Estabilidad del pH en el proceso de fermentación de las destilerías en estudio.....	84
Gráfica 14: Comparación del número de platos de las columnas de destilación de las productoras evaluadas	85
Gráfica 15: Grado Alcohólico permitido en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en estudio.....	86
Gráfica 16: Contenido de Metanol permitido en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en	

estudio.....	86
Gráfica 17: Contenido de Furfural permitido en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en estudio.....	87
Gráfica 18: Contenido de Alcoholes Superiores permitido en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en estudio.....	88
Gráfica 19: Estabilidad de la temperatura en el proceso de fermentación aerobio y anaerobio.....	97
Gráfica 20: Dinámica de los grados brix durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio	97
Gráfica 21: Dinámica del pH durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio	98
Gráfica 22: Cinética del crecimiento de la levadura en el sistema aerobio	99
Gráfica 23: Cinética del crecimiento de la levadura en el sistema anaerobio	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción mundial de alcohol etílico	10
Tabla 2: Rendimientos de alcohol a partir de diferentes materias primas	13
Tabla 3: Producción mundial de caña de azúcar.....	16
Tabla 4: Clasificación taxonómica de la caña de azúcar	17
Tabla 5: Composición química de la caña de azúcar.....	18
Tabla 6: Requisitos de parámetros físicos y químicos del alcohol etílico de acuerdo a la NTE INEN 3622014	26
Tabla 7: Requisitos de parámetros físicos y químicos de licores de acuerdo a la NTE INEN 1837	30
Tabla 8: Bebidas alcohólicas, requisitos de acuerdo a la NTE	31
Tabla 9: Composición del alcohol etílico	31
Tabla 10: Temperaturas de ebullición de compuestos del fermentado.....	41
Tabla 11: Cuadro comparativo según la FAO para la determinación del índice de madurez de la caña de azúcar	55
Tabla 12: Indicadores para la determinación cualitativa de azúcares reductores	57
Tabla 13: Morfología característica de las colonias de enterobacterias en BD Endo Agar	59
Tabla 14: Parámetros evaluados de la materia prima	70
Tabla 15: Parámetros evaluados en el proceso de molienda	70
Tabla 16: Evaluación de las muestras de inóculo	71
Tabla 17: Proceso fermentativo a las 0 horas	71
Tabla 18: Proceso fermentativo a las 24 horas	72
Tabla 19: Proceso fermentativo a las 48 horas	72
Tabla 20: Proceso fermentativo a las 72 horas	72
Tabla 21: Proceso fermentativo a las 96 horas	72
Tabla 22: Parámetros evaluados en el proceso de destilación	72
Tabla 23: Requisitos de calidad establecidos en la NTE INEN 362 y el Código Alimentario Argentino en comparación a los análisis de calidad	

Preliminares realizados a muestras de aguardiente de caña	73
Tabla 24: Resultados de los parámetros evaluados en el sistema aerobio.....	74
Tabla 25: Resultados de los parámetros evaluados en el sistema anaerobio	74
Tabla 26: Dinámica del crecimiento de la levadura en el proceso de fermentación y en fermentos aerobio y anaerobio	75

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad el estudio del proceso realizado, para la obtención del aguardiente de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) producido de forma artesanal en el cantón Junín, así mismo la evaluación de la calidad de este producto, tomando como referencia, tres destilerías con mayor producción del sector Agua Fría del cantón antes mencionado, mismas que no cuentan con el debido registro sanitario para la comercialización legal del producto.

Todas las evaluaciones de la investigación, fueron realizadas en base la normativa legal vigente NTE INEN 362:2014 (5ta revisión), misma que indica cuatro parámetros de calidad a cumplir como son: grado alcohólico (50 °Gl), metanol (0,1mg/cm³), furfural (0,02 mg/cm³) y alcoholes superiores (1,5 mg/cm³).

Con los análisis previos realizados se logró determinar que las muestras de aguardiente producido en el sector, no cumplen con esta normativa, por lo que se estableció en el presente trabajo de titulación, proponer alternativas dentro del proceso, con el objetivo de mejorar la calidad de esta bebida. Para esto y en vista de los resultados obtenidos en los análisis previos, se realizó un estudio exhaustivo del proceso de producción, desde la molienda de la materia prima, hasta la destilación y obtención del aguardiente de caña.

Por otra parte a escala de laboratorio, se logró comprobar que las alternativas propuestas, para la elaboración de este producto, permiten llegar a cumplir con las normativas establecidas (NTE INEN 362:2014 / 5ta revisión) para la comercialización legal del producto.

Para comprobar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa, todas las muestras (análisis preliminar y alcohol obtenido a escala de laboratorio), fueron evaluadas por un laboratorio externo, el cual se encuentra certificado por la SAE (Secretaría de Acreditación Ecuatoriana).

Palabras claves: Aguardiente de caña de azúcar, Norma INEN 362:2014, proceso de producción del aguardiente, fermentación, destilación.

SUMMARY

The purpose of the present titling work is the study of the sugar cane (*Saccharum officinarum*) schnapps produced in the canton of Junín, as well as the evaluation of the quality of this product, taking as reference, three distilleries with greater production in the Agua Fria sector of the aforementioned canton, which do not have the proper sanitary registration for the legal marketing of the product.

All research evaluations were carried out based on the current legal regulation NTE INEN 362: 2014 (5th revision), which indicates four quality parameters to be met: alcohol grade (50 ° Gl), methanol (0, 1 mg / cm³), furfural (0.02 mg / cm³) and higher alcohols (1.5 mg / cm³).

With the previous analysis, it was possible to determine that the samples of schnapps produced in the sector do not comply with this regulation, so it was established in the present titling work, to propose alternatives within the process, with the aim of improving the quality of this drink. For this and in view of the results obtained in the previous analyzes, an exhaustive study of the production process was carried out, from the grinding of the raw material to the distillation and obtaining of the cane spirit.

On the other hand, at laboratory level, it was verified that the proposed alternatives, for the elaboration of this product, make it possible to comply with the established regulations (NTE INEN 362: 2014 / 5th revision) for the legal commercialization of the product.

To verify compliance with the parameters established in the regulations, all samples (preliminary analysis and alcohol obtained at laboratory scale), were evaluated by an external laboratory, which is certified by the SAE (Ecuadorian Accreditation Secretariat).

Key words: Sugar cane schnapps, norm NTE INEN 362: 2014, process of production of schnapps, fermentation, distillation.

1. TEMA

“Estudio de la calidad del aguardiente de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) rectificado, basado en la NTE INEN 362:2014 (5ta Revisión) en el cantón Junín de la provincia de Manabí.”

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción de la realidad problemática

Actualmente Junín es uno de los cantones de la provincia de Manabí que más produce el llamado aguardiente de caña de azúcar rectificado, por lo que esta investigación se ha enfocado en conocer la calidad del producto final que se oferta al público.

La problemática fundamental de este tema se basa en la falta de una evaluación de calidad a este producto, ya que muchas de las industrias y en general las artesanales, no se centran en brindar a la población un producto que cumpla los estándares de calidad exigidos por las instituciones de regulación ecuatoriana, sino más bien en el nivel de producción artesanal sin tomar en cuenta el posible daño que se le causa a la sociedad que lo consume.

Muchos de los procesos que se llevan a cabo para la obtención de este producto, no se los realizan bajo un estricto control de los parámetros físico-químicos, por lo que el resultado es un producto que muchas veces puede agradar al consumidor en sabor pero puede ser altamente perjudicial para la salud. Es por esto que el presente trabajo de titulación tiene la finalidad de realizar un estudio del proceso productivo que actualmente se lleva a cabo por los artesanos y de este modo lograr establecer o mejorar los parámetros físico-químicos para la obtención del aguardiente y brindar así al consumidor un producto de alta calidad con el cumplimiento de la NTE INEN 362:2014 (5TA Rev.).

2.2 Delimitación del problema

2.2.1 Delimitación Espacial

La investigación será realizada en el sitio Agua Fría del cantón Junín de la provincia de Manabí; mientras que el estudio experimental se llevara a cabo en las instalaciones de los laboratorios de Química, Microbiología y de Operaciones Unitarias de la escuela de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí.

2.2.2 Delimitación Temporal

La investigación se la realizará en base a datos e información adquirida desde el año 2010 hasta el primer semestre del año 2016.

2.2.3 Formulación del Problema

¿El aguardiente de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) rectificado producido en el cantón Junín de la provincia de Manabí, cumple con los requisitos de calidad establecidos en la NTE INEN 362:2014 (5TA Rev.)?

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Desde la antigüedad el consumo del alcohol etílico como bebida, se ha debido fundamentalmente a sus efectos tónicos, pues produce sensaciones de bienestar y alegría.

Dicen los etnólogos que no existe ningún pueblo que no haya logrado producir bebidas fermentadas conteniendo alcohol etílico. Las fermentadas son las más antiguas puesto que hasta la edad media no se conoció la destilación, que proporciona bebidas más fuertes.

El origen de las normas INEN se remonta al año 1970, el Instituto Ecuatoriano de Normalización surge por la necesidad de formular normas técnicas ecuatorianas en convenio con reglamentaciones internacionales teniendo como idea principal satisfacer las necesidades locales y facilitar el comercio nacional e internacional.

En el año 1991 se inicia el estudio por parte del Instituto para establecer los requisitos de calidad del alcohol etílico de caña rectificado, luego de un año, en 1992 se hace oficial la norma establecida con el código NTE 362 que desde ese momento empezó a regir en las plantas de producción de este elaborado. Pasando por cuatro anteriores revisiones, ya en el año 2014 a esta norma se le realizó una quinta, siendo esta la última revisión hasta la actualidad y es así que ahora se la puede encontrar como NTE INEN 362:2014 (5TA Rev.)

En la actualidad no se registran artículos o estudios oficiales sobre análisis o evaluaciones basados en la normativa establecida para el aguardiente de caña o también conocido como aguardiente de caña de azúcar rectificado, del cantón Junín.

3.2 Justificación

El presente trabajo de investigación surge de la necesidad de brindar al consumidor un producto que no solo sea aceptable o apetecible por su sabor, sino

también que su composición no sea dañina o perjudicial para la salud de quienes consumen excesivamente el famoso aguardiente de caña de azúcar.

Por otra parte muchos de los artesanos que expenden este licor no poseen el debido registro sanitario para su producto y en muchos de los casos no se ha realizado una evaluación exhaustiva al aguardiente que ellos elaboran, es decir, el producto sale a la venta si tan siquiera tener la seguridad de que lo que se oferta no es perjudicial a niveles irreversibles para el consumidor, lo que es realmente alarmante, ya que al venderse directamente al público no existe otra alerta que no sea el daño ocasionado al consumidor final, esto ocurre por el desconocimiento del proceso productivo o de la existencia de normas regulatorias.

El elevado nivel de producción del aguardiente de caña de azúcar en el cantón Junín sumada a la gran demanda, presenta un escenario con alto riesgo de daño a una población considerable, este efecto no solo se presenta en esta localidad sino también a nivel nacional, y esto hace que como consumidores se promueva el desarrollo de nuevas medidas para mejorar la calidad del producto sin afectar el rendimiento de esta industria, que genera réditos económicos y trabajo a pequeños artesanos de bajos recursos.

Debido a estos antecedentes con este producto de gran demanda a nivel local y nacional se pretende lograr un cambio en el proceso actual de producción, es decir, realizar un estudio de los niveles de cumplimiento de la normativa y establecer alternativas del proceso productivo, y de esta forma obtener como resultado final aguardiente de caña de azúcar con la calidad requerida por el consumidor y por la NTE INEN 362:2014 (5TA Rev.)

3.3 Marco Teórico

3.3.1 Alcohol Etilico

3.3.1.1 Definición

El alcohol etílico también llamado etanol, alcohol de melazas o alcohol vínico, es un líquido incoloro y volátil de olor agradable, su fórmula química es $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, es un compuesto químico cuya molécula contiene un grupo hidroxilo, $-\text{OH}$, unido a un átomo de carbono. Tiene un sabor un poco dulce, pero en soluciones más concentradas que tiene un sabor ardiente, Puede ser obtenido por dos métodos principales: la fermentación de los azúcares y un método sintético a partir del etileno¹.

La fermentación de los azúcares, es el proceso más común para su obtención a partir de macerados de granos, jugos de frutas, miel, leche, papas o melazas, utilizando levaduras que contienen enzimas catalizadoras que transforman los azúcares a compuestos sencillos y a continuación en alcohol y dióxido de carbono.²

Eq. 1. Ecuación de formación del Etanol



Glucosa \longrightarrow 2 Etanol + 2 Dióxido de carbono

La fermentación alcohólica es un proceso anaerobio en el que las levaduras y algunas bacterias, descarboxilan el piruvato obtenido de la ruta Embden-Meyerhof-Parnas (glicolisis) dando acetaldehído, y éste se reduce a etanol por la acción del NADH. Siendo la reacción global, conocida como la ecuación de Gay-Lussac.

¹ Téllez, J., & Cote, M. (2006). Un tóxico de alto riesgo para la salud humana socialmente aceptado. Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, 33-34

² Repetto, M. (1997). Toxicología del Alcohol Etilico. Toxicología Avanzada, 425-475.

3.3.1.2 Características

El punto de fusión del etanol es $-114,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, su punto de ebullición es $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, y tiene una densidad de $0,789\text{ g/ml}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Su bajo punto de congelación presenta el hecho de que sea útil como fluido en termómetros para temperaturas por debajo de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.³

El etanol se puede oxidar para formar primero acetaldehído y ácido acético a continuación, puede deshidratarse para formar éter-butadieno, compuesto utilizado en la fabricación del caucho sintético, por otra parte el etanol es el precursor de compuestos como el cloroformo y muchos otros productos químicos orgánicos⁴, en el área de energía, el etanol se utiliza como combustible por sí mismo y se puede mezclar con gasolina para formar gasohol.

El etanol es miscible (mezclable) en todas las proporciones con agua y con la mayoría de los disolventes orgánicos. Es útil como un disolvente para muchas sustancias y en la fabricación de perfumes, pinturas, lacas, y explosivos⁵. El etanol también se utiliza para producir vinagre, bebidas alcohólicas y tiene aplicaciones en el campo de la medicina como un antiséptico y como componente de algunas las fórmulas de medicamentos.

El alcohol etílico es la bebida psicoactiva más consumida a nivel mundial, de acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud en el 2015, los países que presentan mayor consumo de esta sustancia en Latinoamérica son: Chile, con un consumo anual per cápita de 9,6 litros de alcohol puro, Argentina con 9,3 litros per cápita, Venezuela 8,9 litros de alcohol per cápita, por su parte, Ecuador aparece en el noveno lugar 7,2 con un consumo de 7,2 litros de alcohol puro per cápita.⁶ Según la

³ Shakhashiri. (5 de Febrero de 2009). Chemical of the Week: Ethanol. Obtenido de SCIFUN: <http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/pdf/ethanol.pdf>

⁴ Giménez, N. (2011). Alcoholes. Obtenido de Universidad Alas Peruanas: <https://es.scribd.com/doc/97222149/Alcohol>

⁵ Giménez, N. (2011). Alcoholes. Obtenido de Universidad Alas Peruanas: <https://es.scribd.com/doc/97222149/Alcohol>

⁶ Moreno, J. (2015, Julio 24). Los países que más beben en América Latina: la dramática radiografía del consumo de alcohol en la región. Retrieved from BBC : http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150723_consumo_alcohol_latinoamerica_muertes_pais_es_jm

OMS desde el 2015 el consumo en ciertos países va en incremento debido a la cultura de la gente y el crecimiento de la industria.

Dentro de la industria, la cerveza es la bebida alcohólica más popular, al representar el 55% del total del alcohol consumido. Después licores (como vodka o whisky) con más de un 30% y casi un 12% el vino.⁷

3.3.2 Producción de Alcohol Etílico

La producción de etanol generalmente se divide en tres tipos principales: el etanol combustible, para productos industriales y bebidas alcohólicas. El rápido crecimiento y más importante segmento de mercado en el comercio internacional, es la de etanol combustible.

3.3.2.1 Producción Mundial

Tabla 1. Producción Mundial de Alcohol Etílico (Millones de galones)

Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015
USA	13.298	13.948	13.300	13.300	14.300	14.806
Brasil	6.922	5.573	5.577	6.267	6.190	7.093
Europa	1.209	1.168	1.179	1.371	1.445	1.387
China	542	555	555	696	635	813
Canadá	357	462	449	523	510	436
Resto del Mundo	985	698	752	1.272	1.490	1.147
TOTAL	23.311	22.404	21.812	23.429	24.570	25.682

Fuente: http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996_479-8715d404-e546
Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En la tabla #1, se muestra la producción mundial de etanol por país, de 2010 a 2015. La producción mundial alcanzó su punto máximo en 2015 después de una baja producción en 2012. Los Estados Unidos es el mayor productor mundial de etanol, después de haber producido casi 15 mil millones de galones en 2015 solo. Juntos, los EE.UU. y Brasil producen el 85% de etanol del mundo. La gran mayoría de etanol

⁷ América P. (2015). Cervezas continúan liderando la producción de bebidas alcohólicas. Recuperado el 03 de febrero del 2017, por <http://www.revistasumma.com/cervezas-continuan-liderando-la-produccion-de-bebidas-alcoholicas/>

EE.UU. se produce a partir de maíz, mientras que Brasil utiliza principalmente caña azúcar.⁸

3.3.2.2 Demanda y principales productores a nivel internacional

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 de 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.⁹

Este producto al ser muy solicitado presenta una gran demanda en el mercado internacional, existen miles de empresas alrededor del mundo que se dedican a su industrialización.

ARCHER DANIELS MIDLAND (ADM) es el mayor productor a nivel mundial, con una capacidad de 6.511 millones de litros al año en Estados Unidos. En Brasil, el mayor productor de etanol es COPERSUCAR con 4.800 millones de litros por año¹⁰, le siguen POET BIOREFINING y VALERO RENEWABLE FUELS en el Norte, así como ODEBRECHT AGROINDUSTRIAL (ETH Bioenergía) y RAÍZEN como número dos y tres en América Latina. ITEC REFINING AND MARKETING CO. LTD de los Estados Unidos es la una de las empresas más importantes del mundo. En Canadá se ubica GREENFIELD que emplea caña de azúcar y otras materias primas para la obtención de etanol para uso exclusivo como biocombustible.

En Sudamérica, Brasil es el mayor productor y consumidor mundial de etanol, con su producción, ha logrado bajar hasta en un 40% la importación de petróleo en ese país. Por otra parte, Suecia también tiene experiencias con el etanol, pues se usa como un sustituto para el diésel en aproximadamente 300 autobuses en la ciudad de Estocolmo. Otros países latinoamericanos que se están sumando a la iniciativa del etanol son Colombia, Nicaragua y Argentina. El costo de producción de cada litro en

⁸ Ethanol RFA. (2016). World Fuel Ethanol Production by Country or Region (Million Gallons). Obtenido de ethanolrfa.org: <http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546>

⁹ Téllez, J., & Cote, M. (2006). Un tóxico de alto riesgo para la salud humana socialmente aceptado. Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, 33-34.

¹⁰ ADM. (Marzo de 2016). ADM Reaches Agreement to Sell Brazilian Sugar Ethanol Operations. Obtenido de ADM: Research & Development: http://www.adm.com/en-US/news/_layouts/PressReleaseDetail.aspx?ID=714

Brasil es aproximadamente \$0,23, en EE.UU de \$0.35 y en Centroamérica de \$0,33 pero el precio internacional sobrepasa el \$0,65. El costo de Ecuador está en la media de lo que cuesta en Brasil y Centroamérica.¹¹ Gracias al auge del etanol en el mundo, se creó la Comisión Interamericana de Etanol, organismo que cuenta con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Para el presidente del BID, Luis Alberto Moreno, el etanol es "claramente una alternativa real al petróleo que además mejorara sustancialmente el ingreso campesino en Latinoamérica", algo que plantea, según dijo, "un reto para los gobiernos: La inversión en tecnología."¹²

3.3.2.3 Producción Nacional

Ecuador produce diariamente 125.000 litros de alcohol destinados a la producción de bebidas alcohólicas utilizando como principal materia prima la caña de azúcar. La producción privada de etanol está a cargo de tres fábricas: PRODUCARGO, asociada al ex Ingenio Azucarero AZTRA (75 mil L/día); SIDERAL S.A., asociada al Ingenio San Carlos (20 mil L/día), y CODONA S.A., asociada al Ingenio Valdez (30 mil L/día). El costo promedio de etanol anhidro por litro en estas fábricas es de \$0,55.¹³

En la actualidad el país cuenta con aproximadamente 78.000 hectáreas de cultivo de caña de azúcar, que producen alrededor de 10 millones de sacos de 50 kilos de azúcar anualmente, pero el consumo interno es de solo 7,5 millones de sacos.

En la provincia de Manabí, el cantón que cuenta con mayor producción de este producto es Junín, en el cual existen varias destilerías dedicadas a la producción de bebidas alcohólicas. De acuerdo al estudio realizado en el año 2016 por la autora del presente trabajo, entre las empresas más destacadas por el nivel de producción están "ARTURITO" que tiene una producción diaria aproximada de 200 litros de

¹¹ Cox, G., Astudillo, J., & Tobalina, C. (2010). Proyecto de implementación de una planta productora de etanol en base a la caña de azúcar, en la península de Santa Elena. Obtenido de Repositorio de la Universidad Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1463/1/2937.pdf>

¹² Cox, G., Astudillo, J., & Tobalina, C. (2010). Proyecto de implementación de una planta productora de etanol en base a la caña de azúcar, en la península de Santa Elena. Obtenido de Repositorio de la Universidad Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1463/1/2937.pdf>

¹³ América P. (2015). Cervezas continúan liderando la producción de bebidas alcohólicas. Recuperado el 03 de febrero del 2017, por <http://www.revistasumma.com/cervezas-continuan-liderando-la-produccion-de-bebidas-alcoholicas/>

aguardiente, “LA BARBARITA” que produce aproximadamente 180 litros diarios y “SANTACRUZ” con una producción estimada entre 150 y 160 litros al día.

3.3.3 Materias Primas

3.3.3.1 Tipos de materia prima a nivel mundial

El etanol se lo puede obtener no solo de la caña, sino también del banano, yuca, arroz, maíz, trigo, sorgo, cebada, remolacha azucarera, entre otros productos. Brasil y los Estados Unidos los principales productores de etanol en el mundo utilizan como materia prima principalmente caña de azúcar y maíz respectivamente.

La caña de azúcar es hasta ahora la más eficiente materia prima para la producción de etanol: el consumo de energía fósil durante el procesamiento de la caña es mucho más pequeña que la de maíz.¹⁴

Desde el punto de vista comercial, en la producción de etanol se debe considerar la disponibilidad y el costo de las materias primas ya que estas constituyen entre el 55 al 75% del precio de venta del alcohol etílico producido.¹⁵ En la tabla 2, se aprecian los rendimientos de cada materia prima para producir etanol o alcohol etílico.

Tabla 2. Rendimientos de alcohol a partir de diferentes materias primas

Cultivo	Biomasa (Toneladas/Hectáreas)	Etanol (Litros/Hectáreas)	Etanol (Litros/Tonelada Biomasa)
Melaza	-	-	270
Caña de azúcar	9	3600	70
Remolacha azucarera	6	3000	-
Sorgo	5	1500	-
Papas	5	1800	-
Maíz	3	1200	370
Yuca	7	1800	180

Fuente: Guzmán (2013)

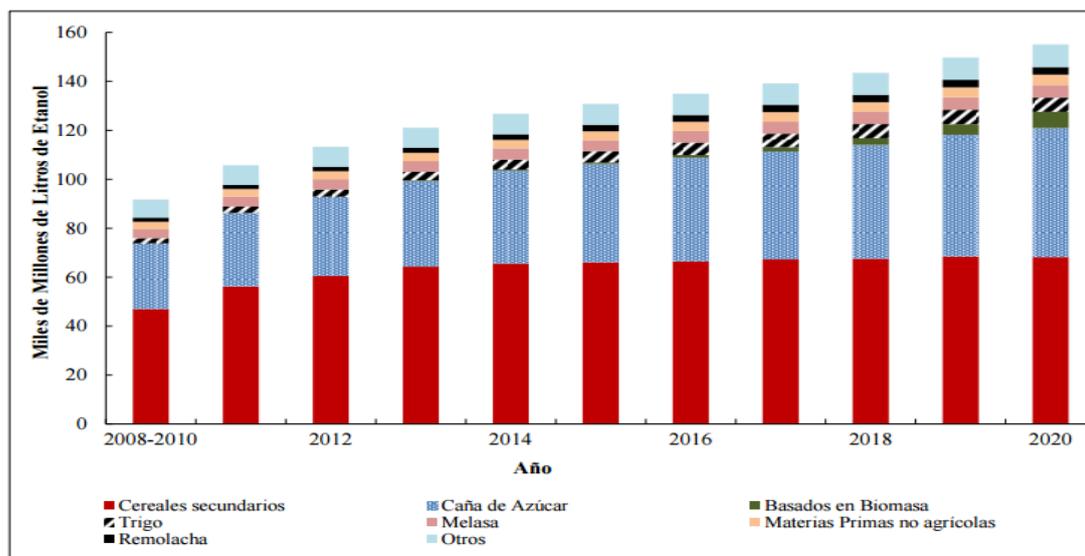
Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

¹⁴ Macedo, Seabra, & Silva. (2008). Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. . Biomass and Bioenergy, 582–595. Obtenido de Biomass and Bioenergy

¹⁵ Guzmán, L. (2013). Estudio de Factibilidad del uso de etanol anhidro en mezclas con gasolina en el Distrito Metropolitano de Quito. Obtenido de Repositorio de la Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2840/1/T-UCE-0011-25.pdf>

Los mayores rendimientos se obtienen en la fermentación de cultivos azucarados, la caña de azúcar con 3600 litros de etanol/hectárea es la que mayor rendimiento presenta pero es la que más cantidad de biomasa genera. Por su parte la materia prima que menor rendimiento muestra es el maíz con 1200 litros etanol/hectárea.¹⁶

Gráfica 1. Evolución de la producción mundial de etanol por materia prima utilizada.



Fuente: Secretariados de la OCDE y de la FAO, Perspectivas Agrícolas 2010 – 2020

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

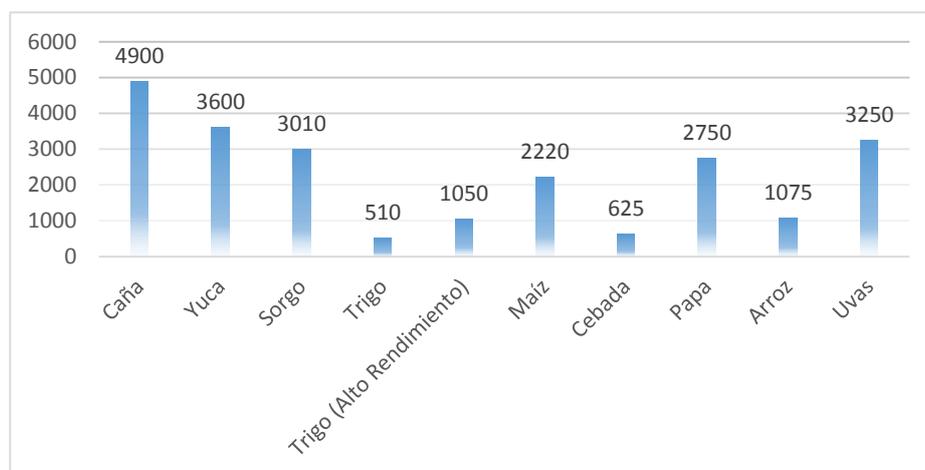
A nivel mundial durante los últimos 8 años la materia prima más utilizada han sido los cereales secundarios seguidos de la caña de azúcar. Los cereales secundarios lideran el ranking debido a que el maíz forma parte de esta categoría y es precisamente Estados Unidos el mayor productor a nivel global.

3.3.3.2 Tipos de materia prima a nivel nacional

Por su parte, en el Ecuador la caña de azúcar es la materia prima más utilizada, esto debido a las grandes cantidades de hectáreas con sembríos de este cultivo, además la caña de azúcar es empleada para la producción de azúcar, panela, entre otros. En el gráfico 2 se puede apreciar la producción de alcohol etílico por materia prima en el país.

¹⁶ Guzmán, L. (2013). Estudio de Factibilidad del uso de etanol anhidro en mezclas con gasolina en el Distrito Metropolitano de Quito. Retrieved from Repositorio de la Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2840/1/T-UCE-0011-25.pdf>

Gráfica 2. Producción de alcohol etílico por materia prima en el Ecuador
(Litros/Hectárea)



Fuente: Cox, Astudillo, & Tobalina (2010)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Con 4900 L/Ha la caña de azúcar lidera el grupo de materias primas empleadas a nivel nacional, seguido de la yuca con 3600 L/Ha y las uvas con 3250 L/Ha, más atrás vienen el sorgo, papas, maíz, arroz, trigo y cebada. Se debe considerar que la materia prima empleada depende de la región o ciudad, por ejemplo; Las uvas se emplean en la región sierra y la caña de azúcar en la costa. En la provincia de Manabí se procesa principalmente caña de azúcar siendo el cantón Junín la ciudad en donde más litros se producen debido a la gran cantidad de hectáreas de sembrío de caña.

3.3.4 Caña de Azúcar

Saccharum officinarum, habitualmente conocida como caña de azúcar o simplemente caña, es una especie de planta perteneciente a la familia de las pomáceas, es cultivada principalmente para la extracción de su jugo, a partir del cual se procesa el azúcar y otros derivados.

3.3.4.1 Producción Mundial, Nacional y Local

La mayor parte de la caña de azúcar del mundo se cultiva en áreas subtropicales y tropicales. La planta también se cultiva para la producción de biocombustibles, especialmente en Brasil, ya que las cañas pueden ser utilizadas directamente para producir alcohol etílico (etanol). Los subproductos de la elaboración del azúcar de

caña, la paja y el bagazo (fibras de caña), pueden utilizarse para producir etanol celulósico, un biocombustible de segunda generación. Otros productos de la caña de azúcar son la melaza, el ron y la cachaca (un alcohol brasileño), y la planta misma puede utilizarse como paja y como forraje para el ganado.

Tabla 3. Producción Mundial de Caña de Azúcar

PAÍS	PRODUCCIÓN (‘000 T)	ÁREA (‘000 HA)	RENDIMIENTO (T/HA)
Brasil	719,157	9,081	79.1
India	277,750	4,200	66.1
China	111,454	1,695	65.7
Tailandia	68,808	978	70.4
México	50,423	704	71.6
Paquistán	49,373	943	52.4
Filipinas	34,000	363	93.7
Australia	31,457	405	77.6
Argentina	29,000	355	81.7
Indonesia	26,500	420	63.1
EEUU	24,821	355	69.9
Ecuador	8,132	95	85.6
Resto del Mundo	76,525	-	-
Total	1,686,014	23,832	57.5

Fuente: FAO Statistics (2010)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

El mayor productor es Brasil, que con 720 millones de toneladas genera más del 40% de la producción mundial, esto sumado a las cifras de India y China da como resultado que los tres países son responsables de dos tercios de la producción mundial de caña de azúcar en un área de casi 15 millones de hectáreas. Los factores climáticos, en particular el abastecimiento de agua, son los que más influyen en la producción. Mientras que el rendimiento promedio de la caña de azúcar en el mundo es cercano a las 60t/ha, algunos países que se encuentran dentro del Resto del Mundo en la tabla anterior tienen una producción promedio de 100t/ha o más.

Según datos del INEC (2011), en Ecuador se cosechan anualmente unas 95,000 ha de caña de azúcar con una producción aproximadamente de 8,2 millones de toneladas para elaboración de azúcar y etanol, se estima que más de 30 mil empleos directos representan la industria azucarera.¹⁷

Por su parte, en la provincia de Manabí se cuenta con 104 productores de Junín, entre asociados y no asociados, que cultivan la caña en 19 comunidades de este cantón. Eso representa 700 hectáreas plantadas, que registran rendimientos entre 35 y 45 toneladas por hectáreas.

En Abdón Calderón, se tiene conocimiento de la existencia de 25 productores, que suman 45 hectáreas de plantación de caña de azúcar. En esta zona se registran rendimientos entre 45 y 50 toneladas por hectáreas. El tercer cantón con mayor cantidad de productores es Jipijapa, con 22, se tienen rendimientos entre 75 y 90 hectáreas por hectárea.¹⁸

3.3.4.2 Taxonomía

La caña de azúcar fue clasificada por Linneo en 1753 como *Saccharum officinarum*, y posteriormente sufrió numerosos intentos de sistematización por diversos autores. En el transcurso del tiempo y en la misma medida en que se producían los adelantos científicos, nuevos intentos en la sistematización de la caña se produjeron, entre ellos los estudios de Jeswiet, en los que trato de simplificar esta sistematización. En la siguiente tabla se aprecia la clasificación taxonómica de la planta:

Tabla 4. Clasificación Taxonómica de la caña de azúcar

Reino	Plantae
Subreino	Cormobionta
División	Magnoliophytina
Clase	Liliatae

¹⁷ CINCAE. (2013). Caña de Azúcar: Cultivo para la sostenibilidad. Obtenido de Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador: <http://cincae.org/cana-de-azucar-cultivo-para-la-sostenibilidad/>

¹⁸ PROMETEO. (2015). Prometeo investiga cultivos y producción de caña de Azúcar. Obtenido de Gobierno Provincial de Manabí: <http://manabi.gob.ec/index.php/es/noticias/prometeo-investiga-cultivos-y-produccion-de-cana-de-azucar.html>

Orden	Poale
Familia	Poaceae (Gramineae)
Tribu	Andropogonoidea
Género	Saccharum
Especies	<i>Saccharum officinarum</i> L. <i>Saccharum robustum</i> Jesw. <i>Saccharum spontaneum</i> L. <i>Saccharum barberi</i> Jesw. <i>Saccharum sinense</i> Jesw.

Fuente: Pretell Víctor (2013)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

3.3.4.3 Composición Química

La Caña está constituida principalmente por jugo y fibra, siendo la fibra la parte insoluble en agua formada por celulosa, la que a su vez se compone de azúcares simples como la glucosa (Dextrosa). A los sólidos solubles en agua presentes en la caña de azúcar, expresados como porcentaje y representados por la sacarosa, azúcares reductores y otros componentes, comúnmente se les conoce como Brix.

La relación entre el contenido de Sacarosa presente en el jugo y el Brix se denomina Pureza del Jugo. El contenido "Aparente" de Sacarosa, expresado como un % en peso y determinado por polarimetría, se conoce como "Pol". Los Sólidos Solubles diferentes de la Sacarosa, que contempla los Azúcares Reductores como la Glucosa y la Fructuosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, se denominan usualmente "No Pol" o "No Sacarosa", los cuales corresponden porcentualmente a la diferencia entre Brix y Pol.¹⁹

Tabla 5. Composición Química de la caña de Azúcar

CONSTITUYENTE QUÍMICO PORCENTAJE*	
EN EL TALLO	
Agua	73-76

¹⁹ Aguirre, M., & Poveda, C. (2011). Jugo de Caña de Azúcar envasado en vidrio. Obtenido de Repositorio de la Escuela Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14844/1/Jugo%20de%20Ca%C3%BA%20de%20azucar%20envasado%20en%20vidrio.pdf>

Sólidos	24-27
Sólidos Solubles (Brix)	10-16
Fibra (Seca)	11-16
EN EL JUGO	
Azúcares	
Sacarosa	75-92
Glucosa	70-88
Fructosa	2-4
Sales	
Inorgánicas	3,0-3,4
Orgánicas	1,5-4,5
Ácidos Orgánicos	1-3
Aminoácidos	1,5-5,5
Otros	
Proteínas	0,5-0,6
Almidones	0,001-0,050
Gomas	0,3-0,6
Ceras, grasas, etc.	0,15-0,50
Compuestos fenólicos	0,10-0,80

Fuente: Aguirre & Poveda (2011)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

3.3.4.4 Maduración y su índice

Algunos de los índices visuales de maduración de la caña de azúcar son: el amarillamiento y secado de las hojas; el sonido metálico de las cañas maduras cuando son golpeadas; y la aparición de cristales de azúcar brillantes cuando la caña madura es cortada en forma inclinada y es mantenida a contraluz.

3.3.4.5 Variedades utilizadas para la obtención de aguardiente.

Las variedades más importantes son aquellas donde la concentración de sacarosa en la caña es mayor, variando de un 8% a un 14% en peso. Las expectativas del sector de producción de caña de azúcar son de crecimiento sostenible.²⁰

El aprovechamiento industrial de la caña de azúcar en nuestro país se reduce a la obtención de azúcar cruda, blanca, refinada, alcohol, melaza y panela. La variedad Ragnar es la que más se cultiva, cubriendo el 80 % del área sembrada, y el resto están repartidas con las variedades: Azul Casagrande, B.J. 6808, Puerto Rico 980 y Campo du Brasil, entre otras.²¹

3.3.5 Procesos de producción del alcohol etílico a partir del jugo de caña.

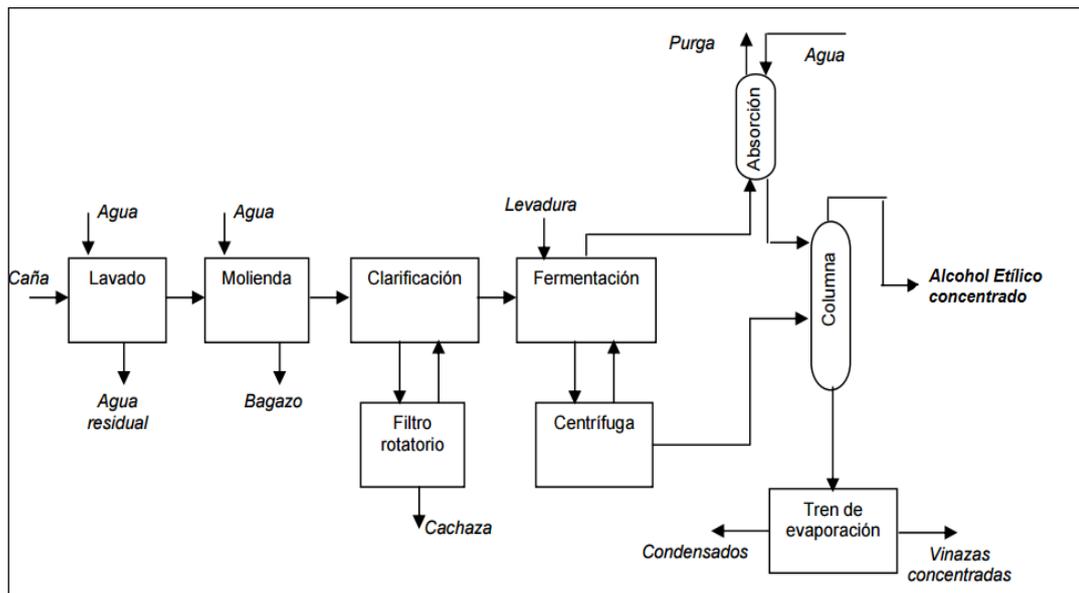
3.3.5.1 Proceso de producción industrial del alcohol etílico.

El alcohol etílico se encuentra identificado en tres partidas: Alcohol etílico sin desnaturalizar, con una concentración alcohólica, en volumen del 80% o más; Alcohol etílico sin desnaturalizar, con una concentración alcohólica en volumen inferior al 80%; y, Alcohol etílico y otros alcoholes desnaturalizados de cualquier concentración alcohólica (no aptos para el consumo humano).

²⁰ Ávila, I. (2011). Variedades de caña de azúcar en Ecuador. Obtenido de Repositorio de la Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3327/1/TESIS.pdf>

²¹ CINCAE. (2013). Caña de Azúcar: Cultivo para la sostenibilidad. Obtenido de Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador: <http://cincae.org/cana-de-azucar-cultivo-para-la-sostenibilidad/>

Figura 1. Diagrama general de proceso industrial para obtención de etanol a partir de caña de azúcar



Fuente: Cardona, Sánchez, Montoya, & Quintero (2005)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

a. Lavado

La etapa del lavado tiene la función de eliminar cualquier tipo de suciedad presente en la caña de azúcar tal como tierra, hojas, entre otros. Para esta etapa se suele usar un tanque de lavado cuya capacidad depende de la producción o la cantidad de caña que se va a procesar. La temperatura del agua por lo general es de 30 °C o ambiente.²²

b. Clarificación

El proceso de extracción y clarificación del jugo a partir de caña de azúcar (11–15% en peso de sacarosa) consta de los siguientes pasos²³:

1. La caña recolectada es lavada con agua a 40°C y llevada a unas desfibradoras que se encargan de cortar los tallos y desfibrar la caña, para facilitar la extracción de una mayor cantidad de jugo.

²² Pérez, A. (Mayo de 2012). Evaluación del proceso de producción de etanol carburante a partir de Caña azucarera, remolacha azucarera y maíz. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://quimiart.files.wordpress.com/2012/05/evaluac3b3n-del-proceso-de-producc3b3n-de-etanol-carburante-a-partir-de-cac3b1a-azucarera-remolacha-azucarera-y-mac3adz.pdf>

²³ Montoya, M., & Quintero, J. (Enero de 2005). Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1043/1/mariaisabelmontoyarodriguez.2005.pdf.pdf>

2. La caña pasa luego a un grupo de molinos, donde se exprime por presión para extraer el jugo. En el recorrido de la caña por los molinos se agrega agua caliente para extraer el máximo de cantidad de sacarosa.
3. El jugo obtenido es sometido a un proceso de depuración. Se realiza un precalentamiento entre 65–70°C, luego se adiciona dióxido de azufre SO₂ (etapa de sulfitación) con el fin de disminuir el color, aumentar el brillo, eliminar microorganismos y disminuir viscosidad; posteriormente se hace una neutralización adicionando óxido de calcio (CaO) y finalmente se lleva a los clarificadores donde se elimina arena, arcilla, silicatos, cal y Mg por medio de una floculación y una sedimentación. De los clarificadores se obtiene el jugo claro y unos lodos que deben ser filtrados.²⁴
4. El lodo sedimentado en los clarificadores, se extrae de ellos utilizando bombas y se pasa por un filtro rotatorio al vacío de los que se obtiene un jugo filtrado que es llevado de nuevo a los clarificadores.

c. Prefermentación

En este proceso se desarrollan las levaduras, se utilizan levaduras de alta calidad, principalmente de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, cuidadosamente seleccionadas y purificadas. Los cultivos de levadura se activan en el laboratorio a una temperatura de 30 °C, pasando posteriormente a un semillero de fábrica, donde son adicionados los elementos necesarios para su crecimiento y reproducción del semillero, la levadura pasa a los pre-fermentadores, donde se incorporan el jugo y la miel provenientes de los tanques de almacenamiento ya combinados por un mezclador en línea. Esta miel diluida es conocida como mosto. El objetivo de la pre fermentación es que la levadura crezca y se multiplique, pero sin producir alcohol. Esto se logra añadiendo una fuerte corriente de aire al proceso.²⁵

²⁴ Pérez, L. (7 de Marzo de 2011). LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA. CÓMO SE PRODUCE Y APLICACIONES. Recuperado el 22 de Julio de 2016, de <https://biotecnologia.fundaciontelefonica.com/2011/03/14/la-fermentacion-alcoholica-como-se-produce-y-aplicaciones/>

²⁵ SER. (2014). Producción de Alcohol Nicaragua. Obtenido de Nicaragua Sugar: http://www.nicaraguasugar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=185

d. Fermentación

En el proceso de fermentación tradicional se basa en el uso de levaduras que transforman los azúcares de seis carbonos, tales como glucosa, en etanol. La fermentación se lleva a cabo mediante la levadura *S. cerevisiae* que es continuamente recirculada desde una centrífuga ubicada aguas abajo del fermentador, debido a que algunas células mueren es necesario reponer células nuevas las cuales son alimentadas junto a una fuente de nitrógeno (amoníaco). Los gases formados en la fermentación son retirados y enviados a una torre de adsorción en la cual se debe recuperar el 98% en masa del etanol arrastrado.²⁶

e. Destilación

En esta operación se efectúa la separación del alcohol del agua aprovechando sus diferentes puntos de ebullición. El etanol, debido a estructura molecular, tiene un punto de ebullición más bajo que el agua (78.5° C a nivel del mar), por lo tanto, se separa de ésta al alcanzar esta temperatura empleando una columna de fraccionamiento.²⁷

3.3.5.2 Proceso de producción a nivel artesanal del alcohol etílico.

A nivel artesanal, el proceso de producción posee tres etapas claves para la obtención del aguardiente de caña como son: la molienda de la caña, la fermentación del jugo y la destilación.

Para la extracción del jugo de caña o también conocido como guarapo, los artesanos utilizan generalmente molinos horizontales de 3, 4 o 5 masas distinguidos por numeraciones, dependiendo de la cantidad de caña a procesar y del rendimiento que estos quieran obtener. Estos molinos están impulsados por un motor, el cual en la mayoría de los casos suele ser a diésel, con una potencia de 17 hasta 24 HP. El jugo que se extrae posee un alto porcentaje de fibra en su contenido por lo que se le realiza un filtrado previo a la fermentación.

²⁶ Montoya, M., & Quintero, J. (Enero de 2005). Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1043/1/mariaisabelmontoyarodriguez.2005.pdf.pdf>

²⁷ Ramales, M., & Ortíz, E. (2006). El proceso de elaboración del mezcal. Obtenido de Observatorio de la Economía Latinoamericana: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2006/mcro-mezcal2.htm>

Una vez extraído el guarapo, este pasa por medio de bombeo o por traslado manual a tanques fermentadores, los cuales previamente están adicionados con la denominada “madre”. Esta “madre” es obtenida de la sedimentación de un guarapo previamente fermentado, es decir, biomasa microbiana, la cual está compuesta de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).

La fermentación en la mayoría de las destilerías suele tener un tiempo de duración de 3 a 4 días, dependiendo del ° Brix que posea el fermento previo a la destilación. Generalmente el proceso fermentativo finaliza cuando este fermento se encuentra con 9 o 10 °Brix, entonces se considera óptimo para destilar.

Luego que terminada la etapa de fermentación, el fermento pasa a los denominados precalentadores, los cuales están hechos de acero inoxidable y en donde se precalienta el contenido a una temperatura de alrededor de 50 a 65°C por medio de intercambio de calor con un serpentín de cobre que se encuentra en el interior del precalentador por donde pasa el alcohol etílico una vez destilado en estado líquido.

El fermento precalentado pasa por medio de una manguera a la paila de destilación, la cual se tapa y sella para luego iniciar el proceso de destilado. Toda la columna se calienta a altas temperaturas por medio de un horno en el cual se enciende leña seca. La torre de destilación en el caso de las destilerías artesanales cuenta con 4 a 5 platos, esto dependiendo del volumen de fermento a procesar.

Ya en la cabeza de la columna se procede a condensar el alcohol etílico con la ayuda de una corriente de agua que proviene de un tanque elevado.

El control de la temperatura es importante debido a que una temperatura muy alta o muy baja tiene repercusiones no deseadas en la obtención del producto. Una temperatura muy alta puede causar el arrastre de subproductos a los garrafones, además de que calienta demasiado el agua de enfriamiento perdiendo su eficiencia de condensación. Una temperatura muy baja provoca que el líquido salga en forma cortada o que simplemente no salga.

El condensado recorre el serpentín que se encuentra en el precalentador para seguidamente pasar a otro el cual se encuentra sumergido en agua. Realizado este enfriamiento el aguardiente cae en tanques contenedores.

El alcohol obtenido sale en diferentes concentraciones, siendo las primeras fracciones destilas de alto grado alcohólico. A medida que se realiza la destilación, el grado de alcohol del aguardiente disminuye hasta obtener un producto final con una concentración homogénea superior a los 60%(v/v).

3.3.6 Requisitos para exportación y de calidad del alcohol étílico.

Ecuador exporta entre el 70 y el 80% del alcohol que se fabrica, es decir, entre unas 20 y 30 mil toneladas, según los industriales guayaquileños²⁸ siendo los principales destinos los mercados de Canadá, Brasil y Alemania.

Para realizar la exportación hay que cumplir con toda la normativa, dependiendo del producto o tipo de bebida alcohólica que se desea exportar, es importante primero sacar el Registro de Exportador y para ello es necesario tener el RUC, luego adquirir el certificado digital para firma electrónica y autenticación dados por el Banco Central o Security Data²⁹

3.3.6.1 Calidad del producto y norma

En el Ecuador el alcohol étílico rectificado para bebidas debe cumplir con requisitos impuesto por la norma NTE INEN 362:2014 en su quinta revisión.

²⁸ Cox, G., Astudillo, J., & Tobalina, C. (2010). Proyecto de implementación de una planta productora de etanol en base a la caña de azúcar, en la península de Santa Elena. Obtenido de Repositorio de la Universidad Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1463/1/2937.pdf>

²⁹ Regalado, L. (2016). Propuesta de lineamientos gerenciales y de gestión que facilite la generación de oportunidades de negocios para los productos no petroleros, no tradicionales del Ecuador desde el 2013, en el mercado internacional. Obtenido de Repositorio de la Universidad Internacional del Ecuador: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1356/1/T-UIDE-1052.pdf>

3.3.6.1.1 NTE INEN 362:2014. Bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña. Requisitos

✓ Objeto

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el aguardiente de caña, para ser considerado apto para el consumo humano

✓ Requisitos organolépticos

El alcohol etílico rectificado debe ser transparente e incoloro, de sabor y olor característico.

El alcohol etílico rectificado debe cumplir con los requisitos físicos y químicos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 6. Requisitos de parámetros físicos y químicos del alcohol etílico de acuerdo a la NTE INEN 362:2014

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Grado Alcohólico a 20°C	%v/v	28	50	NTE INEN 340
Furfural	mg/100 cm ³ *	-	1,5	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores	mg/100 cm ³ *	-	150	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100 cm ³ *	-	10	NTE INEN 347 o 2014

* El volumen de 100 cm³ corresponde al alcohol absoluto

Nota: Los alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico

Fuente: NTE INEN 362 (2014)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

3.3.6.1.2 Grado Alcohólico a 20°C

El grado de alcohol es el porcentaje de alcohol dentro de un producto líquido. Se mide en porcentaje de volumen % vol. Es el volumen de alcohol dividido entre el volumen total del producto líquido.

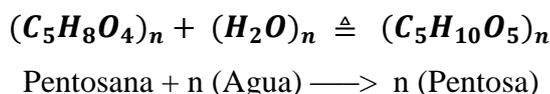
La mezcla de las bebidas alcohólicas con refrescos u otras bebidas no alcohólicas rebaja su graduación alcohólica total. De acuerdo a la normativa ecuatoriana el grado alcohólico se debe determinar mediante el método de ensayo NTE INEN 340.

3.3.6.1.3 Furfural

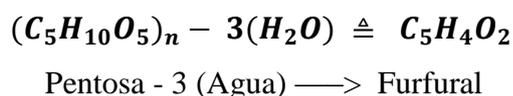
Furfural, o furfuraldehído, aldehído orgánico líquido, de fórmula $C_5H_4O_2$, que se obtiene por la destilación con ácido clorhídrico o sulfúrico del salvado, y otros productos ricos en pentosas. El grupo de compuestos al que pertenece el furfural se denominan furanos. El furfural, en estado puro, es un líquido aceitoso incoloro, con un olor a almendras agrias, que expuesto al aire se vuelve pardo rojizo.

Las pantosanas se hidrolizan a pentosas, en catálisis en medio ácido acuoso, y a su vez, estas por medio de un proceso unificado se deshidratan a furfural³⁰. Por estequiometría las dos reacciones son:

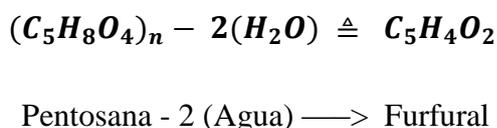
Eq. 2. Hidrólisis de Pentosanas:



Eq. 3. Deshidratación de las Pentosas:



Eq. 3. Reacción General:



▪ Propiedades físicas

El Furfural produce muchos derivados, es inflamable, al evaporar, este se mezcla con aire y da lugar a una mezcla explosiva (límite de explosión es 2.1%).

³⁰ Amaya, F., Flores, O. (2011). Estudio de ingeniería sostenible para la obtención de furfural como subproducto de agroindustria del maíz. Recuperado el 15 de enero del 2017, de <http://ri.ues.edu.sv/32/1/10136494.pdf>.

- ✓ Estado de agregación: líquido
- ✓ Apariencia: Aceite incoloro
- ✓ Densidad: 1160 kg/m³; 1,16 g/cm³
- ✓ Masa molar: 96,09 g/mol g/mol
- ✓ Punto de fusión: 236.5 K (-36.5 °C)
- ✓ Punto de ebullición: 434.7 K (161.7 °C)
- ✓ Temperatura crítica: 670 K (°C)
- ✓ Índice de refracción: 1.5261 (20° C)

▪ **Propiedades químicas**

Es poco soluble en agua, y muy soluble en etanol, éter, benceno, acetona y cloroformo etc. Puede solucionar muchos solventes orgánicos.

▪ **Peligrosidad**

- ✓ Punto de inflamabilidad: 335 K (62 °C)
- ✓ Temperatura de autoignición: 588 K (315°C).³¹

El bagazo constituye el mayor subproducto de la Industria Azucarera y se usa fundamentalmente en la generación de energías térmica y eléctrica, para el consumo de los ingenios y plantas de derivados, como materia prima para la producción de tableros, alimento animal, furfural, y más reciente para la producción de bioetanol. La etapa de hidrólisis de furfural, coincide con la primera etapa de pretratamiento ácida de la tecnología de etanol de residuos lignocelulósicos, a partir de ahí existe formación de este compuesto en el alcohol etílico.³²

El efecto tóxico del furfural en humanos es fundamentalmente: irritante de vías respiratorias, dérmico y ocular (a temperatura de 25°C, presenta un riesgo limitado de toxicidad).

³¹ Rivera, M., & Aguilera, J. (2000). Propiedades Físicas y Termodinámicas del Furfural. Obtenido de Tecnología Química Vol. XX, No. 1.

³² Verelst, H., Morales, M., Mesa, L., & González, E. (2010). Reconversión y simulación de la producción de furfural con la tecnología de etanol de bagazo. Obtenido de Centro de Análisis de Procesos. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba: <http://centroazucar.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2010/1/13.pdf>

Puede causar efectos tóxicos si es inhalado o ingerido. El contacto con la sustancia puede causar quemaduras graves a la piel y ojos. El fuego producirá gases irritantes, corrosivos y/o tóxicos. Los vapores pueden causar mareo o sofocación. Escapes al control del fuego o diluido en agua puede causar contaminación. (Rivera & Aguilera, 2000)³³

3.3.6.1.4 Alcoholes superiores

Son los homólogos superiores del etanol; propanol, isobutanol, butanol, isoamilol, amilol. Estos alcoholes tienen más de 2 átomos de carbono, que son los productos nocivos de la fermentación alcohólica que se encuentra en la mayoría de las bebidas alcohólicas.³⁴ La proporción en que se encuentra cada uno de los compuestos depende de las condiciones en las que se produjo la fermentación además de la materia prima utilizada³⁵.

Estos alcoholes se forman cuando la fermentación alcohólica se produce a temperaturas altas, con pH bajos y cuando la actividad de la levadura está limitada por el contenido de nitrógeno³⁶. Durante el proceso fermentativo las levaduras son capaces de producir alcoholes superiores en diferentes concentraciones.

3.3.6.1.5 Metanol

Un componente que se forma en el proceso y que acompaña al etanol hasta el final es el Metanol, el cual sólo se separa del etanol cuando éste último está en altas concentraciones y ello ocurre en el tope de la columna rectificadora en donde el etanol alcanza el 96% de concentración. En esas condiciones, el metanol se convierte en más volátil, y por lo tanto va al tope de la columna. Para poder retirarlo, se hace entonces una extracción de uno de los condensadores de cabeza, en tanto del alcohol etanol de 96% se extrae unos platos más abajo del tope, como dando lugar a que se separe completamente de la presencia de metanol.³⁷

³³ Rivera, M., & Aguilera, J. (2000). Propiedades Físicas y Termodinámicas del Furfural. Obtenido de Tecnología Química Vol. XX, No. 1.

³⁴ Mayer, L. (1987). Métodos de la Industria Química. Barcelona: Editorial Reverté.

³⁵ Íñiguez, J. (Junio 2010). Recuperado el 01 de Diciembre del 2016, de <http://centroazucar.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2011/4/2.pdf>

³⁶ Alcohol de fusel. Available: [http:// www.worldlingo.com](http://www.worldlingo.com)

³⁷ Alcano. (2011). Elaboración de Alcohol Etilico. Obtenido de <http://www.alconoa.com.ar/documentos/Elaboracion%20Alcohol%20Etilico.pdf>

3.3.7 Derivados a partir del etanol

Tabla 7. Requisitos de parámetros físicos y químicos de licores de acuerdo a la NTE INEN 1837

REQUISITOS	UNIDAD	Tipo de producto						MÉTODO DE ENSAYO
		A		B		C		
		min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	
Grado alcohólico a 15 °C	GL	15	45	15	45	15	45	NTE INEN 340
Acidez total, como ácido acético	mg/100 cm ³	-	1,5	-	3	-	3	NTE INEN 341
Ésteres, como acetato de etilo	mg/100 cm ³	-	2	-	10	-	10	NTE INEN 342
Aldehídos, como etanal	mg/100 cm ³	-	0,5	-	2	-	2	NTE INEN 343
Furfural	mg/100 cm ³	-	0	-	0	-	0	NTE INEN 344
Metanol	mg/100 cm	-	2	-	30	-	30	NTE INEN 345
Alcoholes superiores	mg/100 cm ³	-	0,5	-	5	-	5	NTE INEN 347

A Licores fabricados en base de alcohol etílico rectificado extra neutro, INEN 1 675.

B Licores fabricados en base de alcohol etílico rectificado, INEN 375.

C Licores fabricados en base de aguardiente de caña rectificado, INEN 362

Fuente: NTE INEN 1837

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En el Ecuador se distribuyen varios productos que usan el alcohol etílico como materia prima o insumo para su producción, el Reglamento Técnico INEN 032 establece los requisitos que deben cumplir las bebidas alcohólicas destinadas al consumo con el propósito de prevenir riesgos a la salud. En la siguiente tabla se ponen a consideración los productos que se distribuyen en el país:

Tabla 8. Bebidas alcohólicas requisitos de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana

PRODUCTO	NORMATIVA	PRODUCTO	NORMATIVA
Aguardiente de caña rectificado	NTE INEN 362	Anisado	NTE INEN 370
Ron	NTE INEN 363	Vinos	NTE INEN 372
Ginebra	NTE INEN 364	Vino de frutas	NTE INEN 374
Whisky	NTE INEN 365	Alcohol etílico rectificado	NTE INEN 375
Brandy	NTE INEN 366	Alcohol etílico rectificado extraneutro	NTE INEN 1 675
Gin	NTE INEN 367	Licores	NTE INEN 1 837
Pisco	NTE INEN 368	Licores de fruta	NTE INEN 1 932
Vodka	NTE INEN 369	Cerveza	NTE INEN 2 262

Fuente: NTE INEN 032

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

3.3.8 Composición del alcohol etílico

Tabla 9. Composición del Alcohol Etílico

COMPUESTO	% DE COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Etanol	55 – 95 %		
Agua	5 – 45 %		

Alcoholes Superiores	0 – 1 %	Son los homólogos superiores del etanol; propanol, isobutanol, butanol, isoamilol, amilol... Estos alcoholes tienen más de 2 átomos de carbón, que son los productos nacidos de la fermentación alcohólica que se encuentra en la mayoría de las bebidas alcohólicas. (Mayer, 1987)
Furfural	0 – 3 %	Furfural es un aldehído industrial derivado de varios subproductos de la agricultura, maíz, avena, trigo, aleurona, aserrín. Es un disolvente producido a partir de las pentosanas de las planta, complejos de hidratos de carbono contenidos en la celulosa de los tejidos vegetales. (Ramírez & Rosas, 2015)
Metanol	0 – 30 %	

Fuente: Varios Autores

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

3.3.9 Efectos del alcohol etílico de baja calidad sobre el organismo

A pesar de las múltiples evidencias acerca de los efectos adversos en la salud humana ocasionados por el consumo de etanol, no existe conciencia clara de esta situación en la comunidad general. Sus altos índices de consumo, su comprobado efecto tóxico sobre la salud, sus repercusiones negativas sobre los roles sociales del individuo, unidos al hecho de ser una sustancia legal y socialmente aceptada, señalan al alcohol etílico como un verdadero problema de salud pública, sobre el cual es necesario llamar la atención. (Téllez & Cote, 2006)³⁸

³⁸ Téllez, J., & Cote, M. (2006). Un tóxico de alto riesgo para la salud humana socialmente aceptado. Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, 33-34.

El mecanismo de acción del alcohol etílico en el organismo parece actuar mediante la modificación de las membranas celulares en lugar de por unión a los receptores específicos sobre las neuronas como otros compuestos. El alcohol se disuelve en la capa lipídica de las membranas celulares, provocando un aumento de su fluidez. Este cambio puede modificar las acciones de receptores específicos o canales de iones, dando lugar a los muchos efectos conductuales de etanol. (Gilbert, 2014)³⁹

Efectos médicos en el Organismo (largo y corto plazo) de la ingesta de Alcohol, en pequeñas cantidades puede:

- Perturbar la razón y el juicio
- Retardar los reflejos
- Dificultar el habla y el control muscular
- Provocar la pérdida del equilibrio
- Disminuir la agudeza visual y auditiva
- Relajar y disminuir la ansiedad
- Dificultar la capacidad de reacción
- Desinhibir, provocar sensación de euforia, locuacidad
- Irritar las paredes del estómago e intestino
- Provocar náuseas y vómitos por irritación de las paredes del estómago
- Alterar la absorción de sustancias nutritivas, especialmente las vitaminas B
- Dilatar o expandir los capilares de la piel.

En grandes cantidades puede:

- Provocar pérdida de conocimiento
- Producir gastritis crónica
- Alterar el funcionamiento general del hígado provocando un daño celular que se traduce, finalmente, en cirrosis hepática.
- Provocar una hepatitis aguda, que eventualmente puede llevar a la muerte
- Provocar hemorragia digestiva
- Causar la muerte por parálisis respiratoria y compromiso cardiovascular.

³⁹ Gilbert, S. (2014). Ethyl Alcohol: A Small Dose of Alcohol. Obtenido de Toxipedia: <http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Ethyl+Alcohol>

3.3.9.1 Efectos del Furfural y los Alcoholes Superiores sobre la salud.

▪ Furfural

Este compuesto puede generar ciertos efectos agudos en la salud, los cuales pueden ocurrir inmediatamente o tiempo después de la exposición al furfural.

- ✓ En contacto puede causar irritación en la piel y ojos
- ✓ Al respirar furfural puede causar irritaciones en la nariz, garganta, pulmones o causar ausencia de aire. En mayores exposiciones produce la acumulación de fluidos en pulmones.
- ✓ Una exposición a elevadas concentraciones puede generar mareos, desmayos o pérdida del sentido.

Otros efectos crónicos o a largo plazo sobre la salud pueden ocurrir luego de la exposición o años después de esta.

- ✓ Es posible que el furfural cause alergias en la piel, así como picazones y salpullidos.
- ✓ Una repetida exposición puede ser causante de la pérdida del gusto, lengua entumecida, fatiga, dolores de cabeza, entre otros.
- ✓ La exposición a largo plazo puede desencadenarse en daños al hígado⁴⁰.

▪ Alcoholes Superiores

Existe la creencia que este tipo de alcoholes son los que producen los síntomas de resaca como dolor de cabeza, náuseas, entre otros⁴¹, sin embargo cada uno de estos alcoholes pueden acarrear ciertos daños como:

- ✓ Isopropanol: puede producir ligeras irritaciones de ojos, nariz y garganta.
- ✓ Propanol: generalmente irrita las mucosas y deprime el sistema nervioso central.
- ✓ Isobutanol: puede producir irritación ocular en concentraciones que superan los 100pm.
- ✓ Isoamílico: causa dolor abdominal, inconsciencia, mareos, náuseas, entre otros.

⁴⁰ Departamento de Salud y Servicios para personas mayores de New Jersey. (2000). Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. Recuperado el 15 de enero del 2017, de <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0953sp.pdf>.

⁴¹ Ecured. (2003). Aceite de fusel. Recuperado el 15 de enero del 2017, de https://www.ecured.cu/Aceite_de_fusel

- ✓ Amílico: presentan síntomas como cefalea, mareo, náuseas, vómitos, diarrea, delirio y narcosis⁴².

3.3.10 Fermentación

La fermentación es un proceso catabólico (rompimiento de compuestos complejos a compuesto sencillos) oxidativo (intercambio de electrones) de cuyo resultado obtenemos un compuesto orgánico. El producto final varía según el sustrato.⁴³

Las tecnologías y equipos requeridos para la fermentación son muy similares para las diferentes materias primas. Los procesos a partir de azúcar (caña de azúcar) y almidón (maíz y trigo) son actualmente los de mayor aplicación a escala comercial y pueden llevarse a cabo de tres modos: Lotes, lotes alimentados o en continuo. Dentro de estos modos los reactores batch siguen siendo la tecnología de fermentación más utilizada.⁴⁴ Aunque particularmente en Brasil los que mayor aplicación han encontrado son los de lotes alimentados⁴⁵ gracias a que con estos se logran altos rendimientos al incrementar progresivamente la concentración de levadura.⁴⁶

3.3.10.1 Parámetros de control en el proceso de fermentación

a. Concentración de Azúcares (°Brix)

Los azúcares son la materia prima para la producción de alcohol, la concentración en el proceso de fermentación debe estar entre 14 a 20 °Brix (UNAD, 2011). Las concentraciones altas de azúcar provocan un descenso en la velocidad de la fermentación y a concentraciones bajas se requiere mayor volumen para la

⁴² Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Propiedad de los alcoholes. Recuperado el 15 de enero del 2017, de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo4/104_03.pdf

⁴³ Serrano, Y. (2015). El proceso de Fermentación. Retrieved from Scribd: <https://es.scribd.com/doc/313179697/Proceso-de-fermentacion-pdf>

⁴⁴ Gregg, & Saddler. (1995). Bioconversion of lignocellulosic residue to ethanol: Process Flowshet Development. *Biomass and Energy*, 287-302.

⁴⁵ Echegaray, Carvalho, & Fernandez, S. (2000). Fed-batch culture of *Saccharomyces cerevisiae* in sugar-cane blackstrap molasses: Invertase activity of intact cells in ethanol fermentation. *Biomass and Bioenergy*, 39-50.

⁴⁶ Montoya, M., & Quintero, J. (Enero de 2005). Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1043/1/mariaisabelmontoyarodriguez.2005.pdf.pdf>

fermentación. La concentración de azúcar es un valor que se debe considerar ya que esta afecta la velocidad de la fermentación.⁴⁷

b. pH

El rango de pH dentro del cual las levaduras fermentadoras realizan su actividad está comprendido entre 4.5 y 5.0 aunque pueden sobrevivir en medios donde el pH se encuentra entre 3.5 y 7.5, sin embargo, es recomendable utilizar un sustrato donde este parámetro se encuentre en un rango óptimo para su desarrollo.

La fermentación se realiza a pH ácido, en alrededor de 3,5. Este valor queda incluido en el rango indicado anteriormente; por eso el mosto constituye un medio propicio para el desempeño de la levadura. El bajo grado de acidez no permite que en él se desarrollen agentes patógenos. Por ello las levaduras son una especie de microorganismos privilegiados al servicio del hombre.

c. Temperatura

En la fermentación a partir de glucosa y/o xilosa, la masa sacarificada se ingresa a una temperatura de 32°C a una cascada de fermentadores en los que se encuentra la levadura, allí se permite un tiempo de residencia de unas 46 horas a un pH sobre 3,5 y una temperatura no superior a 34°C.⁴⁸

La temperatura a que se realiza la fermentación alcohólica afecta directamente a la evolución de la misma en distintos aspectos:

- La duración de la fermentación disminuye al aumentar la temperatura.
- La población viable de levaduras disminuye a medida que disminuye la temperatura.
- La síntesis de ácidos grasos de cadena corta, que se produce desde el inicio de la fermentación, es mayor cuanto más baja es la temperatura de

⁴⁷ Jara, J. (2015, Diciembre 29). Fermentación. Retrieved from Documents.mx: <http://documents.mx/documents/fermentacion-5681ff7138426.html>

⁴⁸ Mcaloon, Taylor, Yee, Ibsen, & Wooley. (2000). Determining the Cost of Producing Ethanol from Corn Starch and Lignocellulosic Feedstocks. National Renewable Energy Laboratory Biotechnology Center for Fuels and Chemicals.

fermentación. Por tanto, su acción inhibidora tendrá más importancia a dichas temperaturas.

El consumo de materia nitrogenada durante la fermentación es mayor a altas temperaturas. A bajas temperaturas, aunque las levaduras tengan suficiente cantidad de estos compuestos necesarios para su desarrollo, no son capaces de asimilarlo.⁴⁹

d. Concentración de microorganismos

La concentración de microorganismos es un aspecto muy importante en el proceso fermentativo, se debe agregar al sustrato la cantidad adecuada en base a la cantidad de nutrientes y oxígeno en caso de ser un proceso aerobio, si se añade una concentración muy baja la velocidad de fermentación se reducirá, los microorganismos contribuyen en gran medida al sabor de los productos fermentados. La levadura se recupera mediante el uso de centrifugas continuas y se recircula al proceso.⁵⁰ La concentración del etanol en el caldo de salida del fermentador es generalmente de 9% en peso (12% en volumen).⁵¹

3.3.10.2 Tipos de fermentación

a. Fermentación Anaerobia

Este tipo de fermentación se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. Se debe a las actividades de ciertos microorganismos, los cuales se encargan de procesar azúcares, como la glucosa, la fructosa, etc. (hidratos de carbono), dando como resultado un alcohol a modo de etanol, CO₂ (gas) y ATP (adenosín trifosfato), moléculas que son utilizadas por los propios microorganismos en sus metabolismos energéticos.⁵²

Eq. 5. Balance energético de la fermentación anaerobia



⁴⁹ Santamaría, López, Gutiérrez, & García. (1995). Influencia de la temperatura en la fermentación alcohólica. ZUBÍA Monográfico, 137-149.

⁵⁰ Gregg, & Saddler. (1995). Bioconversion of lignocellulosic residue to ethanol: Process Flowsheet Development. Biomass and Energy, 287-302.

⁵¹ Montoya, M., & Quintero, J. (Enero de 2005). Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1043/1/mariaisabelmontoyarodriguez.2005.pdf.pdf>

⁵² Lopatinsky, M. (2008). Obtención de Biocombustible orgánico a partir de Zea Mays con aplicación de Alfa-Amilasa. Obtenido de Repositorio de la Escuela Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7777/1/D-39045.pdf>

La transformación de glucosa en alcohol supone la cesión de 40 kcal. Mientras que la formación de un enlace de ATP necesita 7,3 kcal, por tanto, se requerirán 14,6 kcal, al crearse dos enlaces de ATP. Esta energía es empleada por las levaduras que llevan a cabo la fermentación alcohólica para crecer. De forma que sólo quedan, 25,6 kcal que se liberan, calentando la masa de fermentación.⁵³

3.3.10.3 Fermentación Aerobia

La fermentación alcohólica no es una utilización eficiente del sustrato glucídico, fundamentalmente por su carácter anaerobio. Si se compara con el proceso aerobio de la glucosa se llega a la conclusión de que esta última pone a disposición de la actividad celular de las levaduras, un 40,4 % del total de la energía. En cambio, en la fermentación sólo se consigue abastecer a las células de las levaduras con un 2,16 % de la energía total, almacenada en forma de ATP.⁵⁴

Pese a esta baja eficiencia energética con respecto al proceso aerobio, se recurre a la fermentación alcohólica en la fabricación de diversos productos alimenticios como: pan, vino, cerveza, champagne, todo tipo de bebidas alcohólicas fermentadas y chocolate. Asimismo, las bebidas destiladas, como por ejemplo el brandy, se obtienen a partir de las bebidas fermentadas, en concreto del vino blanco, por simple evaporación del agua. (Ward, 1991)⁵⁵. Además, una característica importante de la fermentación alcohólica, es que produce gran cantidad de CO₂, responsable de las burbujas del champagne y de la textura esponjosa del pan.⁵⁶

Eq. 6. Balance energético de la fermentación aerobia



Glucosa + Amoníaco + Oxígeno → Etanol + Dióxido de Carbono + Biomasa + Agua

⁵³ Usseglio, & Tomasse. (1998). Química Enológica. Madrid: Mundi-Prensa.

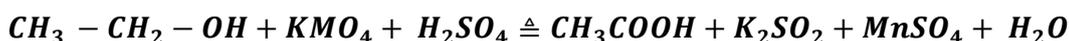
⁵⁴ Usseglio, & Tomasse. (1998). Química Enológica. Madrid: Mundi-Prensa.

⁵⁵ Ward, O. (1991). Biotecnología de la fermentación. Zaragoza: Acribia, S.A.

⁵⁶ Pérez, L. (7 de Marzo de 2011). LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA. CÓMO SE PRODUCE Y APLICACIONES. Recuperado el 22 de Julio de 2016, de <https://biotecnologia.fundaciontelefonica.com/2011/03/14/la-fermentacion-alcoholica-como-se-produce-y-aplicaciones/>

La glucosa o sacarosa se transformará en etanol mediante una fermentación aerobia; el amoníaco es utilizado para pretratar la biomasa lignocelulósica.^{57,58}, a parte del alcohol etílico también se generará agua, biomasa y dióxido de carbono. Por su parte, el ácido acético es un compuesto que se obtiene por la oxidación del alcohol etílico.

Eq. 7. Reacción de formación del ácido acético



3.3.11 Microorganismos utilizados para la obtención de alcohol etílico

Los microorganismos utilizados para la etapa de fermentación dependen principalmente del tipo de azúcares disponibles para la transformación. Estos azúcares son mezclas de glucosa, fructuosa, maltosa, xilosa, galactosa y arabinosa, dependiendo del tipo de materia prima utilizada. A nivel mundial, aproximadamente el 95% del alcohol obtenido por fermentación se produce a partir de hexosas mediante la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.⁵⁹

3.3.11.1 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae (comúnmente conocida como levadura de pan o de cerveza) es un organismo unicelular que se utiliza frecuentemente como microorganismo fermentador debido a la capacidad para metabolizar un espectro amplio de azúcares y tolerar minerales presentes en sustratos de uso industrial.⁶⁰

Las cepas convencionales de *Saccharomyces cerevisiae* no están en la capacidad de fermentar los azúcares de pentosas (xilosa, arabinosa), que comprenden una parte apreciable de los hidrolizados de materias celulósicas y lignocelulósicas, se han estudiado otras levaduras, particularmente las especies *Candida spp.* y *Pichia spp*

⁵⁷ Díaz, J., & Herrera, F. (2011). Producción de etanol combustible a partir de lignocelulosas. Publicaciones Unicauca.

⁵⁸ Cuervo, L., Folch, J., & Quiroz, R. (2009). Lignocelulosa Como Fuente de Azúcares Para la Producción de Etanol. Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM, 11-26.

⁵⁹ Montoya, M., & Quintero, J. (Enero de 2005). Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1043/1/mariaisabelmontoyarodriguez.2005.pdf.pdf>

⁶⁰ Ertola, R., Yantorno, O., & Mignone, C. (2007). Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la OEA. 2007. Recuperado el 31 de Julio de 2016, de <http://fai.unne.edu.ar/biologia/microind/levaduras.htm>

capaces de utilizar los azúcares abundantes de pentosas derivados de la hemicelulosa para la producción de etanol.⁶¹

La primera levadura identificada como productora de etanol a partir de xilosa fue *Pachysolen tannophilus* cepas NRRL Y-2460, posteriormente se encontró que varias levaduras tenían alguna capacidad para llevar a cabo esta conversión, entre estas se incluyen las especies *Candida shehatae* y *Pichia stipitis*, de las cuales se reporta una producción de etanol de aproximadamente 0,3-0,5 g/g de xilosa, considerada como la máxima productividad a partir de xilosa generada por microorganismos.⁶² Desafortunadamente estas levaduras requieren condiciones de crecimiento aerobio, y las velocidades máximas de producción (0,3-0,4 g/Lh) son consideradas decepcionantes.⁶³

3.3.11.2 *Zymomonas mobilis*

Zymomonas mobilis es una bacteria Gram-negativa anaerobia facultativa que puede fermentar determinados azúcares a través de una ruta metabólica productora de bioetanol, en ocasiones, con mayor eficacia que las levaduras. Posee un ciclo de Krebs incompleto, carente de genes para 2 enzimas, pero posee unas características muy fuertes para realizar las vías de síntesis de pirúvico a partir de glucosa o gliceraldehído-3-fosfato. Este organismo también muestra una alta tasa de captación de azúcares, fermentando a etanol estos tipos específicos. Además, el rendimiento de síntesis de etanol como combustible es del 97%, muy superior al 90-93% de *Saccharomyces cerevisiae*.⁶⁴

Actualmente es de interés el empleo de especies de *Clostridium* termoresistentes, como *C. thermocellum* y *C. thermohydrosulfuricum*, que convierten la celulosa en etanol, y bacterias *Zymomonas mobilis* que convierten la glucosa en

⁶¹ Peña, M., Carrasco, C., Crespo, C., & Terrazas, E. (2009). Influencia de la concentración de oxígeno en la producción de etanol a partir de la fermentación de mezclas D-glucosa/D-xilosa e hidrolizados de aserrín de Curupaú por *Pichia stipitis* CBS 5773. Obtenido de BIOFARBO revistas bolivianas: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1813-53632009000100003&script=sci_arttext

⁶² Gulati, M., Kohlmann, K., Ladish, M., Hespell, R., & Bothast., R. (1996). Assessment of Ethanol Production Options for Corn Products. *Bioresource Technology*, 253-264.

⁶³ Leathers. (2003). Bioconversión of maize residues to value-added coproducts using yeast-like fungi. *FEMS yeast research*, 133-140.

⁶⁴ Hayashi, T., Furuta, Y., & Furukawa, K. (2013). Los mutantes deficiente-respiratorios de *Zymomonas mobilis* muestran un mayor crecimiento y producción de etanol bajo condiciones aeróbicas y de alta temperatura. Obtenido de Microbiología UMH.

etanol con un rendimiento del 5 al 10% mayor que la mayoría de las levaduras; sus desventajas son su baja tolerancia al alcohol, su inhabilidad para fermentar maltosa y su pequeño tamaño, que hace difícil la separación de las células.⁶⁵

3.3.12 Destilación

3.3.12.1 Definición

La destilación es un proceso físico de separación para una mezcla de líquidos. Se basa en las diferencias en los puntos de ebullición de los componentes a ser separados. La mezcla a separar es ingresada a una columna donde se calienta una sustancia o mezcla de sustancias hasta el punto de ebullición.⁶⁶ La finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura.⁶⁷

Tabla 10. Temperaturas de ebullición de compuestos del fermentado

Compuesto	Nombre	Temperatura de Ebullición (°C)*
H ₂ O	Agua	100
C ₂ H ₆ O	Etanol	78.37
CH ₃ OH	Metanol	64.7
C ₅ H ₄ O ₂	Furfural	161.7
C ₄ H ₁₀ O	Isopropanol	82.6
C ₃ H ₈ O	Propanol	97
C ₄ H ₁₀ O	Isobutanol	108
C ₅ H ₁₂	Alcohol Isoamílico	130
C ₅ H ₁₂ O	Alcohol Amílico	138

* Temperaturas de ebullición a una presión de 1 atm

Elaborado por: Solórzano Rita (2016)

⁶⁵ Montoya, M., & Quintero, J. (Enero de 2005). Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1043/1/mariaisabelmontoyarodriguez.2005.pdf.pdf>

⁶⁶ Katzen, & Madson, M. (2008). Ethanol distillation: the fundamentals. Obtenido de KATZEN International, Inc., Cincinnati, Ohio, USA: <http://my.chemeng.queensu.ca/courses/CHEE332/files/distillation.pdf>

⁶⁷ Patiño, M., & Valdéz, N. (2010). Química Básica: Prácticas de laboratorio. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.

Los componentes con temperaturas de ebullición más bajas se vaporizan primero. El vapor resultante pasa a la parte superior de la columna de destilación (dependiendo del diseño) y luego ingresa a un condensador donde el vapor se enfría y se licua. El líquido resultante es receptado en un tanque de almacenamiento de producto. Por su parte, los componentes de bajo punto de ebullición se recogen en otro tanque de almacenamiento pero de productos pesados o también conocido como fondo.⁶⁸

3.3.12.2 Usos a nivel industrial

La destilación es una de las operaciones unitarias más utilizadas en la industria, existen varios campos industriales en donde se hace uso de este proceso de separación física:

a. Destilación de crudo

El proceso de refinación de petróleo es la separación de los diferentes hidrocarburos presentes en el petróleo crudo en fracciones útiles y la conversión de algunos de los hidrocarburos en productos que tienen un mayor rendimiento de la calidad. Los procesos de separación primaria de destilación utilizados son al vacío y atmosférica generando como productos la gasolina, aceites lubricantes, gasóleos de vacío.⁶⁹

b. Destilación del agua (Proceso de purificación)

Algunas áreas geográficas del planeta no pueden proporcionar suficiente agua para mantener la vida. El agua potable puede ser suministrada por las plantas de destilación que convierten el agua de mar en agua potable. El proceso de destilación es similar a la del crudo, ya que se realiza en varias etapas, aunque el método de calentamiento utilizado para lograr temperaturas de ebullición puede variar. Las dos fuentes principales para la producción de calor en este proceso son la electricidad y el gas.⁷⁰

⁶⁸ GEA Wiegand. (2008). Distillation Technology Research and Development. Obtenido de GEA Process Engineering: http://www.gea.com/en/binaries/GEA_Distillation-Technology_brochure_EN_tcm11-16316.pdf

⁶⁹ NPTEL. (2011). Crude Oil Distillation. Obtenido de Chemical Technology: <http://nptel.ac.in/courses/103107082/module6/lecture3/lecture3.pdf>

⁷⁰ Sylvan, R. (2016). What Are the Uses of Distillation in Industry? Obtenido de http://www.ehow.com/about_5941994_uses-distillation-industry_.html

c. Bebidas alcohólicas

La destilación forma parte importante en el proceso de la elaboración de aguardientes y licores, agrupa a la mayoría de las bebidas alcohólicas que superen los 20° de carga alcohólica.

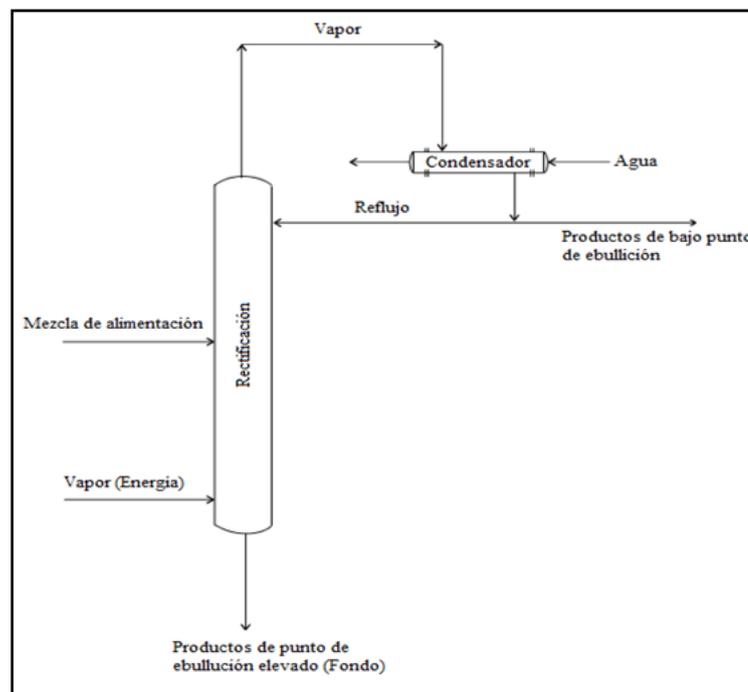
Mediante la destilación se separa el agua del etanol elevando su concentración mediante los puntos de ebullición. Entre ellas se encuentran bebidas de muy variadas características, y que van desde los diferentes tipos de brandy y licor, hasta los de whisky, anís, tequila, ron, vodka, cachaca y gin entre otras.

d. Otras Industrias

Las industrias cosméticas y farmacéuticas, químicas y de fabricación dependen de destilación. Por ejemplo, la tecnología de separación de aire puede producir argón. Este producto químico se utiliza en las bombillas para proteger el filamento y proporciona el resplandor de los tubos fluorescentes.

3.3.12.3 Tipos de destilación para la obtención de alcohol etílico

Figura 2. Esquema simple de la destilación



Fuente: Katzen & Madson (2008)

Elaborado por: Solórzano Rita (2016)

a. Destilación Simple

Es un procedimiento por el cual dos líquidos con diferentes puntos de ebullición (al menos cincuenta grados de diferencia) se pueden separar. A medida que el líquido se calienta, los vapores que se forman presentan mayores concentraciones del componente más ligero.

La temperatura irá en aumento hasta que se acerque al punto de ebullición del compuesto más volátil, cuando la temperatura se estabiliza de nuevo, otra fracción pura del destilado puede ser recogida. Esta fracción de destilado será principalmente el compuesto que hierve a la temperatura más baja. Este proceso se puede repetir hasta que todas las fracciones de la mezcla original se han separado.⁷¹

b. Destilación Fraccionada

La destilación fraccionada es utilizada para separar mezclas líquidas que son miscibles entre ellas y tienen puntos de ebullición dentro de un rango de 25 ° C entre todos los componentes. Utiliza una columna de relleno antes de la cabeza para dar un mayor área de superficie para los ciclos de vaporización-condensación repetidas. La temperatura de los platos de la columna es mayor que el extremo más cercano a la parte superior o cabeza de la torre. Esto resulta en que el vapor con un mayor contenido de agua se condense y vuelva a vaporizar con un menor contenido de esta. Este ciclo continúa hasta que los vapores alcancen la parte superior con una concentración ideal de 95% de etanol.⁷²

c. Destilación Azeotrópica

Una destilación azeotrópica es un proceso ampliamente practicada para dividir un componente necesario de su sistema heterogéneo en el que el tercer componente, conocido como un "agente de arrastre", es incorporado, se suele utilizar benceno, sin embargo el uso de benceno no es deseable debido a sus propiedades carcinogénicas, por lo que se suele proponer la destilación extractiva. Se puede utilizar una alta pureza

⁷¹ Thamilvanan, G., & Senthamil, R. (2013). Distillation of ethanol from Sugar Molasses. *International Journal of Medicine and Biosciences*, 33-35.

⁷² Williamson, K., Minard, R., & Masters, K. (2007). *Macroscale and Microscale Organic Experiments*. Boston: Houghton Mifflin Co.

del destilado si se utiliza un agente de arrastre adecuado, ya sea del binario o de la mezcla azeotrópica ternaria. Además, el agente de arrastre se puede recuperar.

A escala industrial, esta técnica puede eliminar correctamente el agua de 95,0% de etanol para producir 99,5% de etanol, que es destinada a la sustitución de la gasolina. El alcohol aumenta el nivel de octano, y también promueve a una combustión más completa que los combustibles convencionales y puede reducir las emisiones del tubo de escape que suelen ser nocivos para la salud.⁷³

d. Destilación extractiva

La destilación extractiva 97 / 3% etanol / agua, se lleva a cabo adicionando una sustancia no volátil y de alto punto de ebullición (llamada solvente) que modifica la volatilidad relativa de los componentes de la mezcla etanol-agua sin formar nuevos azeótropos, permitiendo de esta forma la separación.⁷⁴ El disolvente alimenta unos platos más arriba que la corriente de etanol que proviene de la columna de rectificación. A diferencia de la destilación azeotrópica, en la columna extractiva se recupera el etanol deshidratado por el destilado mientras que de los fondos se retira una corriente con composición ternaria en donde se concentra la casi totalidad el solvente utilizado.⁷⁵

El disolvente debe ser de baja volatilidad para que su separación en la segunda torre de destilación, donde se recupera, sea mucho más fácil. Como disolvente se ha usado tradicionalmente etilenglicol, pero los costos energéticos son mayores comparados con la destilación azeotrópica con benceno.⁷⁶

3.3.12.4 Condiciones de operación

Las mieles que se utilizan en las destilerías deben cumplir con los parámetros siguientes:

- ✓ Deben tener un Brix mínimo de 85 °Brix.

⁷³ Udeye, V., Mopoung, S., Vorasingha, A., & Amornsakchai, P. (2009). Ethanol heterogeneous azeotropic distillation design and construction. *International Journal of Physical Sciences*, 101-106.

⁷⁴ Meirelles, A., & Telis, V. (1994). Mass transfer in extractive distillation of ethanol/water by packed columns. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 824-827.

⁷⁵ Orozco, W. (2010). Destilación al Vacío de Etanol usando Bomba Chorro. *Revista Tecno Lógicas*, 81-83.

⁷⁶ *Ibíd.*

- ✓ Aproximadamente de 52 % min Azúcares totales.
- ✓ Un total de 48.2 % min de azúcares fermentables.
- ✓ Un pH entre 5.2 y 5.7.
- ✓ Así como una cantidad de lodos no mayor que el 13%.
- ✓ Las otras materias primas que se usan son los nutrientes que deben de ser:
Urea
- ✓ Nitrógeno mínimo: 46%.
- ✓ Fosfato de amonio
- ✓ Debe de tener un contenido mínimo de P₂O₅: 46%.
- ✓ La levadura debe cumplir los siguientes parámetros de calidad:
- ✓ Materia seca: + del 15 %.
- ✓ Proteínas: 40-50 %.
- ✓ Materia celulosa: 29-35 %.
- ✓ Materia grasa: 2-5 %.
- ✓ Materia mineral: 5-15 %.
- ✓ Concentración: 50-60 %.
- ✓ Los productos finales que tienen mayor importancia en este proceso son los alcoholes ya sean el técnico “A”, el técnico “B”, el alcohol fino y el aguardiente.

▪ **Normas de operación.**

Para que el proceso sea eficiente debe cumplir las siguientes normativas tecnológicas:

- **Prefermentadores**
 - Brix de llenado 11.5 - 12.5
 - PH: 3.5 - 4.5
 - Temperatura máxima.: 40 °C
- **Fermentadores**
 - Brix de llenado 16-20
 - PH: 4,2 — 5.2
 - % alcohólico: 6 %
 - Temperatura máxima. 40 °C.

- **Columna de alcohol fino**
 - Presión en el tope: 0.6 - 0.8 Lb./ plg² (4.14 – 5.52 kPa)
 - Presión en la Base: 3 - 3.5 Lb. / plg² (20.68 – 24.13 kPa)
 - Presión del evaporador: 4.5 - 5 Lb / plg² (31.03 – 34.47 kPa)
 - Temperatura del plato de control: 78- 80 °C (351.15 – 353.15 °K)
 - Temperatura en la zona de extracción: 78 -81 °C (351.15 – 354.15 °K)
 - Temperatura de reflujo: 60 - 68 °C (333.15 – 341.15 °K)
 - Alimentación: 30 litros/minutos (1.8 m³ / h)
 - Temperatura en los condensadores: 80-82 °C. (353.15 – 355.15 °K)
- **Columna destiladora**
 - Presión en la columna: 4 Lb / plg² (27.58 kPa)
 - Temperatura en la paila: 102 - 105 °C (375.15 – 378.15 °K)
 - Temperatura en el tope de la columna: 82-85 °C (355.15 – 358.15 °K)
 - Temperatura en la batición: 60-68 °C (333.15 – 341.15 °K)
 - Alimentación: 38 - 40 m³/h
- **Columna rectificadora**
 - Presión en los pases: 2.5 - 3 Lb/pul² (17.24 – 20.68 kPa)
 - Temperatura en la paila: 100 °C (373.15 °K)
 - Temperatura zona de fúsel # 2: 83 - 87 °C (356.15 – 360.15 °K)
 - Temperatura zona de fúsel # 1: 98 °C (371.15 °K)
 - Temperatura en la zona de extracción:
 - Para producir alcohol técnico B : 78-85 °C (351.15 – 358.15 °K)
 - Para producir alcohol técnico A : 78-82 °C (351.15 – 355.15 °K)
 - Para producir alcohol Fino: 78-81 °C (351.15 – 354.15 °K)
 - Temperatura en el tope: 78.5 - 78.8 °C (351.65 – 351.95 °K)
 - Temperatura de las aguas de rechazo: 39 – 62 °C (312.15 – 335.15 °K)
según el tipo de producción de alcohol.

4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente trabajo de titulación se basa en la evaluación e investigación de los procesos productivos artesanales que se llevan a cabo para la obtención del aguardiente de caña en el cantón Junín de la provincia de Manabí, esto considerando el estudio de parámetros físicos, químicos y microbiológicos influyentes en cada uno de los procesos de producción.

Este trabajo tiene proyección hacia la industria artesanal y el desarrollo agroindustrial, ya que, el estudio que ha considerado la investigación se rige en ambos campos, beneficiando así tanto a las comunidades artesanales, industriales y a la sociedad consumidora.

La idea principal de esta investigación es proponer alternativas técnicas para el alcance de una mejor calidad del aguardiente que se expende al público consumidor; calidad basada en normativas propuestas por las entidades reguladoras (INEN), específicamente para el aguardiente de caña la NTE INEN 362, con la cual el artesano productor puede llegar no solo a mejorar el producto, sino que además generar más ingresos por ofertar un producto regido bajo normativas legales vigentes.

5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

5.1 Hipótesis

El aguardiente de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) rectificado obtenido en el cantón Junín cumple con los requisitos de calidad según la NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.).

5.2 Variables y su Operacionalización

5.2.1 Variable Dependiente

Proceso productivo del aguardiente de caña de azúcar rectificado

5.2.2 Variable Independiente

Estudio de calidad según la NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.)

5.3 Operacionalización de las Variables

- **Variable dependiente:**

Proceso productivo del aguardiente de caña de azúcar rectificado.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	TÉCNICA
<p>Proceso productivo del aguardiente de caña de azúcar rectificado.</p> <p>El aguardiente de caña de azúcar es el producto obtenido mediante la fermentación alcohólica y destilación de jugos y otros derivados de la caña de azúcar de modo que conserve sus características organolépticas.</p>	Molienda	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Variedad de materia prima ✓ Tipo de molino 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Observación
	Fermentación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Temperatura ✓ pH ✓ Tiempo ✓ Brix ✓ Cantidad de inóculo ✓ Sustrato 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ensayos de Laboratorio: químicos-físicos y microbiológicos
	Destilación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipo ✓ Número de platos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Observación de la estructura del equipo

- **Variable independiente:**

Estudio de calidad según la NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.)

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	TÉCNICA
<p>Estudio de calidad según la NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.)</p> <p>La norma establece los requisitos que debe cumplir el aguardiente de caña, para ser considerado apto para el consumo humano.</p>	Grado alcohólico a 20°C	NTE INEN 362	NTE INEN 340
	Furfural	NTE INEN 362	NTE INEN 2014
	Alcoholes superiores	NTE INEN 362	NTE INEN 2014
	Metanol	NTE INEN 362	NTE INEN 347 o 2014

6. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

6.1 Objetivos

6.1.1 Objetivo General

Determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad para el aguardiente de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), elaborado en el cantón Junín de la provincia de Manabí, basados en la NTE INEN 362:2014 (5^{ta} Rev.)

6.1.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar las destilerías artesanales de mayor producción en el sitio Agua Fría del cantón Junín de la provincia de Manabí.
- Realizar análisis de laboratorio preliminares del aguardiente de caña de azúcar producido en las destilerías seleccionadas, en base a los requisitos establecidos en la NTE INEN 362:2014 (5^{ta} Rev.).
- Describir el proceso artesanal utilizado para la elaboración del aguardiente de caña de azúcar en el cantón Junín.
- Evaluar los parámetros químico-físicos y microbiológicos que intervienen en la calidad del aguardiente de caña
- Establecer una propuesta de mejora del proceso de obtención del aguardiente de caña de azúcar, para el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en la NTE INEN 362:2014 (5^{ta} Rev.).

6.2 Campo de Acción

El presente trabajo de titulación está enfocado en el campo artesanal y/o industrial, pudiendo además destacar tres campos específicos afines de la investigación realizada, como son: el Biotecnológico por la aplicación del procesos fermentativos y las actividades realizadas para el estudio de los microorganismos inmersos en este proceso; siendo la destilación la operación encargada de generar el producto que se expende al consumidor se puede incluir el área de Operaciones Unitarias, seguido del campo Químico, el cual está inmerso debido a las sustancias químicas que se generan partiendo tanto de la fermentación como la destilación. Estas sustancias poseen rangos

permisibles establecidos por el Instituto de Normalización Ecuatoriana para determinar la calidad del aguardiente de caña de azúcar, por lo que el fin de la investigación es obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad exigidos.

6.3 Diseño Metodológico

6.3.1 Tipo de Investigación

6.3.1.1 Investigación Experimental

La investigación es de tipo experimental ya que se realizarán análisis para la evaluación del cumplimiento de los requisitos de calidad del aguardiente de caña rectificado según la NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.), además se llevarán a cabo propuestas de reingeniería en los procesos de producción como en la molienda y en la fermentación, específicamente en los parámetros físico-químicos de este proceso establecidos por los productores artesanales, como la temperatura, pH, tiempo, sustrato, sistema de fermentación y cantidad de inóculo.

6.3.2 Métodos

6.3.2.1 Métodos Teóricos

A partir de información secundaria extraída de documentos, libros, publicaciones y revistas científicas se argumentará la presente investigación.

6.3.2.2 Métodos Cualitativos

A partir de observación y análisis crítico se podrá describir el proceso utilizado para la obtención del aguardiente de caña de azúcar en las destilerías de referencia del sitio Agua Fría del cantón Junín.

6.3.2.3 Métodos Cuantitativos

Partiendo de análisis y ensayos de laboratorio se obtuvieron resultados en base a la NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.) constatando así el cumplimiento e incumplimiento de varios de los requisitos de calidad establecidos en la norma. Además, mediante técnicas específicas se logró el análisis del proceso productivo artesanal, el cual fue

realizado mediante la evaluación de periódica de parámetros de control en cada de uno de los procesos de obtención del aguardiente de caña.

6.3.3 Materiales, Equipos, Reactivos e Insumos

MATERIALES				
Tubos de ensayo de 25ml	Micropipetas: 20 y 1000 µL	Vidrio Reloj	Soporte Universal	Termómetro laser
Tubos de ensayo de 150x24 mm	Matraz 1000ml	Pastilla agitadora	Recipientes plásticos de 500 y 1000 ml	Tirillas de pH
Cajas Petri	Probeta 250ml	Asa Bacteriológica	Reactores (fermentadores)	Pinzas
Pipetas: 1, 10 y 20ml	Cucharilla	Alcoholímetro	Tamiz y cedazo	Canecas de 30 L
EQUIPOS				
Cámara de flujo laminar	Balanza analítica	Cámara de Neubauer	Refractómetro	Incubadora
Autoclave	Placa Agitadora	Calentador de agua: Baño María	Microscopio electrónico	Equipo destiladores
REACTIVOS				
Agua Destilada	Agar Sabourab dextrosa	Endo Agar	Alcohol	Incubadora
Agua Peptonada	Cámara de Neubauer	Calentador de agua: Baño María	Reactivo de fehling A: (Sulfato cúprico cristalizado, 35gr y agua destilada hasta 1.000 ml)	Reactivo de fehling B (Solución de Tartrato de sodio y potasio, 150gr, solución de hidróxido de sodio al 40%, 3gr y agua hasta 1.000ml)
MATERIA PRIMA E INSUMOS				
Caña de azúcar	Jugo de caña	Inóculo	Aguardiente	

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

6.3.4 Técnicas

6.3.4.1 Materia Prima

a. Procedencia, variedad y tiempo de producción, cosecha y de retención en patios.

Por medio de una encuesta realizada a los artesanos productores de aguardiente de caña, se logró conocer varios datos de importancia para la investigación en cuanto a la materia prima, mencionando así: procedencia, variedad, tiempo de mejor producción, tiempo de cosecha y tiempo de retención en los patios de las destilerías de la materia prima.

b. Índice de Madurez

Para la evaluación del índice de madurez de la caña de azúcar, se procede a tomar una muestra de cada una de las destilerías evaluadas, para posteriormente realizar la siguiente técnica:

Una vez teniendo la muestra de caña, se realizó un corte en la parte superior de esta, donde el jugo que era emitido del corte se tomaba con ayuda de un gotero para luego colocarlo en el lente del refractómetro, tomando así la lectura de los grados brix. Se ejecutó nuevamente el procedimiento anterior, esta vez haciendo el corte en la parte inferior de la caña.

Para el cálculo del Índice de Madurez, se utilizó la siguiente fórmula.

$$I. M. = \frac{\text{Grados Brix Superior o Apical}}{\text{Grados Brix Inferior o Basal}} \times 100$$

Tabla 11: Cuadro comparativo según la FAO para la determinación del índice de madurez de la caña de azúcar

INDICE DE MADUREZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR		
I.M.	< 0,95	Caña inmadura
I.M.	0,95 – 1,00	Caña madura
I.M.	> 1,00	Caña sobremadura

Fuente: FAO (2012)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

6.3.4.2 Molienda de la Materia Prima

a. Producción de Jugo de Caña

Mediante la encuesta realizada a los productores artesanales se logró conocer: el volumen de caña diaria utilizada para la producción de jugo, jugo obtenido por volumen de caña, los días de producción y el tiempo de producción diario. En base a los datos adquiridos se realizaron los siguientes cálculos.

$$\text{Capacidad kg/h} = \frac{\text{Volumen de caña molida diaria (kg)}}{\text{Horas de labor diarias (h)}}$$

$$\text{Rendimiento L/h} = \frac{\text{Capacidad (kg/h)} \times \text{Jugo producido por vol. de caña (L)}}{\text{Volumen de caña molido (kg)}}$$

$$\text{Rendimiento L/kg} = \frac{\text{Peso de caña (kg)} \times \text{Rendimiento (L/h)}}{\text{Capacidad (kg/h)}}$$

b. Contenido de Fibra

Para conocer el contenido de fibra del jugo de caña de las destilerías evaluadas, se tomaron muestras de este con ayuda de un recipiente plástico, embazándolas luego con ayuda de un embudo en botellas plásticas de 500ml. El jugo de caña fue llevado hasta las instalaciones del laboratorio de bromatología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, en donde se realizó el respectivo análisis de contenido de fibra, realizado bajo el método INEN 542.

c. Evaluación de la temperatura

Con ayuda de un termómetro láser, se procede a tomar la lectura de la temperatura en los procesos que requerían de la evaluación de este parámetro en cada una de las destilerías estudiadas.

Apuntando directamente con el termómetro al contenido que se requiere evaluar, se pulsa seguidamente el dispositivo y se procede a tomar la lectura que se muestra en la pantalla de este.

d. Evaluación del pH

En un recipiente plástico se tomó una cantidad de la muestra a evaluar, procurando que esta no contenga impurezas que alteren los resultados. Se separa la tirilla a utilizar y luego se la sumerge por un lapso de 10 a 20 segundos en la muestra, se retira la tirilla y hace la comparación del resultado con la gráfica de colores proporcionada por el fabricante.

e. Evaluación de los Grados Brix

La evaluación de los grados brix, se la realizó tomando con un gotero una medida de muestra a evaluar, luego de esto se procede a colocar alrededor de 3 gotas en el lente del refractómetro y a cubrir este para continuar con la lectura, la cual se la realizó observando por el visor del dispositivo el porcentaje marcado.

f. Determinación de Azúcares Reductores

En un tubo de ensayo grande se colocó 3ml de jugo de caña de azúcar, adicionando 10 ml de agua destilada. Esta dilución se la realiza debido al color verde pardo que posee el jugo, el cual imposibilita observar con claridad la tonalidad resultante.

Se procede a encender el calentador de Baño María y se coloca el tubo con la dilución, seguido se añade 15 gotas del reactivo A se agita ligeramente y luego se agregan 15 gotas del reactivo B, nuevamente se agita suavemente y se espera hasta que caliente la solución para poder distinguir el color resultante.

Tabla 12: Indicadores para la determinación cualitativa de azúcares reductores

COLOR	DESCRIPCIÓN	SIGNIFICADO
Ladrillo	Positivo	Alta concentración de azúcares
Amarillo	Positivo	Concentración media de azúcares
Verde	Positivo	Baja concentración de azúcares
Azul	Negativo	No existe concentración de azúcares

Fuente: Laboratorio2Bach (2011)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

6.3.4.3 Estudio del Inóculo

a. Determinación de Hongos y Levaduras en el fermento madre

Se procedió a realizar la determinación de hongos y levaduras para cada una de las muestras de fermento madre de las destilerías en estudio, siguiendo los siguientes pasos:

- Se preparó el agua peptonada para realizar las diluciones en serie, esto se lo realizo mezclando 1000 ml de agua destilada con 1.8gr de agua peptona, seguido de agitación para su homogenización.
- Se realizaron diluciones en serie de las muestras de inóculo. Se elaboraron 10 diluciones partiendo con 9 ml de agua peptonada para cada tubo de ensayo y 1ml de la muestra de madre para la dilución #1, se agita a modo que se homogenice la dilución y se traslada 1ml de esta al siguiente tubo, así sucesivamente hasta completar los tubos. Estas diluciones se enriquecen por 1 hora.
- Ya listas las diluciones se procede a preparar el medio de cultivo. En un vidrio reloj se pesaron 39gr. de agar sabourab dextrosa para luego mezclarlo en un matraz con 600ml de agua destilada, se agita y se calienta en una placa homogeneizadora con ayuda de una pastilla agitadora; luego se lleva al autoclave por 15 min a una temperatura de 121°C para esterilizar el medio de cultivo.
- Ya en la cámara de flujo laminar se coloca 1ml de cada dilución en cajas Petri, haciendo dos replicas por cada dilución. Una vez que el medio de cultivo esté listo para su uso se colocó aproximadamente 20ml de este en cada placa. Una vez gelificado el agar se procede a llevar las placas hacia la incubadora a 27°C.
- Para el conteo de colonias (UFC) se esperaron 24 horas, mientras que para la determinación de hongos y levaduras se consideró un tiempo de 5 a 7 días.

b. Determinación de Enterobacterias

Se procedió a realizar la determinación de enterobacterias para cada una de las muestras de fermento madre de las destilerías en estudio, siguiendo los siguientes pasos:

✓ Inicialmente se preparó el agua peptonada para realizar las diluciones en serie, esto se efectuó mezclando 1000 ml de agua destilada con 1.8gr de agua peptona, seguido de agitación para su homogenización.

✓ Se realizaron diluciones en serie de las muestras de inóculo. Se elaboraron 10 diluciones partiendo con 9 ml de agua peptonada para cada tubo de ensayo y 1ml de la muestra de madre para la dilución #1, se agita a modo que se homogenice la dilución y se traslada 1ml de esta al siguiente tubo, así sucesivamente hasta completar los tubos. Estas diluciones se enriquecen por 1 hora.

✓ Ya listas las diluciones se procede a preparar el medio de cultivo. En un vidrio reloj se pesaron 25gr. de Endo agar para luego mezclarlo en un matraz con 600ml de agua destilada, se procede a agitar y calentar en una placa homogeneizadora con ayuda de una pastilla agitadora; luego se lleva al autoclave por 15 min a una temperatura de 121°C para esterilizar el medio de cultivo.

✓ Una vez en la cámara de flujo laminar se coloca el agar en cada una de las cajas Petri; se efectuaron dos repicas por cada dilución. Ya gelificado el medio de cultivo, y con ayuda de una asa bacteriológica se procede a sembrar por estrías cada una de las diluciones para luego ser llevadas a la incubadora a 35°C.

✓ Para el conteo de colonias (UFC) y determinación de enterobacterias se consideró un tiempo de 24 horas aproximadamente.

Tabla 13: Morfología característica de las colonias de enterobacterias en BD Endo Agar

MICROORGANISMOS	BD ENDO AGAR
<i>E. Coli</i>	Colonias rosa oscuro a rojizo, brillo verde metálico
<i>Enterobacter / Klebsiella</i>	Colonias grandes, mucoides, de color rosa
<i>ProteusProteus</i>	Colonias desde incoloras hasta rosa muy pálido, proliferativas
<i>Salmonella</i>	Colonias desde incoloras hasta rosa muy pálido
<i>Shigella</i>	Colonias desde incoloras hasta rosa pálido
<i>Pseudomonas</i>	Colonias irregulares, incoloras
<i>Bacterias gram-positivas</i>	Crecimiento nulo o escaso

Fuente: Becton Dickinson GmbH

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

c. Evaluación de la Temperatura de incubación

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **c** del ítem 6.3.4.2 tomando como muestra a evaluar el inóculo de cada una de las destilerías de estudio.

d. Evaluación del pH del inóculo

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **d** del ítem 6.3.4.2 tomando como muestra a evaluar el inóculo de cada una de las destilerías de estudio.

e. Determinación de la concentración celular del inóculo

- Se inició realizando una dilución seriada de 3 concentraciones distintas: 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} . En 3 tubos de ensayo se colocaron 9ml de agua destilada, al primer tubo se adiciono 1ml de muestra de inóculo, se agitó hasta homogenizar y se procedió con ayuda de una micropipeta a trasladar 1ml de esta primera dilución al siguiente tubo, y así sucesivamente hasta completar las 3 diluciones.

- Una vez limpia la cámara de Neubauer se procede a colocar con ayuda de una micropipeta de 20µm una pequeña cantidad de la tercera dilución o 10^{-3} , asegurándose que el cubre objetos de la cámara este colocado correctamente; luego de esto se lleva al microscopio para hacer el conteo celular.

- Ya en el microscopio se pueden divisar 9 cuadrantes, pero para el tipo de microorganismo (levadura) que se desea observar es recomendable hacer el conteo del cuadrante central, es decir, el cuadrante de superficie de 0.2 mm y 0.1 mm de profundidad. Ya divisado el cuadrante correspondiente se procede a realizar el conteo celular.

6.3.4.4 Proceso Fermentativo Artesanal

a. Evaluación de la temperatura durante el proceso de fermentación artesanal

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **c** del ítem 6.3.4.2 tomando como muestra a evaluar el mosto de cada una de las destilerías de estudio durante las 96 horas de fermentación.

b. Evaluación del pH durante el proceso de fermentación artesanal

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **d** del ítem 6.3.4.2 tomando como muestra a evaluar el mosto de cada una de las destilerías de estudio durante las 96 horas de fermentación.

c. Evaluación de los grados brix durante el proceso de fermentación artesanal

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **f** del ítem 6.3.4.2 tomando a evaluar el mosto de cada una de las destilerías de estudio durante las 96 horas de fermentación.

6.3.4.5 Proceso de Destilación

a. Número de platos y tipo de destilación

Por medio de la encuesta realizada a los productores y el análisis de cada uno de los procesos artesanales para la producción de aguardiente de las destilerías estudiadas, se logró conocer el número de platos con los que cuentan las torres de destilación de estas productoras artesanales y el tipo de destilación que se lleva a cabo para la obtención de este licor.

6.3.4.6 Producto final: Aguardiente de caña

El cumplimiento de los requisitos de calidad del aguardiente de caña de las destilerías evaluadas, fue determinado mediante análisis realizados por el Laboratorio UBA: Excelencia Química, bajo la NTE INEN 362, norma en la que se estipulan las técnicas de ensayo de los siguientes requisitos:

a. Grado alcohólico

Requisito cuyo método de ensayo estipulado se basa en la norma NTE INEN 340: Bebidas alcohólicas. Determinación del contenido de alcohol etílico. Método alcoholímetro (Gay-Lussac).

Esta norma describe el método para determinar el contenido de alcohol etílico en bebidas alcohólicas destiladas y en mezclas hidroalcohólicas.

b. Metanol

Para este requisito se ha estipulado el método de ensayo o norma NTE INEN 247: Bebidas alcohólicas. Determinación de Metanol, la cual describe el método para determinar el contenido de metanol por espectrofotometría ultravioleta/visible (UV/VIS) en bebidas alcohólicas destiladas.

c. Furfural

El método de ensayo para este requisito lo indica la norma NTE INEN 2014: Bebidas Alcohólicas. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases.

La norma mencionada anteriormente describe el método para determinar el contenido de productos congéneres, para esta investigación específicamente furfural, por medio de cromatografía de gases en las bebidas alcohólicas, exceptuando la cerveza.

d. Alcoholes Superiores

Al igual que Furfural, el método de ensayo para este requisito es la norma NTE INEN 2014: Bebidas Alcohólicas. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases; norma que, en este caso comprenden los alcoholes: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico y amílico.

6.3.4.7 Procesos fermentativos a escala de laboratorio

a. Inoculación

Con ayuda de un tamiz se filtra con cuidado el inóculo, ya que se requiere que este entre al proceso fermentativo con la menor cantidad de bagazo posible. De la misma forma se filtra rigurosamente el jugo o guarapo.

Se realizan dos fermentaciones, en dos sistemas diferentes, uno aerobio y uno anaerobio.

Ya en cada fermentador, tanto para el sistema aerobio como para el sistema anaerobio se colocan 5.30L de inóculo previamente colado, seguido de 30L de jugo de caña.

El fermentador anaerobio se sella a modo en que se impida alguna filtración de aire y debido a la expulsión de gases en el proceso, se elabora una trampa de gases con ayuda de un recipiente plástico con agua en su interior, donde se introduce una manguera que comunica con el fermentador herméticamente sellado.

b. Evaluación de la Temperatura durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **c** del ítem 6.3.4.2, tomando como muestras a evaluar el mosto del fermentador aerobio y el mosto en el sistema anaerobio durante las 72 horas de fermentación.

c. Evaluación del pH durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **d** del ítem 6.3.4.2, tomando como muestras a evaluar el mosto del fermentador aerobio y el mosto en el sistema anaerobio durante las 72 horas de fermentación.

d. Evaluación de los grados brix durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio

La evaluación de este parámetro se lo realizó de acuerdo a las especificaciones descritas en el punto **e** del ítem 6.3.4.2, tomando como muestras a evaluar el mosto del fermentador aerobio y el mosto en el sistema anaerobio durante las 72 horas de fermentación.

e. Crecimiento de la levadura durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio

El conteo para determinar el crecimiento celular se lo realizó cada 24 horas durante las 72 horas que duró el proceso de fermentación para los mostos en los sistemas aerobio y anaerobio.

- Se inició realizando una dilución del inóculo inicial, tomando 0.530 ml de este para luego diluirlo en 3 ml de agua destilada.

- Para realizar la dilución 10^{-1} se tomó 1 ml de la solución anterior, y posteriormente se colocó en un tubo de ensayo con 9 ml de agua destilada, esto se lo realizó para conocer la concentración microbiana inicial presente en el inóculo.

- Los siguientes 3 días se llevó a cabo el procedimiento anterior para las muestras de fermento aerobio y anaerobio, utilizando la dilución 10^{-1} ya que a medida que se da el proceso de fermentación la concentración de levaduras aumenta y disminuye dependiendo de la fase en la que se encuentre la levadura.

- Una vez limpia la cámara de Neubauer se procede a colocar con ayuda de una micropipeta de $20\mu\text{m}$ una pequeña cantidad de la muestra, asegurándose que el cubreobjetos de la cámara esté colocado correctamente; luego de esto se lleva al microscopio para hacer el conteo celular.

- Ya en el microscopio se pueden divisar 9 cuadrantes, pero para el tipo de microorganismo (levadura) que se desea observar es recomendable hacer el conteo del cuadrante central, es decir, el cuadrante de superficie de 0.2 mm y 0.1 mm de profundidad. Ya dividido el cuadrante correspondiente se procede a realizar el conteo celular.

6.3.4.8 Proceso de destilación a escala de laboratorio

a. Procedimiento para la destilación del mosto

Una vez finalizado el proceso fermentativo de los sistemas aerobio y anaerobio, se procede a destilar el mosto fermentado en el sistema aerobio.

- Se coloca 30L del mosto al equipo de destilación del laboratorio de Operaciones Unitarias, procurando que no ingrese la biomasa resultante de la fermentación del guarapo.

- Se procedió a realizar la destilación a una presión constante de 8 PSI obteniendo aproximadamente 7L. de alcohol etílico 30%v/v.

b. Procedimiento para la rectificación del aguardiente obtenido

Ya obtenido el alcohol etílico a 30%(v/v) se procede a destilarlo nuevamente en el laboratorio de Química. Esto se lo realiza colocando 500ml del alcohol anteriormente obtenido en un balón de destilación, acción que se realiza de forma repetida hasta poder rectificar el alcohol anterior. Es indispensable el control de la

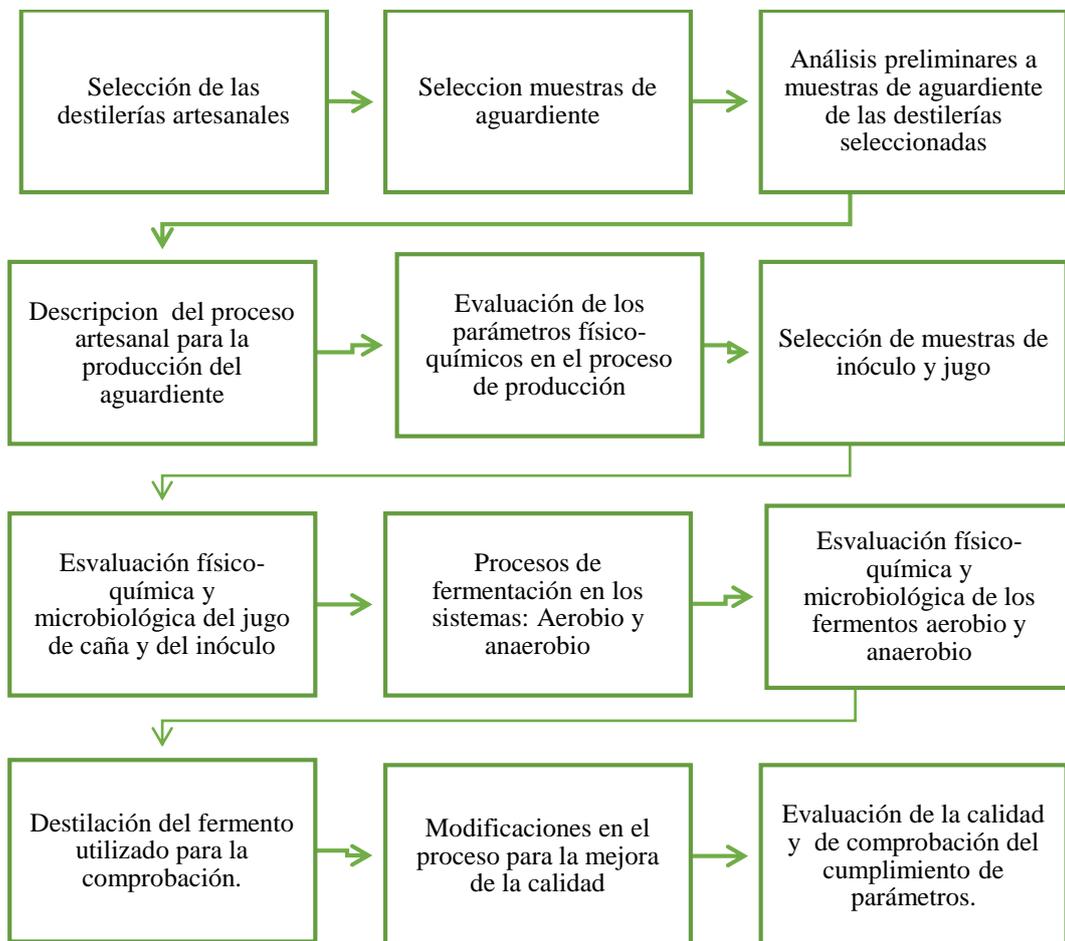
temperatura por lo que, con ayuda del termómetro laser se procede a tomar lectura de este parámetro concurrentemente.

Una vez terminada la destilación se obtuvo aproximadamente 1L de alcohol etílico o aguardiente de caña de azúcar a 73%(v/v).

6.4 Diseño Experimental

El propósito del estudio realizado se basa en mejorar la calidad del aguardiente de caña de azúcar; calidad que se ve afectada por el incumplimiento de requisitos establecidos en la norma INEN 362. Para esto se procedió en esta investigación a la ejecución de varias etapas descritas a continuación.

Figura 3. Descripción de las etapas realizadas en la investigación.



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Al inicio de la investigación se consideró como primera etapa la selección de las destilerías artesanales, las cuales fueron elegidas en dependencia al volumen de producción de aguardiente de estas. Seguido a esto, se realizó un muestreo del aguardiente que producen estas “pequeñas industrias” para posteriormente ser analizadas en base a parámetros establecidos en la normativa INEN 362, donde se estiman cuatro requisitos como son: grado alcohólico, metanol, furfural y alcoholes superiores.

Una vez que se logró conocer la calidad del aguardiente por medio de los análisis realizados se dispuso a realizar la descripción del proceso general que siguen las destilerías para la producción del famoso “currincho”, y a su vez se procedió a la evaluación de los parámetros físico-químicos que actúan en los procesos de obtención, tales como: índice de madurez, temperatura, pH, grados brix, entre otros.

Para el estudio de las muestras de inóculo y jugo se procedió a tomar un volumen de ambas sustancias, luego de esto fueron llevadas al laboratorio para sus respectivos análisis físico-químicos y microbiológicos, donde se evaluaron los parámetros: azúcares reductores, brix, temperatura y pH para el jugo de caña, mientras que, al inóculo fue indispensable realizarle un estudio para la determinación de microorganismos presentes en su contenido, además de conocer la concentración del microorganismo de interés (levadura), su temperatura y pH.

Una vez culminadas las etapas anteriores se dispuso realizar dos tipos de fermentaciones en el laboratorio: aerobia y anaerobia, las cuales fueron evaluadas en periodos de 24 horas por 3 días, midiendo así parámetros como: cinética de crecimiento de microorganismo, temperatura, grados brix y pH. Al final se realizó la destilación del fermento aerobio debido a que su estudio proporcionó resultados satisfactorios en comparación al fermento anaerobio.

La muestra de aguardiente destilado y rectificado fue sometida a una de las alternativas propuestas de la investigación para la mejora de su calidad; seguido a esto se realizaron los análisis de comprobación de la calidad del destilado basándose en la NTE INEN 362, considerando los parámetros incumplidos en los análisis preliminares.

7. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE MUESTRA

Los muestreos para la presente investigación fueron realizados en el sitio Agua Fría del cantón Junín, los cuales se detallan a continuación.

7.1 Selección de las destilerías evaluadas

Primeramente se realizó una visita a la zona productora de aguardiente, donde se logró conocer una cantidad considerable de destilerías, de las cuales se procedió a la elección de tres de estas.

Los requisitos para selección de estas fábricas artesanales fueron: volumen de producción, venta directa al público consumidor como producto final, más no como materia prima a productoras industriales, además de no contar con Registro Sanitario. Fue así que se seleccionaron las destilerías: “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz”.

7.2 Estudio del aguardiente de caña mediante análisis preliminares de calidad.

Para la recolección de las muestras de aguardiente de caña se utilizaron tres botellas de plástico sin previo uso, en las cuales se embazaron 500 ml de esta bebida alcohólica.

Las muestras fueron tomadas de los tanques de almacenamiento de aguardiente de las destilerías los cuales se encontraban en condiciones ambientales. Posteriormente los embaces se los coloco en fundas de plástico negras para su envío a los laboratorios

7.3 Evaluación físico-química y microbiológica del jugo de caña e inóculo

Para la evaluación de los parámetros físico-químicos del jugo de caña se procedió a recolectar una muestra de este por cada destilería seleccionada. El jugo fue tomado inmediatamente luego de haber molido la caña de azúcar, recolectándolo en botellas plásticas de 500ml cada una, embazando 250 ml de jugo aproximadamente en condiciones ambientales.

Se utilizaron botellas plásticas de 500 ml sin previo uso para la recolección de inóculo, donde se tomaron aproximadamente 200 ml de muestra, con toda la asepsia

necesaria, con el fin de evitar algún tipo de contaminación que afectase a los estudios microbiológicos posteriores a realizar. El muestreo se lo realizo bajo condiciones ambientales, tomando como muestras, aquellos inóculos contenidos en los tanques fermentadores, previos al proceso fermentativo con el jugo anteriormente evaluado.

7.4 Selección del jugo de caña e inóculo para los procesos fermentativos de comprobación.

De las tres destilerías estudiadas, se escogió la de mayor producción para que el jugo y el inóculo de esta participaran en la corroboración de la teoría para el mejoramiento de la calidad del aguardiente.

Se escogió un lote de caña apta para su molienda, de donde el jugo resultante de esta operación fue recolectado para su posterior fermentación junto con la “madre” que fue tomada de la misma destilería, en dependencia a la cantidad de bagazo que esta poseía en un inicio.

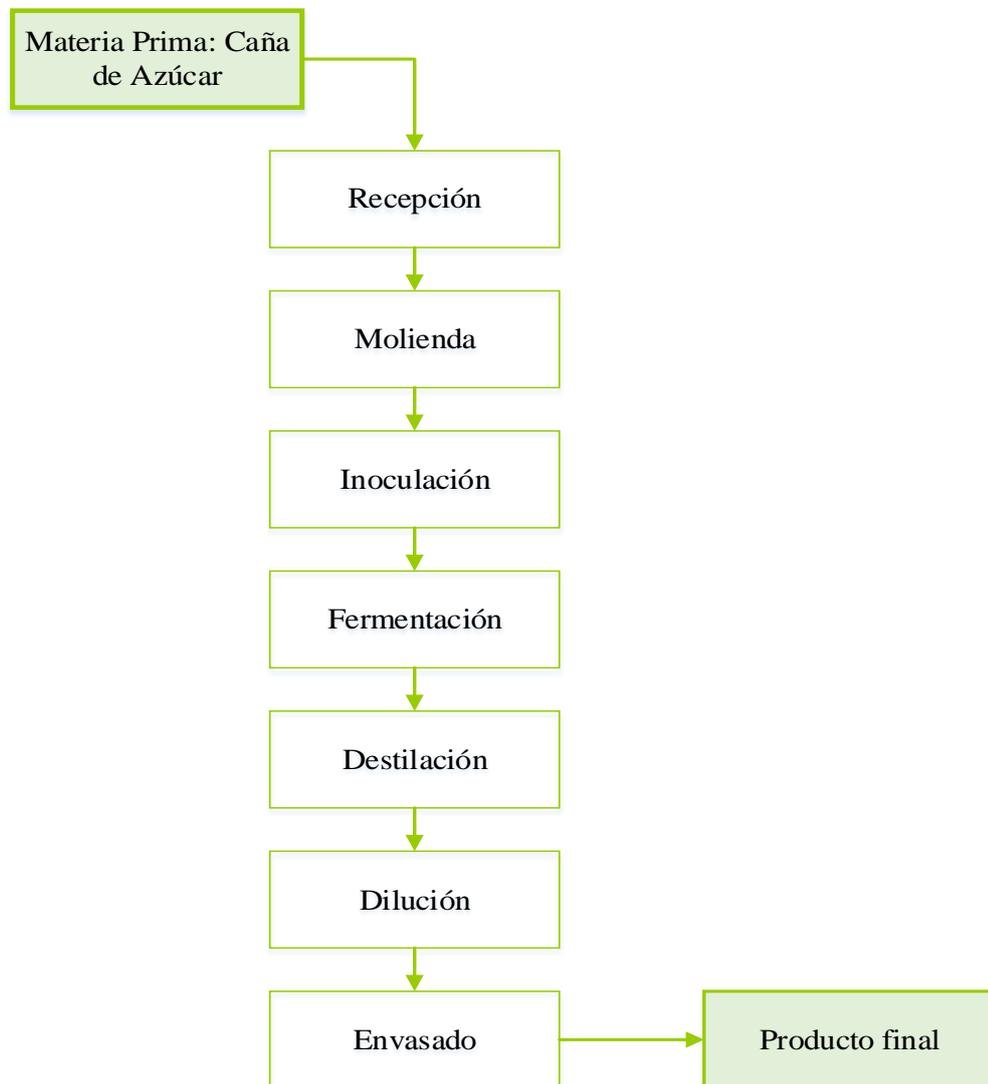
Las muestras tomadas fueron embazadas en: una caneca plástica de 30L para el jugo de caña y dos embaces plásticos de 3.75L. o galones para el inóculo; cuidando una vez más de la higiene de los embaces contenedores, se realizó el muestreo condiciones ambientales.

8. RECOLECCIÓN DE DATOS

8.1 Parámetros evaluados en el proceso artesanal de producción del aguardiente de caña de azúcar

En esta etapa se procedió a la evaluación e investigación de los parámetros bajo los cuales trabajan las tres destilerías estudiadas como son: “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz” para la producción y obtención del aguardiente caña de azúcar.

Figura 4: Diagrama general del proceso de producción artesanal



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.1.1 Materia prima

La caña de azúcar como materia prima, se receipta en los patios de las destilerías evaluadas, en donde se realizó la recolección de los datos destallados en la tabla 14.

Tabla 14: Parámetros evaluados de la materia prima

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Procedencia	Origen Australiano y siembras en propiedades privadas del cantón Junín	Origen Australiano y siembras en propiedades privadas del cantón Junín	Origen Australiano y siembras en propiedades privadas del cantón Junín
Variedad	Ragnar o caña “Guayaca	Ragnar o caña “Guayaca	Ragnar o caña “Guayaca
Mejor producción	Agosto a Diciembre	Septiembre a Diciembre	Junio a Diciembre
Tiempo de cosecha	Cada 6 a 8 meses	De 6 a 8 meses	De 6 a 7 meses
Tiempo de retención en patios	0 horas	1 - 2 horas	1 - 24 horas
Índice de madurez	Caña Sobremadura 1.02	Caña Sobremadura 1.02	Caña Sobremadura 1.03
Brix inferior	20.60	23.20	21.40
Brix medio	21.40	24.20	22.80
Brix superior	21,00	23.60	22.10

Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.1.2 Molienda de la materia prima

La molienda de la caña de azúcar se realiza dentro de los patios de las destilerías con la ayuda de un molino generalmente de 3 mazas en forma horizontal impulsado por un motor a diésel; el detalle de los parámetros del proceso se muestra a continuación en la tabla 15.

Tabla 15: Parámetros evaluados en el proceso de molienda

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Días de producción	6 días	6 días	6 días
Horas de producción diaria	5 horas	4 horas	4 horas
Volumen de producción	4.500kg/día	3.000kg/día	1.400kg/día
Jugo producido por vol. de caña	800L/1.500kg	500L/1000kg	300/350kg
Capacidad kg/h	900 kg/h	750 kg/h	350 kg/h
Rendimiento l/h	480 L/h	375 L/h	150 L/h
Rendimiento l/kg	0,53 L/kg	0,50 L/kg	0,43 L/kg
Contenido de fibra	0,10%	0,07%	0.11%
Tipo de molino	Trapiche: molino horizontal de 3 mazas #5	Trapiche: molino horizontal de 3 mazas #6	Trapiche: molino horizontal de 3 mazas #2
Temperatura del jugo	24.20 °C	23.80 °C	27.20 °C

pH:	5.00	5.00	5.00
Grados brix	21.00	23.20	21.80
Azúcares reductores	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO

Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)
Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.1.3 Evaluación del Inóculo

Se realizó la evaluación de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos a las muestras de inóculo utilizado en cada una de las destilerías seleccionadas. A continuación se detalla en la tabla 16, los parámetros evaluados.

Tabla 16: Evaluación de las muestras de inóculo

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Microorganismos presentes:			
Hongos y Levaduras	+++	++	+++
Enterobacterias	+	+++	+++
Temperatura de incubación	29.20 °c	27.40 °c	26.20 °c
pH	4.00	4.00	3.50
Volumen	60L inóculo/ 340L jugo	70L inóculo/ 300L jugo	60L inóculo/ 300L jugo
Concentración de levadura	4.9x10 ³ células/ml	4.05x10 ³ células/ml	2.5x10 ³ células/ml
Concentración de la levadura por L de jugo	864.705 células/L	945.000 células/L	500.000 células/L
Conteo: Hongos y Levaduras	10x10 ⁵ UFC/ml	45x10 ⁴ UFC/ml	25x10 ⁴ UFC/ml
Conteo: Enterobacterias	0 UFC/ml	59x10 ⁴ UFC/ml	7x10 ⁴ UFC/ml

***Concentración de microorganismos presentes:** +++ Alta ; ++ Media; + Baja

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.1.4 Proceso Fermentativo Artesanal

El proceso de fermentación realizado por las fábricas artesanales tiene una duración de 96 horas para cada una de ellas, tiempo durante el cual se evaluaron parámetros físico- químicos de este proceso, los cuales se detallan a continuación en la tabla 17.

Tabla 17: Proceso fermentativo a las 0h

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Temperatura inicial:	26.20 °C	28.20 °C	27.70 °C
pH inicial:	4.00	4.00	4.00
Grados brix:	20.20	23.1	21.50
Sistema:	Aerobio	Aerobio	Aerobio
Duración:	96h ± 1h	96h ± 3	96 ± 3

Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Tabla 18: Proceso fermentativo a las 24h

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Temperatura:	35.6 °C	35.6 °C	35.4 °C
pH:	3.00	4.00	4.00
Grados brix:	9.00	10.40	10.10

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Tabla 19: Proceso fermentativo a las 48h

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Temperatura:	30.00 °C	35.20°C	32.60 °C
pH:	3.00	3.50	3.00
Grados brix:	9.00	10.00	9.80

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Tabla 20: Proceso fermentativo a las 72h

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Temperatura:	28.00 °C	33.20 °C	31.3 0°C
pH:	3.00	3.00	3.00
Grados brix:	8.00	9.20	9.10

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Tabla 21: Proceso fermentativo a las 96h

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Temperatura:	27.30°C	30.60 °C	29.20 °C
pH:	3.00	3.00	3.00
Grados brix:	7.90	8.10	8.30

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.1.5 Proceso de destilación

La destilación se lleva a cabo en equipos artesanales por medio de una destilación simple. Estos equipos están contruidos de acero inoxidable; su parte inferior esta revestida con una capa de arcilla y pasto para lograr un mejor aislamiento térmico durante el proceso de destilado.

Tabla 22: Parámetros evaluados en el proceso de destilación

PARÁMETROS	“Arturito”	“La Barbarita”	“Santacruz”
Numero de platos	5	4	4
Tipo de destilación	Simple	Simple	Simple

Flujo	Discontinuo o Batch	Discontinuo o Batch	Discontinuo o Batch
Presión en la columna	No controlada	No controlada	No controlada
Temperatura en la caldera	No controlada	No controlada	No controlada
Temperatura en la cabeza de la columna	No controlada	No controlada	No controlada

Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.1.6 Evaluación de los parámetros de calidad del producto final (aguardiente de caña) en comparación a los requisitos establecidos en la NTE INEN 362:2014 y el Código Alimenticio Argentino (2008)

Los parámetros descritos en la tabla 22 se tomaron para la comparación de los límites permisibles entre NTE INEN 362:2014 y el Código Alimentario Argentino (2008) y los resultados obtenidos de los análisis de calidad preliminares para el aguardiente de caña de azúcar realizados para esta investigación.

Tabla 23: Requisitos de calidad establecidos en la NTE INEN 362 y el Código Alimentario Argentino en comparación a los análisis de calidad preliminares realizados a muestras de aguardiente de caña.

	C.A.A art.1.111	NTE INEN 362	“Destilería Arturito”	“Destilería La Barbarita”	“Destilería Santacruz
GRADO ALCOHOLICO a 20°c	55%(v/v)	50%(v/v)	50%(v/v)	50%(v/v)	50%(v/v)
METANOL	50 mg/100cm ³	10 mg/100cm ³	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
FURFURAL	4.00 mg/100 cm ³	1.50 mg/100 cm ³	1.08 mg/100 cm ³	4.96 mg/100 cm ³ **	6.54 mg/100 cm ³ **
ALCOHOLES SUPERIORES	NO ESTABLECIDO	150 mg/100 cm ³	150.41 mg/100 cm ³ *	138.35 mg/100 cm ³	133.96 mg/100 cm ³
IMPUREZAS TOTALES	10.0 gr/L	NO ESTABLECIDO	NO ESTABLECIDO	NO ESTABLECIDO	NO ESTABLECIDO

* Fuera de la NTE INEN 262 o Código Alimenticio Argentino

** Fuera de ambas normas

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014), Código Alimentario Argentino (2008), Análisis de calidad por Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.2 Parámetros evaluados en los procesos fermentativos de laboratorio

En esta etapa de la investigación se evaluaron parámetros físico-químicos y microbiológicos durante los procesos fermentativos aerobio y anaerobio realizados en el laboratorio.

8.2.1 Parámetros físico-químicos en los sistemas aerobio y anaerobio evaluados durante la fermentación a escala de laboratorio

A continuación se detalla en la tabla 24 y 25 los parámetros evaluados en la fermentación aerobia y anaerobia, cada 24 horas hasta las 72 horas que duró el proceso fermentativo.

Tabla 24: Resultados de los parámetros evaluados en el sistema aerobio

HORAS	PARÁMETROS		
	T	pH	Brix
0	27.00	4.70	21.00
24	28.20	4.30	12.00
48	28.00	4.00	8.00
72	26.00	4.00	7.50

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Tabla 25: Resultados de los parámetros evaluados en el sistema anaerobio

HORAS	PARÁMETROS		
	T	pH	Brix
0	27.00	4.70	21.00
24	28.10	3.50	11.70
48	28.00	3.00	9.00
72	26.00	3.00	8.30

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

8.2.2 Crecimiento de la levadura en los sistemas aerobio y anaerobio durante la fermentación a escala de laboratorio

Para el cálculo del crecimiento de la levadura en los mostos, tanto en el sistema aerobio como en el anaerobio, se utilizó la cámara de Neubauer, con la cual se realizó un conteo de la concentración celular cada 24 horas hasta las 72 horas. Los resultados obtenidos en el conteo se muestran en tabla 26.

Tabla 26: Dinámica del crecimiento de la levadura en el proceso de fermentación y en fermentos: aerobio y anaerobio

SISTEMAS		
HORAS (h)	Aerobio (células/ml)	Anaerobio (células/ml)
0	85000000	85000000
24	123500000	109000000
48	187000000	162500000
72	142500000	119500000

Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

9. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez finalizada la recolección de los datos, se realizaron los análisis comparativos de los parámetros de relevancia, de los datos obtenidos en el estudio de las destilerías como de los procesos fermentativos a nivel de laboratorio.

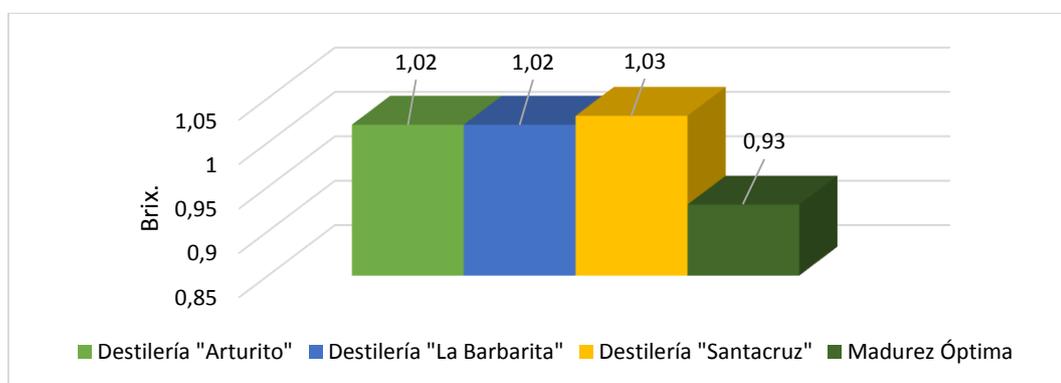
9.1 Resultados de la evaluación del proceso artesanal de producción del aguardiente de caña de azúcar

9.1.1 Materia Prima

▪ Comparación del Índice de Madurez de la caña de azúcar

Se realizó la evaluación de la caña de azúcar cosechada para cada una de las destilerías estudiadas, conociendo que para la producción de aguardiente los artesanos utilizan la caña Ragnar o “Guayaca”. Una vez obtenidos los datos de la evaluación, se determinaron los índices de madurez de la materia prima utilizada por los productores en base a referencias bibliográficas obtenidas.

Gráfica 3: Índice de madurez de la caña de azúcar como materia prima utilizada por las destilerías en comparación al índice de madurez óptimo.



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

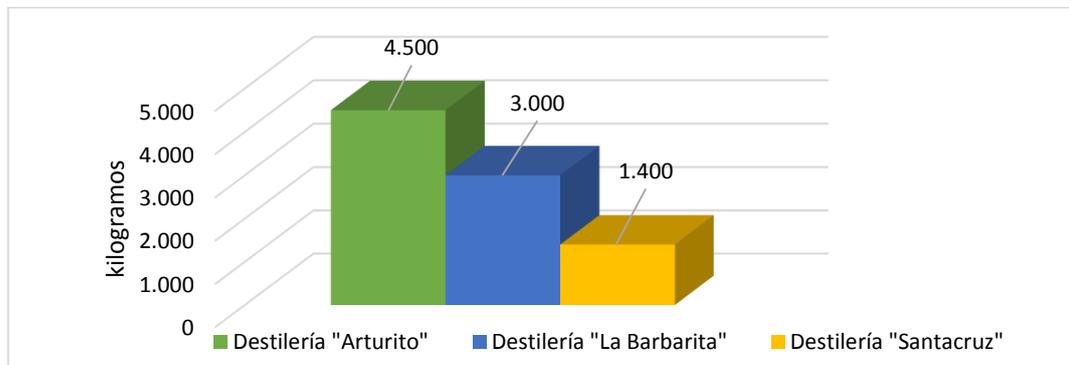
Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Con los resultados obtenidos en el cálculo del Índice de Madurez para las muestras de caña de azúcar se pudo constatar que las destilerías “Arturito” y “La Barbarita” trabajan con una materia prima cuyo índice de madurez es de 1.02 Brix, mientras que, la muestra de caña recolectada de la destilería “Santacruz” posee 1.03 Brix de madurez.

9.1.2 Molienda de la materia prima

- **Volumen de producción**

Gráfica 4: Comparación del volumen de caña de azúcar procesado en las 3 destilerías



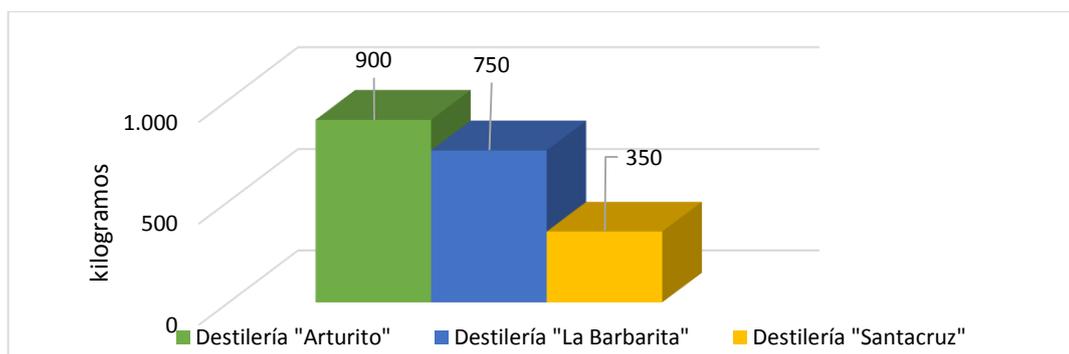
Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En la gráfica 4 se puede observar el volumen de caña de azúcar procesado en cada una de las destilerías evaluadas; en esta se aprecia que en la destilería “Arturito” muele alrededor de 4.500kg/día, siendo la fábrica artesanal con mayor nivel de caña procesada de las tres seleccionadas. Le sigue la destilería “La Barbarita” con 3.000kg/día y “Santacruz” con 1.400kg/día.

- **Capacidad de producción**

Gráfica 5: Capacidad de producción de jugo de caña



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

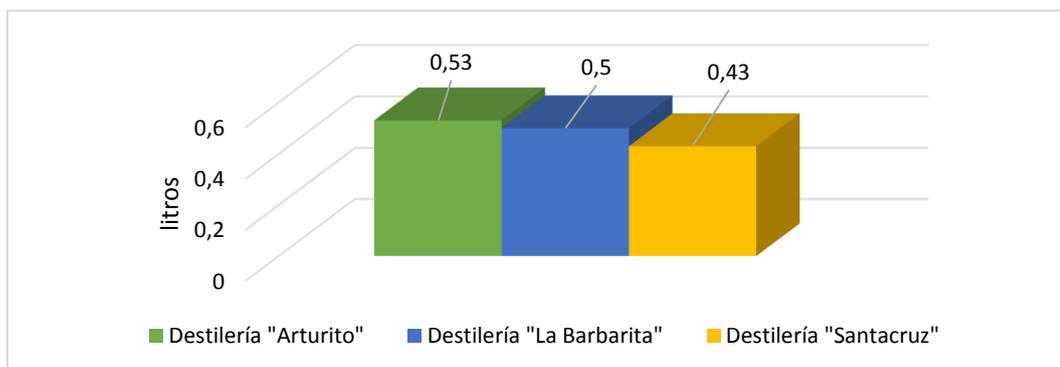
Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Los resultados obtenidos del cálculo para la capacidad de producción de jugo de caña se aprecian en la gráfica 5, en donde se da a conocer que la destilería “Arturito” con 900kg/h es la fábrica artesanal con mayor capacidad de producción de jugo de

caña o guarapo, mientras que, le sigue con 750kg/h la destilería “La Barbarita” y finalmente con 350kg/h como resultado del cálculo realizado para la destilería “Santacruz”.

- **Rendimiento de jugo de caña**

Gráfica 6: Rendimiento de jugo de caña en litros por kilogramo



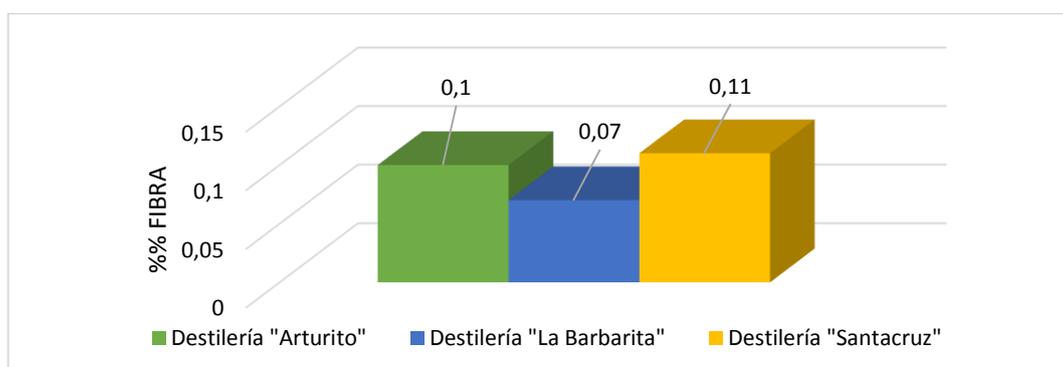
Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Se puede apreciar en la gráfica 6, los resultados obtenidos del cálculo del rendimiento de caña en litros/kilogramo de cada destilería seleccionada, donde se distingue un volumen de 0,53 litros de jugo por kilogramo de caña molida, rendimiento que posee la destilería “Arturito”, le sigue con 0,50L/kg “La Barbarita” y por ultimo “Santacruz” con 0,43L/kg, siendo este el menor rendimiento en comparación a las destilerías antes mencionadas.

- **Contenido de Fibra**

Gráfica 7: Porcentaje de fibra en muestras de jugo de caña



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

El resultado de los análisis de fibra realizados, reveló que, la destilería “Santacruz” trabaja con 0,11% de fibra, siendo la fábrica artesanal con mayor porcentaje de esta en el jugo, y le sigue la destilería “Arturito” con 0,10% y luego la destilería “La Barbarita” con 0,07%, siendo esta la única destilería con un porcentaje bajo en fibra en comparación a las dos anteriores.

9.1.3 Evaluación del Inóculo

▪ Temperatura de almacenamiento del inóculo

Una vez obtenidos los resultados de la evaluación de la temperatura de incubación del inóculo de las destilerías seleccionadas, se describen los siguiente valores: se evidencia una temperatura de 29,2°C para la incubación del inóculo de la fábrica “Arturito”, le sigue “La Barbarita” con 27,4°C y finalmente “Santacruz” con 26,2°C; siendo esta la temperatura de incubación más baja registrada entre las destilerías.

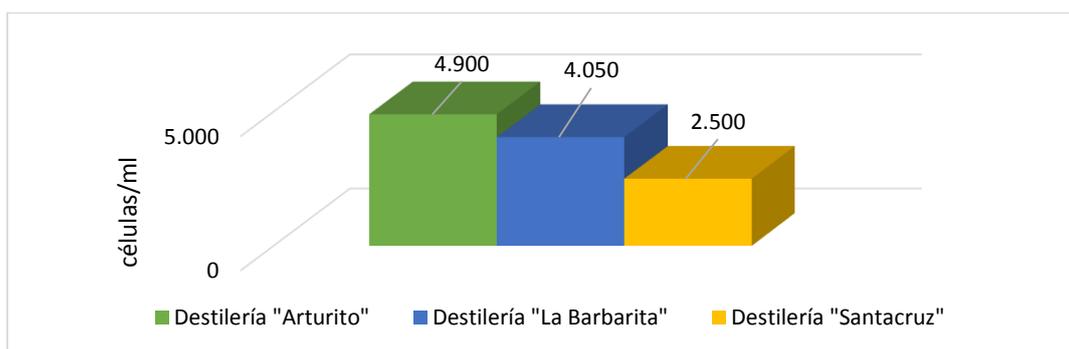
▪ pH de almacenamiento del inóculo

Una vez obtenidos los resultados de la evaluación del pH del inóculo de las productoras artesanales, se puede constatar que las destilerías “Arturito” y “La Barbarita” trabajan con un inóculo cuyo pH es de 4, al contrario de “Santacruz” donde se evidencia un pH para este de 3,5.

▪ Concentración de la levadura

Para conocer la concentración del microorganismo en las muestras de inóculo procedentes de las destilerías estudias, se realizaron conteos de células por medio de la cámara de Neubauer, con las cuales se procedió a realizar una comparación de la concentración de la levadura entre las tres muestras analizadas.

Gráfica 8: Comparación de la concentración celular del inóculo



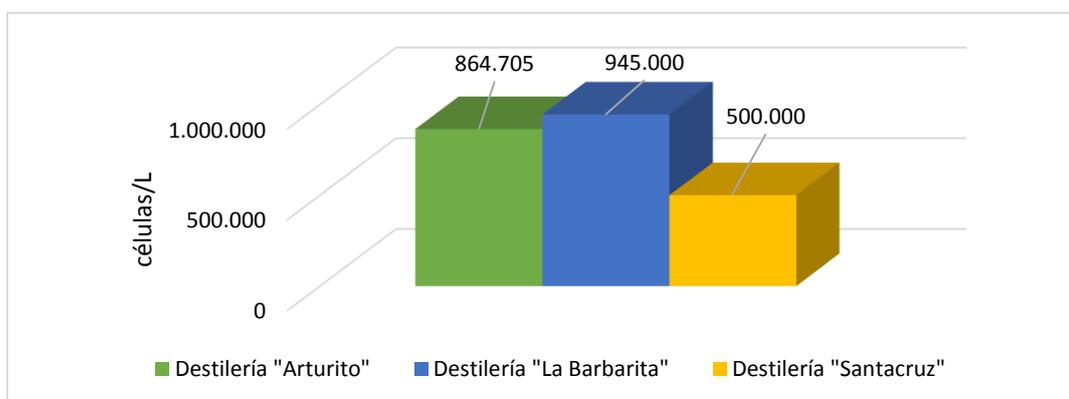
Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Realizado el conteo celular de los inóculos (levadura), de las tres destilerías evaluadas se pudo conocer que la destilería “Arturito” cuenta con una concentración en su inóculo de 4.900 células/ml, “La Barbarita” y “Santacruz” trabajan con un inóculo cuya concentración es de 4.050 células/ml y 2.500 células/ml respectivamente

▪ **Concentración de la levadura en el jugo de caña**

Gráfica 9: Comparación de la concentración celular del inóculo por litro de jugo de caña



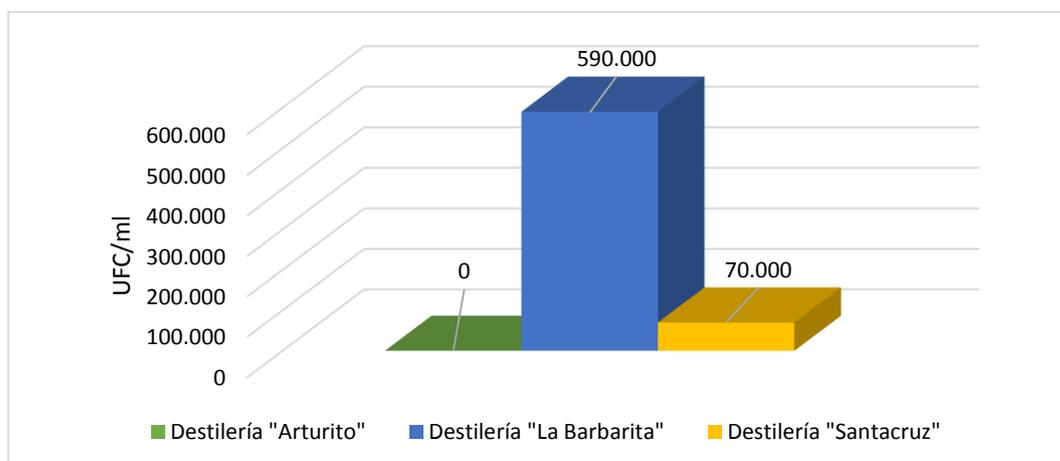
Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En la gráfica 9 se puede observar la concentración celular del inóculo por cada litro de jugo de caña utilizado en el proceso de fermentación, evidenciando que la concentración celular más alta registrada fue de 945.00 células/L para la destilería “La Barbarita”, le sigue “Arturito” cuya concentración fue de 864.705 células/L y finalmente “Santacruz” con 500.000 células/L.

- **Conteo de UFC de Enterobacterias**

Gráfica 10: Comparación de la concentración de enterobacterias



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

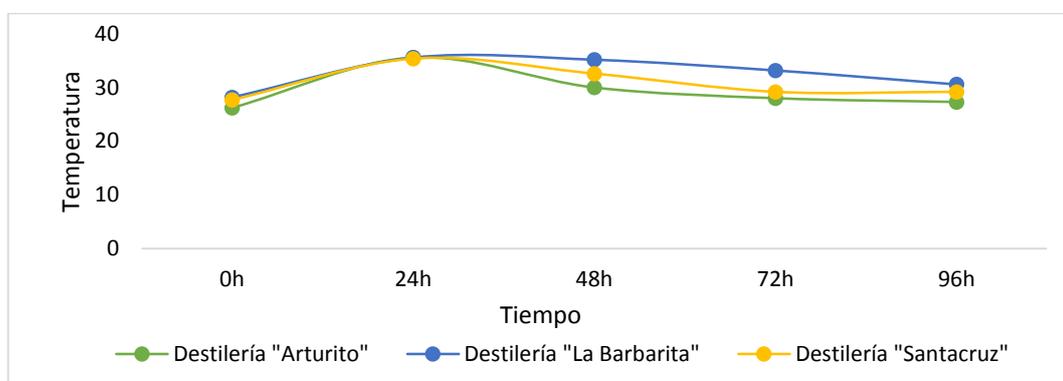
Una vez que se realizó el conteo de unidades formadoras de colonias a los inóculos evaluados, para conocer la concentración de enterobacterias, se determinó la ausencia de estos microorganismos en el inóculo de la productora “Arturito”, sin embargo no es el caso de la destilería “La Barbarita”, quien presenta una concentración de 590.000 UFC/ml de estos microorganismos patógenos en su inóculo, siendo esta la concentración más alta registrada. Por otra parte la fábrica “Santacruz” presenta 70.000 UFC/ml en su inóculo.

9.1.4 Proceso Fermentativo Artesanal

A continuación se detallan los resultados obtenidos en la evaluación de los parámetros físico- químicos durante el proceso fermentativo artesanal de las destilerías seleccionadas.

▪ **Temperatura evaluada durante el proceso fermentativo**

Gráfica 11: Estabilidad de la temperatura en el proceso de fermentación de las destilerías en estudio



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Durante las 96 horas que duró el proceso de fermentación, en cuanto a la temperatura, se pudo denotar lo siguiente:

La destilería “Arturito” inició con una temperatura de 26.2°C, parámetro que a las 24 horas de haber comenzado la fermentación subió a 35.6 °C. A las 48 horas se registró un descenso de este parámetro a 30°C, luego a las 72 horas con 28°C y finalmente descendió a 27.3°C. El promedio de temperatura en el proceso fermentativo de la destilería “Arturito” es de 29,42°C y su desviación estándar es 3.181.

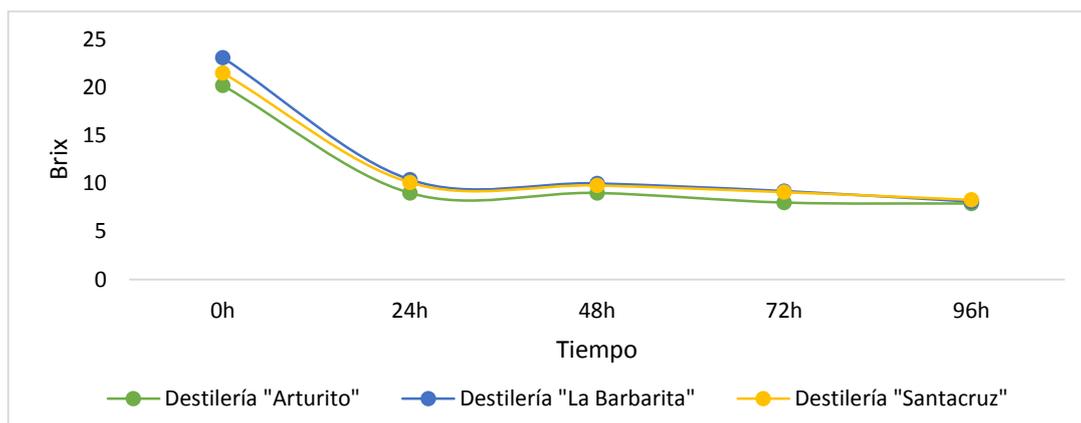
Por otro lado, la destilería “La Barbarita” inició su proceso fermentativo con una temperatura de 28.2°C, ascendiendo a las 24 horas a 35.6°C; a las 48 horas se pudo notar un descenso mínimo de este parámetro, llegando a 35.2°C, a las 72 horas la temperatura declinó a 33.2°C para finalmente terminar el proceso con una lectura de este parámetro de 30.6°C. El promedio de temperatura en el proceso fermentativo de la destilería “La Barbarita” es de 32,56 °C y su desviación estándar es 3.425.

Por último la destilería “Santacruz” inicio el proceso de fermentación con 27.7°C, pasadas las 24 horas, el termómetro reflejaba una temperatura de 35.4°C, para luego descender a 32.6 °C a las 48 horas. Al cabo de 72 horas la lectura de la temperatura fue de 29.2°C, manteniéndose estable en este valor hasta finalizado las 96

horas. El promedio de temperatura en el proceso fermentativo de la destilería “Santacruz” es de 30,82°C y su desviación estándar es 2.797

- **Grados brix evaluados durante el proceso fermentativo**

Gráfica 12: Dinámica de los grados brix durante el proceso de fermentación de las destilerías en estudio



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Inicialmente el jugo de caña en la destilería “Arturito” presento una concentración de 20.2 brix, valor que durante las 24 primeras horas de fermentación descendió a 9 brix, manteniéndose en este valor hasta las 48 horas. Pasadas las 72 horas el refractómetro reflejaba valor de 8 brix, finalmente el proceso de fermentación llegó a 7.9 brix en las 96 horas que duró el proceso.

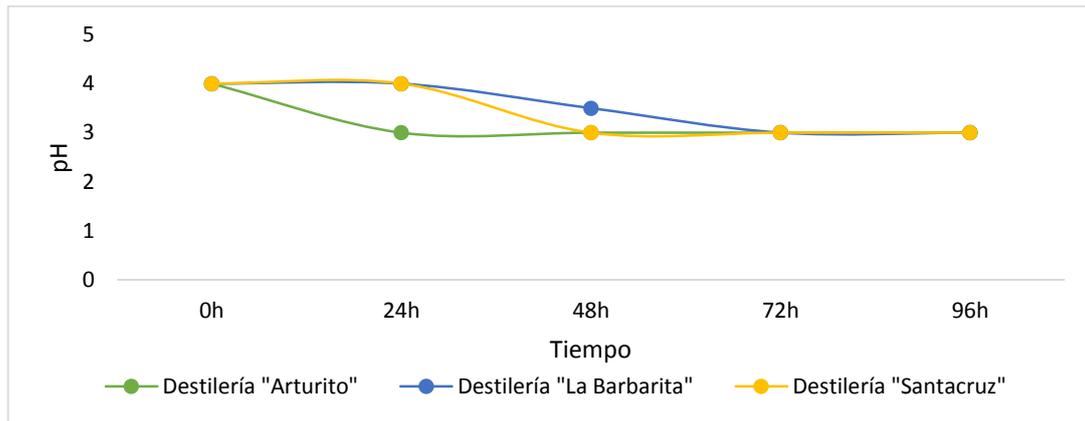
Por otro lado se conoció que la destilería “La Barbarita” empezó su proceso de fermentación cuyo brix fue de 23.1, descendiendo a las 24 horas a 10.4 brix, notando nuevamente una pequeña variación en este parámetro a las 48 horas, donde el grado brix correspondía a 10. Pasadas las 72 horas, la medición en el refractómetro indicó una baja a 9.2 brix, para finalmente a las 96 horas terminar el proceso con un fermento de 8.1 brix

Por otro lado, el valor de los grados brix inicial del fermento de la destilería “Santacruz” fue de 21.5, valor que declinó a las 24 horas con una medición de 10.1 brix. Posteriormente se lograron observar nuevos descensos de este parámetro,

obteniendo 9.8 brix a las 48 horas de iniciada la fermentación, seguido de 9.1 brix a las 72 horas, para finalizar con un fermento de 8.3 brix.

▪ **pH evaluado durante el proceso fermentativo**

Gráfica 13: Estabilidad del pH en el proceso de fermentación de las destilerías en estudio



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

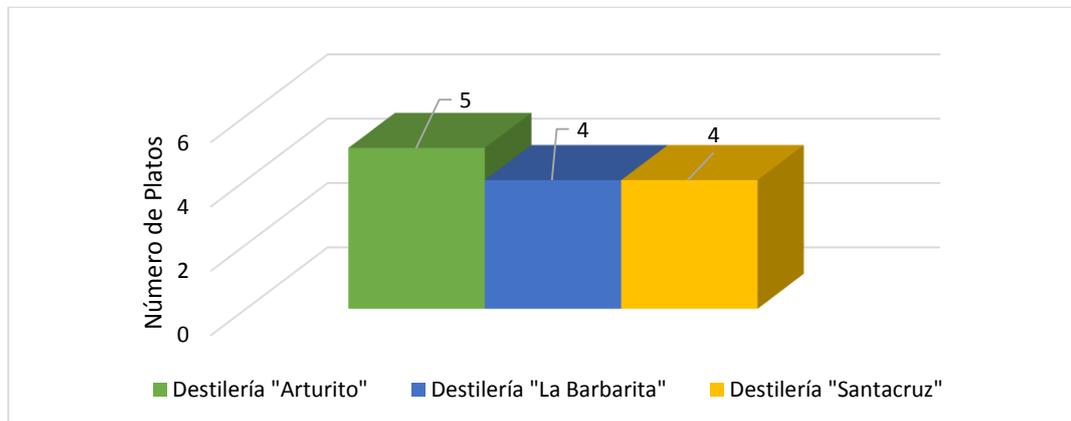
Al inicio del proceso fermentativo en cada una de las destilerías se pudo analizar con respecto al pH del fermento lo siguiente:

En las tres fábricas artesanales: “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz” se pudo notar que el proceso de fermentación inicio con un pH 4, es decir, un medio ácido. A las 24 horas se produjo la disminución del pH en el mosto de la destilería “Arturito”, mientras que, las demás productoras mantuvieron este parámetro con el mismo valor. Pasadas las 48 horas, se registró que la destilería “La Barbarita” redujo a 3.5 su pH, mientras que el valor de este parámetro para las destilerías “Arturito” y “Santacruz” fue de 3. Para las 72 horas el pH en las tres destilerías estudiadas fue de 3, hasta las 96 horas que duró la fermentación donde el pH se mantuvo con el mismo valor de las 24 horas anteriores.

9.1.5 Proceso de destilación

- **Número de platos**

Gráfica 14: Comparación número de platos de las columnas de destilación de las productoras evaluadas



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

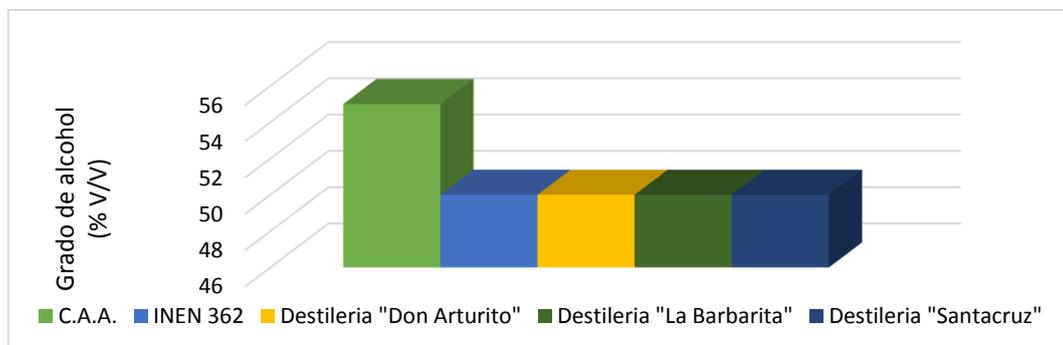
Mediante la encuesta realizada a los productores artesanales se conoció que el equipo destilación de la productora “Arturito” cuenta con 5 platos de destilación, mientras que, las fabricas “La Barbarita” y “Santacruz” poseen 4 platos en la estructura de sus equipos destiladores.

9.1.6 Análisis de calidad al producto final: Aguardiente de Caña

Una vez realizados los análisis preliminares a las muestras de aguardiente de las fábricas artesanales estudiadas se procedió a realizar una comparación de los resultados obtenidos con los rangos de los parámetros establecidos por la NTE INEN 362 y el Código Alimenticio Argentino, este último tomándolo como ejemplo de la calidad requerida a nivel Internacional

- **Grado Alcohólico**

Gráfica 15: Grado Alcohólico permitido en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en estudio



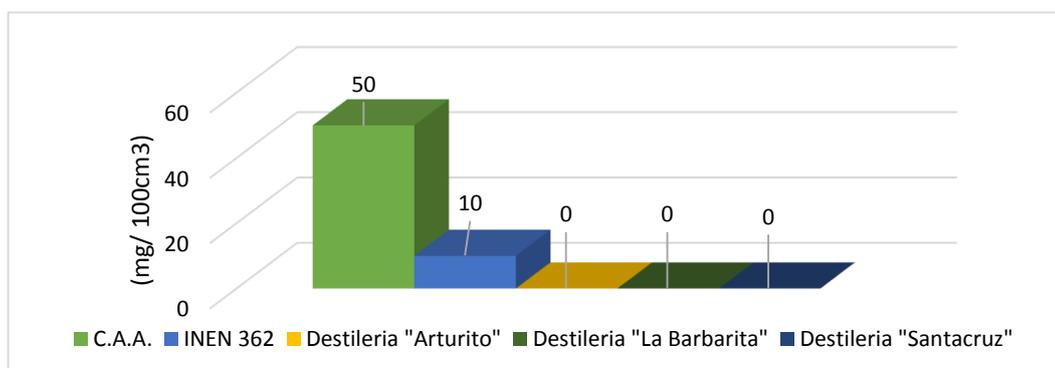
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014), Código Alimentario Argentino (2008), Análisis de calidad por Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

El grado alcohólico que se determinó mediante análisis preliminares a las muestras de aguardiente de caña de las destilerías evaluadas, en comparación a los parámetros establecidos en la NTE INEN 362 y el Código Alimenticio Argentino se muestran en la gráfica 15; la cual indica que las destilerías “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz” poseen el grado de alcohol de 50% (v/v), similar al valor establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 362. Por otro lado, el Código Alimentario Argentino señala que el límite de este parámetro es de 55%(v/v).

- **Metanol**

Gráfica 16: Contenido de Metanol permitido en el en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en estudio



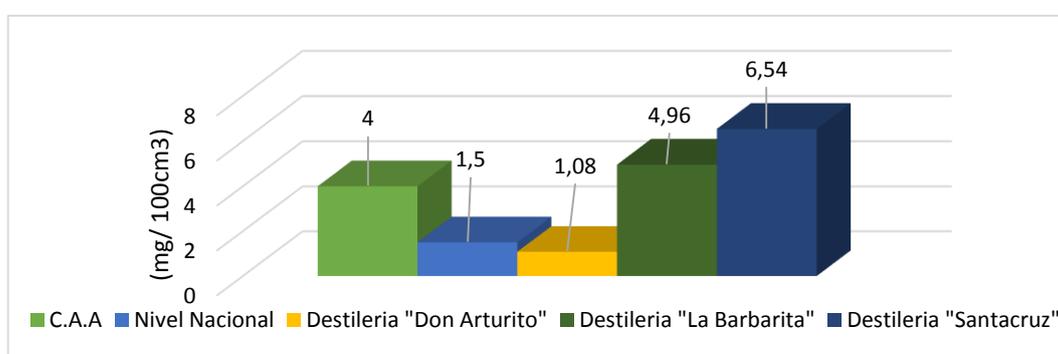
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014), Código Alimentario Argentino (2008), Análisis de calidad por Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

El contenido de metanol en las muestras de aguardiente de las destilerías “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz” fue negativo, ya que no se evidencio la presencia de este compuesto, sin embargo la gráfica 16, indica que NTE INEN 362 registra un límite permisible para este parámetro de 10mg/100cm³; por otra parte, el Código Alimentario Argentino establece un valor de 50mg/100cm³ como límite para el contenido de esta sustancia.

▪ Furfural

Gráfica 17: Contenido de Furfural permitido en el en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en estudio



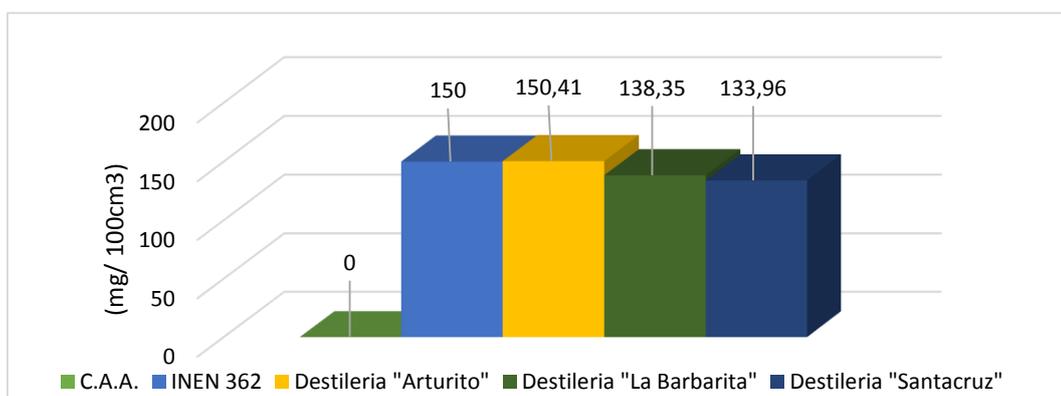
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014), Código Alimentario Argentino (2008), Análisis de calidad por Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En la gráfica 17 se detallan los resultados obtenidos de los análisis preliminares en cuanto al contenido de furfural en las muestras de aguardiente evaluadas se refiere; haciendo una comparación con los límites establecido por la NTE INEN 362 y el Código Alimentario Argentino. Es así que se registra un contenido de 1,08 mg/100cm³ de furfural en el aguardiente de la destilería “Arturito”, 4,96 mg/100cm³ para el aguardiente de “La Barbarita” y 6,54 mg/100cm³ de esta sustancia en el aguardiente de la productora “Santacruz”. Por otra parte la NTE INEN 362 establece un límite permisible de 1.5 mg/100cm³, mientras que el Código Alimentario Argentino indica un valor de 4 mg/100cm³ como límite permisible de esta sustancia en el aguardiente de caña

▪ Alcoholes Superiores

Gráfica 18: Contenido de Alcoholes Superiores permitidos en el en el aguardiente según el Código Alimentario Argentino y la NTE INEN 362 en comparación a los resultados obtenidos en los análisis preliminares de las destilerías en estudio



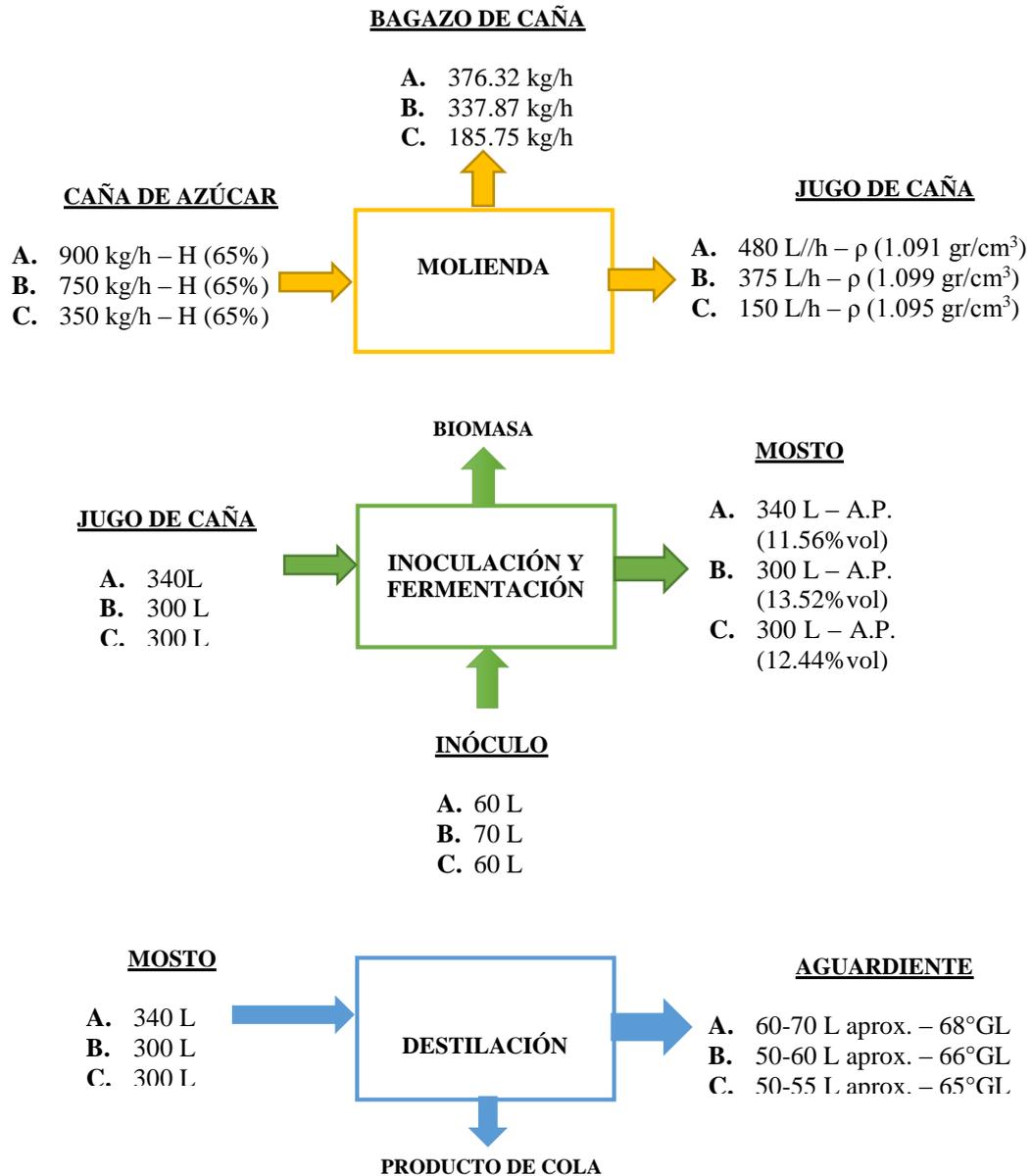
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014), Código Alimentario Argentino (2008), Análisis de calidad por Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Los resultados obtenidos de los análisis preliminares a las muestras de aguardiente, haciendo referencia al contenido de alcoholes superiores y los límites permisibles establecidos en la NTE INEN 362 y el Código Alimentario Argentino para esta sustancia, se registran en la gráfica 18, la cual señala que: el aguardiente de la destilería “Arturito” contiene 150,41 mg/100cm³, “La Barbarita” cuenta con un aguardiente cuyo contenido de alcoholes superiores es de 138,35 mg/100cm³ y “Santacruz” con un aguardiente que contiene 133,96 mg/100cm³ de estas sustancias. El Código Alimenticio Argentino no establece esta sustancia como parte del contenido del aguardiente, sin embargo, la NTE INEN 362 indica un límite permisible de 150 mg/100cm³

9.1.7 Diagrama de flujo de las destilerías artesanales evaluadas

Figura 4: Balance de materia para los procesos de obtención de aguardiente de las destilerías “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz”



- **A:** Destilería “Arturito”
- **B:** “Destilería “La Barbarita”
- **C:** Destilería “Santacruz”
- **H:** Humedad
- **ρ :** Densidad
- **A.P.:** Alcohol probable

Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En el diagrama propuesto anteriormente se puede describir lo siguiente: la destilería “Arturito” procesa alrededor de 900kg/h, “La Barbarita” alrededor de 750kg/h y “Santacruz” aproximadamente 350kg/h de caña de azúcar, para mediante la molienda generar 480L/h, 375 L/h y 150L/h de jugo de caña para cada fabrica artesanal respectivamente, obteniendo como subproducto la presencia de 376.32 kg/h, 337.87 kg/h Y 185.75 kg/h de material lignocelulósico o bagazo de caña para las destilerías A, B y C respectivamente.

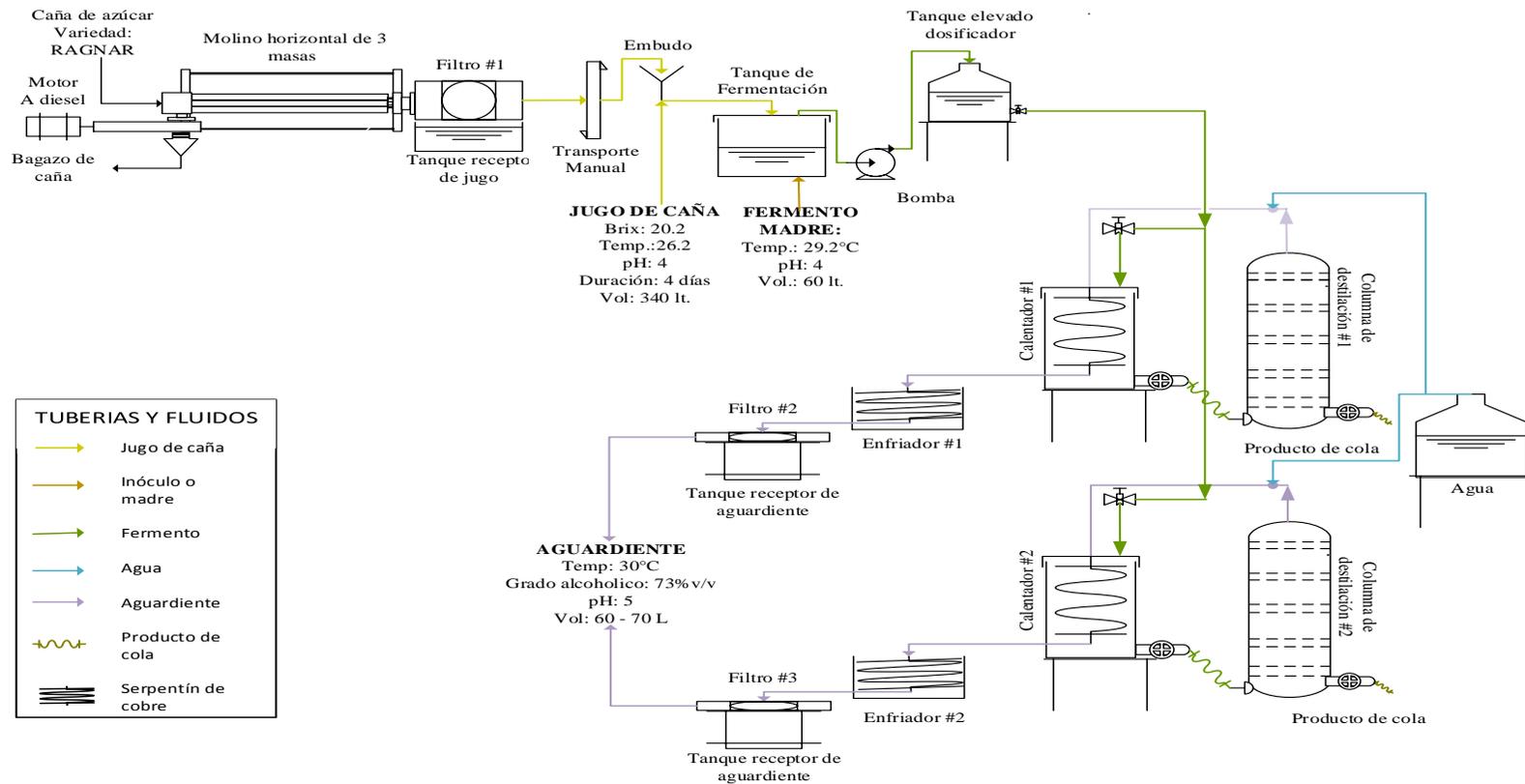
Para la inoculación del jugo y posterior fermentación, ingresa a un tanque fermentador alrededor de 60L, 70L y 60L de inóculo o “madre” por cada destilería, seguido de 340L de jugo de caña en el caso de “Arturito” y 300L del mismo para “La Barbarita” y “Santacruz”, generando luego de las 96 horas de fermentación, 340L de mosto aproximadamente para “Arturito” y 300 L de mosto aproximadamente “La Barbarita” y “Santacruz”, además de biomasa producida por la presencia y crecimiento de las levaduras.

Mas luego este mosto pasa al caldero del destilador para realizar la correspondiente separación del alcohol etílico, obteniendo aproximadamente los siguientes volúmenes: de 60-70L de aguardiente aproximadamente con 68°GL en la destilería “Arturito”, 50 a 60L aproximadamente con 66°GL en “La Barbarita” y entre 50-55L aproximadamente con 65°GL en “Santacruz”, despreciando el producto de cola que queda de la destilación realizada.

9.1.8 Diagrama de proceso de las destilerías artesanales evaluadas

a. Destilería “Arturito”

Figura 5: Diagrama de proceso para la destilería “Arturito”



Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En el diagrama establecido anteriormente se puede distinguir los procesos de producción que se consideran en la destilería “Arturito”, describiendo así los siguientes:

Previo al inicio del proceso de producción del aguardiente, se lleva a cabo la recepción de la caña de azúcar, la cual una vez recibida en los patios, pasa a ser molida en un trapiche o molino de 3 mazas horizontales de numeración 5, impulsado por un motor a diésel. El jugo que se genera en este proceso es recogido en un tanque contenedor elaborado a base de cemento y baldosa, pasando previamente por un filtrado. Una vez lleno el tanque, se traslada el jugo de forma manual con la ayuda de un embudo y tuberías plásticas hacia los tanques fermentadores, donde ya se encuentra el inóculo o “madre” listo para realizar el proceso de fermentación del guarapo.

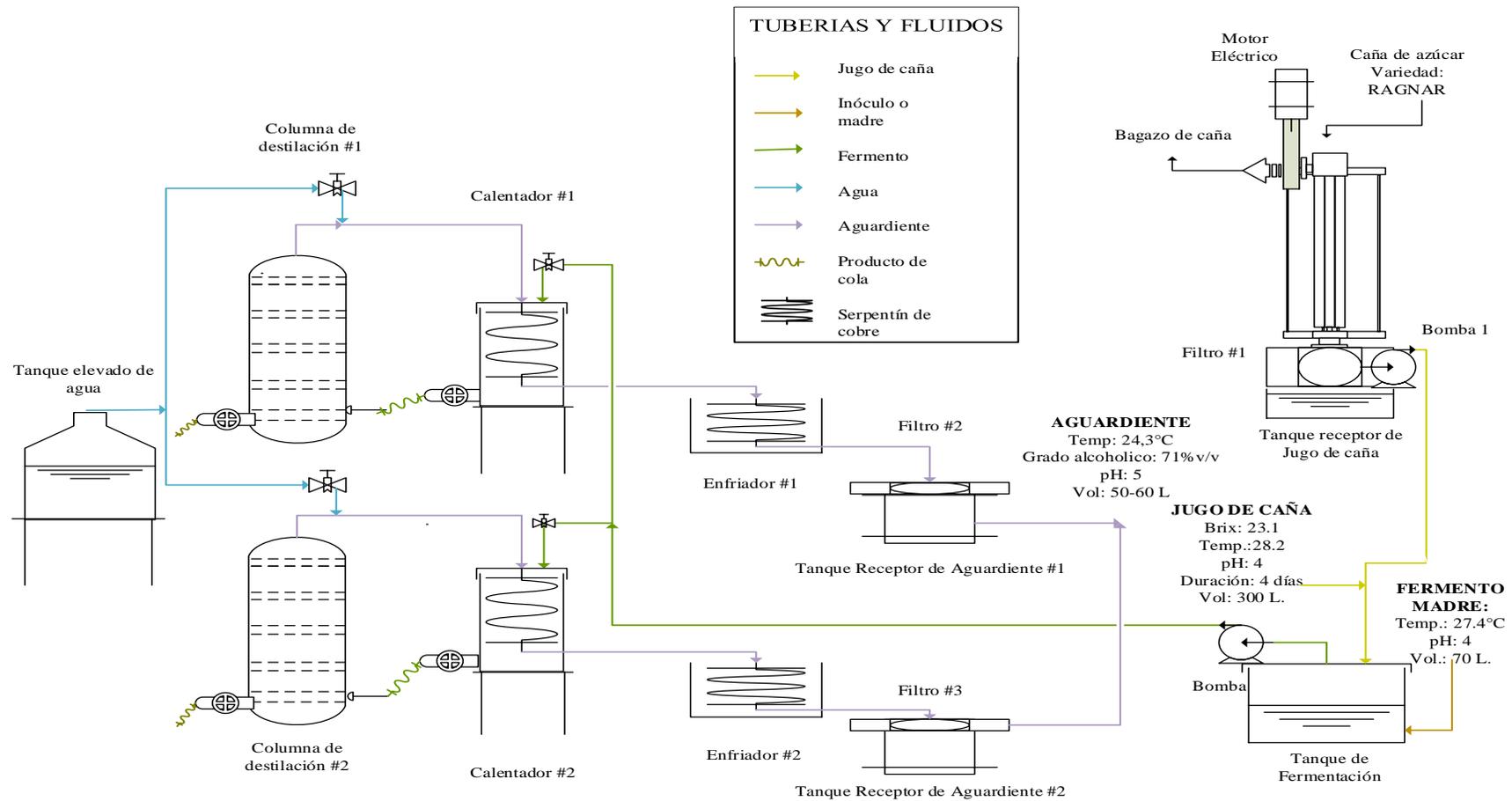
Luego de transcurridas las 96 horas de fermentación, con ayuda de una bomba, se trasladó el mosto hacia un tanque elevado dosificador de plástico, donde este es encargado de llenar con ayuda de llaves, cada uno de los calentadores que existen previo a la destilación; estos están elaborados a base de acero inoxidable y en su interior poseen un serpentín de cobre. Estos calentadores funcionan a base de intercambio de calor, ya que, el alcohol etílico que se condensa pasa a altas temperaturas por el serpentín que se encuentra dentro de este calentador, calentando el mosto que se encuentra dentro de este, enfriándose así el aguardiente.

Por medio de tuberías plásticas y la ayuda de llaves manuales se procede a llenar posteriormente la caldera de los destiladores, la cual está elaborada a base acero inoxidable con un revestimiento de arcilla y paja para conservar el calor. Una vez llenada la caldera se procede a realizar la destilación del mosto.

Durante el proceso de destilación, en la cabeza de las columnas se produce la caída de agua proveniente de un tanque elevado de plástico, la cual ayuda a que el vapor se condense, obteniendo así el aguardiente de caña, el cual pasa por tuberías de cobre hasta bajar por el serpentín que se encuentra en el calentador para luego llegar a un enfriador, el cual es otro serpentín de cobre sumergido en agua a temperatura ambiente. Luego del paso del aguardiente por el enfriador, este se dirige por una pequeña tubería hacia los tanques receptores de este licor, los cuales poseen un tamiz previo a la entrada del aguardiente de caña a estos.

b. Destilería “La Barbarita”

Figura 6: Diagrama de proceso para la destilería “La Barbarita”



Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En el diagrama establecido anteriormente se puede apreciar los procesos de producción que sigue la destilería “La Barbarita”, encontrando las siguientes operaciones:

La molienda de la caña de azúcar se procede a realizarla por medio de un trapiche o molino de 3 mazas horizontales de numeración 6, el cual a su vez es impulsado por un motor a diésel.

El jugo resultante de la molienda pasa por un filtro poroso y se almacena por ciertos minutos en un tanque recolector elaborado a base de cemento y baldosa al igual que la destilería anterior. Una vez lleno este tanque, y con ayuda de una bomba, se traslada el jugo a los tanques fermentadores, donde ya se encuentra el inóculo o “madre” listo para realizar la actividad fermentativa.

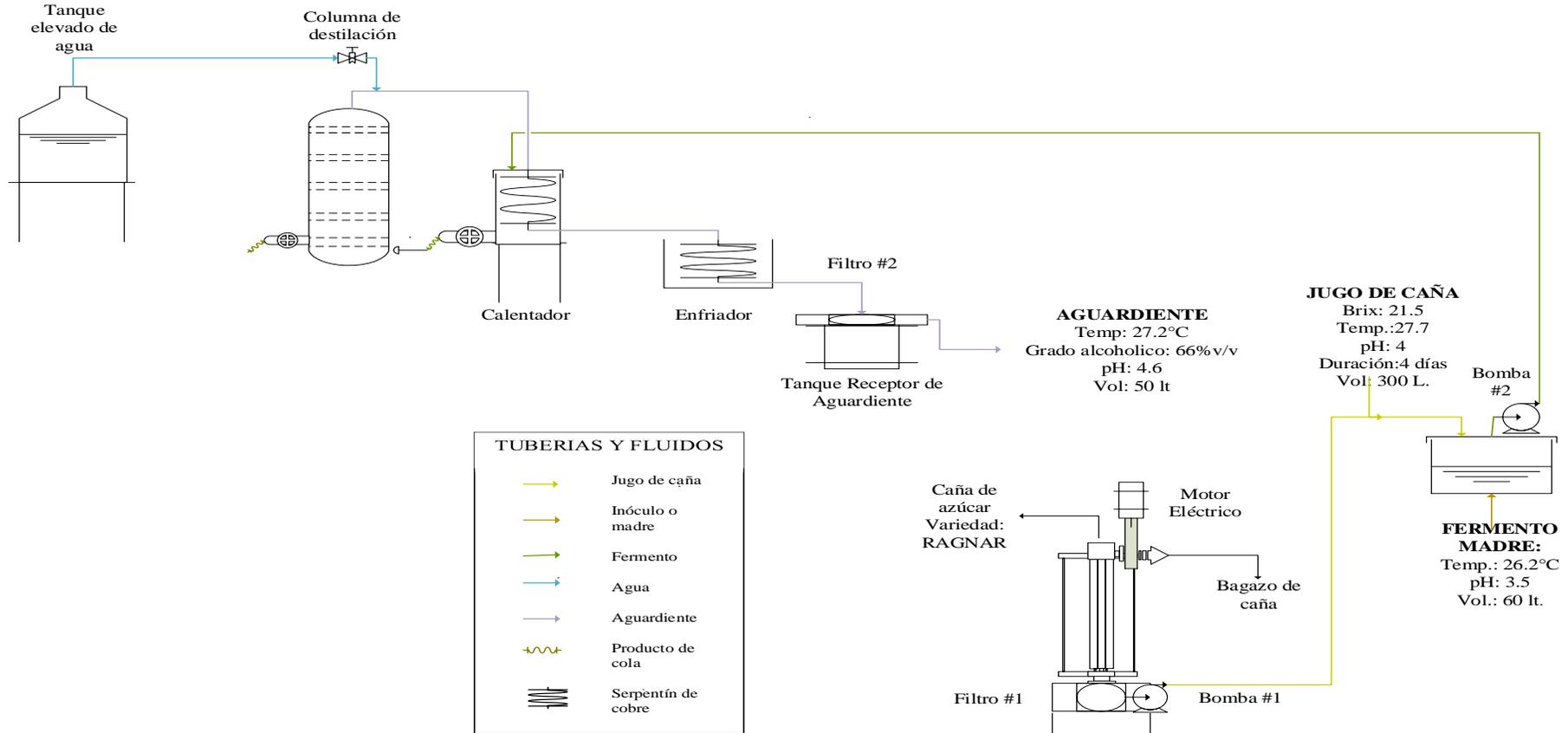
Una vez que transcurrieron las 96 horas de fermentación, con ayuda de una bomba se condujo el mosto hacia los tanques calentadores, previo al proceso de destilación; estos tanques están fabricados de acero inoxidable y al igual que en la destilería anterior, en su interior poseen un serpentín de cobre. Estos calentadores funcionan a de la misma forma descrita para los calentadores de la destilería “Arturito”, es decir, por medio de intercambio de calor, ya que, el alcohol etílico que se condensa pasa a altas temperaturas por el serpentín que se encuentra dentro de este calentador, calentando el fluido que se encuentra dentro de este, enfriándose así el aguardiente.

Por medio de tuberías plásticas y la ayuda de llaves manuales se procede a llenar más luego la caldera de los destiladores, la cual está fabricada a base acero inoxidable con un revestimiento de arcilla y paja para conservar el calor. Ya llena la paila se procede a destilar el mosto de caña de azúcar.

En lo que dura el proceso de destilación, en la cabeza de las columnas se produce la caída de agua proveniente de un tanque elevado de plástico, la cual provoca el condensado del alcohol etílico, obteniendo así el aguardiente de caña, el cual pasa por tuberías de cobre hasta bajar por el serpentín que se encuentra en el calentador para luego llegar a un enfriador, el cual es otro serpentín de cobre sumergido en agua a temperatura ambiente. Luego del paso del aguardiente por el enfriador, este se dirige por una pequeña tubería hacia los tanques receptores de este licor, los cuales poseen un cedazo previo a la entrada del aguardiente de caña a estos.

c. Destilería “Santacruz”

Figura 7: Diagrama de proceso para la destilería “Santacruz”



Fuente: Solórzano Ritha, Artesanos productores de aguardiente de caña (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En la figura 7 establecida como el diagrama de proceso de la destilería “Santacruz” se observa el proceso de producción y obtención del aguardiente de caña de azúcar; a continuación se describe el proceso.

Para la molienda de la materia prima, es decir, la caña de azúcar, se utiliza un molino o trapiche a el cual lo impulsa un motor a diésel. Este molino posee 3 mazas horizontales y es numeración 2.

Mientras se da el proceso de molienda, el jugo que se obtiene, es recolectado en un tanque plástico, pasando previamente por un filtro poroso. Una vez lleno este tanque, y con ayuda de una bomba se procede a enviar el jugo a un tanque fermentador de plástico. Este tanque previo a su llenado con el jugo, se encuentra con cierto volumen de inóculo o “madre” en su interior, listo para realizar la fermentación.

Ya finalizado el proceso fermentativo después de 96 horas, se condujo nuevamente con ayuda de una bomba, todo el mosto hacia el calentador de acero inoxidable, el cual posee en su interior un serpentín de cobre.

Con la ayuda de una tubería plástica y de una llave manual se procede a llenar luego la caldera del destilador, la cual está fabricada a base acero inoxidable con un revestimiento de arcilla y paja para conservar el calor, es decir, similar a los equipos descritos en los procesos de las destilerías estudiadas anteriormente. Ya llena la caldera se procede a destilar el mosto de caña de azúcar.

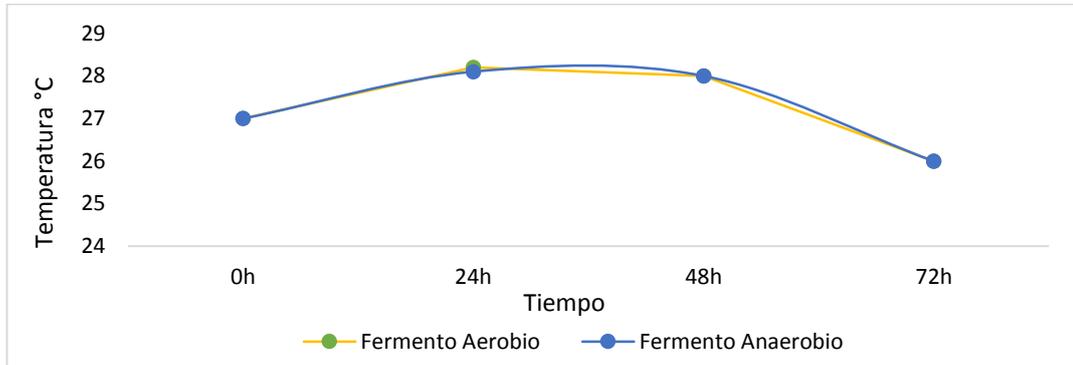
Durante todo el proceso de destilación, se produce la caída de agua proveniente de un tanque elevado de plástico, esto sobre el tope de la columna, con lo cual se produce el condensado del alcohol etílico, para momento seguido obtener el llamado aguardiente de caña, el cual pasa por tuberías de cobre hasta bajar por el serpentín que se encuentra en el calentador, calentando el fluido contenido en este y enfriándose este a su vez para luego llegar a un enfriador, que consta de otro serpentín de cobre inmerso en agua a temperatura ambiente.

Luego del paso del aguardiente por el enfriador, este se dirige por una pequeña tubería hacia el tanque receptor del mismo, el cual previo al ingreso de esta bebida filtra con la ayuda de un cedazo.

9.2 Resultados de los procesos fermentativos a escala de laboratorio

9.2.1 Estabilidad de la Temperatura durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio

Gráfica 19: Temperatura en el proceso de fermentación aerobio y anaerobio



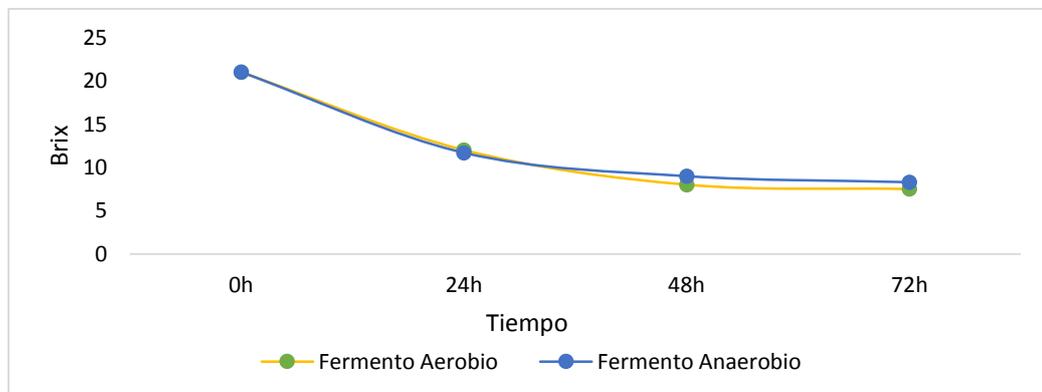
Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Inicialmente las fermentaciones realizadas empezaron con una temperatura de 27°C.; a las 24 horas este parámetro aumento a 28.2°C y 28.1°C para la fermentación aerobia y anaerobia respectivamente, a las 48 horas se notó un descenso en ambos sistemas teniendo una medición de 28°C. De la misma manera se pudo observar a las 72 horas que finalizó la fermentación, la temperatura bajo aún más en ambos fermentos, tomando una lectura final de este parámetro de 26°C.

9.2.2 Dinámica de los grados brix durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio

Gráfica 20: Grados brix en el proceso de fermentación aerobio y anaerobio



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

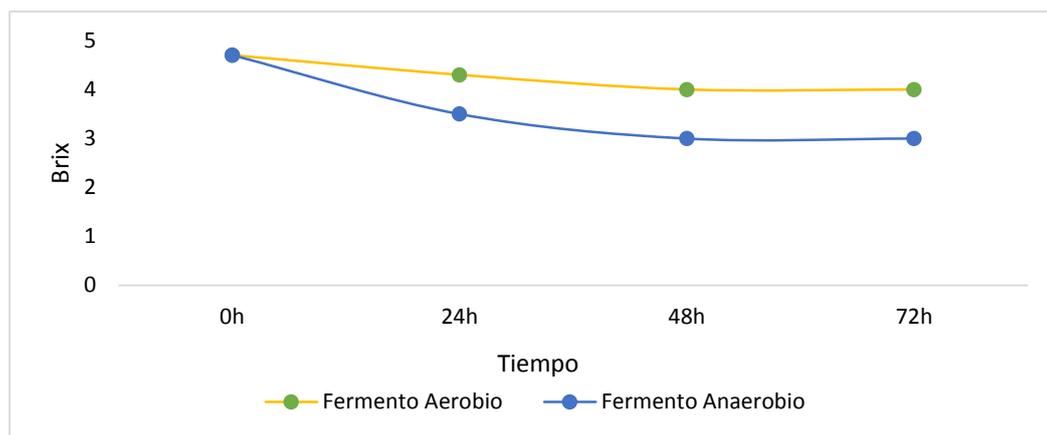
Al igual que con la temperatura, los grados brix en los mostos fue de 21, en su inicio al proceso fermentativo. Luego de las 24 horas se constató que estos valores descendieron para la fermentación en el sistema aerobio a 12 brix y para la fermentación en el sistema anaerobio a 11.7 brix.

En el proceso fermentativo aerobio se evidenció que los grados brix bajaron a 8 en 48 horas y posteriormente a 7.5 en las 72 que duró el proceso.

Se constató el descenso de los grados brix en el proceso fermentativo anaerobio de 8 en 48 horas y finalmente a 8.3 brix en 72 horas.

9.2.3 Dinámica del pH durante el proceso fermentativo aerobio y anaerobio en el laboratorio

Gráfica 21: pH en el proceso de fermentación aerobio y anaerobio



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Se evidenció un pH 4.7, similar para ambos procesos fermentativos en sus inicios.

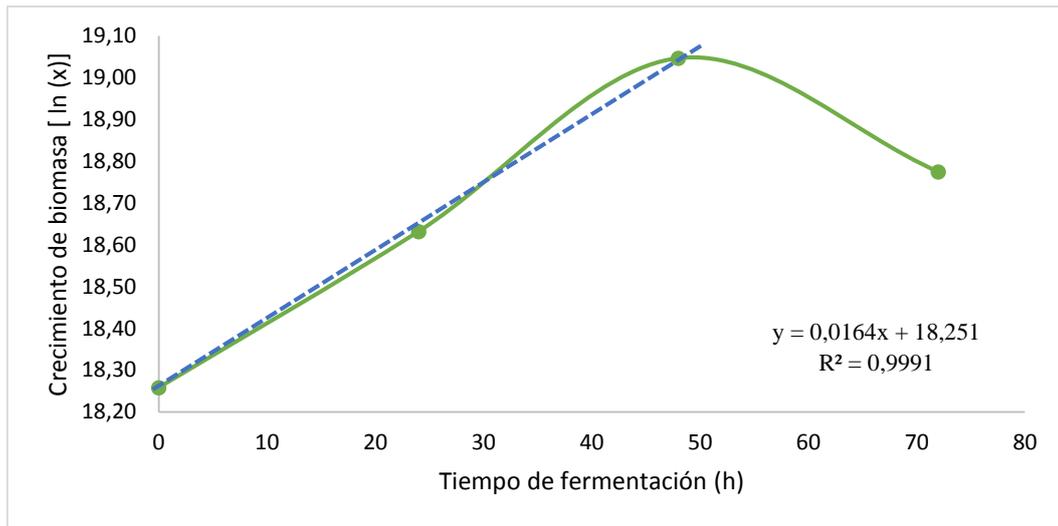
La fermentación en el sistema aerobio a sus 24 horas contaba con un pH de 4.3, disminuyendo a las 48 horas a 4 y permaneciendo constante con este valor hasta las 72 horas que terminó el proceso fermentativo.

En el sistema anaerobio el pH descendió a 3.5 a sus 24 horas, y luego a 3 pasadas ya las correspondientes 48 horas, manteniendo el mismo valor hasta completar las 72 horas.

9.2.4 Resultados de la evaluación del crecimiento de la levadura en la fermentación aerobia y anaerobia en el laboratorio

Se evaluó la concentración microbiana en base al tiempo de fermentación para los sistemas aerobio y anaerobio. Se realizó un muestreo a las 0, 24, 48 y 72 horas que finalizo la fermentación.

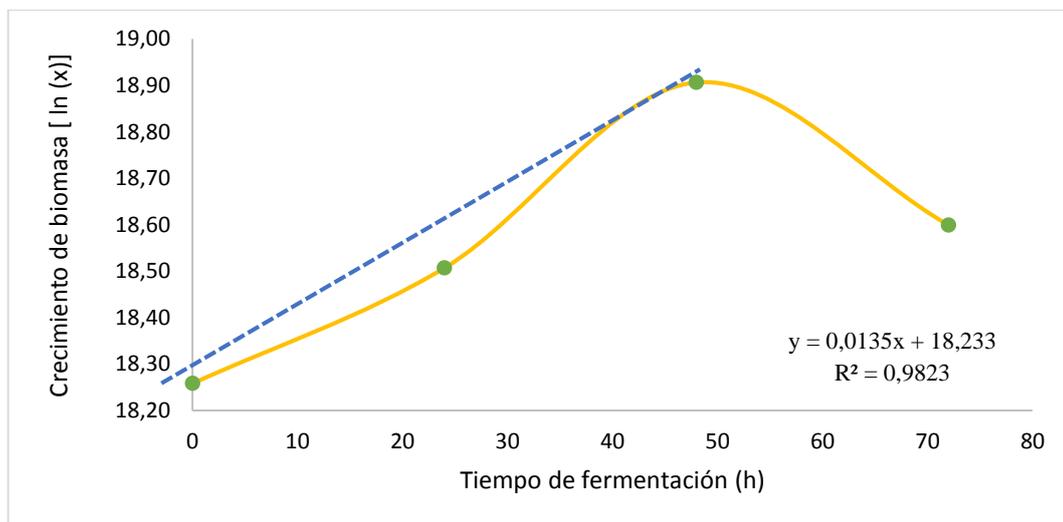
Gráfica 22: Cinética del crecimiento de la levadura en el sistema aerobio



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

Gráfica 23: Cinética del crecimiento de la levadura en el sistema anaerobio



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En la gráfica 22 y 23 se puede observar la cinética del crecimiento de la levadura en dos sistemas de fermentación, uno aerobio y otro anaerobio.

En ambos procesos se puede evidenciar como la levadura inicia con la misma concentración celular, esto es lo que se denomina fase de latencia, para luego seguir con la fase exponencial o logarítmica, notando que a partir de las 24 horas la concentración de este microorganismo en el sistema aerobio fue mucho más alta en comparación al anaerobio. Luego de las 48 horas se observó que ambas fermentaciones se precipitaron hacia la fase de muerte, culminando esta a las 72 horas, sin embargo comparando nuevamente ambos sistemas de fermentación, se evidenció que en el aerobio hubo una mayor concentración celular durante el proceso fermentativo.

10. ELABORACIÓN DEL REPORTE DE RESULTADOS

El reporte de los siguientes resultados está basados en el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación, y a las evaluaciones realizadas en esta.

10.1 Proceso artesanal de producción del aguardiente de caña de azúcar

A través de la investigación desarrollada se logró conocer que existen falencias en los procesos de producción del aguardiente de caña de azúcar que llevan a cabo los productores artesanales, por lo cual se hizo énfasis en los parámetros que influyen en la calidad del producto final que se expende al consumidor.

10.1.1 Materia Prima

En la evaluación a la caña de azúcar realizada se logró determinar que:

- **Caña de Azúcar**

La materia prima seleccionada por los artesanos es la caña de azúcar de variedad Ragnar o “Guayaca”, debido al buen rendimiento de esta variedad; además ofrece una concentración más alta de sacarosa, indispensable como fuente de nutriente de la levadura en el proceso de fermentación

- **Índice de Madurez**

El índice de madurez de la caña de azúcar utilizada como materia prima del aguardiente, en las tres destilerías estudiadas poseen valores de: 1.02 brix en el caso de la productora “Arturito”, 1.02 brix para “La Barbarita” y 1.03 para “Santacruz”, es decir que, las tres fábricas artesanales están trabajando con una materia prima Sobremadura, esto sucede cuando el índice de madurez de la caña sobrepasa de 1.0 brix. Se considera que la caña que va desde 0,95 hasta 1 brix, identificada como caña madura, es la apropiada para la producción de aguardiente debido a que el valor de este parámetro es el indicador para el corte de la zafra de caña, esto según Álvaro B. Ramón (2011).

10.1.2 Molienda de la materia prima

▪ Volumen, Capacidad de producción y Rendimiento

Destilería “Arturito”: productora que actualmente cuenta con un personal de 12 trabajadores y cuyos días de producción son de lunes a sábado, 6 días a la semana. Es la de mayor producción en comparación a las dos destilerías seleccionadas, con un volumen de producción diario (5 horas laborables) de 4.500 hg/día, una capacidad de molienda de 900 kg/h y cuyo rendimiento por hora es de 480L, es decir que, por cada kilogramo molido se obtendrán 0.53 L de jugo de caña.

Destilería “La Barbarita”: hasta el momento esta productora cuenta con 12 personas que laboran en sus instalaciones, en la cual los días de producción a la semana son 6 y van desde lunes a sábado. Su volumen de producción es de 3000 kg/día, menor en comparación a la primera, sin embargo este volumen no deja de considerarse apropiado para la investigación. Diariamente su jornada de labor es de 4 horas con una capacidad de molienda de 750 kg/h, con un rendimiento de 375L/h, es decir se genera 0.50 L por cada Kg molido.

Destilería “Santacruz”: es la fábrica artesanal de menor producción, sin embargo su volumen de producción de 1400 kg/día se consideró apropiado para la selección de esta destilería. Esta pequeña industria cuenta con 5 personas las cuales laboran 4 horas diarias por los 6 días de producción. La capacidad de molienda es de 350 kg/h con un rendimiento de 150 L/h, es decir, se genera 0.43 L por cada kilogramo molido.

Según Pablo R. (2012), 1000kg de caña de azúcar se producen alrededor de 340L de jugo, rendimiento que comparación a los de las destilerías evaluadas es mucho menor. Se estima que esto sucede por el índice de madurez de la caña que utilizan como materia prima los artesanos y al tiempo de cosecha, ya que generalmente esta se realiza a partir de los 6 a 8 meses después del corte anterior de la caña, siendo desde agosto hasta septiembre, los meses en que proceden a la cosecha de la materia prima.

▪ Contenido de Fibra

En los análisis de fibra realizados a muestras representativas de jugo de caña de cada una de las destilerías se obtuvieron los siguientes resultados: 0.10% para “Arturito”, 0.07% para “La Barbarita” y 0.11% para “Santacruz”, recalando que el

porcentaje de fibra del bagazo de la caña se encuentra entre 39-53% con un contenido de celulosa de 43.1 a 55% como lo demuestra en su investigación Flores E. (2013).

Dado que el bagazo de caña es el responsable de los altos contenidos de fibra celulósica, una de las fuentes más comunes de pentosanas que, al ser hidrolizadas se convierte en furfural según establece Gubler R. (2008), se presume que los altos niveles de este compuesto, determinados por los análisis preliminares realizados a las muestras de aguardiente de las destilerías, provienen por el contenido de esta fibra o residuo agrícola que se encuentra inmerso tanto en el jugo de caña como en el inóculo.

10.1.3 Evaluación del Inóculo

▪ Temperatura de Incubación

Según hace referencia Raquel S. (2006), la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), generalmente durante su incubación, se mantiene en mejores condiciones en un rango de temperatura de 16°C a 24°C, sin embargo el intervalo de temperatura óptimo para su funcionamiento y desarrollo varía desde 20°C a 37°C; aunque la aceleración de la actividad fermentativa es más significativa a 30°C que a 20°C. Las temperaturas superiores, de 45°C a 47°C provocan la muerte de estos microorganismos según Liz U. (2007).

Se evaluó la temperatura de incubación de cada uno de los inóculos, evidenciando que: en la destilería “Arturito” la temperatura de incubación en la que se encontraba el inóculo fue de 29.20°C, siendo esta la más alta registrada; con 27.40°C de temperatura, se encontraba el inóculo o madre de la productora “La Barbarita”, y por último la destilería “Santacruz” cuya temperatura de incubación fue de 26.20°C. Las tres destilerías se encontraban en el intervalo óptimo de temperatura para el desarrollo de la levadura en los inóculos, aunque fueron temperaturas bajas en comparación a la establecida para a aceleración de la actividad fermentativa según la mención de Liz U. (2007).

▪ pH del Inóculo

La mayoría de levaduras disfrutaban de un entorno cuyo pH corresponde a un intervalo entre 5 a 5.5 según Sandra G. (2009), sin embargo, un pH óptimo, el cual

varía entre 4.5 y 6, esto dependerá de la madre o inóculo utilizado y su acidez, según la revista Newsa (2009).

En las mediciones del pH a los inóculos se determinó que las destilerías “Arturito” y “La Barbarita” trabajan con inóculo o madre de pH 4, considerado como un medio ácido, al igual que el pH de la destilería “Santacruz” cuyo valor fue de 3.5. Los resultados de estas tres mediciones no entran en los rangos de pH establecidos en las bibliografías antes mencionadas, indicando que este parámetro no es el óptimo para el medio de incubación de la levadura.

- **Microorganismos patógenos: Enterobacterias**

Previo a la inoculación para posteriormente realizar el proceso de fermentación, se realizaron análisis microbiológicos a muestras de los inóculos provenientes de las destilerías evaluadas, donde se encontró la presencia de microorganismos patógenos, es decir, de Enterobacterias.

Este tipo de bacterias se encuentran de forma universal en el suelo, agua e inclusive en la vegetación, además se las considera como parte de la flora intestinal de animales y del hombre. Generalmente se encuentran ciertas especies de estos microorganismos en la bio-industria para la fermentación de alcoholes, esto según indica Douglas R. Cortes (2014).

Dada la presencia de enterobacterias en los inóculos, se presume que el área donde se encuentran los tanques contenedores de jugo, inóculo y de mosto, no cuenta con una higiene apropiada. Cabe recalcar que estos tanques no son lavados periódicamente por lo que esto conlleva a la proliferación de los microorganismos antes mencionados. Además se pudo evidenciar la presencia de animales domésticos en las instalaciones de estas destilerías.

10.1.4 Proceso Fermentativo Artesanal

- **Temperatura evaluada durante el proceso fermentativo**

La temperatura óptima para el desarrollo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* va en un rango que varía desde 13°C-14°C hasta 33°C-37°C, establecido por Miguel M. y Gustavo C. (2013), por lo que se considera en el estudio realizado a los procesos fermentativos de las tres destilerías seleccionadas, que a pesar de la falta de

control que se le da a este parámetro, trabajan en un rango de temperatura adecuada para que el microorganismo realice la fermentación alcohólica.

Las destilerías iniciaron el proceso fermentativo con una temperatura de 26.2°C en el caso de la destilería “Arturito”, 28.2°C para “La Barbarita” y 27.7°C para “Santacruz”; durante mediciones periódicas de 24 horas de este parámetro por las 96 horas que duró el proceso, la temperatura más alta alcanzada fue de 35.6°C al cabo de 24 horas de haber iniciado la fermentación para las destilerías “Arturito” y “La Barbarita”, entrando aún en el rango de temperatura óptima para la levadura. Pasadas las 96 horas se reflejaron temperaturas más bajas, llegando a: 27.3°C, 30.6°C y 29.2°C para las fabricas artesanales “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz” respectivamente.

▪ **Grados brix evaluados durante el proceso fermentativo**

Los grados brix son quienes determinan el porcentaje de solidos solubles (azucres) presentes en una disolución. Los azucres son considerados como la materia prima para las levaduras por lo que el mosto generalmente se deben encontrar en un intervalo entre 14 y 20 grados brix, según Nubia V. (2009).

Los grados brix son determinantes de la calidad de la materia prima, ya que, partiendo de estos se logra conocer el cociente total de azucres disueltos en un líquido. Generalmente los grados brix altos en el jugo de caña de azúcar es sinónimo del buen rendimiento de esta y de un mejor crecimiento de la levadura, ya que permite que esta tenga nutriente disponible para su alimentación durante el proceso de fermentación.

▪ **pH evaluado durante el proceso fermentativo**

El pH es un factor de gran influencia para actividad fermentativa de la levadura, por lo que la revista Newsa (2009) hace referencia a un pH optimo, el cual varía entre 4.5 y 6 para la levadura, esto dependiendo de la madre o inóculo utilizado y su acidez.

Las fermentaciones realizadas en las destilerías comenzaron este proceso con un pH inicial de 4, notando desde su inicio un medio ácido para el crecimiento y desarrollo de la levadura. Este pH puede favorecer de cierta forma a los artesanos, ya que, las mediciones de este parámetro en medios inferiores a 4 no son los más adecuados para la vida de las bacterias patógenas, sin embargo hace que el trabajo de la levadura sea más lento.

El pH fue evaluado durante las 96 horas de fermentación, pudiendo observar que este parámetro bajo a 3 hasta sus últimas evaluaciones, es decir un medio sumamente ácido para las levaduras; esto sucedió en los fermentos de las tres destilerías estudiadas.

10.1.5 Proceso de Destilación

▪ Equipo de destilación

El equipo de destilación es netamente artesanal y no cuenta en la estructura de este un termómetro o manómetro para la lectura de los parámetros como temperatura y presión de destilación. Además debido a las condiciones de estos equipos, los artesanos tampoco logran el control ciertos parámetros específicos en el proceso como: temperatura en la caldera y temperatura en la cabeza de la columna de destilación.

Previo a este proceso se observó que cada uno de los equipos cuenta con platos de destilación en la columna de estos, conociendo que las destilerías: “Arturito” cuenta con 5 platos, mientras que, “La Barbarita” y “Santacruz” 4 platos de destilación.

Artesanalmente el calor que se genera para este proceso es brindado por la combustión de materia agrícola seca, específicamente de leña.

▪ Tipo de destilación

Según las evaluaciones y a la investigación realizada dentro de las destilerías, se logró determinar el tipo de destilación utilizada para la obtención del alcohol etílico, la cual se define como una destilación simple, ya que, esta es una operación donde se produce la vaporización del alcohol etílico debido a la aplicación de calor, según Francisco G. (2008).

Generalmente en este tipo de destilación, el mosto líquido es cargado en lotes a recipientes y posteriormente sometido a ebullición, indica Cecilia M. (2008); lo mismo que sucede en las productoras artesanales evaluadas.

10.1.6 Comparación de la calidad del producto final con la NTE INEN 362 y el Código Alimenticio Argentino

▪ Grado Alcohólico

El grado alcohólico que se determinó por los análisis realizados a las destilerías: “Don Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz” fue de 50%(v/v) para cada una de ellas, cumpliendo así con la normativa nacional NTE INEN 362:2014 y el Código Nacional Argentino, los cuales establecen que la relación entre el volumen del alcohol que se encuentra en estado puro, contenido en el producto a una temperatura de 20°C y el volumen total del mismo producto a similar temperatura sea de 50%v/v y 55%v/v correspondientemente.

▪ Metanol

El contenido de metanol o alcohol metílico establecido por el Código Nacional Argentino para el aguardiente de caña de azúcar es de 50 mg por cada 100cm³ de este licor, mientras que, la normativa de referencia nacional NTE INEN 362 para esta bebida alcohólica permite un máximo de 10 mg de metanol por cada 100cm³ de esta. Los análisis realizados para determinar la presencia de este compuesto en el aguardiente de cada una de las destilerías estudiadas reflejaron como resultado la **AUSENCIA** de metanol en cada una de las muestras, cumpliendo de este modo las especificaciones tanto a nivel nacional como internacional.

▪ Furfural

Mediante los análisis de calidad realizados para la determinación de furfural en el aguardiente de caña de azúcar se puede resaltar una precipitación del contenido de este compuesto en las destilerías: “Santacruz”, con 6,54 mg por cada 100 cm³ de este licor y la destilería “La Barbarita” con 4,96 mg por cada cm³, ambas muestras rebasan los límites permisibles de la NTE INEN 362:2014 que esclarece un máximo de 1.5 mg/100cm³ y el Código Alimenticio Argentino cuyo contenido de furfural especifica la presencia de no más de 4 mg/100cm³, evidenciando el incumplimiento de estas normas. Por otra parte la destilería “Don Arturito” cuyo contenido de furfural es de 1.08mg/cm³ cumple con los límites permisibles de este parámetro dentro de la normativa nacional y el Código Alimenticio Argentino

Debido al elevado contenido de Furfural presente en dos de las tres destilerías evaluadas como son: “La Barbarita” y “Santacruz, fue de significativa importancia estudiar la procedencia y formación de este compuesto en el proceso de obtención del aguardiente.

El furfural es considerado como un aldehído aromático, el cual se produce por la hidrolización de pentosanas, las cuales se encuentran en la fibra resultante de la molienda de la caña de azúcar para obtener el guarapo y que, durante este proceso gran cantidad de esta fibra va junto con el jugo a los tanques de fermentación sin haber realizado un correcto tamizado, se deduce que el problema ocurre desde la molienda, esto además de que se está realizando el proceso fermentativo con la presencia significativa de fibra la cual no solo se la encuentra en el jugo, sino también en el inóculo o “madre” (levadura), ya que, esta proviene de los sedimentos recirculados de las fermentaciones anteriores, es decir, biomasa.

El furfural también se lo puede estimar como un subproducto de la fermentación además de un inhibidor de esta según J. Parajo, H. Dominguez y J. Dominguez (1998), se puede considerar que la presencia de este está afectando a la producción de estas pequeñas industrias debido a la reducción de la velocidad del crecimiento microbiano y de los rendimientos de producto que se obtiene, además a la aparición de este compuesto durante el proceso de fermentación se le atribuye la demora de este, ya que en ambas destilerías el tiempo en que se fermenta el jugo tarda hasta 96 horas para que el fermento este apropiado para su posterior destilación.

▪ **Alcoholes Superiores**

Se pudo constatar que en la muestra analizada de aguardiente de la destilería “Arturito”, existe 150.41mg/cm^3 de alcoholes superiores, es decir, 0.41 mg pasados del límite permisible establecidos en la NTE INEN 362:2014, valor que indica la norma un máximo de $150\text{ mg}/100\text{cm}^3$ de esta sustancia, sin embargo se considera que cumple con la normativa según la conclusión del análisis respectivo. Mientras que las destilerías “La Barbarita” y “Santacruz” con $138.35\text{ mg}/100\text{cm}^3$ y $133.96\text{ mg}/100\text{cm}^3$ respectivamente cumplen este requisito de calidad en su totalidad.

Debido a que el rango de alcoholes superiores tuvo un ligero exalto en el valor de la productora “Arturito” fue de importancia conocer la procedencia de estos compuestos por lo que se conoció que, la presencia de estos se produce debido a las altas temperaturas, pH bajos y cuando la levadura se encuentra limitada por el contenido de nitrógeno durante el proceso de fermentación, donde estos microorganismos son capaces de producir alcoholes superiores en distintas concentraciones, como enfatiza Freer N. (2002).

Los alcoholes superiores son compuestos formados con más de dos átomos de carbono, dentro de los cuales los conforman 1-propanol, 2-propanol, 1-butanol, isobutanol, alcohol amílico (varios isómeros); la proporción en que se encuentra cada uno de los compuestos depende de las condiciones en las que se produjo la fermentación además de la materia prima utilizada según Íñiguez J. (2010)

La duración de la fermentación se ve influenciada por la temperatura del medio, ya que esta afecta al metabolismo de la levadura. Existen reportes de fermentaciones terminadas entre 3 y 5 días a una temperatura de 30°C, así como otras en las cuales se requirió de 5 a 7 días a 24°C, según mencionaba Rychtera M. (2002).

Según K. Fugelsang y B. Zoecklein (2014), **la oxigenación del medio donde se encuentran las levaduras es otro factor que promueve el crecimiento intenso de estas, el cual va de la mano con la sobreproducción de alcoholes superiores.** El oxígeno estimula un mayor uso de glucosa y aminoácidos, los cuales mediante degradación producen compuestos intermedios como los cetoácidos de la síntesis de alcoholes superiores

Las altas proporciones de estos compuestos influyen de forma negativa en la calidad organoléptica de las bebidas alcohólicas como el aguardiente, sin embargo las bajas concentraciones contribuyen a su complejidad.

A través de la vía Ehrlich o del metabolismo de la glucosa se produce la desaminación de ciertos aminoácidos (valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, etc); de esta se derivan los α -cetoácidos quienes son los responsables de la formación de alcoholes superiores, según mencionaba Ouchi K. (2012).

Hidalgo E. (2010) mencionaba que los alcoholes superiores poseen en su fracción un porcentaje relativo de: 24% n-propanol, 13% n-butanol, 46% alcohol isoamílico y 12% de 2-pentanol, así como de otros compuestos en mínima proporción.

10.2 Sugerencias para el proceso de producción para la obtención de aguardiente de caña bajo la norma de calidad NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.)

10.2.1 Uso de la materia prima adecuada

La materia prima utilizada para esta investigación es la caña de azúcar, la cual debe de cumplir ciertas especificaciones para su cosecha y posteriormente para su uso en la producción de aguardiente, mencionando así:

- ✓ El índice de madurez: el cual es un parámetro que define la madurez de la caña, y que indica si esta se encuentra óptima para su cosecha. Para la obtención de aguardiente de caña se utiliza la caña madura, con un I.M. de 0,95 – 1 brix
- ✓ Higienización de la caña: la cual se la puede realizar mediante el lavado de la caña con agua potable, lo cual evita la contaminación del jugo en el proceso de molienda.

10.2.2 Molienda

Este proceso se lo debe realizar con la mayor higiene posible; esto se lo puede lograr mediante el lavado de las masas del molino previo a la molienda.

Se sugiere el uso de un filtro o tamiz que colabore con la remoción del bagazo de caña en el jugo luego de este proceso

10.2.3 Filtración del jugo y del mosto

Debido a que la fuente principal de furfural en el producto final es el residuo celulósico, es importante realizar un filtrado del jugo y del inóculo para la retención del bagazo de caña previo a la inoculación.

Se sugiere el uso de tamices y filtros de mayor porosidad, que colaboren con la máxima retención de este residuo industrial que produce elevadas concentraciones de furfural en el proceso de fermentación.

10.2.4 Sistema adecuado para la fermentación

El sistema de fermentación es un punto muy importante en el proceso productivo del aguardiente, por lo que en la investigación realizada se determinó que la **FERMENTACION AEROBIA** es la más apropiada, tanto para el desarrollo de la levadura como para rapidez del proceso fermentativo, ya que según De Lucas J. (1994), refiere que las levaduras requieren de oxígeno para su multiplicación, ya que en ausencia de aire su reproducción es muy lenta y que, la rapidez del arranque de la fermentación alcohólica depende de las condiciones de aireación.

La presencia de oxígeno permite el mantenimiento de la viabilidad celular en el proceso fermentativo. La oxigenación busca mejorar la síntesis de la biomasa, de modo que se eleve la tasa de fermentación, debido a que es un factor importante en la síntesis de lípidos, los cuales constituyen la membrana celular e influyen directamente en la velocidad de la reacción, Sablayrolles (2003)

10.2.5 Evaluación periódica de la temperatura durante la fermentación

Debido a que la levadura es considerada como el microorganismo fermentador, se deben prestar las condiciones de desarrollo necesarias para que esta actúe en el proceso de fermentación; por lo cual se considera la temperatura de fermentación un parámetro de suma importancia para la vida y crecimiento de este microorganismo.

El rango de temperatura óptimo para el proceso varía desde 13°C-14°C hasta 33°C-37°C, establecido por Miguel M. y Gustavo C. (2013), sin embargo se conoce que a temperaturas superiores de 30°C el desarrollo celular mucho mejor.

10.2.6 Evaluación periódica de los grados brix durante la fermentación

Los azúcares que se encuentran en el jugo de caña se los considera como la materia prima de la levadura para la producción del aguardiente, o también catalogada como la fuente energética de esta.

La evaluación de los grados brix durante el proceso de fermentación, permite conocer el contenido de azúcares disponibles para la levadura. Se puede considerar este parámetro como un indicador del avance del proceso de fermentación, ya que, a medida de que los grados brix descienden, el contenido de alcohol aumenta, hasta llegar a un punto en que la levadura muere y de por finalizado el proceso fermentativo.

10.2.7 Evaluación del pH durante la fermentación

El pH es uno de los factores de significativa influencia durante el proceso fermentativo, ya que, de este depende la agilidad con la que las levaduras realicen el trabajo de fermentación; además se tiene conocimiento de que un pH ácido impide que no se desarrollen agentes patógenos como las enterobacterias.

Se estima que el intervalo de pH óptimo para el crecimiento de la levadura y el desarrollo de la fermentación es de 4,5 a 6, dependiendo de la acidez del inóculo a utilizar, por lo que se hace énfasis en el control de este parámetro.

10.2.8 Evaluación continua la temperatura en el proceso de destilación

La evaluación de la temperatura durante la destilación es de suma importancia, ya que de esta depende la concentración de ciertas sustancias tóxicas en el aguardiente como producto final.

El alcohol etílico o aguardiente tiene un punto de ebullición de 78.6°C, mientras que otros compuestos como furfural y alcoholes superiores poseen una temperatura de ebullición que sobrepasa los 100°C, lo que indica el control de este parámetro en esta etapa de la producción para evitar la presencia de estos compuestos en el aguardiente.

10.2.9 Adsorción con Carbón activado del Furfural

La adsorción con carbón activado del furfural, es un método comprobado para la remoción de este compuesto en bebidas alcohólicas, además, mejora sus características organolépticas como, sabor, aroma y color.

Las características del filtro de carbón activo que se sugiere utilizar en las destilerías artesanales, van de acuerdo al volumen de aguardiente que se desea filtrar y a la calidad del carbón activado del filtro.

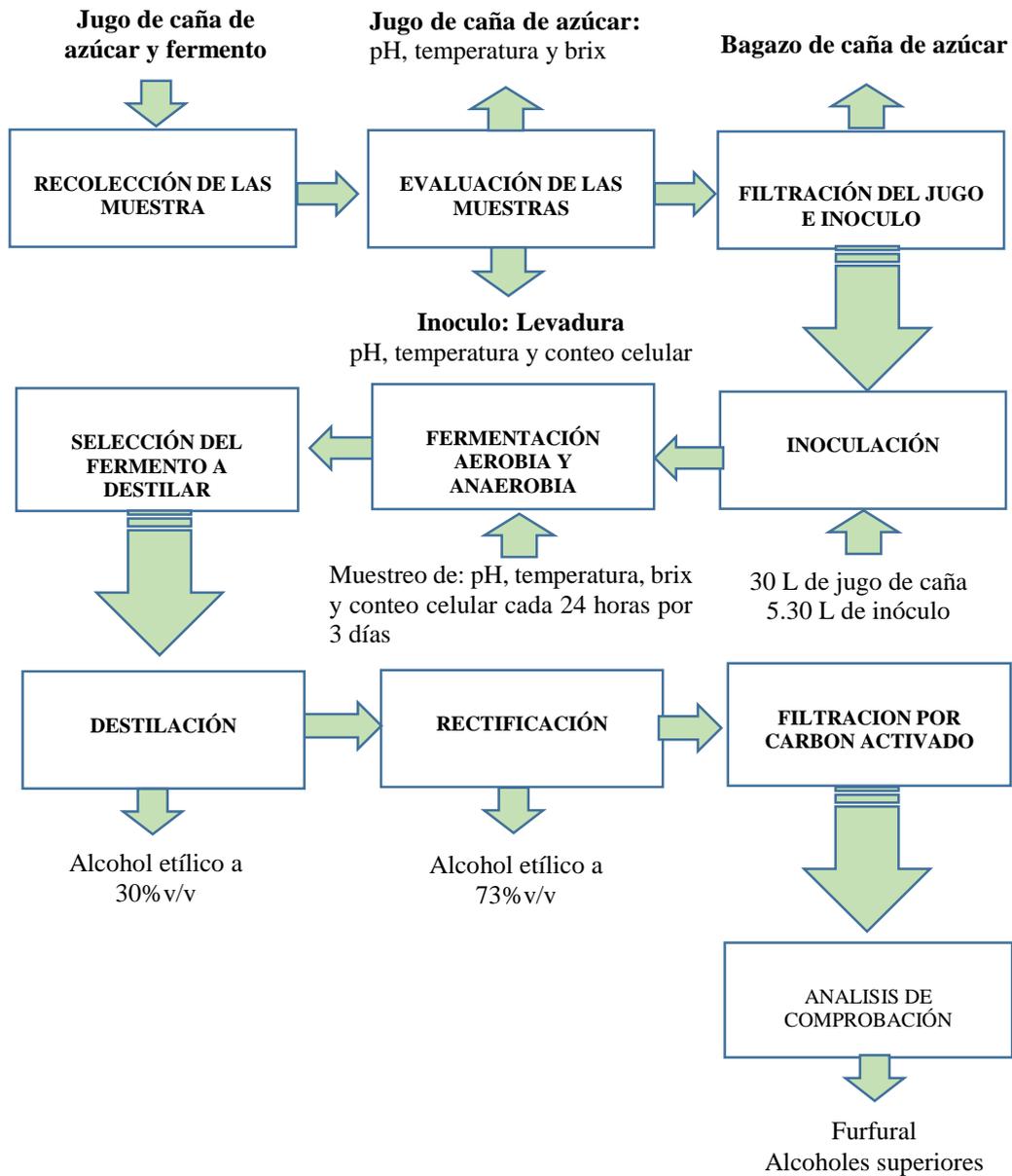
Para la comprobación de este método se realizó la filtración del aguardiente obtenido en el laboratorio, por medio de un filtro de carbón activado granulado, con un volumen de filtrado de 20L por minuto.

Los análisis de calidad realizados para la comprobación de este método, fueron elaborados en base a los dos parámetros incumplidos en los análisis preliminares: FURFURAL Y ALCOCOHOLES SUPERIORES, los cuales están establecidos en la NTE INEN 362.

Los análisis de calidad se pueden verificar en el anexo #4: análisis de comprobación, página 139.

10.3 Diagrama de proceso realizado para la obtención del aguardiente de caña bajo la NTE INEN 362 en el laboratorio.

Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención de aguardiente de caña de azúcar producido en el laboratorio para el cumplimiento de la NTE INEN 362



Fuente: Solórzano Ritha (2016)

Elaborado por: Solórzano Ritha (2016)

En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo para la obtención de aguardiente de caña de azúcar producido en el laboratorio para el cumplimiento de la norma NTE INEN 362, a continuación se detalla el diagrama.

- **Para la recolección del jugo de caña primeramente se evaluó un lote apto para la molienda, es decir, con un índice de madurez apropiado entre 0,95 – 1 brix. Se utilizó la caña de azúcar Ragnar, la misma variedad que usan en general los productores de aguardiente.**

El inóculo o madre que se utilizó, fue escogido en dependencia a la cantidad de bagazo que este poseía, es decir, se eligió el inóculo en base a las recirculaciones realizadas por este, información que fue propinada por los artesanos productores.

- Previo al uso del jugo y del inóculo, se procedió a realizar una evaluación de ambos fluidos. En el caso del jugo de caña se tomaron mediciones de pH, temperatura y grados brix, mientras que para el inóculo se procedió a la lectura de pH, temperatura y al conteo celular inicial.

- Dado al incumplimiento del contenido de Furfural que establece la NTE INEN 362, y sabiendo que, esta sustancia proviene de residuos agrícolas con altos contenidos de pentosanas como es el caso del bagazo de caña de azúcar, fue necesario **un filtrado y tamizado exhaustivo del jugo de caña y del inóculo o madre, ya que este último siendo biomasa recirculable posee aún en su contenido altas concentraciones de fibra provenientes del bagazo de la caña molida.**

- Posteriormente se realizaron dos inoculaciones, con 5.30L de madre y 30 L. de jugo de caña cada una. Se tomaron estos valores en base a los datos obtenidos para realizar el proceso de fermentación de la destilería “Arturito” ya que, fue una de las fábricas con un aguardiente de mejor calidad en comparación a las otras destilerías evaluadas.

A cada inoculación correspondía un sistema diferente, es decir, uno aerobio y otro anaerobio, esto se lo realizo con el objetivo de evaluar el mejor proceso fermentativo.

- Una vez iniciada la fermentación se dispuso evaluar este proceso cada 24 horas desde su inicio, donde se puede analizar que:

La temperatura de fermentación en ambos procesos no sobrepaso los 29°C ni descendió de los 26°C, en ninguno de los días evaluados, considerando este rango de

temperatura como adecuada para desarrollo de la levadura en este proceso de fermentación alcohólica.

El pH evaluado en el sistema aerobio fue considerado como el más óptimo para el proceso, debido a que este parámetro inició con un medición de 4.7, a pesar de que este valor descendió con el transcurso del tiempo de fermentación hasta 4; se lo considero apropiado ya que se acercó al rango de pH estimado por la bibliografía de 4.5 a 6, con el cual se estima que las levaduras se desarrollan y actúan de mejor forma, por lo cual la fermentación realizada en el sistema aerobio no se la considero como la mejor, ya que su pH descendió de 4.7 a 3 durante 72 horas.

Los grados brix disminuyeron de 21 a 7.5 en la fermentación aerobia, mientras que en la fermentación anaerobia los grados brix descendieron de 21 a 8.3, esto sucedió para ambos procesos durante las 72 horas de la actividad fermentativa, lo que indica que existe un mejor trabajo por parte de la levadura en el sistema aireado.

La aireación es otro punto a considerar, ya que según De Lucas J. (1994), quien refiere que las levaduras requieren de oxígeno para su multiplicación, ya que en ausencia de aire su reproducción es muy lenta y que, la rapidez del arranque de la fermentación alcohólica depende de las condiciones de aireación.

La cinética del crecimiento del microorganismo fermentativo que fue evaluada cada 24 horas durante los tres días de fermentación, constató que en el sistema aerobio la concentración microbiana fue mucho mayor en comparación al sistema anaerobio, es decir, que en fermento aerobio la levadura tuvo una mejor cinética o desarrollo durante el proceso fermentativo.

- Tomando en consideración la evaluación realizada a los procesos fermentativos: aerobio y anaerobio, y en beneficio de la calidad del producto final se consideró proceder a la destilación del fermento en condiciones aerobias, esto debido a que evidencio un mejor desarrollo en los parámetros de importancia en la fermentación alcohólica.

- La destilación del fermento se lo realizo en un destilador simple en las instalaciones del laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica de Manabí a una presión sugerida de 8 PSI. Donde se obtuvieron 7L de aguardiente o alcohol etílico al 30%(v/v).

Para la obtención del aguardiente con un grado alcohólico más alto, es decir, más puro, para mejorar sus propiedades organolépticas tales como olor, color, y sabor, e inclusive para eliminar o ayudar a producir un aguardiente con menos concentración de alcoholes superiores fue necesario una rectificación del aguardiente antes destilado, esta operación se la realizó en un destilador simple con la ayuda de un termómetro láser, con el cual se tomaba lectura de la temperatura en el balón de destilación recurrentemente, teniendo como producto final aguardiente de caña de 73%(v/v).

- Haciendo énfasis en la eliminación del furfural, debido a las altas concentraciones de este componente en las muestras de aguardiente analizadas, se realizó una mejora de la calidad del aguardiente obtenido en el laboratorio por medio de la filtración de este a través de un sistema o filtro de carbón activado, ya que según Felipe M. (2001), **la adsorción por medio de carbón activo es uno de los métodos comprobados y más utilizados para la remoción de compuestos furánicos, metales, además de ser eficientes en la remoción de color, mejora el olor y el sabor del alcohol.**

Se utilizó un filtro convencional de un sistema de purificación de agua con carbón activo de 10 micras a base de cascara de coco de alta pureza, con dimensiones de 10" de largo por 2.5" de diámetro y un flujo de 20 L/min.

- Una vez filtrado el aguardiente se procedió al análisis de este, el cual fue realizado tomando en consideración los dos parámetros incumplidos por las destilerías estudiadas como son furfural y alcoholes superiores.

Los análisis fueron realizados por el laboratorio UBA, el cual cuenta con la certificación y aval del Servicio de Acreditación Ecuatoriana obteniendo como resultados:

- ✓ Furfural: 0.98 mg/100 cm³
- ✓ Alcoholes Superiores: 69.44 mg/100 cm³

Con los resultados obtenidos se demostró que es posible mejorar la calidad del aguardiente de caña de azúcar, mediante la adaptación de nuevas técnicas de producción y el énfasis en el cumplimiento de los parámetros de importancia asociados al proceso productivo.

11. CONCLUSIONES

- Se seleccionaron tres destilerías de mayor producción en el sitio Agua Fría, donde se procesan 4.500kg/día de caña de azúcar en la destilería “Arturito”, 3.000kg/día en la “La Barbarita” y por último 1.400 kg/día en la “Santacruz.
- Mediante los análisis preliminares, se determinó el incumplimiento de la calidad del aguardiente de caña de azúcar producido por las tres destilerías evaluadas, donde las concentraciones de los requisitos furfural y alcoholes superiores, se presentaron fuera de los límites permisibles establecidos en la NTE INEN 362:2014.
- El proceso de producción utilizado para la obtención del aguardiente de caña de azúcar es similar en las tres destilerías evaluadas, destacando un proceso netamente artesanal en estas industrias seleccionadas.
- Por medio de los análisis físicos realizados, se determinó que el contenido de fibra es uno de los factores que influye a la formación de altas concentraciones de furfural en el aguardiente de caña de azúcar, ya que es el sustrato precursor de estos compuestos.
- Uno de los parámetros químicos reportados fue la presencia de alcoholes superiores en el aguardiente debido a la falta de control de la temperatura y la exagerada aireación del sistema de fermentación, ya que, esto genera un crecimiento intenso de la levadura (microorganismo fermentador), lo que conlleva a la formación de estos compuestos.
- La remoción de fibra de jugo de caña, purificación del inóculo y adsorción por medio de una columna de carbón activado, permiten cumplir con los parámetros de furfural y alcoholes superiores, parámetros que actualmente representan un problema en las productoras artesanales.
- La falta de control de los parámetros como la temperatura y la presión en el proceso de destilación, debido a que los equipos involucrados en este proceso no cuentan con la estructura e implementación adecuada, pueden generar la presencia de sustancias perjudiciales para la calidad del aguardiente y por ende afectar a la salud de los consumidores.

12. RECOMENDACIONES

- Evaluar el índice de madurez de la caña de azúcar previo a la cosecha, ya que de este parámetro depende el rendimiento de jugo generado por la materia prima
- Es indispensable el filtrado y tamizado del jugo de caña y del inóculo o madre previo a la inoculación para el proceso de fermentación, ya que los residuos de bagazo de caña pueden generar la presencia o inclusive altos contenidos de furfural, afectando a la calidad del aguardiente que se expende al público.
- Dentro del proceso fermentativo de las industrias artesanales se recomienda hacer énfasis en el seguimiento de los parámetros como temperatura, pH y grados brix, ya que, de estos depende un mejor desarrollo del proceso y de la generación de alcoholes superiores en el producto final.
- Se recomienda la aplicación de termómetros y manómetros en los equipos de destilación de las fábricas artesanales para un mejor control del proceso de destilación.
- El uso de filtros de carbón activado colabora con la remoción de sustancias como el furfural, además de mejorar las características organolépticas del aguardiente.
- El lavado de la caña previo a la molienda, la higienización del área de trabajo y de los tanques fermentadores es indispensable para disminuir la presencia de agentes patógenos como enterobacterias en el fermento.
- La falta de control de los parámetros como la temperatura y la presión en el proceso de destilación, debido a que los equipos involucrados en este proceso no cuentan con la estructura e implementación adecuada, pueden generar la presencia de sustancias perjudiciales para la calidad del aguardiente y por ende afectar a la salud de los consumidores.

PRESUPUESTO

TEMA:

“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUARDIENTE DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM*) RECTIFICADO, BASADO EN LA NTE INEN 362:2014 (5TA REVISIÓN) EN EL CANTÓN JUNÍN DE LA PROVINCIA DE MANABÍ”

ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Análisis Realizados	\$742,00
2	Materiales	\$100,00
3	Sustancias y Reactivos	\$150,00
4	Internet e Impresiones	\$25,00
5	Transporte	\$100,00
6	Alimentación	\$20,00
TOTAL		\$1.137,00

CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	SEPTI.				OCTU.				NOVIEM.				DICIM.				ENER.				FEBRE.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aceptación del trabajo de titulación																								
Reunión con tutor de trabajo de titulación																								
Investigación bibliográfica																								
Selección y estudio de las destilerías evaluadas																								
Análisis Preliminares de Calidad																								
Revisión del diseño experimental																								
Ejecución de ensayos experimentales en el laboratorio																								
Análisis de comprobación																								
Elaboración del trabajo de titulación																								
Desarrollo de la literatura																								
Elaboración del diseño metodológico																								
Recolección de datos																								
Análisis de resultados																								
Reunión con tutor de trabajo de titulación																								
Primera corrección del trabajo de titulación																								
Corrección final y entrega del trabajo final																								
Fecha de sustentación																								
Sustentación ante el tribunal de defensa de trabajo de titulación																								

BIBLIOGRAFÍA

- ADM. (2016, Marzo). *ADM Reaches Agreement to Sell Brazilian Sugar Ethanol Operations*. Retrieved from ADM: Research & Development: http://www.adm.com/en-US/news/_layouts/PressReleaseDetail.aspx?ID=714
- Aguirre, M. (2011). *Jugo de Caña de Azúcar envasado en vidrio*. Retrieved Agosto 1, 2016, from Repositorio de la Escuela Politécnica del Litoral : <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13423/1/ProyectoMAguirre.pdf>
- Aguirre, M., & Poveda, C. (2011). *Jugo de Caña de Azúcar envasado en vidrio*. Retrieved from Repositorio de la Escuela Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14844/1/Jugo%20de%20Ca%C3%B1a%20de%20azucar%20envasado%20en%20vidrio.pdf>
- Alconoa. (2011). *Elaboración de Alcohol Etilico*. Retrieved from <http://www.alconoa.com.ar/documentos/Elaboracion%20Alcohol%20Etilico.pdf>
- América P. (2015). *Cervezas continúan liderando la producción de bebidas alcohólicas*. Recuperado el 03 de febrero del 2017, por <http://www.revistasumma.com/cervezas-continuan-liderando-la-produccion-de-bebidas-alcoholicas/>
- Amaya, F., Flores, O. (2011). *Estudio de ingeniería sostenible para la obtención de furfural como subproducto de agroindustria del maíz*. Recuperado el 15 de enero del 2017, de <http://ri.ues.edu.sv/32/1/10136494.pdf>.
- Angulo, A. (2010, Noviembre 23). *EFFECTIVIDAD DE MICROORNISMOS NATIVOS EN RELACIÓN A Aspergillus niger, Clostridium thermocellum ATCC 27405 Y Zymomonas mobilis PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE SANDÍA "Citrullus lanatus" A ESCALA PILOTO*. Retrieved Julio 18, 2016, from Repositorio de la Escuela Politécnica del Ejército: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2828/1/T-ESPE-030354.pdf>
- Asia Pacific Business Pres Inc. (2010). *Industrial Alcohol Technology Handbook*. Delhi - India: NPCS Board.

- Ávila, I. (2011). *Variedades de caña de azúcar en Ecuador*. Retrieved from Repositorio de la Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3327/1/TESIS.pdf>
- Buitrago, J., & Tenjo, D. (2007). *Obtención de un sustrato de origen vegetal y su evaluación con células libres Saccharomyces Cerevisiae*. Retrieved Agosto 2016, from Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis285.pdf>
- Burgess, C. (2015). *Sugarcane Ethanol Production*. Retrieved from The Pennsylvania State University: <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/647>
- Cardona, Sánchez, Montoya, & Quintero. (2005). SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS DE OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR Y MAÍZ. *La Revista Scientia et Technica*, 187-192.
- CINCAE. (2013). *Caña de Azúcar: Cultivo para la sostenibilidad*. Retrieved from Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador: <http://cincae.org/cana-de-azucar-cultivo-para-la-sostenibilidad/>
- Cox, G., Astudillo, J., & Tobalina, C. (2010). *Proyecto de implementación de una planta productora de etanol en base a la caña de azúcar, en la península de Santa Elena*. Retrieved from Repositorio de la Universidad Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1463/1/2937.pdf>
- Cuervo, L., Folch, J., & Quiroz, R. (2009). Lignocelulosa Como Fuente de Azúcares Para la Producción de Etanol. *Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM*, 11-26.
- Departamento de Salud y Servicios para personas mayores de New Jersey. (2000). *Hoja informativa sobre substancias peligrosas*. Recuperado el 15 de enero del 2017, de <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0953sp.pdf>.
- Díaz, J., & Herrera, F. (2011). Producción de etanol combustible a partir de lignocelulosas. *Publicaciones Unicauca*.
- Dobislaw, E. (2004). *Métodos industriales para la fabricación de bebidas alcoholicas*. Barcelona: Reverté.
- Echegaray, Carvalho, & Fernandez, S. (2000). Fed-batch culture of Saccharomyces cerevisiae in sugar-cane blackstrap molasses: Invertase activity of intact cells in ethanol fermentation. *Biomass and Bioenergy*, 39-50.

- Ecured. (2003). *Aceite de fusel*. Recuperado el 15 de enero del 2017, de https://www.ecured.cu/Aceite_de_fusel
- Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. *Propiedad de los alcoholes*. Recuperado el 15 de enero del 2017, de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo4/104_03.pdf
- Ertola, R., Yantorno, O., & Mignone, C. (2007). *Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la OEA. 2007*. Retrieved Julio 31, 2016, from <http://fai.unne.edu.ar/biologia/microind/levaduras.htm>
- Ethanol RFA. (2016). *World Fuel Ethanol Production by Country or Region (Million Gallons)*. Retrieved from [ethanolrfa.org: http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546](http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546)
- García, G. (2010). *Elaboración de Sake o Vino de Arroz, por medio de la fermentación con el uso Saccharomyces cerevisiae y arroz Ecuatoriano*. Retrieved from Universidad Tecnológica Equinoccial : http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4880/1/42002_1.pdf
- GEA Wiegand. (2008). *Distillation Technology Research and Development*. Retrieved from GEA Process Engineering: http://www.gea.com/en/binaries/GEA_Distillation-Technology_brochure_EN_tcm11-16316.pdf
- Gil, I., Uyazán, A., Aguilar, J., Rodríguez, G., & Caicedo, L. (2007). *SEPARATION OF ETHANOL AND WATER BY EXTRACTIVE DISTILLATION WITH SALT AND SOLVENT AS ENTRAINER: PROCESS SIMULATION*. Retrieved Julio 22, 2016, from Brazilian Journal of Chemical Engineering: <http://www.scielo.br/pdf/bjce/v25n1/a21v25n1.pdf>
- Gilbert, S. (2014). *Ethyl Alcohol: A Small Dose of Alcohol*. Retrieved from Toxipedia: <http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Ethyl+Alcohol>
- Giménez, N. (2011). *Alcoholes*. Retrieved from Universidad Alas Peruanas: <https://es.scribd.com/doc/97222149/Alcohol>
- Gregg, & Saddler. (1995). Bioconversion of lignocellulosic residue to ethanol: Process Flowshet Development. *Biomass and Energy* , 287-302.
- Gulati, M., Kohlmann, K., Ladish, M., Hespell, R., & Bothast., R. (1996). Assessment of Ethanol Production Options for Corn Products. *Bioresource Technology*, 253-264.

- Guzmán, L. (2013). *Estudio de Factibilidad del uso de etanol anhidro en mezclas con gasolina en el Distrito Metropolitano de Quito*. Retrieved from Repositorio de la Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2840/1/T-UCE-0011-25.pdf>
- Hayashi, T., Furuta, Y., & Furukawa, K. (2013). *Los mutantes deficiente-respiratorios de Zymomonas mobilis muestran un mayor crecimiento y producción de etanol bajo condiciones aeróbicas y de alta temperatura*. Retrieved from Microbiología UMH.
- Íñiguez, J. (Junio 2010). Recuperado el 01 de Diciembre del 2016, de <http://centroazucar.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2011/4/2.pdf>
- Jara, J. (2015, Diciembre 29). *Fermentación* . Retrieved from Documents.mx: <http://documents.mx/documents/fermentacion-5681ff7138426.html>
- Jimenez, M. (2011). *Destilación Extractiva*. Retrieved Julio 23, 2016, from Universidad de Sonora: <http://operaciones-unitarias-1.wikispaces.com/Tipos+de+Destilacion>
- Katzen, & Madson, M. (2008). *Ethanol distillation: the fundamentals*. Retrieved from KATZEN International, Inc., Cincinnati, Ohio, USA: <http://my.chemeng.queensu.ca/courses/CHEE332/files/distillation.pdf>
- Leathers. (2003). Bioconversión of maize residues to value-added coproducts using yeast-like fungi. . *FEMS yeast research*, 133-140.
- Lopatinsky, M. (2008). *Obtención de Biocombustible orgánico a partir de Zea Mays con aplicación de Alfa-Amilasa*. Retrieved from Repositorio de la Escuela Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7777/1/D-39045.pdf>
- Macedo, Seabra, & Silva. (2008). Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. . *Biomass and Bioenergy*, 582–595. Retrieved from Biomass and Bioenergy.
- Madson, P., & Monceaux, D. (2001). Fuel ethanol production. *KATZEN International, Inc., Cincinnati, Ohio, USA*.
- Marriaga, N. (2008). *Indicadores de desempeño de la destilación de bioetanol* . Retrieved from Revista de Ingeniería DYNA: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n159/a09v76n159.pdf>

- Mayer, L. (1987). *Métodos de la Industria Química*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Mcaloon, Taylor, Yee, Ibsen, & Wooley. (2000). Determining the Cost of Producing Ethanol from Corn Starch and Lignocellulosic Feedstocks. *National Renewable Energy Laboratory Biotechnology Center for Fuels and Chemicals*.
- Meirelles, A., & Telis, V. (1994). Mass transfer in extractive distillation of ethanol/water by packed columns. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 824-827.
- Montoya, M., & Quintero, J. (2005, Enero). *Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante*. Retrieved from Universidad Nacional de Colombia:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/1043/1/mariaisabelmontoyarodriguez.2005.pdf>
- Moreno, J. (2015, Julio 24). *Los países que más beben en América Latina: la dramática radiografía del consumo de alcohol en la región*. Retrieved from BBC :
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150723_consumo_alcohol_latinoamerica_muertes_paises_jm
- Navia, A., Zambrano, J., & Zamora, M. (2015, Mayo). *Producción de Bioetanol en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica de Manabí*. Retrieved from Repositorio de la Universidad Técnica de Manabí.
- NPTEL. (2011). *Crude Oil Distillation*. Retrieved from Chemical Technology:
<http://nptel.ac.in/courses/103107082/module6/lecture3/lecture3.pdf>
- Orozco, W. (2010). Destilación al Vacío de Etanol usando Bomba Chorro. *Revista Tecno Lógicas*, 81-83.
- Patiño, M., & Valdéz, N. (2010). *Química Básica: Prácticas de laboratorio*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Peña, M., Carrasco, C., Crespo, C., & Terrazas, E. (2009). *Influencia de la concentración de oxígeno en la producción de etanol a partir de la fermentación de mezclas D-glucosa/D-xilosa e hidrolizados de aserrín de Curupaú por Pichia stipitis CBS 5773*. Retrieved from BIOFARBO revistas bolivianas: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1813-53632009000100003&script=sci_arttext

- Pérez, A. (2012, Mayo). *Evaluación del proceso de producción de etanol carburante a partir de Caña azucarera, remolacha azucarera y maíz*. Retrieved from Universidad Nacional de Colombia: <https://quimiart.files.wordpress.com/2012/05/evaluacion-del-proceso-de-produccion-de-etanol-carburante-a-partir-de-caña-azucarera-remolacha-azucarera-y-maíz.pdf>
- Pérez, L. (2011, Marzo 7). *LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA. CÓMO SE PRODUCE Y APLICACIONES*. Retrieved Julio 22, 2016, from <https://biotecnologia.fundaciontelefonica.com/2011/03/14/la-fermentacion-alcoholica-como-se-produce-y-aplicaciones/>
- PROMETEO. (2015). *Prometeo investiga cultivos y producción de caña de Azúcar*. Retrieved from Gobierno Provincial de Manabí: <http://manabi.gob.ec/index.php/es/noticias/prometeo-investiga-cultivos-y-produccion-de-cana-de-azucar.html>
- Ramales, M., & Ortíz, E. (2006). *El proceso de elaboración del mezcal*. Retrieved from Observatorio de la Economía Latinoamericana: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2006/mcro-mezcal2.htm>
- Ramírez, & Rosas. (2015, Septiembre). *Determinación del rendimiento de Bioetanol obtenido a partir de la fermentación alcohólica de residuos cítricos*. Retrieved from Universidad Rafael Urdaneta de Venezuela: <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2101-15-09005.pdf>
- Regalado, L. (2016). *Propuesta de lineamientos gerenciales y de gestión que facilite la generación de oportunidades de negocios para los productos no petroleros, no tradicionales del Ecuador desde el 2013, en el mercado internacional*. Retrieved from Repositorio de la Universidad Internacional del Ecuador: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1356/1/T-UIDE-1052.pdf>
- Repetto, M. (1997). Toxicología del Alcohol Etílico. *Toxicología Avanzada*, 425-475.
- Rivera, M., & Aguilera, J. (2000). *Propiedades Físicas y Termodinámicas del Furfural*. Retrieved from Tecnología Química Vol. XX, No. 1.
- Santamaría, López, Gutiérrez, & García. (1995). Influencia de la temperatura en la fermentación alcohólica. *ZUBÍA Monográfico*, 137-149.

- SER. (2014). *Producción de Alcohol Nicaragua*. Retrieved from Nicaragua Sugar: http://www.nicaraguasugar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=185
- Serrano, Y. (2015). *El proceso de Fermentación*. Retrieved from Scribd: <https://es.scribd.com/doc/313179697/Proceso-de-fermentacion-pdf>
- Shakhashiri. (2009, Febrero 5). *Chemical of the Week: Ethanol*. Retrieved from SCIFUN: <http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/pdf/ethanol.pdf>
- Sylvan, R. (2016). *What Are the Uses of Distillation in Industry?* Retrieved from http://www.ehow.com/about_5941994_uses-distillation-industry_.html
- Téllez, J., & Cote, M. (2006). Un tóxico de alto riesgo para la salud humana socialmente aceptado. *Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia*, 33-34.
- Thamilvanan, G., & Senthamil, R. (2013). Distillation of ethanol from Sugar Molasses. *International Journal of Medicine and Biosciences*, 33-35.
- Udeye, V., Mopoung, S., Vorasingha, A., & Amornsakchai, P. (2009). Ethanol heterogeneous azeotropic distillation design and construction. *International Journal of Physical Sciences*, 101-106.
- UNAD. (2011). *Condiciones para lograr una fermentación óptima*. Retrieved Julio 28, 2016, from Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/306598/contLinea/leccion_4_condiciones_para_lograr_una_fermentacin_ptima.html
- Usseglio, & Tomasse. (1998). *Química Enológica*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Verelst, H., Morales, M., Mesa, L., & González, E. (2010). *Reconversión y simulación de la producción de furfural con la tecnología de etanol de bagazo*. Retrieved from Centro de Análisis de Procesos. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba: <http://centrozucar.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2010/1/13.pdf>
- Ward, O. (1991). *Bioteología de la fermentación*. Zaragoza: Acribia, S.A. .
- Williamson, K., Minard, R., & Masters, K. (2007). *Macroscale and Microscale Organic Experiments*. Boston: Houghton Mifflin Co.

ANEXOS

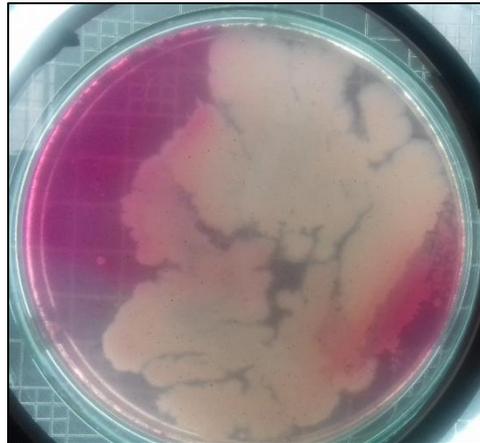
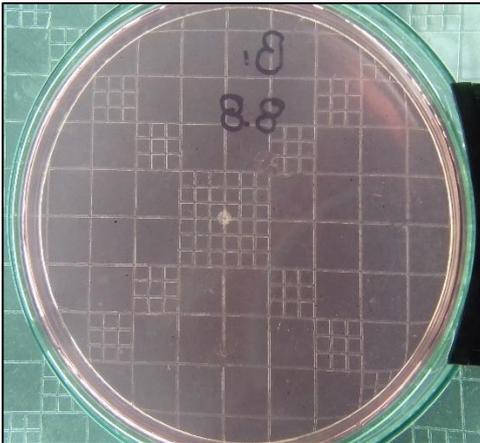
▪ ANEXO 1. EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS FERMENTATIVOS ARTESANALES

1.1 Evaluación de la molienda y el jugo de caña



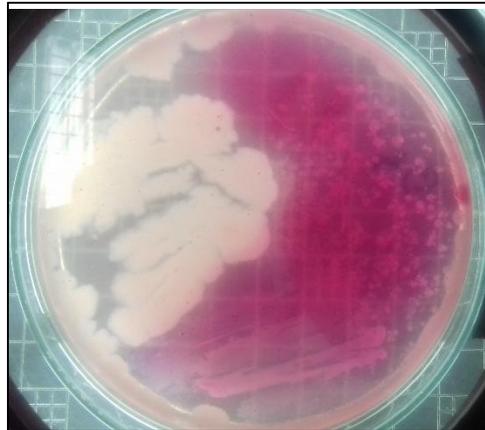
Presencia de azúcares reductores en las destilerías: “Arturito”, “La Barbarita” y “Santacruz”

1.2 Evaluación microbiológica del Inóculo: determinación de enterobacterias



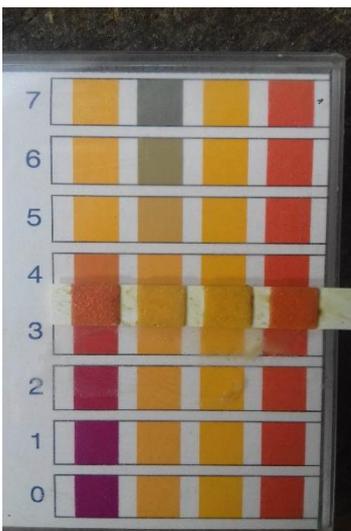
Incubación del inóculo de la Destilería “Arturito”

Incubación del inóculo de la destilería “La Barbarita”



Incubación del inóculo de la Destilería “Santacruz”

1.3 Evaluación del proceso fermentativo





1.4 Evaluación del proceso de destilación



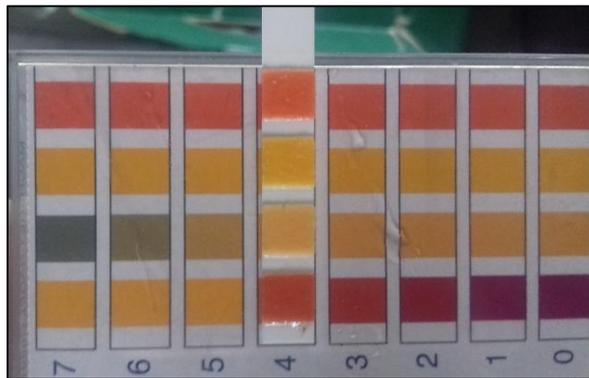
▪ **ANEXO 2. EVALUACIÓN EN EL SISTEMA AEROBIO UTILIZADO PARA LA COMPROBACIÓN**



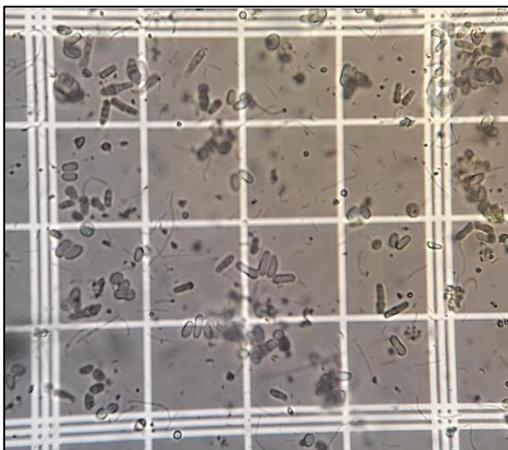
Bagazo retenido del filtrado del jugo e inóculo



Evaluación de la temperatura en la fermentación aerobia



Evaluación del pH



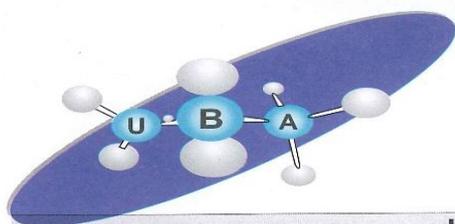
Conteo del crecimiento celular



Destilación del mosto

▪ ANEXO 3. ANÁLISIS PREMILINARES

a. Determinación de Furfural y Alcoholes Superiores.



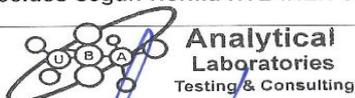
**Analytical
Laboratories**
Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

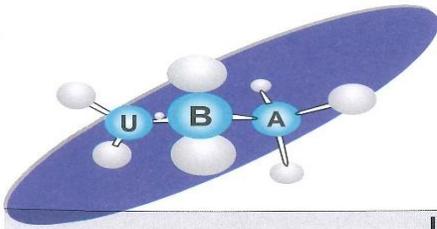
**INFORME DE RESULTADOS
IDR 15458-2016**

Fecha: 02 de Septiembre del 2016

DATOS DEL CLIENTE							
Nombre	RITHA SOLORZANO P.						
Dirección	Cdla. San Jose calle Principal 3era Transversal a la derecha						
Teléfono	05-2442216 / 0979738092						
Contacto	Srta. Ritha Solorzano P.						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de muestra	Aguardiente de caña	Cantidad	Aprox. 200 mL				
No. de muestras	1 (n=2)	Lote	N/A				
Presentación	Botella plástica transparente	Fecha de recepción	25 de Agosto del 2016				
Toma de muestra	Realizado por el Cliente	Fecha toma de muestra	N.A.				
CONDICIONES DEL ANALISIS							
Temperatura (°C)	23.3	Humedad (%)	59.2				
Fecha de Inicio de Análisis	26 de Agosto del 2016						
Fecha de Finalización del análisis	26 de Agosto del 2016						
RESULTADOS							
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	**Requisitos.	
						Min.	Max.
Muestra # 1 "El Rojo" Aguardiente de Caña	UBA-15458-1	Furfural	Robert R.M. et. al. 1978 (HPLC-UV)	1.08	mg/100 cm ³	-	1.5
		Alcoholes Superiores	INEN 345	150.41	mg/100 cm ³	-	150
CONCLUSIONES:							
La muestra provista al laboratorio: MUESTRA #1 "El Rojo" Aguardiente de Caña, <u>CUMPLE</u> con los requisito según la NORMA NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña.							
Observaciones:							
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.							
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.							
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica							
4. **Requisitos físico químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña. Requisitos.							



Nelson Montoya V., M. Sc.
Gerente General & Técnico
R.P. 1215



Analytical Laboratories

Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

INFORME DE RESULTADOS IDR 15459-2016

Fecha: 02 de Septiembre del 2016

DATOS DEL CLIENTE							
Nombre	RITHA SOLORIZANO P.						
Dirección	Cdla. San Jose calle Principal 3era Transversal a la derecha						
Teléfono	05-2442216 / 0979738092						
Contacto	Srta. Ritha Solorzano P.						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de muestra	Aguardiente de caña		Cantidad		Aprox. 200 mL		
No. de muestras	1 (n=2)		Lote		N/A		
Presentación	Botella plástica transparente		Fecha de recepción		25 de Agosto del 2016		
Toma de muestra	Realizado por el Cliente		Fecha toma de muestra		N.A.		
CONDICIONES DEL ANALISIS							
Temperatura (°C)	23.3		Humedad (%)		59.2		
Fecha de Inicio de Análisis	26 de Agosto del 2016						
Fecha de Finalización del análisis	26 de Agosto del 2016						
RESULTADOS							
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	**Requisitos.	
						Min.	Max.
Muestra # 2 "La Barbarita" Aguardiente de Caña	UBA-15459-1	Furfural	Robert R.M. et. al. 1978 [HPLC-UV]	<u>4.96</u>	mg/100 cm ³	-	1.5
		Alcoholes Superiores	INEN 345	138.35	mg/100 cm ³	-	150

CONCLUSIONES:
La muestra provista al laboratorio: MUESTRA #2 "La Barbarita" Aguardiente de Caña, **NO CUMPLE** con los requisitos según la NORMA NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña.

Observaciones:

- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.
- Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.
- Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica
- **Requisitos físico químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña. Requisitos.

Analytical Laboratories
Testing & Consulting

Nelson Montoya
Nelson Montoya M. Sc.
Gerente General & Técnico
R.P.1215

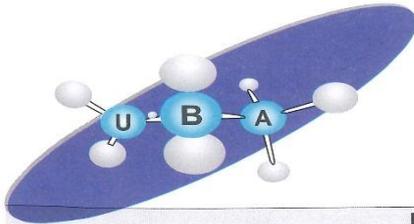
FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1

ALIMENTOS CONTROL DE CALIDAD FARMACEUTICOS AMBIENTALES COSMETICOS

Av. Carlos L. Plaza Dañín, Cdla. La FAE, Mz. 20 Solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)
CONMUTADOR: 2288578 - 6017745 - Cel.: 0992 737500 - 0984 780671
E-mail: nmontoya@uba-lab.com
Guayaquil - Ecuador





Analytical Laboratories

Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

INFORME DE RESULTADOS IDR 15460-2016

Fecha: 02 de Septiembre del 2016

DATOS DEL CLIENTE							
Nombre	RITHA SOLORIZANO P.						
Dirección	Cdla. San Jose calle Principal 3era Transversal a la derecha						
Teléfono	05-2442216 / 0979738092						
Contacto	Srta. Ritha Solorzano P.						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de muestra	Aguardiente de caña		Cantidad	Aprox. 200 mL			
No. de muestras	1 (n=2)		Lote	N/A			
Presentación	Botella plástica transparente		Fecha de recepción	25 de Agosto del 2016			
Toma de muestra	Realizado por el Cliente		Fecha toma de muestra	N.A.			
CONDICIONES DEL ANALISIS							
Temperatura (°C)	23.3		Humedad (%)	59.2			
Fecha de Inicio de Análisis				26 de Agosto del 2016			
Fecha de Finalización del análisis				26 de Agosto del 2016			
RESULTADOS							
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	**Requisitos.	
						Min.	Max.
Muestra # 3 "Santa Cruz" Aguardiente de Caña	UBA-15460-1	Furfural	Robert R.M. et. al. 1978 [HPLC-UV]	6.54	mg/100 cm ³	-	1.5
		Alcoholes Superiores	INEN 345	133.96	mg/100 cm ³	-	150
CONCLUSIONES: La muestra provista al laboratorio: MUESTRA #3 "Santa Cruz" Aguardiente de Caña, NO CUMPLE con los requisito según la NORMA NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña.							
Observaciones:							
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.							
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.							
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica							
4. **Requisitos físico químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña. Requisitos.							



Nelson Montoya
Gerencia General
Nelson Montoya P., M. Sc.
Gerente General & Técnico
R.P. 1215

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1

ALIMENTOS CONTROL DE CALIDAD FARMACEUTICOS AMBIENTALES COSMETICOS

Av. Carlos L. Plaza Dañín, Cdla. La FAE, Mz. 20 Solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)
COMUTADOR: 2288578 - 6017745 - Cel.: 0992 737500 - 0984 780671
E-mail: nmontoya@uba-lab.com
Guayaquil - Ecuador



b. Determinación de Metanol y Grado Alcohólico



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe:	01/09/2016	Orden:	6389	N° de Informe:	4904-16	Página:	1/1
-------------------	------------	--------	------	----------------	---------	---------	-----

INFORMACION DEL CLIENTE:							
Nombre:	SOLORZANO PICO RITHA FABIANA						
Dirección:	PORTOVIEJO CDLA. SAN JOSE CALLE PRINCIPAL Y TERCERA TRANSVERSAL MANO DERECHA (CASA PORTON NEGRO)						
Teléfono:	05-2442216	Fax:	--	E. Mail:			

DATOS DE LA MUESTRA:							
Tipo de Muestra:	Bebidas Alcohólicas						
Nombre:	MUESTRA #1: DESTILERIA "EL ORO" AGUARDIENTE DE CAÑA						
Descripción:	Aguardiente						
Lote:	--	Fecha de Elab.:	--	Fecha de Exp.:	--		
Contenido Declarado:	--	Cantidad Recibida:	2 de 500 ml	Condición:	Normales, botella plástica		
				Forma de conservación:	Ambiente		
Fecha de Recepción:	25/08/2016	Cód. Laboratorio:	BH-C-39-25-08-16	Muestreo:	Realizado por el cliente		

RESULTADOS							
ANÁLISIS QUÍMICO							
Fecha de Análisis	30/08/2016			Página R 39-5.10:	12757		
Condiciones ambientales:				Temperatura:	22°C - 33°C	Humedad Relativa:	24% - 62%
Parámetros	Unidad	Resultados	**Requisitos	Método de Referencia			
Grado Alcohólico a 20°C	°GL	50	28 - 50	MMQ-191			
Metanol	--	Negativo	--	NTE INEN 0347			

****Requisitos Químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 Quinta Revisión para Bebidas Alcohólicas: Aguardiente de Caña**

CONCLUSION							
La muestra analizada CUMPLE con los Requisitos Químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 Quinta Revisión para Bebidas Alcohólicas; Aguardiente de Caña							

OBSERVACION							
--------------------	--	--	--	--	--	--	--

Se podrán realizar modificaciones a este documento, hasta 6 meses después de su emisión, las mismas que deberán ser respaldadas, por un requerimiento de las autoridades de salud o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.
 Estos resultados corresponden exclusivamente a la muestra analizada.
 La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 mes.
 Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOS AVVE S.A.
 Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación
 Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidas en los archivos del laboratorio por 5 años
Válido solo Informe Original

Dra. Margot Vélez de Avilés
 Gerente Técnico & Calidad

Datos de Contacto:
 Dirección Laboratorio Matriz: Parque Industrial California 1, Calle Arg. Modesto Luque Rivadeneira,
 Edificio Comercial 3 Local 4A Km. 11 ½ vía a Daule.
 PBX. Matriz: (5934) 2103206. Teléfonos Parque California 1: 2103017 / 2103026 ext. 235 Cel.: 0998078518

Dirección Laboratorio de Microbiología: Parque Industrial California 2, Bodega D44
 Km. 11 ½ vía a Daule.
 Teléfono: (5934) 2 103365 ext. 101. Teléfonos Parque California 2: 2 103199 ext. 443

E-mail: margot.aviles@laboratoriosavve.com
 cotizaciones.compras@laboratoriosavve.com
 pascia.aviles@laboratoriosavve.com
 lorena.aviles@laboratoriosavve.com
 www.laboratoriosavve.com
 Laboratorios AVVE



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe: 01/09/2016	Orden: 6390	N° de Informe: 4905-16	Página: 1/1
------------------------------	-------------	------------------------	-------------

INFORMACION DEL CLIENTE:			
Nombre:	SOLORZANO PICO RITHA FABIANA		
Dirección:	PORTOVIEJO CDLA. SAN JOSE CALLE PRINCIPAL Y TERCERA TRANSVERSAL MANO DERECHA (CASA PORTON NEGRO)		
Teléfono:	05-2442216	Fax:	--
		E. Mail:	

DATOS DE LA MUESTRA:			
Tipo de Muestra:	Bebidas Alcohólicas		
Nombre:	MUESTRA #2: DESTILERIA "LA BARBARITA" AGUARDIENTE DE CAÑA		
Descripción:	Aguardiente		
Lote:	--	Fecha de Elab.:	--
		Fecha de Exp.:	--
Contenido Declarado:	--	Cantidad Recibida:	2 de 500 ml
		Condición:	Normales, botella plástica
		Forma de conservación:	Ambiente
Fecha de Recepción:	25/08/2016	Cód. Laboratorio:	BH-C-40-25-08-16
		Muestreo:	Realizado por el cliente

RESULTADOS				
ANÁLISIS QUÍMICO				
Fecha de Análisis	30/08/2016		Página R 38-5.10:	12957
Condiciones ambientales:		Temperatura:	22°C - 33°C	Humedad Relativa: 24% - 62%
Parámetros	Unidad	Resultados	**Requisitos	Método de Referencia
Grado Alcohólico a 20°C	°GL	50	28 - 50	MMQ-191
Metanol	--	Negativo	--	NTE INEN 0347

***Requisitos Químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 Quinta Revisión para Bebidas Alcohólicas: Aguardiente de Caña*

CONCLUSIÓN
La muestra analizada CUMPLE con los Requisitos Químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 Quinta Revisión para Bebidas Alcohólicas: Aguardiente de Caña

OBSERVACION

Se podrán realizar modificaciones a este documento, hasta 6 meses después de su emisión, las mismas que deberán ser respaldadas, por un requerimiento de las autoridades de salud o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.

Estos resultados corresponden exclusivamente a la muestra analizada.

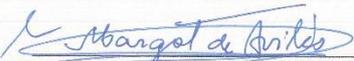
La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 mes.

Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOS AVVE S.A.

Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación

Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidos en los archivos del laboratorio por 5 años

Válido solo Informe Original

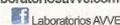

Dra. Margot Vélez de Avilés
Gerente Técnico & Calidad

Datos de Contacto:
 Dirección Laboratorio Matriz: Parque Industrial California 1, Calle Arg. Modesto Luque Rivadeneira,
 Edificio Comercial 3 Local 4 A Km.11 1/2 vía a Daule.
 PBX. Matriz: (5934) 2103206. Teléfonos Parque California 1: 2103017 / 2103026 ext. 235 Cel.: 0998078518

Dirección Laboratorio de Microbiología: Parque Industrial California 2, Bodega D44
 Km.11 1/2 vía a Daule.
 Teléfono: (5934) 2 103365 ext. 101. Teléfonos Parque California 2: 2 103199 ext. 443

E-mail: margot.aviles@laboratoriosavve.com
 cotizaciones.compras@laboratoriosavve.com
 paola.aviles@laboratoriosavve.com
 lorena.aviles@laboratoriosavve.com

www.laboratoriosavve.com



R02-5.10 Rev.01 06/03/15

REV 08/09-11



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe: 01/09/2016	Orden: 6391	N° de Informe: 4906-16	Página: 1/1
------------------------------	-------------	------------------------	-------------

INFORMACION DEL CLIENTE:			
Nombre:	SOLORZANO PICO RITHA FABIANA		
Dirección:	PORTOVIJEJO CDLA. SAN JOSE CALLE PRINCIPAL Y TERCERA TRANSVERSAL MANO DERECHA (CASA PORTON NEGRO)		
Teléfono:	05-2442216	Fax: --	E. Mail:

DATOS DE LA MUESTRA:			
Tipo de Muestra:	Bebidas Alcohólicas		
Nombre:	MUESTRA #3: DESTILERIA "SANTA CRUZ" AGUARDIENTE DE CAÑA		
Descripción:	Aguardiente		
Lote:	--	Fecha de Elab. --	Fecha de Exp. --
Contenido Declarado:	--	Cantidad Recibida: 2 de 500 ml	Condición: Normales, botella plástica
			Forma de conservación: Ambiente
Fecha de Recepción:	25/08/2016	Cód. Laboratorio: BH-C-41-25-08-16	Muestreo: Realizado por el cliente

RESULTADOS				
ANÁLISIS QUÍMICO				
Fecha de Análisis	30/08/2016	Página R 38-5.10:	12957	
Condiciones ambientales:		Temperatura: 22°C - 33°C	Humedad Relativa: 24% - 62%	
Parámetros	Unidad	Resultados	**Requisitos	Método de Referencia
Grado Alcohólico a 20°C	°GL	50	28 - 50	MMQ-191
Metanol	--	Negativo	--	NTE INEN 0347

****Requisitos Químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 Quinta Revisión para Bebidas Alcohólicas: Aguardiente de Caña**

CONCLUSION
La muestra analizada CUMPLE con los Requisitos Químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 Quinta Revisión para Bebidas Alcohólicas: Aguardiente de Caña

OBSERVACION

Se podrán realizar modificaciones a este documento, hasta 6 meses después de su emisión, las mismas que deberán ser respaldadas, por un requerimiento de las autoridades de salud o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.

Estos resultados corresponden exclusivamente a la muestra analizada.

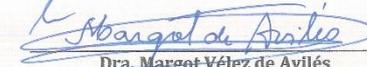
La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 mes.

Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOS AVVE S.A.

Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación

Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidas en los archivos del laboratorio por 5 años

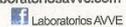
Válido solo Informe Original


Dra. Margot Vélez de Avilés
 Gerente Técnico & Calidad

Detos de Contacto:
 Dirección Laboratorio Matriz: Parque Industrial California 1, Calle Arq. Modesto Luque Rivadeneira,
 Edificio Comercial 3 Local 4 A Km. 11 ½ vía a Daule.
 PBX. Matriz: (5934) 2103206. Teléfonos Parque California 1: 2103017 / 2103026 ext. 235 Cel.: 0998078518

Dirección Laboratorio de Microbiología: Parque Industrial California 2, Bodega D44
 Km. 11 ½ vía a Daule.
 Teléfono: (5934) 2 103365 ext. 101. Teléfonos Parque California 2: 2 103199 ext. 443

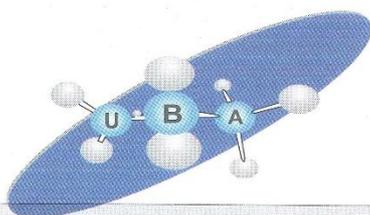
E-mail: margot.aviles@laboratoriosavve.com
cotizaciones.compras@laboratoriosavve.com
paola.aviles@laboratoriosavve.com
larena.aviles@laboratoriosavve.com
www.laboratoriosavve.com



R02-5.10 Rev.01 06/03/15

REV 08/09-11

▪ ANEXO 4. ANÁLISIS DE COMPROBACIÓN



**Analytical
Laboratories**
Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

**INFORME DE RESULTADOS
IDR 16595-2017**

Fecha: 19 de Enero del 2017

DATOS DEL CLIENTE							
Nombre	RITHA SOLORZANO P.						
Dirección	Cdla. San Jose calle Principal 3era Transversal a la derecha						
Teléfono	05-2442216 / 0979738092						
Contacto	Srta. Ritha Solorzano P.						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de muestra	Aguardiente de caña	Cantidad	Aprox. 200 mL				
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A				
Presentación	Botella plástica transparente	Fecha de recepción	14 de Enero del 2017				
Colecta de muestra	Realizado por el Cliente	Fecha de colecta de muestra	N.A.				
CONDICIONES DEL ANALISIS							
Temperatura (°C)	22.7		Humedad (%)	45.7			
Fecha de Inicio de Análisis			16 de Enero del 2017				
Fecha de Finalización del análisis			18 de Enero del 2017				
RESULTADOS							
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	**Requisitos.	
						Min.	Max.
Aguardiente de Caña de azúcar "Muestra de Comprobación"	UBA-16595-1	Furfural	Robert R.M. et. al. 1978 (HPLC-UV)	0.98	mg/100 cm ³	-	1.5
		Alcoholes Superiores	INEN 345	69.44	mg/100 cm ³	-	150
CONCLUSIONES: La muestra provista al laboratorio: Aguardiente de Caña de azúcar "Muestra de Comprobación", CUMPLE con los requisitos según la NORMA NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña.							
Observaciones: <ol style="list-style-type: none"> Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica **Requisitos físico químicos establecidos según Norma NTE INEN 362:2014 / Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de Caña. Requisitos. 							

Alexandra Palacios
 Directora General
 Directora de Calidad

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1

ALIMENTOS CONTROL DE CALIDAD FARMACEUTICOS AMBIENTALES COSMETICOS

Av. Carlos L. Plaza Dañín, Cda. La FAE, Mz. 20 Solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)
 CONMUTADOR: 2288578 - 6017745 - Cel.: 0992 737500 - 0984 780671
 E-mail: nmontoya@uba-lab.com
 Guayaquil - Ecuador



- ANEXO 5. NTE INEN 362:2014 (5ta Rev.)



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 362:2014
Quinta revisión

**BEBIDAS ALCOHÓLICAS. AGUARDIENTE DE CAÑA.
REQUISITOS**

Primera Edición

ALCOHOLIC BEVERAGES. SUGAR CANE LIQUOR. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Bebidas espirituosas, alcoholes, aguardientes, licores, fermentación, destilación, maceración, requisitos.
AL 04.02-401
CDU: 663.5
CIU: 3131
ICS: 67.160.10

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

BEBIDAS ALCOHÓLICAS.
AGUARDIENTE DE CAÑA.
REQUISITOS

NTE INEN
362:2014
Quinta revisión
2014-04

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el aguardiente de caña, para ser considerado apto para el consumo humano.

2. DEFINICIONES

2.1 Aguardiente de caña (aguardiente). Es el producto obtenido mediante la fermentación alcohólica y destilación de jugos y otros derivados de la caña de azúcar de modo que conserve sus características organolépticas.

3. REQUISITOS

3.1 El aguardiente de caña debe cumplir con los siguientes requisitos:

3.1.1 Debe ser transparente, incoloro, con olor y sabor característicos del aguardiente de caña.

3.1.2 Se permite la adición de sustancias edulcorantes, ingredientes y aditivos alimentarios de acuerdo con la NTE INEN 2074 vigente, de tal manera que no altere la naturaleza del producto.

3.1.3 Se permite la mezcla entre materias primas proveniente de caña con diferentes concentraciones de congéneres, siempre que el producto resultante conserve las características propias.

3.1.4 No se permite contaminaciones con sustancias distintas a los productos propios de la fermentación.

3.1.5 Debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos del aguardiente de caña

REQUISITO	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Grado alcohólico a 20°C	%v/v	28	50	NTE INEN 340
Furfural	mg/100 cm ³ (*)	–	1,5	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores (ver nota)	mg/100 cm ³ (*)	–	150	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100 cm ³ (*)	–	10	NTE INEN 347 o 2014

* El volumen de 100 cm³ corresponde al alcohol absoluto.
NOTA. Los alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamilico, amilico.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Bebidas espirituosas, alcoholes, aguardientes, licores, fermentación, destilación, maceración, requisitos.

3.1.6 El agua utilizada para hidratación debe ser potable, la que puede ser sometida a un proceso de tratamiento adecuado, de acuerdo a las exigencias del proceso de elaboración.

4. INSPECCIÓN

4.1 Muestreo. El muestreo se debe realizar de acuerdo a la NTE INEN 339.

5. ENVASADO

5.1 El aguardiente de caña debe envasarse en recipientes de material resistente a la acción del producto que no alteren las características del mismo.

6. ROTULADO

6.1 El rotulado debe cumplir con lo dispuesto en la NTE INEN 1933.

(Continúa)