



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

ESTUDIO DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN EL AÑEJAMIENTO DE ALCOHOL ETÍLICO, TIPO REN, EN LA PRODUCCIÓN DE RON LIVIANO A NIVEL LABORATORIO, UTILIZANDO MADERA DE ROBLE EN DIFERENTES CONDICIONES

Marcela María Cárcamo Guillen

Asesorado por el Ing. Marco Antonio Fuentes León

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN EL AÑEJAMIENTO
DE ALCOHOL ETÍLICO, TIPO REN, EN LA PRODUCCIÓN DE RON LIVIANO A NIVEL
LABORATORIO, UTILIZANDO MADERA DE ROBLE EN DIFERENTES CONDICIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARCELA MARÍA CÁRCAMO GUILLEN

ASESORADO POR EL ING. MARCO ANTONIO FUENTES LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Teresa Lizely de León Arana
EXAMINADORA	Inga. Telma Maricela Cano Morales
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN EL AÑEJAMIENTO DE ALCOHOL ETÍLICO, TIPO REN, EN LA PRODUCCIÓN DE RON LIVIANO A NIVEL LABORATORIO, UTILIZANDO MADERA DE ROBLE EN DIFERENTES CONDICIONES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 13 de febrero 2012.


Marcela María Cárcamo Guillen

Guatemala, 26 de septiembre de 2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Víctor Monzón

Por medio de la presente hago constar que he revisado y aprobado el informe final de trabajo de graduación de la estudiante Marcela María Cárcamo Guillen con número de carné 2003-12536 titulado **“ESTUDIO DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN EL AÑEJAMIENTO DE ALCOHOL ETÍLICO, TIPO REN, EN LA PRODUCCIÓN DE RON LIVIANO A NIVEL LABORATORIO, UTILIZANDO MADERA DE ROBLE EN DIFERENTES CONDICIONES”**.

Por tal motivo y para lo que la interesada le convenga extendiendo la presente para que se continúe con los tramites respectivos.

Atentamente



Marco Antonio Fuentes León

Ingeniero Químico
Colegiado No. 1,081

Marco Antonio Fuentes
Ingeniero Químico
Colegiado 1081



Guatemala, 30 de septiembre de 2013
 Ref. EI.Q.TG-IF.063.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
 DIRECTOR
 Escuela Ingeniería Química
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-278-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Marcela María Cárcamo Guillen.**

Identificada con número de carné: **2003-12536.**

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA.**


Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

ESTUDIO DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN EL AÑEJAMIENTO DE ALCOHOL ETÍLICO, TIPO REN, EN LA PRODUCCIÓN DE RON LIVIANO A NIVEL LABORATORIO, UTILIZANDO MADERA DE ROBLE EN DIFERENTES CONDICIONES

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Marco Antonio Fuentes León.**

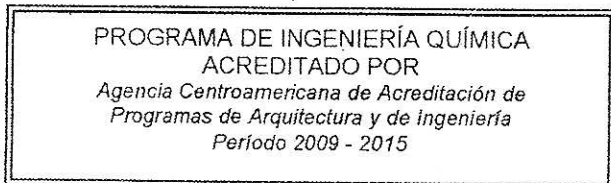
Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


 Inga. **Hilda Piedad Palma de Martini**
 COORDINADORA DE TERNA
 Tribunal de Revisión
 Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería



Ref.EIQ.TG.013.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **MARCELA MARÍA CÁRCAMO GUILLEN** titulado: **"ESTUDIO DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN EL AÑEJAMIENTO DE ALCOHOL ETÍLICO, TIPO REN, EN LA PRODUCCIÓN DE RON LIVIANO A NIVEL LABORATORIO, UTILIZANDO MADERA DE ROBLE EN DIFERENTES CONDICIONES"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

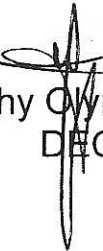
Guatemala, febrero 2014

Cc: Archivo
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIOS DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN EL AÑEJAMIENTO DE ALCOHOL ETÍLICO, TIPO REN, EN LA PRODUCCIÓN DE RON LIVIANO A NIVEL LABORATORIO, UTILIZANDO MADERA DE ROBLE EN DIFERENTES CONDICIONES**, presentado por el estudiante universitario **Marcela María Cárcamo Guillen**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, 13 febrero de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por entregarme vida, fe, esperanza y el amor necesario para alcanzar esta meta, sin su presencia no existirían un principio y un fin.

La Virgen María

Por ser un ejemplo de vida y acompañarme en cada momento.

Mi padre

Efraín Cárcamo Duarte, por tu amor, la lucha por alcanzar mis sueños, estas y muchas cosas más estarán siempre en mi corazón, te dedico este acto de graduación como una pequeña muestra que tu paso por este mundo ha dado frutos.

Mi madre

Ely Mercedes Guillen Sandoval, por tu amor, tu incansable dedicación por mi felicidad, tus consejos, por la fe y caridad que me has enseñado.

Mis hermanos

Heber y Fabiola Cárcamo Guillen, por su amor y apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, los triunfos de un corazón se gozan en tres.

Mi familia

Por creer en mí y formar parte de los momentos más importantes de mi vida, como este acto.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la fuente de mi formación profesional, especialmente a la Facultad de Ingeniería.
Ing. Marco Antonio Fuentes León	Por brindarme su apoyo en este trabajo de graduación. Gracias por dedicarme su tiempo.
Ingeniero Estuardo Domínguez García	Por brindarme su apoyo en este trabajo de graduación.
Mis amigos	David Reynoso, Priscila Muñoz, Claudia Salguero, Ana Lucía Valdez, William Fagiani, Mario Guerrero y Eva de León, por formar parte de mi vida, brindarme su apoyo en los momentos más oportunos, por mostrarme lo grandioso de la amistad.
Luis Estrada	Por creer en mí, por tu gran e incondicional amor.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. MARCO TEÓRICO	1
2. METODOLOGÍA	9
2.1. Variables	12
2.1.1. Congenéricos	12
2.1.1.1. Ésteres	13
2.1.1.2. Aldehídos	13
2.1.1.3. Ácidos orgánicos	14
2.1.1.4. Alcoholes superiores	14
2.1.1.5. Furfural	14
2.1.2. Análisis sensorial	15
2.2. Delimitación de campo de estudio	15
2.2.1. Tipo de estudio	15
2.2.2. Universo de estudio	16
2.2.3. Diseño experimental	16
2.3. Recursos humanos disponibles	19
2.4. Recursos materiales disponibles	19
2.4.1. Equipo	19
2.4.2. Cristalería	19

2.4.3.	Reactivos	20
2.4.4.	Insumos	20
2.5.	Técnica cuantitativa y cualitativa	20
2.5.1.	Técnica cuantitativa	20
2.5.2.	Técnica cualitativa	22
2.6.	Recolección de datos y ordenamiento de la información	22
2.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	23
2.8.	Análisis estadístico	24
2.9.	Plan de análisis de resultados	24
2.9.1.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variable	25
2.9.1.1.	Congenéricos	25
2.9.1.2.	Análisis sensorial	25
2.9.2.	Programas a utilizar para el análisis de datos	27
3.	RESULTADOS	29
3.1.	Resultados 3 meses	32
3.2.	Resultados 6 meses	35
3.3.	Resultados 12 meses	38
3.4.	Resumen de resultados	41
4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
4.1.	Acidez total	43
4.2.	Aldehídos y ésteres	45
4.3.	Metanol	47
4.4.	Alcoholes superiores	50

CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	57
APÉNDICES.....	59
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Preparación de ron crudo para añejamiento.....	2
2.	Proceso final de ron.....	3
3.	Dimensiones de una barrica de roble.....	9
4.	Área superficial de un paralelepípedo rectangular	10
5.	Estructura de furfural	15
6.	Etiqueta de muestras de ron	23
7.	Alcohol etílico antes de ingresar la madera	29
8.	Alcohol etílico con trozos de madera de roble 1	30
9.	Alcohol etílico con trozos de madera de roble 2.....	30
10.	Alcohol etílico con trozo de roble blanco usado y quemado	31
11.	Alcohol etílico con trozo de roble blanco nuevo	31
12.	Alcohol etílico con trozo de roble blanco nuevo y quemado	32
13.	Muestra de 3 meses en contacto con roble blanco	32
14.	Muestras de 6 meses en contacto con roble blanco	35
15.	Muestras de 12 meses en contacto con roble blanco	38

TABLAS

I.	Área superficial de cada tipo de madera para el contacto con alcohol... ..	11
II.	Análisis de acidez de ron	16
III.	Análisis cromatográfico de ron. Aldehídos y ésteres	17
IV.	Análisis cromatográfico de ron. Metanol	17

V.	Análisis cromatográfico de ron. Alcoholes superiores	18
VI.	Promedio de los análisis de ron.....	18
VII.	Boleta de análisis fisicoquímicos y organolépticos de ron	24
VIII.	Boleta de evaluación organoléptica triangular	26
IX.	Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco nuevo	33
X.	Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco usado	33
XI.	Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco nuevo quemado	34
XII.	Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco usado quemado	34
XIII.	Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco nuevo	36
XIV.	Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco quemado	36
XV.	Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco nuevo quemado	37
XVI.	Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco usado quemado	37
XVII.	Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco nuevo	39
XVIII.	Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco usado	39
XIX.	Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco nuevo quemado	40
XX.	Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco usado quemado	40

XXI.	Resumen de los resultados de las muestras de 0 a 12 meses de añejamiento.....	41
XXII.	Resultados de acidez total	43
XXIII.	ANOVA de acidez total, respecto del tiempo.....	44
XXIV.	ANOVA de acidez total, respecto al tipo de madera	45
XXV.	Resultados de aldehídos y ésteres	46
XXVI.	ANOVA de aldehídos y ésteres, respecto al tiempo	46
XXVII.	ANOVA de aldehídos y ésteres, respecto al tipo de madera.....	47
XXVIII.	Resultados de metanol.....	48
XXIX.	ANOVA de metanol, respecto al tiempo	48
XXX.	ANOVA de metanol, respecto al tipo de madera.....	49
XXXI.	Resultados de alcoholes superiores.....	50
XXXII.	ANOVA de alcoholes superiores, respecto al tiempo	51
XXXIII.	ANOVA de alcoholes superiores, respecto al tipo de madera.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°GL	Concentración de alcohol, grados Guy Lussac
l	Litro
m	Metro
m²	Metro cuadrado
mg	Miligramos
ml	Mililitro
%	Porcentaje

GLOSARIO

Ácidos orgánicos	Compuestos orgánicos que poseen al menos un grupo –OH. En la fermentación pueden formarse ácido acético, málico, tartárico
Alcoholes superiores	Familia de alcoholes que existen en el vino o en el destilado en proporciones muy pequeñas y ejercen influencia en el aroma. Se considera alcoholes superiores, aquellos que poseen desde cuatro átomos de carbono en su estructura.
Aldehídos	Compuestos orgánicos caracterizados por poseer el grupo funcional –CHO (acil). Se denominan como los alcoholes correspondientes, cambiando la terminación –ol por –al y ona. Es decir, el grupo carbonilo H-C=O está unido a un solo radical orgánico.
Análisis sensorial	Conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos.

Añejamiento	Proceso de transformación lenta del producto recién destilado y diluido, que le permite adquirir las características sensoriales típicas del ron, por procesos químicos y físicos que tienen lugar en forma natural durante su permanencia en recipientes de madera de roble blanco
Congenéricos	Compuestos químicos formados, principalmente durante los procesos de fermentación y añejamiento por la interacción química entre algunos ácidos orgánicos con el alcohol etílico para formar ésteres, aldehídos, ácidos orgánicos, alcoholes superiores y furfural
Ésteres	Grupo funcional compuesto de un radical orgánico oxigenado (alcoxi) unido al residuo acil de cualquier ácido oxigenado, orgánico o inorgánico.
Furfural	Aldehído aromático, con una estructura en anillo. Su fórmula química es $C_5H_4O_2$. En estado puro es un líquido aceitoso incoloro con olor a almendras, en contacto con el aire rápidamente pasa a amarillo

RESUMEN

El añejamiento es el proceso por el cual el alcohol etílico, recién destilado y diluido en contacto con un tipo específico de madera, se transforma lentamente, los cambios químicos y organolépticos permite aumentar la eficiencia del proceso y calidad del producto final.

La prueba se realizó a escala de laboratorio, con diferentes tipos de madera para identificar su efecto en la producción de ron. Además se observaron los cambios químicos a través del tiempo, para conocer los avances de las reacciones

Los cambios organolépticos se evalúan con un panel de catación con el entrenamiento de varios años. El número de personas eliminará la subjetividad de esta prueba cualitativa. El análisis sensorial es muy importante en las bebidas espirituosas como el ron, pues el consumidor elige por el sabor, cuerpo y consistencia del producto.

OBJETIVOS

General

Determinar los cambios químicos y organolépticos en alcohol etílico, tipo REN, al mantenerse en contacto con roble blanco, añejamiento a nivel laboratorio.

Específicos

1. Establecer los cambios de concentración en los congenéricos, en diferentes periodos de tiempo de añejamiento del alcohol etílico tipo REN
2. Identificar los efectos de un tratamiento previo, quemado de la madera, en el proceso de añejamiento de alcohol, para conocer el mejor tipo de madera para la producción de ron liviano.
3. Identificar el tipo de madera que ofrece un producto con las características organolépticas y químicas, similares al ron blanco de mayor comercio en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

El ron es una bebida alcohólica de gran demanda en Guatemala y el resto del mundo, se obtiene a partir de la caña de azúcar, a través de la fermentación, destilación y añejamiento.

El añejamiento es un proceso natural que aún posee diversos enigmas para estandarizar y optimizar la producción de ron, la legislación en cada país establece las normas para desarrollarse. Las diferencias en el proceso de añejamiento y la materia prima que se obtiene de los procesos anteriores generan los diferentes tipos de rones como blancos, dorados, añejos, pesados y ligeros.

En el presente estudio se desea observar los cambios químicos y organolépticos en el proceso de añejamiento, para la producción de un ron blanco.

1. MARCO TEÓRICO

El ron es la bebida alcohólica obtenida exclusivamente de materias primas provenientes de la caña de azúcar, *Saccharum officinarum*, sometidas a los procesos de fermentación alcohólica, destilación y subsecuente añejamiento natural del destilado, por un período no menor de un año. Como producto final puede o no contener edulcorantes, colorantes o saborizantes.

El añejamiento natural o envejecimiento es el proceso de transformación lenta del producto recién destilado y diluido, que le permite adquirir las características sensoriales típicas del ron, por procesos químicos y físicos que tienen lugar en forma natural durante su permanencia en recipientes de madera de roble blanco. En Guatemala está permitido el uso de madera de encino.

Los congenéricos o congéneres son compuestos químicos formados, principalmente, durante los procesos de fermentación y añejamiento por la interacción química entre algunos ácidos orgánicos con el alcohol etílico, para formar ésteres, aldehídos, ácidos orgánicos, alcoholes superiores y furfural.

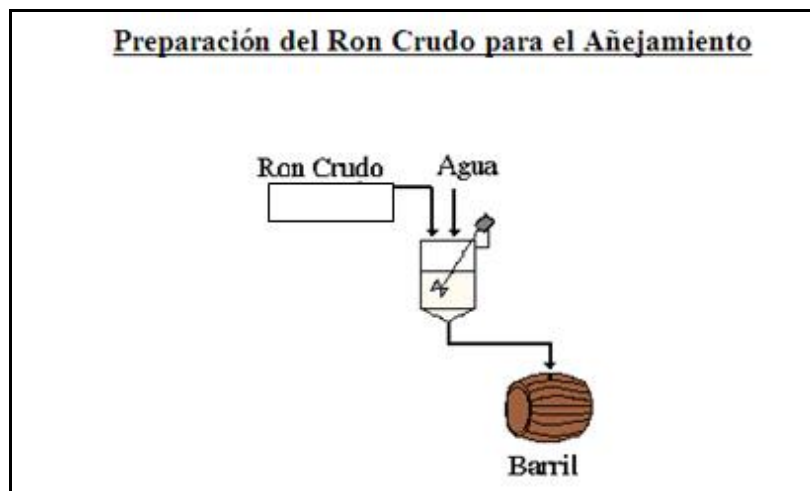
Por su tiempo de añejamiento y sabor agregado, el ron se clasifica de la manera siguiente:

- Ronces livianos: incluye rones blancos y ligeramente coloreados, con bajo contenido de congenéricos y un período de añejamiento no menor de un año.
- Ronces añejos: con alto contenido de congéneres y un período de añejamiento comprendido entre dos a cinco años.

- Rones reserva: con alto contenido de congenéricos y un período de añejamiento no menor de seis años.
- Rones con sabor agregado: son los rones de los tipos indicados anteriormente, a los cuales se les ha agregado esencias naturales para darles el sabor característico de dichas esencias.

El ron debe ser elaborado a partir de un destilado con un grado alcohólico máximo de 95 por ciento en volumen, el cual, en el momento de ser obtenido, deberá ser transparente, incoloro o ambarino. Luego se diluye a 60 por ciento en volumen, con agua potable o desmineralizada y se somete a un período de añejamiento.

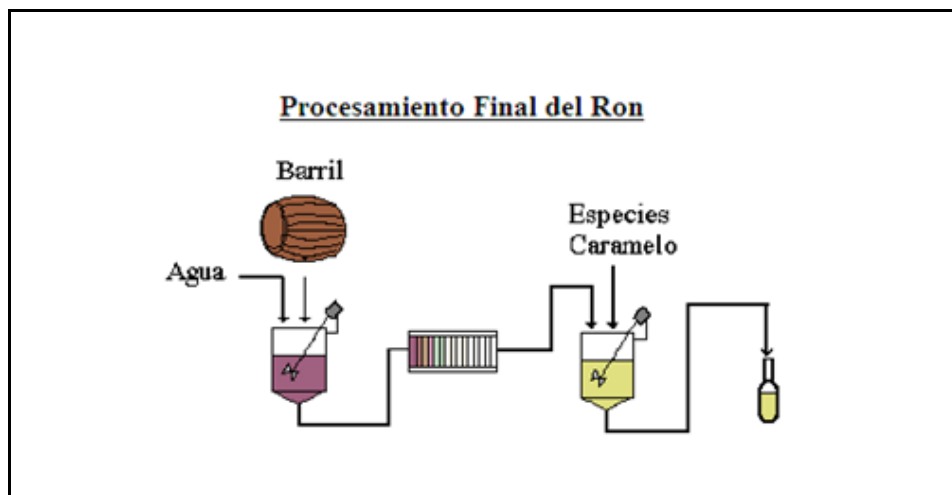
Figura 1. **Preparación de ron crudo para añejamiento**



Fuente: www.javierhuertas.com. Consulta: 15 de mayo de 2011.

El paso siguiente es filtrado para extraer los componentes indeseables en el ron. Además, si es deseado, es posible agregar aditivos para mejorar el sabor y/o olor del producto terminado. Las normas de Guatemala permiten la utilización de miel de abeja, vinos concentrados y caramelo, entre otros.

Figura 2. **Proceso final de ron**



Fuente: www.javierhuertas.com. Consulta: 15 de mayo de 2011.

La caña de azúcar tiene su origen genético en Nueva Guinea. La planta pertenece a la familia de las gramináceas. Es un cultivo duradero y autocompatible. Según variedad y condiciones locales, la planta forma entre 4 y 12 tallos que pueden crecer hasta 3 y 5 metros de altura. El contenido de azúcar (sacarosa) oscila entre 11 y 16 por ciento.

La caña de azúcar crece en forma de una vara delgada, muy parecido al bambú, de un color verde. Su pulpa contiene grandes cantidades de sacarosa, misma que al ser procesada se obtienen cristales de azúcar, listos para el consumo humano.

Este proceso es agrícola y es necesario trabajar la tierra para obtener el mejor producto. Son técnicas ancestrales, el ser humano ha utilizado la agricultura para obtener comida o materias primas para obtener otros productos de uso o consumo dentro del grupo. En el caso de la caña es materia prima para obtener azúcar, mieles y alcoholes.

El principio de los trabajos es preparar el piso para sembrar, se deben crear los surcos para la plantación. Antes de ello es necesario nivelar el terreno para aprovechar mejor las capacidades de la tierra. La tecnología agropecuaria ha evolucionado bastante y en la nivelación de terrenos se utiliza un sistema de laser donde los cortes se realizan con alta precisión.

Posterior a la nivelación del terreno, el proceso continúa en las tierras que tiene a su disposición y se hace la construcción de las vías de riego, drenaje y elaboración de surcos, labores previas a la siembra de caña. Una vez concluida esta etapa, continúa la selección de la semilla, y luego se procede a la siembra y riego de germinación, actividades que se complementan con la aplicación de fertilizantes y sistemas para el control de plagas y malezas.

Una vez tiene lugar la maduración de la caña entre los 12 y 14 meses, se procede a su cosecha, actividad conocida como zafra.

Se contrata mano de obra para el corte, una vez cortada se alza mecánicamente y se conduce a la fábrica, para dar comienzo al proceso de elaboración de azúcar.

La fase inicial es un muestreo, pesaje y limpieza de caña. De ahí, el material pasa a las picadoras y los molinos. El bagazo resultante en la molienda se emplea en las calderas para la producción del vapor que será la base para generar la energía necesaria para la realización del proceso de elaboración de azúcar y mieles.

El jugo obtenido de los molinos, es pesado para continuar con el calentamiento, clarificación y filtración, procedimientos con los cuales se separan los componentes diferentes a la sacarosa que se encuentran en el jugo, al evaporarse este jugo se obtiene la meladura o jarabe que se conduce a los tanques de gran tonelaje, donde se procede a la cristalización para obtener posteriormente la masa cocida, que pasa luego a la centrífuga, donde el azúcar es separado de la miel.

El material crudo, conocido como melaza, es un subproducto del proceso del azúcar, el cual se emplea para la fermentación, pues contiene los azúcares necesarios para la obtención de alcohol.

Las melazas provenientes del ingenio a la destilería contienen entre 80 a 88 grados Brix y 46 a 60 por ciento de azúcares totales. El proceso de elaboración de alcohol se inicia en el laboratorio, en donde se hace un crecimiento de levadura con 15 litros de mosto. Esta mezcla se almacena en condiciones ideales de temperatura durante 24 horas, hasta alcanzar 15 litros de levadura. Esta levadura se agrega a un reactor y se continúa el proceso en tres reactores más, para hacer aumentar su volumen. Una vez que los semilleros alcanzan el 80 por ciento de su capacidad, se bombea su contenido hacia uno de los cuatro fermentadores. Cuando el fermentador tiene la levadura se agrega agua y melaza hasta alcanzar el 80 por ciento de capacidad de llenado y una concentración de 15 grados Brix.

Después de 32 a 36 horas de fermentación se alcanza una concentración alrededor de 8 por ciento en volumen de alcohol. Este se bombea hacia un sedimentador de levadura, para separar la materia orgánica, levadura muerta. El mosto fermentado se recupera del sedimentador y se bombea hacia el pulmón de vino.

La destilación está formada por un conjunto de cinco columnas de destilación. El vino ingresa a la columna destrozadora. Luego los vapores de alcohol de esta columna pasan a la columna de alto de grado; estos vapores se condensan y pasan a la columna hidroselectora, en esta columna se agrega agua para alcanzar una temperatura entre 15 y 20 grados centígrados para poder separar del alcohol los aceites no deseables. El alcohol libre de aceites se bombea hacia la columna rectificadora donde nuevamente se eleva el grado entre 96,30 – 96,70 grados Guy Lussac. El alcohol proveniente de esta columna se bombea a la columna desmetilizadora, donde se separa el metanol para obtener alcohol extra fino y entre 96,30 – 96,70 grados Guy Lussac. Esto se obtiene en condiciones ideales controlando la calidad con cromatografía de gases.

También se producen cabezas y colas, que son alcoholes no deseables que se separan, ya que estos contaminan el alcohol extrafino y el alcohol REN.

El añejamiento del ron se logra al colocar el alcohol en contacto con determinados tipos de maderas, en las que algunas especies de roble son fundamentales. El alcohol interactúa con la madera, produciéndose cambios físicos y químicos en su composición. Transcurrido un período de tiempo, el destilado desarrolla un aroma y sabor agradable conocido como *bouquet* con características singulares de su ron.

Las principales reacciones químicas que ocurren en el proceso de añejamiento son: oxidación, hidrólisis, esterificación, entre otras. También ocurren procesos físicos, como la extracción de los componentes de la madera, la evaporación de alcohol, el agua y otros componentes volátiles y así el incremento de la materia seca y el color.

La madera está constituida, fundamentalmente, por lignina, taninos, celulosa y hemicelulosa, así como pequeñas cantidades de almidones, proteínas y sales minerales. La composición química de la madera oscila de forma notable dependiendo de la especie, zona geográfica de cultivo y edad de la misma, esto tiene efectos gustativos y aromáticos en el ron añejado en ellas. Así, rones añejados en roble americano o francés, tendrán diferentes características. Para estandarizar la variable en el estudio se utilizará el mismo tipo de madera en todas las pruebas: roble blanco canadiense.

Los alcoholes superiores tienen un olor y sabor fuerte y muy característico. La presencia de estos alcoholes en el alcohol y su interacción con el resto de los componentes y congéneres es también, un factor importantísimo en la formación de los sabores y aromas finales del ron.

En los rones pesados la concentración de alcoholes superiores, puede alcanzar niveles indeseados, mientras que en los alcoholes ligeros su presencia es casi imperceptible. En los rones medios la presencia de estos alcoholes permanece controlada y se puede entender que su efecto es bien manejado para conseguir los aromas y sabores deseados.

Para el añejamiento de rones se utilizan, fundamentalmente, barricas de roble blanco americano, antes utilizadas para una partida de añejamiento del whisky bourbon. Aunque en la actualidad se utilizan barricas de distintas procedencias: vino, sherry, oporto, coñac, whisky, brandy, entre otros, para dar terminaciones especiales a los rones en el proceso de descanso antes del embotellado.

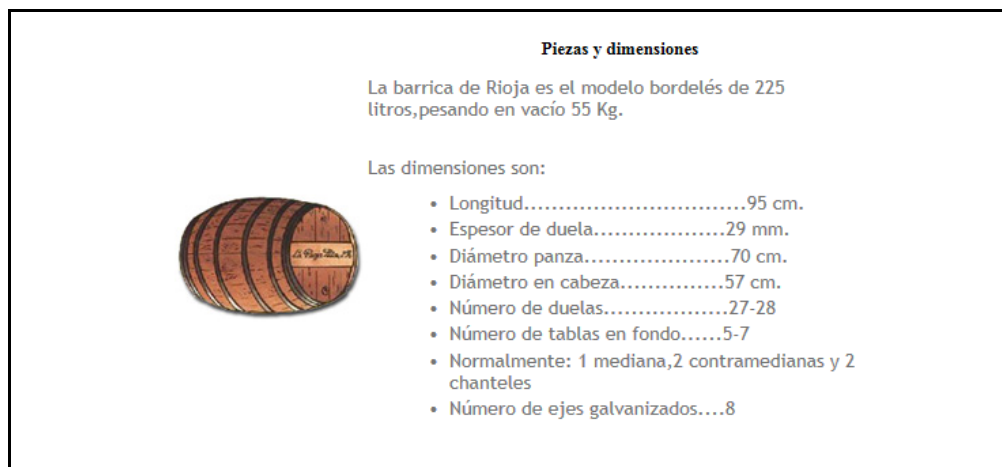
Otro factor a considerar en el uso de las barricas es la edad de las mismas. Cuando la barrica es nueva, su grado de porosidad es mayor y los procesos de extracción y oxidación son más acentuados. En muchas ocasiones las barricas son sometidas a tratamiento para activar la madera, como el lavado interno con agua caliente o vapor, siendo el tratamiento más generalizado el quemado de la barrica.

En estudios realizados sobre añejamiento de bebidas alcohólicas, se demuestra que el aumento de concentración en diferentes componentes logra su mayor crecimiento en los primeros años de envejecimiento, siendo menor en la medida que transcurre el tiempo.

2. METODOLOGÍA

La mejora del alcohol al colocarse en barricas o toneles de roble, por determinado tiempo, es dramática. Para replicar esto en el laboratorio se determinó el área superficial de un tonel, para conocer el área de contacto del alcohol con la madera. Las dimensiones se muestran en la figura 3.

Figura 3. Dimensiones de una barrica de roble



Fuente: <http://www.riojalta.com/es/enologia/pagina28.php>. Consulta: 20 de septiembre de 2013.

Área superficial de la barrica

$$A = \frac{1}{2}\pi d^2 + \pi dh$$

$$A = 2.11 \text{ m}^2$$

Relación del área superficial de la barrica y el volumen de alcohol

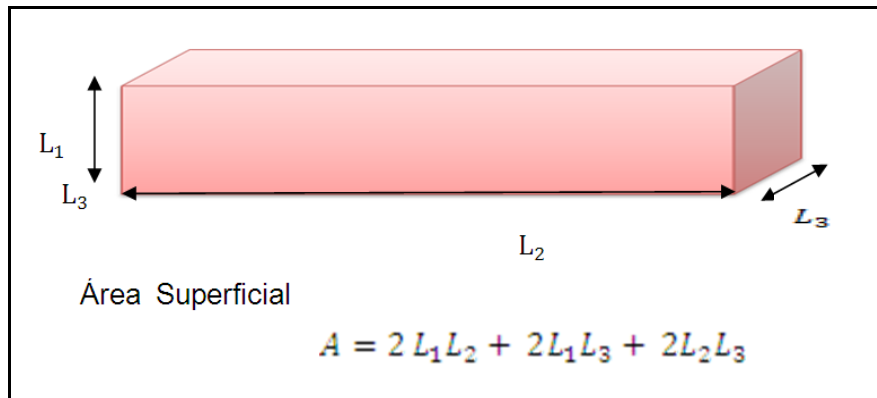
$$As/V = 2.11 \text{ m}^2/225 \text{ l}$$

$$As/V = 0.009 \text{ m}^2/\text{l}$$

El añejamiento se realizará con alcohol tipo REN diluido a una concentración de 60 grados Guy Lussac, en recipientes de vidrio (erlenmeyer) con capacidad de 2 litros, y agregando pequeños trozos de roble para el añejamiento. Con los cálculos anteriores se determina que el área superficial para 2 litros de alcohol debe ser: $As = 0.0177 \text{ m}^2$, como se muestra en la figura

4.

Figura 4. **Área superficial de un paralelepípedo rectangular**



Fuente: elaboración propia.

Los trozos de madera empleados son de roble blanco, nuevo y usado; otra variable en la madera es que una de ellas se encuentra quemada para determinar los cambios en las propiedades organolépticas ofrecidos por el tratamiento de quemado.

Los trozos de madera tenían áreas distintas a las calculadas, por lo cual cada recipiente se llenó con el volumen correcto para cada pieza de madera. En la tabla I se observa una de las cuatro series de muestra, el volumen de alcohol utilizado y el área superficial de la madera, manteniendo la relación calculada con anterioridad.

Tabla I. **Área superficial de cada tipo de madera para el contacto con alcohol**

MADERA	Roble nuevo As=0,016	Roble nuevo -quemado- As=0,019	Roble usado As=0,018	Roble usado - quemado- As=0,020
VOLUMEN	1,8 litros	2,1 litros	2,0 litros	2,2 litros
As/V	0,0089	0,0090	0,0090	0,0091

Fuente: elaboración propia.

En la evaluación de las propiedades químicas se utilizará un densímetro digital y un cromatógrafo de gases. Para evaluar los cambios organolépticos se empleará al panel de catación de la planta, para que realicen una evaluación del cambio de las propiedades organolépticas del alcohol, luego de 3 meses de contacto con el roble. En este momento se tomará una muestra de los añejos (500 mililitros) para identificar con el tiempo cero.

Posteriormente se realizará una segunda evaluación, al cumplir 6 meses de contacto con la madera, para identificar el grado de mejora a través del tiempo, se realizará un análisis fisicoquímico y un análisis organoléptico. Finalmente se realizará una tercera evaluación química y organoléptica, luego de 12 meses de contacto con la madera.

Las variables que se desean cuantificar y cualificar en este estudio son los efectos de un tratamiento previo a la madera, la influencia del tiempo de contacto del alcohol con la madera que producirá el cambio de las características químicas (concentración alcohólica, acidez y concentración de congéneres) y organolépticas (color, sabor, olor y textura), luego del añejamiento.

2.1. Variables

Los aspectos que se evaluarán en el estudio son variables cuantitativas y cualitativas. Se observan de forma directa para conocer el efecto del tiempo en cada una de ellas.

2.1.1. Congenéricos

Son compuestos químicos formados, principalmente durante los procesos de fermentación y añejamiento, por la interacción química entre algunos ácidos orgánicos con el alcohol etílico para formar ésteres, aldehídos, ácidos orgánicos, alcoholes superiores y furfural.

2.1.1.1. Ésteres

Los ésteres son un grupo funcional compuesto de un radical orgánico oxigenado (alcoxi) unido al residuo acil de cualquier ácido oxigenado, orgánico o inorgánico.

Los ésteres más comúnmente encontrados en la naturaleza son las grasas, que son ésteres de glicerina y ácidos grasos (ácido oleico, ácido esteárico, etc.). Hacen que se forme la familia más grande de compuestos aromáticos del vino y, en general imparten una característica típica afrutada o con sabor a fruta.

2.1.1.2. Aldehídos

Los aldehídos son compuestos orgánicos caracterizados por poseer el grupo funcional -CHO (acil). Se denominan como los alcoholes correspondientes, cambiando la terminación -ol por -al y ona . Es decir, el grupo carbonilo H-C=O está unido a un solo radical orgánico.

Se forman en las distintas etapas del proceso de fermentación y son producidos por la oxidación de alcoholes y sustancias grasas, los niveles alcanzan su máximo durante la fermentación primaria o inmediatamente después de la carbonatación del mosto, para luego ir disminuyendo.

Los aldehídos se reducen a etanol para el final de la fermentación primaria, si el oxígeno se introduce nuevamente dentro del proceso, el etanol se oxida nuevamente para convertirse en acetaldehído.

2.1.1.3. Ácidos orgánicos

Son compuestos orgánicos que poseen al menos un grupo –OH. En la fermentación pueden formarse ácido acético, málico, tartárico.

2.1.1.4. Alcoholes superiores

La familia de alcoholes que existen en el vino o en el destilado en proporciones muy pequeñas y ejercen influencia en el aroma. Se considera alcoholes superiores, aquellos que poseen desde cuatro átomos de carbono en su estructura.

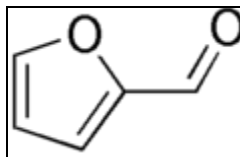
Los alcoholes superiores tienen sabores fuertes, produciendo un sabor alcohólico y un aroma como a solvente. Cerca de un 80 por ciento de los alcoholes superiores se forman durante la fermentación primaria.

Los alcoholes superiores detectados mediante los análisis cromatográficos son: sec butanol, Propanol, isobutanol, 3-pentanol, butanol, 2-4-dimetil-3-pentanol, alcohol isoamílico, alcohol n-amílico.

2.1.1.5. Furfural

Es un aldehído aromático, con una estructura en anillo. Su fórmula química es $C_5H_4O_2$. En estado puro, es un líquido aceitoso incoloro con olor a almendras, en contacto con el aire rápidamente pasa a amarillo. Ver figura 5

Figura 5. **Estructura de furfural**



Fuente: <http://en.wikipedia.org/wiki/Furfural>. Consulta 10 de diciembre de 2011.

2.1.2. Análisis sensorial

Es el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos.

2.2. Delimitación de campo de estudio

La delimitación del campo de estudio incluye el análisis del tipo de investigación, determinar el alcance, objetivos y sujetos del estudio.

2.2.1. Tipo de estudio

Esta investigación es de tipo experimental, consiste en tomar una muestra de alcohol tipo REN y someterla a contacto con madera de roble en diferentes condiciones, madera nueva y usada, madera con y sin tratamiento previo para el añejamiento, con esto se desea conocer los cambios químicos y organolépticos que el alcohol sufre. Finalmente se demostrará que este tipo de alcohol es una materia prima óptima para la producción de ron clasificado como liviano.

2.2.2. Universo de estudio

Dieciséis muestras de alcohol tipo REN en contacto con madera de roble blanco y una muestra de alcohol tipo REN sin madera, en la destilería de un ingenio azucarero, ubicado en el municipio La Democracia, en el departamento de Escuintla.

2.2.3. Diseño experimental

El alcohol etílico entrará en contacto con la madera como se ha determinado anteriormente. Luego de finalizar cada periodo de tiempo se realizarán los análisis fisicoquímicos de interés, los resultados se anotarán en las tablas diseñadas para cada muestra.

Tabla II. Análisis de acidez de ron

ANÁLISIS: acidez total					
TIEMPO DE AÑEJAMIENTO: 1 año					
TIPO DE MADERA	CORRIDA 1	CORRIDA 2	CORRIDA 3	CORRIDA 4	PROMEDIO
Madera nueva					
Madera usada					
Madera nueva - quemada					
Madera usada - quemada					

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Análisis cromatográfico de ron. Aldehídos y ésteres**

ANÁLISIS: aldehídos y ésteres					
TIEMPO DE AÑEJAMIENTO: 1 año					
TIPO DE MADERA	CORRIDA 1	CORRIDA 2	CORRIDA 3	CORRIDA 4	PROMEDIO
Madera nueva					
Madera usada					
Madera nueva - quemada					
Madera usada - quemada					

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Análisis cromatográfico de ron. Metanol**

ANÁLISIS: metanol					
TIEMPO DE AÑEJAMIENTO: 1 año					
TIPO DE MADERA	CORRIDA 1	CORRIDA 2	CORRIDA 3	CORRIDA 4	PROMEDIO
Madera nueva					
Madera usada					
Madera nueva - quemada					
Madera usada - quemada					

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Análisis cromatográfico de ron. Alcoholes superiores**

ANÁLISIS: alcoholes superiores					
TIEMPO DE ANEJAMIENTO: 1 año					
TIPO DE MADERA	CORRIDA 1	CORRIDA 2	CORRIDA 3	CORRIDA 4	PROMEDIO
Madera nueva					
Madera usada					
Madera nueva - quemada					
Madera usada - quemada					

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Promedio de los análisis de ron**

TIEMPO DE ANEJAMIENTO	Tipo de alcohol	Tipo de madera	Tratamiento previo	Cambios químicos			Cambios organolépticos
				Acidez	Aldehídos y ésteres	Alcoholes superiores	
0 meses	REN	NA	NA				
3 meses	REN	Nueva	Si				
	REN	Usada	Si				
	REN	Nueva	No				
	REN	Usada	No				
6 meses	REN	Nueva	Si				
	REN	Usada	Si				
	REN	Nueva	No				
	REN	Usada	No				
1 año	REN	Nueva	Si				
	REN	Usada	Si				
	REN	Nueva	No				
	REN	Usada	No				
	Ron liviano	NA	NA				

Fuente: elaboración propia.

2.3. Recursos humanos disponibles

- Marcela María Cárcamo Guillen: realización de la investigación.
- Ing. Marco Antonio Fuentes León: asesor de la investigación.
- Ing. Estuardo Domínguez: supervisor del proyecto de investigación en la planta de destilación.
- Analista de cromatografía: apoya en los ensayos de cromatografía de gases.
- Panel de catación: realizará las pruebas organolépticas.

2.4. Recursos materiales disponibles

Los recursos disponibles se han dividido en cuatro grupos: equipo, cristalería, reactivos e insumos.

2.4.1. Equipo

- Densímetro digital con regulador de temperatura, Anton Paar, modelo DMA 4500.
- Cromatógrafo de gases con detector de flama (FID), Agilent Technologies, modelo 6890N Network GC System.

2.4.2. Cristalería

- Erlenmeyer
- Frascos de muestra
- Balón aforado
- Pipeta
- Viales

- Probetas
- Bureta
- Pizetas
- Copas
- Vidrio de reloj

2.4.3. Reactivos

- Estándar interno, alcohol ter-amílico
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína 1% v/v

2.4.4. Insumos

- Alcohol tipo REN
- Agua destilada
- Madera de roble blanco canadiense

2.5. Técnica cuantitativa y cualitativa

Las variables tienen diferentes técnicas de evaluación, por lo cual las definidas en la sección 2.1.1, utilizarán una técnica cuantitativa y la definida en la sección 2.1.2, una técnica cualitativa.

2.5.1. Técnica cuantitativa

Se determinará los cambios en la concentración de congenéricos, luego de un año de añejamiento, es decir de contacto con la madera de roble blanco canadiense en diferentes condiciones.

La primera condición es la vida de añejamiento que ha tenido la madera si es nueva, es decir que no ha sido utilizada anteriormente para añejar ningún tipo de bebida o alcohólica, o si es usada, si ya ha sido empleada para añejar otra bebida alcohólica. Tradicionalmente, el primer uso que tiene una barrica es para añejar whisky, luego esta se emplea para añejar vino y, finalmente se emplea en el añejamiento de ron; esto se debe a la concentración de congenéricos que presenta cada bebida, esta va decreciendo para que aporte mayor sabor a la bebida siguiente.

La segunda condición es un tratamiento previo, conocido como tostado, se realiza un calentamiento que llega a quemar la madera, esto degrada térmicamente la capa superficial, que es la que luego estará en contacto con el alcohol y generará nuevos compuestos aromáticos.

Los cambios se determinarán por medio de una cromatografía de gases, en esta se obtienen las concentraciones de aldehídos, ésteres, cetonas y alcoholes superiores.

La técnica que se utilizará para las pruebas organolépticas será la misma que se utiliza para la evaluación del alcohol extra neutro y se empleará como patrón (muestra de comparación) un ron blanco liviano, que se comercializa regularmente, en el mercado nacional, en esta prueba se evaluará el olor y se dará un valor de 0 a 10, el valor 5 es el valor que se asigna a la muestra de comparación, es decir, que si el producto es considerado mejor tendrá una calificación entre 6 y 10.

2.5.2. Técnica cualitativa

El análisis organoléptico corresponderá en parte a una técnica cuantitativa y a una técnica cualitativa.

En la parte cualitativa se evaluará la muestra que presenta mayores comentarios positivos, independientemente si es mejor en las concentraciones de congenéricos, pues se desea saber si es posible incursionarse en el mercado de ron liviano con un sabor diferente. Además se evaluará cualitativamente el color, luego del añejamiento se desea determinar las características de la madera que ofreció aspecto más positivo al ron.

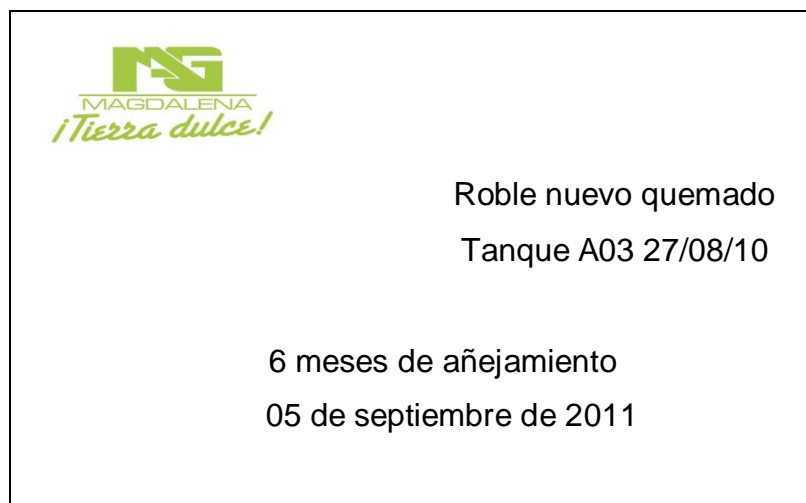
2.6. Recolección de datos y ordenamiento de la información

La información será recopilada en tres períodos, 3, 6 y 12 meses de iniciado el contacto del alcohol con la madera. En las tres muestras se realizará una evaluación en los cambios organolépticos y los cambios químicos únicamente en las dos últimas muestras.

Se tomará cada periodo establecido una muestra de 500 mililitros, la cual es suficiente para realizar en análisis químico (200 ml) y el análisis organoléptico (300 ml), esta muestra se etiqueta con las siguientes indicaciones:

- Tipo de madera de contacto
- Origen del alcohol: tanque de procedencia y fecha de muestreo
- Tiempo de añejamiento, ejemplo: 6 meses
- Fecha de toma de muestra

Figura 6. **Etiqueta de muestras de ron**



Fuente: elaboración propia.

2.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

La información obtenida en cada toma de muestra se tabulara de acuerdo, al tipo de madera empleada, se anotará los resultados del análisis fisicoquímico y la calificación de la prueba organoléptica.

Tabla VII. **Boleta de análisis fisicoquímicos y organolépticos de ron**

Fecha de muestreo:		
Tiempo de añejamiento:		
Tipo de madera de contacto:		
PARAMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	
Acidez como ácido acético	mg/100ml	
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	
Metanol	mg/100ml	
Alcoholes superiores	mg/100ml	
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	

Fuente: elaboración propia.

2.8. Análisis estadístico

Debido al tamaño de la muestra se utiliza la distribución t (T de student) para comprobar si el alcohol obtenido del añejamiento cumple con las especificaciones de COGUANOR para un ron liviano.

Se realizará un análisis de varianza entre los resultados de las concentraciones de congéneres para estimar la variación de los productores en cada una de los tipos de madera de roble empleada

2.9. Plan de análisis de resultados

Se estableció que cada variable debe analizarse de acuerdo a su naturaleza, los datos no se agrupan por rangos. Las variables cuantitativas se consideran continuas y no descartará ningún resultado.

2.9.1. Métodos y modelos de los datos según tipo de variable

Las variables se definieron de acuerdo a su naturaleza y a su relación entre ellas.

2.9.1.1. Congenéricos

Esta es una variable de investigación independiente y cuantitativa, pues sus cambios son los que originan que un destilado de la fermentación de la miel final de la caña de azúcar sea clasificado como un ron, y de acuerdo a su concentración corresponde a un grupo específico de esta bebida.

Se realizará un análisis de serie temporal para esta variable, se observará y determinará por cromatografía de gases el cambio a través del tiempo de los compuestos orgánicos en el ron.

2.9.1.2. Análisis sensorial

Esta es una variable de investigación independiente y cualitativa, pues sus cambios son los que originan que un destilado de la fermentación de la miel final de la caña de azúcar sea clasificado como un ron, y de acuerdo a su concentración corresponde a un grupo específico de esta bebida.

Para complementar la investigación, se realizará una evaluación de las características organolépticas del ron añejo obtenido en el laboratorio y un ron añejo liviano comercial.

El panel de catación es un grupo de personal especializado en análisis organoléptico en la destilería. Se realizarán varias sesiones para evaluación de cada aspecto, no se realizarán todas juntas, pues no deben saturarse sus sentidos. En estas sesiones se evaluará el olor, sabor y apariencia de las muestras.

En las primeras sesiones, dos, se evaluará el cambio de la muestra a través del tiempo, se prepararán dos series con tres muestras, con el mismo tipo de madera. El panel utilizará el formato de la tabla VIII

Tabla VIII. **Boleta de evaluación organoléptica triangular**

Variable constante			
Tiempo	<input type="checkbox"/>	_____	
Madera	<input type="checkbox"/>	_____	
MUESTR	CALIFICACIÓN		
A	Olor	Sabor	Apariencia
A			
B			
C			

Fuente: elaboración propia.

La calificación es de 1 a 9, en la cual, el 9 es la máxima calificación, a cada panelista se le entregará una muestra patrón de un ron añejo comercial.

2.9.2. Programas a utilizar para el análisis de datos

El programa a utilizar es una hoja de cálculo, específicamente Microsoft Office Excel 2007, en el cual se emplearán las fórmulas básicas de promedio y desviación estándar, además de la distribución t de student.

3. RESULTADOS

Este capítulo incluye imágenes del producto obtenido del estudio, los resultados de los análisis fisicoquímicos. Además se ha dividido en el orden cronológico en el cual se obtuvieron los resultados, 3, 6 y 12 meses.

Figura 7. **Alcohol etílico antes de ingresar la madera**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Figura 8. **Alcohol etílico con trozos de madera de roble 1**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Figura 9. **Alcohol etílico con trozos de madera de roble 2**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Figura 10. **Alcohol etílico con trozo de roble blanco usado y quemado**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Figura 11. **Alcohol etílico con trozo de roble blanco nuevo**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Figura 12. **Alcohol etílico con trozo de roble blanco nuevo y quemado**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

3.1. Resultados 3 meses

Se tomó una muestra de 500 mililitros de cada Erlenmeyer, para realizar los análisis correspondientes.

Figura 13. **Muestra de 3 meses en contacto con roble blanco**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Tabla IX. **Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco nuevo**

Fecha de muestreo: 01 de diciembre 2010					
Tiempo de añejamiento: 3 meses					
Tipo de madera de contacto: nueva					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,41	69,78	69,97	69,58
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,34	1,32	1,35	1,33
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,06	0,98	1,11	0,77
Metanol	mg/100ml	0,43	0,31	0,54	0,46
Alcoholes superiores	mg/100ml	0,98	1,56	0,79	1,95
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	4	3	4	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco usado**

Fecha de muestro: 01 de diciembre 2010					
Tiempo de añejamiento: 3 meses					
Tipo de madera de contacto: usada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,88	69,4	69,66	69,71
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,331	1,310	1,330	1,320
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,60	1,47	1,15	1,14
Metanol	mg/100ml	0,35	0,36	0,25	0,92
Alcoholes superiores	mg/100ml	1,36	1,47	1,31	1,55
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	3	3	4	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco nuevo quemado**

Fecha de muestro: 01 de diciembre 2010					
Tiempo de añejamiento: 3 meses					
Tipo de madera de contacto: nueva quemada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,01	69,17	69,73	69,54
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,35	1,34	1,31	1,30
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	0,75	0,85	1,02	0,89
Metanol	mg/100ml	0,51	0,48	0,24	0,69
Alcoholes superiores	mg/100ml	1,21	1,00	0,99	1,34
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	4	4	4	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Resultados de alcohol etílico con 3 meses de contacto con roble blanco usado quemado**

Fecha de muestro: 01 de diciembre 2010					
Tiempo de añejamiento: 3 meses					
Tipo de madera de contacto: usada quemada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,76	69,21	69,77	69,76
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,33	1,33	1,34	1,31
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,97	1,88	1,33	1,67
Metanol	mg/100ml	1,17	0,96	0,87	0,81
Alcoholes superiores	mg/100ml	0,74	0,83	0,77	0,95
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	5	3	5	4

Fuente: elaboración propia.

3.2. Resultados 6 meses

Se tomó una muestra de 500 mililitros de cada Erlenmeyer, para realizar los análisis correspondientes.

Figura 14. **Muestras de 6 meses en contacto con roble blanco**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Tabla XIII. **Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco nuevo**

Fecha de muestro: 15 de marzo de 2011					
Tiempo de añejamiento: 6 meses					
Tipo de madera de contacto: nueva					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,23	69,56	69,68	69,24
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,59	1,53	1,53	1,48
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,52	1,29	1,03	1,17
Metanol	mg/100ml	0,28	0,36	0,36	0,55
Alcoholes superiores	mg/100ml	3,59	1,21	1,23	1,42
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	4	3	3	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco quemado**

Fecha de muestro: 15 de marzo de 2011					
Tiempo de añejamiento: 6 meses					
Tipo de madera de contacto: usada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,77	68,81	69,33	69,4
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,55	1,48	1,56	1,52
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,41	1,43	1,31	1,25
Metanol	mg/100ml	0,35	0,25	0,26	0,51
Alcoholes superiores	mg/100ml	2,81	1,51	1,87	1,55
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	4	4	4	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco nuevo quemado**

Fecha de muestro: 15 de marzo de 2011					
Tiempo de añejamiento: 6 meses					
Tipo de madera de contacto: nueva quemada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	68,66	68,39	69,43	69,18
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,34	1,46	1,54	1,56
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,13	1,11	1,51	1,41
Metanol	mg/100ml	0,65	0,65	0,32	0,42
Alcoholes superiores	mg/100ml	1,51	1,18	1,06	1,73
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	5	4	4	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Resultados de alcohol etílico con 6 meses de contacto con roble blanco usado quemado**

Fecha de muestro: 15 de marzo de 2011					
Tiempo de añejamiento: 6 meses					
Tipo de madera de contacto: usada quemada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,54	68,41	69,64	69,53
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,6	1,54	1,65	1,62
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,49	1,4	1,82	1,82
Metanol	mg/100ml	0,26	0,53	0,55	0,54
Alcoholes superiores	mg/100ml	1,28	1,22	1,26	1,28
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	4	5	6	6

Fuente: elaboración propia.

3.3. Resultados 12 meses

Se tomó una muestra de 500 mililitros de cada Erlenmeyer, para realizar los análisis correspondientes.

Figura 15. **Muestras de 12 meses en contacto con roble blanco**



Fuente: Laboratorio MagAlcoholes, S. A.

Tabla XVII. **Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco nuevo**

Fecha de muestro: 09 de septiembre de 2011					
Tiempo de añejamiento: 12 meses					
Tipo de madera de contacto: nueva					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,19	69,26	69,26	68,59
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,6	1,88	1,88	1,98
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,19	1,23	1,16	1,27
Metanol	mg/100ml	0,41	0,48	0,25	0,6
Alcoholes superiores	mg/100ml	3,89	1,31	1,29	1,91
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	6	4	4	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco usado**

Fecha de muestro: 09 de septiembre de 2011					
Tiempo de añejamiento: 12 meses					
Tipo de madera de contacto: usada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,51	68,22	68,55	68,98
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,86	1,61	1,89	1,82
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,93	1,84	1,3	1,78
Metanol	mg/100ml	0,88	0,18	0,29	0,24
Alcoholes superiores	mg/100ml	4,97	1,41	1,9	1,69
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	6	4	4	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco nuevo quemado**

Fecha de muestro: 09 de septiembre de 2011					
Tiempo de añejamiento: 12 meses					
Tipo de madera de contacto: nueva quemada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	68,09	67,6	68,71	68,47
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,82	1,87	1,78	1,71
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,93	1,6	1,84	1,54
Metanol	mg/100ml	0,22	0,23	0,24	0,25
Alcoholes superiores	mg/100ml	1,38	1,25	1,77	2,03
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	6	5	5	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultados de alcohol etílico con 12 meses de contacto con roble blanco usado quemado**

Fecha de muestro: 09 de septiembre de 2011					
Tiempo de añejamiento: 12 meses					
Tipo de madera de contacto: usada quemada					
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO			
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Grado alcohólico a 20 °C	° GL	69,24	67,81	69,27	68,07
Acidez como ácido acético	mg/100ml	1,67	1,88	1,91	1,93
Aldehídos y ésteres	mg/100ml	1,02	1,63	2,24	1,85
Metanol	mg/100ml	0,32	0,2	0,57	0,29
Alcoholes superiores	mg/100ml	1,94	1,29	1,3	1,61
Evaluación organoléptica	Rango 1 – 9	7	7	8	8

Fuente: elaboración propia.

3.4. Resumen de resultados

En las diferentes muestras se realizaron 4 corridas, en la tabla XIX se anotaron los promedios aritméticos de cada corrida.

Tabla XXI. **Resumen de los resultados de las muestras de 0 a 12 meses de añejamiento**

TIEMPO DE CONTACTO	Tipo de alcohol	Tipo de madera	Tratamiento previo	Cambios químicos				Cambios organolépticos
				Acidez	Aldehídos y ésteres	Metanol	Alcoholes superiores	Calificación de panel
0 meses	REN	NA	NA	0,93	0,43	0,54	2,34	NA
3 meses	REN	Nueva	Si	1,32	0,88	0,48	1,14	3,75
	REN	Usada	Si	1,33	1,71	0,95	0,82	4,25
	REN	Nueva	No	1,33	0,98	0,43	1,32	3,50
	REN	Usada	No	1,32	1,34	0,47	1,42	3,75
6 meses	REN	Nueva	Si	1,48	1,29	0,51	1,37	4,25
	REN	Usada	Si	1,60	1,63	0,47	1,26	4,20
	REN	Nueva	No	1,53	1,25	0,39	1,86	3,50
	REN	Usada	No	1,53	1,35	0,34	1,94	4,00
1 año	REN	Nueva	Si	1,80	1,73	0,24	1,61	5,25
	REN	Usada	Si	1,85	1,69	0,35	1,54	7,50
	REN	Nueva	No	1,84	1,21	0,44	2,10	4,25
	REN	Usada	No	1,80	1,71	0,40	2,49	4,75
1 año	Ron liviano	NA	NA	1,24	1,42	0,37	1,71	NA

Fuente: elaboración propia.

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis estadístico de los resultados se realizará por medio de un análisis de varianza de cada uno de los parámetros establecidos, para conocer si estos se veían afectados a través del tiempo. Además, si el uso de los diferentes tipos de maderas afectaba los parámetros de observación.

4.1. Acidez total

La acidez total constituye un importante elemento de las características gustativas.

Tabla XXII. Resultados de acidez total

TIEMPO	TIPO DE MADERA	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
3 meses	Madera nueva	1,34	1,32	1,35	1,33
	Madera usada	1,33	1,31	1,33	1,32
	Madera nueva quemada	1,35	1,34	1,31	1,30
	Madera usada quemada	1,33	1,33	1,34	1,31
6 meses	Madera nueva	1,59	1,53	1,53	1,48
	Madera usada	1,55	1,48	1,56	1,52
	Madera nueva quemada	1,34	1,46	1,54	1,56
	Madera usada quemada	1,6	1,54	1,65	1,62
1 año	Madera nueva	1,6	1,88	1,88	1,98
	Madera usada	1,86	1,61	1,89	1,82
	Madera nueva quemada	1,82	1,87	1,78	1,71
	Madera usada- quemada	1,67	1,88	1,91	1,93

Fuente: elaboración propia.

Con la ayuda de una hoja de excel se realizó el análisis de los datos primero se analizó si el tiempo podría afectar la acidez.

Tabla XXIII. **ANOVA de acidez total, respecto del tiempo**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
3 meses	4	5,310	1,327	2,96E-05		
6 meses	4	6,137	1,534	0,002		
1 año	4	7,272	1,818	0,000		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,485	2	0,242	207,481	2,9588E-08	4,256
Dentro de los grupos	0,010	9	0,001			
Total	0,495	11				

Fuente: elaboración propia.

Como la F obtenida es mayor que la del valor crítico, se asevera que la acidez es un parámetro que se ve muy afectado a través del tiempo de añejamiento.

Ahora se analizará si el tipo de madera influye en el parámetro de acidez.

Tabla XXIV. **ANOVA de acidez total, respecto al tipo de madera**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Madera nueva	4	7,34	1,835	0,026		
Madera usada	4	7,18	1,795	0,016		
Madera nueva quemada	4	7,18	1,795	0,005		
Madera usada quemada	4	7,39	1,8475	0,014		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0088	3	0,0029	0,191	0,9002	3,4902
Dentro de los grupos	0,1853	12	0,0154			
Total	0,1942	15				

Fuente: elaboración propia.

Como la F obtenida es menor que la del valor crítico, se asevera que la acidez es un parámetro que no se ve afectado por el tipo de madera que se utiliza en el añejamiento.

4.2. Aldehídos y ésteres

Los aldehídos y ésteres son los congenéricos que dan al ron su *bouquet* aún en pequeñas concentraciones son sensibles al olfato. Se realizó el análisis de los datos respecto al efecto del tiempo y el tipo de madera sobre la concentración de aldehídos y ésteres

Tabla XXV. **Resultados de aldehídos y ésteres**

TIEMPO	TIPO DE MADERA	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
3 meses	Madera nueva	1,06	0,98	1,11	0,77
	Madera usada	1,60	1,47	1,15	1,14
	Madera nueva quemada	0,75	0,85	1,02	0,89
	Madera usada quemada	1,97	1,88	1,33	1,67
6 meses	Madera nueva	1,52	1,29	1,03	1,17
	Madera usada	1,41	1,43	1,31	1,25
	Madera nueva quemada	1,13	1,11	1,51	1,41
	Madera usada quemada	1,49	1,4	1,82	1,82
1 año	Madera nueva	1,19	1,23	1,16	1,27
	Madera usada	1,93	1,84	1,3	1,78
	Madera nueva quemada	1,93	1,6	1,84	1,54
	Madera usada quemada	1,02	1,63	2,24	1,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **ANOVA de aldehídos y ésteres, respecto al tiempo**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
3 meses	4	4,909	1,227	0,144		
6 meses	4	5,525	1,381	0,029		
1 año	4	6,337	1,584	0,061		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,256	2	0,128	1,634	0,247	4,256
Dentro de los grupos	0,706	9	0,078			
Total	0,963	11				

Fuente: elaboración propia.

Como la F obtenida es menor que la del valor crítico, se asevera que el tiempo no ha afectado la concentración de aldehídos y ésteres en las muestras añejadas.

Tabla XXVII. **ANOVA de aldehídos y ésteres, respecto al tipo de madera**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Madera nueva	4	4,85	1,212	0,002		
Madera usada	4	6,85	1,712	0,079		
Madera nueva quemada	4	6,91	1,727	0,035		
Madera usada quemada	4	6,74	1,685	0,260		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,741	3	0,247	2,622	0,098	3,490
Dentro de los grupos	1,130	12	0,094			
Total	1,871	15				

Fuente: elaboración propia.

Como la F obtenida es menor que la del valor crítico, se asevera que la concentración de aldehídos y ésteres no se ve afectado por el tipo de madera que se utiliza en el añejamiento.

4.3. Metanol

El metanol se forma en la fermentación y en el añejamiento en pequeñas cantidades, por lo cual debe controlarse pues en grandes cantidades es tóxico.

Tabla XXVIII. **Resultados de metanol**

TIEMPO	TIPO DE MADERA	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
3 meses	Madera nueva	0,43	0,31	0,538	0,46
	Madera usada	0,35	0,36	0,25	0,92
	Madera nueva quemada	0,51	0,48	0,24	0,69
	Madera usada quemada	1,173	0,96	0,87	0,81
6 meses	Madera nueva	0,283	0,36	0,36	0,55
	Madera usada	0,35	0,25	0,26	0,51
	Madera nueva quemada	0,65	0,65	0,32	0,42
	Madera usada quemada	0,26	0,53	0,55	0,54
1 año	Madera nueva	0,41	0,48	0,25	0,6
	Madera usada	0,88	0,18	0,29	0,24
	Madera nueva quemada	0,22	0,23	0,24	0,25
	Madera usada quemada	0,32	0,2	0,57	0,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **ANOVA de metanol, respecto al tiempo**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
3 meses	4	2.337	0.584	0.061		
6 meses	4	1.710	0.427	0.006		
1 año	4	1.412	0.353	0.008		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico F
Entre grupos	0.112	2	0.056	2.255	0.161	4.256
Dentro de grupos	0.223	9	0.025			
Total	0.334	11				

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el análisis de los datos respecto al efecto del tiempo sobre la concentración de metanol. Como la F obtenida es menor que la del valor crítico, se asevera que el tiempo no ha afectado la concentración de metanol en las muestras añejadas. Ahora se analizará si el tipo de madera, sí influye en ellos.

Tabla XXX. **ANOVA de metanol, respecto al tipo de madera**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Madera nueva	4	1,74	0,435	0,021		
Madera usada	4	1,59	0,397	0,105		
Madera nueva quemada	4	0,94	0,235	0,000		
Madera usada quemada	4	1,38	0,345	0,025		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,090	3	0,030	0,796	0,520	3,490
Dentro de los grupos	0,456	12	0,038			
Total	0,547	15				

Fuente: elaboración propia.

Como la F obtenida es menor que la del valor crítico, se asevera que la concentración de aldehídos y ésteres no se ve afectado por el tipo de madera que se utiliza en el añejamiento.

4.4. Alcoholes superiores

La concentración de alcoholes superiores forma el perfil organoléptico de las diversas bebidas alcohólicas.

Tabla XXXI. **Resultados de alcoholes superiores**

TIEMPO	TIPO DE MADERA	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
3 meses	Madera nueva	0,98	1,56	0,79	1,95
	Madera usada	1,36	1,47	1,31	1,55
	Madera nueva quemada	1,21	1,0	0,99	1,34
	Madera usada quemada	0,736	0,83	0,77	0,95
6 meses	Madera nueva	3,588	1,21	1,23	1,42
	Madera usada	2,81	1,51	1,87	1,55
	Madera nueva quemada	1,51	1,18	1,06	1,73
	Madera usada quemada	1,28	1,22	1,26	1,28
1 año	Madera nueva	3,89	1,31	1,29	1,91
	Madera usada	4,97	1,41	1,9	1,69
	Madera nueva quemada	1,38	1,25	1,77	2,03
	Madera usada quemada	1,94	1,29	1,3	1,61

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el análisis de los datos respecto al efecto del tiempo sobre la concentración de alcoholes superiores.

Tabla XXXII. **ANOVA de alcoholes superiores, respecto al tiempo**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
3 meses	4	4,699	1,175	0,070		
6 meses	4	6,427	1,607	0,116		
1 año	4	7,735	1,934	0,202		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,160	2	0,580	4,485	0,045	4,256
Dentro de los grupos	1,163	9	0,129			
Total	2,323	11				

Fuente: elaboración propia.

Como la F obtenida es mayor que la del valor crítico, se asevera que el tiempo afectado la concentración de alcoholes superiores en las muestras añejadas. Ahora se analizará si el tipo de madera, sí influye en ellos.

Tabla XXXIII. **ANOVA de alcoholes superiores, respecto al tipo de madera**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Madera nueva	4	8,4	2,100	1,507		
Madera usada	4	9,97	2,493	2,768		
Madera nueva quemada	4	6,43	1,608	0,128		
Madera usada quemada	4	6,14	1,535	0,095		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2,421	3	0,807	0,718	0,560	3,4902
Dentro de los grupos	13,495	12	1,125			
Total	15,916	15				

Fuente: elaboración propia.

Como la F obtenida es menor que la del valor crítico, se asevera que la concentración de alcoholes superiores no se ve afectado por el tipo de madera que se utiliza en el añejamiento.

CONCLUSIONES

1. Los cambios organolépticos del alcohol crudo se incrementan, proporcionalmente, de acuerdo al tiempo de contacto de alcohol crudo con madera de roble blanco.
2. Luego de un año de contacto con madera, se observa que el alcohol crudo sufre cambios en la acidez y concentración de alcoholes superiores.
3. Los cambios químicos en el alcohol por el contacto con roble blanco, en esta prueba, no está directamente relacionado con el tipo de madera utilizada y el tratamiento previo.
4. El ron obtenido de alcohol REN en contacto con madera de roble, que más se asemeja al ron blanco liviano es el de 1 año de contacto con madera de roble blanco quemada.

RECOMENDACIONES

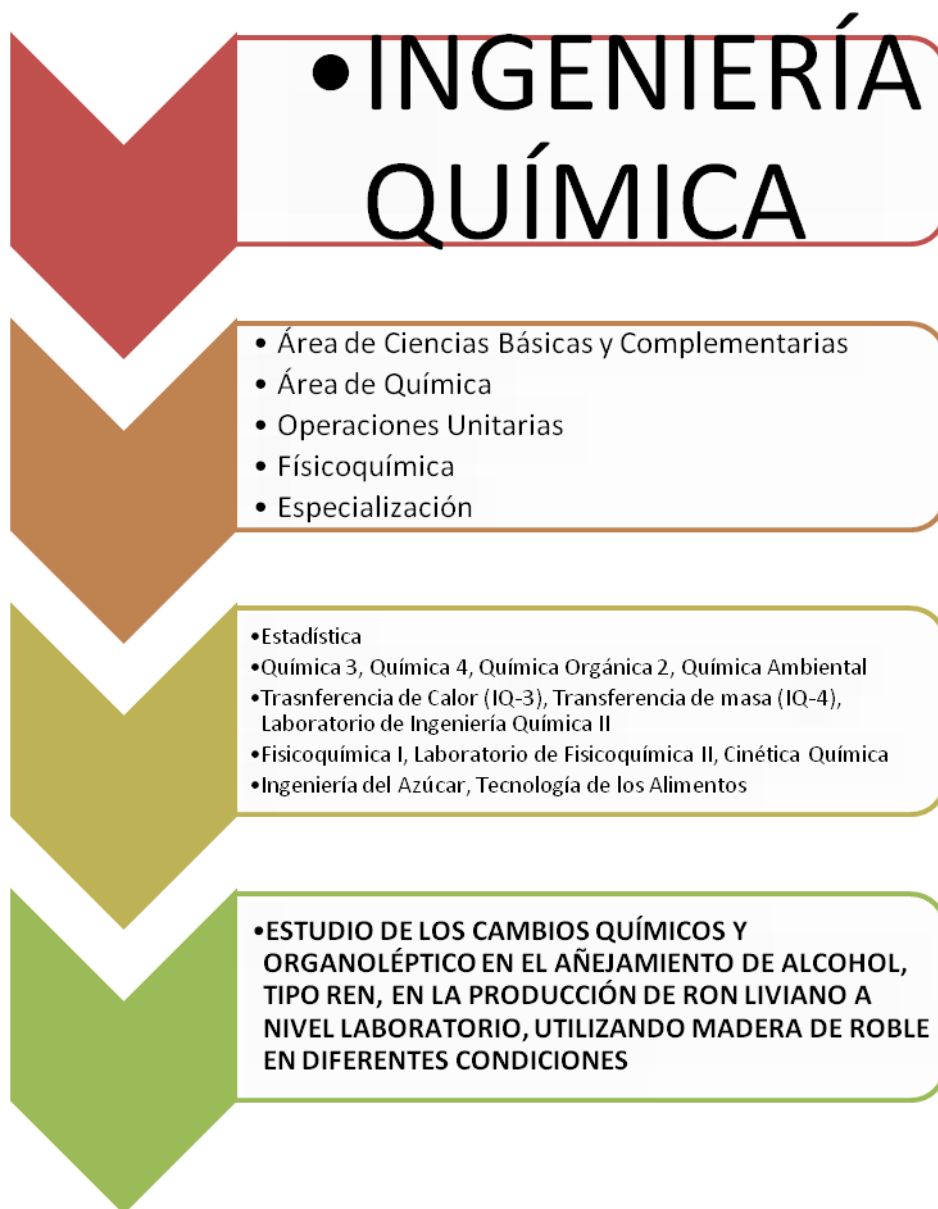
1. La prueba debe replicarse en una escala mayor, utilizando barricas de roble blanco, para evaluar el efecto real del tiempo.
2. Ampliar el espectro de análisis (determinar concentración de ácidos y ésteres pesados, como ácido octanoico, ácido decanoico, ácido dodecanoico, pentanoato de etilo, laurato de etilo), para conocer mayores cambios químicos en el añejamiento.
3. Utilizar otros tipos de tratamiento al roble blanco que ofrezcan cambios fisicoquímicos y organolépticos al alcohol etílico, para convertirlo en un ron liviano
4. Realizar pruebas con alcohol REN, para determinar si puede utilizarse para obtener ron pesado de alta calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHANG, Raymond. *Química*. 6a ed. México: McGraw-Hill, 1999. 1016 p.
2. HONIG, Pieter. *Principios de tecnología azucarera*. México: Continental, 1969. 1676 p.
3. HUGOT, Emile. *Handbook of cane sugar engineering*. 2a ed. EE.UU: Elsevier Science Publishers B.V., 1986. 1070 p.
4. JACQUES, Ka. *The alcohol textbook*. 3a ed. Reino Unido: Nottingham University Press, 1999. 446 p.
5. PERRY, Robert. *Manual del ingeniero químico*. 6a. ed. México: McGraw-Hill, 1999. 2577 p.
6. ROSSEAU, Felder. *Principios elementales de los procesos químicos*. 3a ed. EE.UU: Limusa Wiley, 1992. 712 p.
7. RUIZ DEL VALLE, Pilar Alejandra. *Clasificación, determinación y procedimientos para el análisis químico cualitativo y cuantitativo de bebidas alcohólicas y fermentadas*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 43 p.

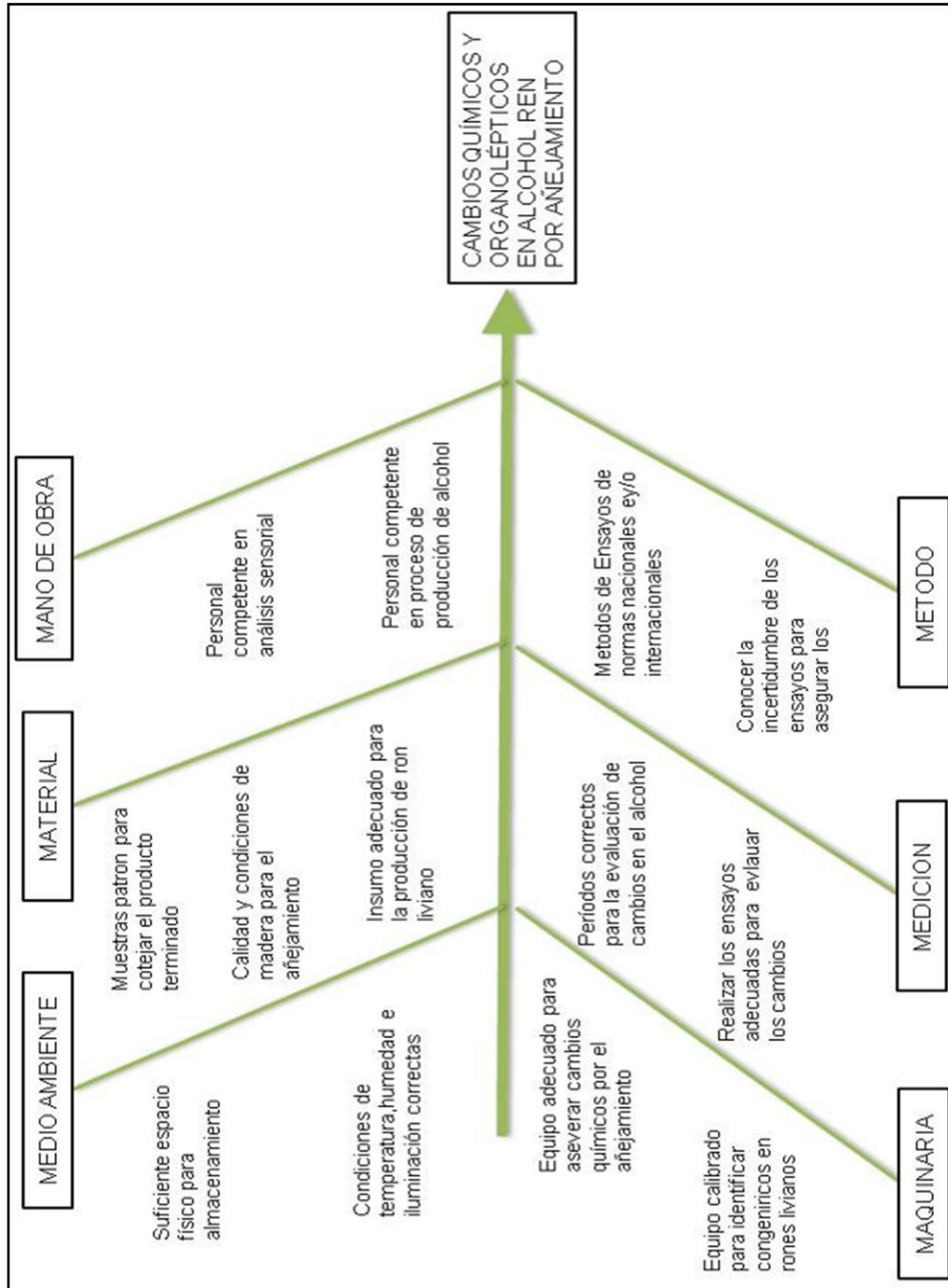
APÉNDICES

Apéndice 1. Tabla de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Requisitos químicos para la clasificación del ron

	Liviano	Añejo	Reserva	Con sabor
Grado alcohólico, % v/v a 20°C (mínimo)	25 a 45	35 a 45		25 a 45
Extracto seco, g/L (máximo)	20		30	85
Acidez total, mg ácido acético/100 mL de etanol anhidro (máximo)	120			
Metanol, mg/100 mL de etanol anhidro (máximo)	280			
Suma de los congéneres (acetaldehído, ácido acético, acetato de etilo y alcoholes superiores) diferentes al metanol y etanol, mg/100 mL de etanol anhidro (máximo)	50	150	450	450

Fuente: Norma COGUANOR NGO 33 011. 1ra. Revisión. Bebidas alcohólicas destiladas. Ron. Especificaciones, publicada en el Diario Oficial del 2003-12-15.

