

UCUENCA

Facultad de Ciencias Químicas
Ingeniería Química

Evaluación de acetaldehído, acetato de etilo y furfural en aguardiente de caña de azúcar sometido a procesos acelerados de envejecimiento con el uso de chips de roble.

Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de:
Ingeniero Químico

Autor:
Nelson Geovanny Rodríguez Gómez
CI: 1900482520
Correo electrónico: ge810@hotmail.com

Directora:
Ing. Tsai García Perez. PhD
CI: 1715551022

Cuenca, Ecuador
5 de enero de 2023

RESUMEN

El aguardiente de caña es utilizado como materia prima en la elaboración de ron, este se somete a un proceso de añejamiento en barriles de roble donde se dan reacciones de extracción, oxidación y esterificación entre componentes de la madera y los provenientes del aguardiente de caña crudo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de acetaldehído, acetato de etilo, furfural y características organolépticas que brindan cuerpo al aguardiente de caña luego de ser sometido a procesos acelerados de envejecimiento; La concentración de acetaldehído, acetato de etilo y furfural se cuantificó por cromatografía de gases con detección de ionización a la llama, el color se caracterizó por espectrofotometría UV-visible; mientras que, las pruebas sensoriales se efectuaron por catadores expertos y experimentados. Con los resultados obtenidos se optimizó un proceso acelerado de envejecimiento con el uso de la metodología de superficie de respuesta (RSM); donde se estudió tiempo de tostado de chips de roble, temperatura de tratamiento térmico al aguardiente de caña en presencia de chips de roble y tiempo de oxidación (corriente de aire enriquecida en ozono) como factores y acetaldehído, acetato de etilo, furfural y color ($\lambda=440$) como variables respuesta. Finalmente, la evaluación de los parámetros físico, químicos y organolépticos permitió establecer que los mejores resultados se obtienen al utilizar un tratamiento de tostado de chips de roble a 190°C durante 5 horas, seguido de un tratamiento térmico del aguardiente en presencia de chips de roble a 60°C y posterior tratamiento de oxidación durante 5 minutos; además, la concentración de los compuestos ya mencionados se encuentra dentro del rango de la INEN: 363, 2016. Estos resultados sugieren que el uso de procesos acelerados de envejecimiento de aguardiente constituye una alternativa para brindar valor agregado al aguardiente de caña en menor tiempo.

Palabras clave: Acetato de etilo. Acetaldehído. Furfural. Cromatografía de gases. Aguardiente de caña de azúcar. Añejamiento. Ron. Envejecimiento acelerado.

ABSTRACT:

Cane spirit is used as raw material in the production of rum, which undergoes an aging process in oak barrels where extraction, oxidation and esterification reactions occur between components of the wood and those coming from the raw cane spirit. The objective of this work was to evaluate the behavior of acetaldehyde, ethyl acetate, furfural and organoleptic characteristics that give body to cane spirit after being subjected to accelerated aging processes; the concentration of acetaldehyde, ethyl acetate and furfural was quantified by gas chromatography with flame ionization detection, the color was characterized by UV-visible spectrophotometry, while sensory tests were performed by expert tasters. With the results obtained, an accelerated aging process was optimized with the use of the response surface methodology (RSM); where toasting time of oak chips, heat treatment temperature to cane spirit in the presence of oak chips and ozonation time were studied as factors and acetaldehyde, ethyl acetate, furfural and color ($\lambda=440$) as response variables. Finally, the evaluation of the physical, chemical and organoleptic parameters allowed establishing that the best results are obtained by using a toasting treatment of oak chips at 190°C for 5 hours, followed by heat treatment of the brandy in the presence of oak chips at 60°C and subsequent oxidation treatment for 5 minutes; in addition, the concentration of the aforementioned compounds is within the range of INEN: 363, 2016. These results suggest that the use of accelerated aguardiente aging processes constitutes an alternative to provide added value to sugarcane aguardiente in less time.

Keywords: Ethyl acetate. Acetaldehyde. Furfural. Gas chromatography. Sugar cane spirit. Aging. Rum. Accelerated aging.

Tabla de Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT:	3
ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
CLAÚSULAS:.....	9
AGRADECIMIENTOS:.....	12
DEDICATORIA:	13
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS.....	15
I. MARCO TEÓRICO	16
1.1 Origen del aguardiente de caña y ron. Clasificación de las bebidas alcohólicas.....	16
1.2 Añejamiento clásico	19
1.3 Envejecimiento acelerado.....	36
1.4 Aldehídos, ésteres y furfural.....	40
1.5 Técnicas de análisis de Congéneres	42
1.6 Espectrofotometría	46
1.7 Análisis estadístico	49
II. METODOLOGÍA	52
2.1 Obtención de aguardiente de caña de azúcar envejecido con procesos acelerados de envejecimiento	52
2.1.1 Tratamiento de tostado a chips de roble	54
2.1.2 Tratamiento térmico de aguardiente de caña en presencia de chips de roble.....	56

UCUENCA

2.1.3	Tratamiento de oxidación de aguardiente de caña en presencia de chips de roble.....	59
2.1.4	Maceración.....	59
2.1.5	Filtración.....	60
2.1.6	Embotellado.....	61
2.2	Determinación de aldehídos, ésteres y furfural por cromatografía de gases con detección de ionización de llama (GC-FID)	61
2.3	Determinación de características físicas.....	62
2.4	Determinación de características organolépticas.....	63
2.5	Análisis estadístico de datos	66
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.1	Caracterización de la materia prima	67
3.2	Análisis de congéneres en bebidas añejadas de manera clásica y de forma acelerada.....	68
3.3	Optimización del proceso de envejecimiento acelerado de aguardiente de caña de azúcar.....	71
3.4	Determinación de características físicas.....	80
3.5	Determinación de características organolépticas.....	82
3.6	Comparación de características físico-químicas y organolépticas de bebidas añejadas de forma clásica y con el uso de procesos acelerados.	85
3.7	Evaluación de resultados.	87
IV.	CONCLUSIONES	90
V.	RECOMENDACIONES.....	92
	BIBLIOGRAFÍA	93
	ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Proceso de Producción de ron.</i>	21
Gráfico 2. <i>Tostado de barrica a fuego directo. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)</i> ..28	
Gráfico 3. Principales derivados furánicos generados en el proceso de tostado de la madera. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)	29
Gráfico 4. Principales compuestos fenólicos producidos por la degradación térmica de la lignina. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)	29
Gráfico 5. <i>Diferentes formatos de madera de roble con distintos grados de tostado. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)</i>	38
Gráfico 6. Cromatógrafo de gases marca Trace 1300.	43
Gráfico 7. Composición de una columna capilar. Fuente:(Vásquez, 2013)	46
Gráfico 8. Esquema de una medida de la absorción de radiación UV-VIS en un espectrofotómetro. Fuente: (Gallego et al, 2013)	48
Gráfico 9. Representación Gráfica del diseño Box-Behnken para tres factores Fuente: (Gutiérrez & de la Vara, 2008).....	50
Gráfico 10. DPO Obtención de ron con procesos acelerados.....	52
Gráfico 11. Empaque de Chips Roble Francés “Bio-Chéne”	54
Gráfico 12. Tostado de chips de roble.	55
Gráfico 13. Muestras de chips de roble con 0, 1 ½, 2 ½, 3, 5 y más horas de tostado.	55
Gráfico 14. Control graduación alcohólica de materia prima.....	56
Gráfico 15. Tratamiento térmico a 60°C.	57
Gráfico 16. Tratamiento térmico a 90°C.	58
Gráfico 17. Presión de trabajo de ollas de presión.	58
Gráfico 18. Tratamiento de oxidación a muestras de aguardiente en presencia de chips de roble.....	59
Gráfico 19. Sistema autómatas para acondicionar muestras.....	60
Gráfico 20. Filtración de producto final Ron.....	60
Gráfico 21. Materia prima y diferentes productos obtenidos con procesos acelerados.	61
Gráfico 22. Espectro de absorción de muestra de ron.....	62
Gráfico 23. Presentación previa al proceso de cata.....	64
Gráfico 24. Proceso de cata de las diferentes muestras de ron obtenido por procesos acelerados de envejecimiento.	66
Gráfico 25. Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (acetaldehído).....	73

UCUENCA

Gráfico 26. Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (acetato de etilo).....	74
Gráfico 27. Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (furfural).....	76
Gráfico 28. Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (Densidad Óptica $\lambda=440$).	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción mensual de alcohol artesanal por parte de las principales empresas alcoholeras. Fuente: (Mora, 2018)	19
Tabla 2. Requisitos del aguardiente de caña. Fuente: (INEN:362, 2014)	25
Tabla 3. Clasificación de la madera según su grado de tostado. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014).....	28
Tabla 4. Requisitos físicos y químicos para el ron. Fuente: (INEN:363, 2016)	32
Tabla 5. Concentración de congéneres permitidos por las normativas vigentes.	42
Tabla 6. fases estacionarias líquidas para GC. Fuente:(Vásquez, 2013)	45
Tabla 7. Colores típicos del intervalo visible del espectro electromagnético, tabla válida cuando el color observado proviene de una sola sustancia colorida. Fuente:(García, 2016).....	47
Tabla 8. Matriz del diseño de Box-Behnken para tres factores. Fuente: (Gutiérrez & de la Vara, 2008).....	50
Tabla 9. Factores del diseño experimental utilizado.....	53
Tabla 10. Variables de respuesta del diseño experimental.	53
Tabla 11. Tratamientos del diseño experimental para obtener aguardiente de caña envejecido con procesos acelerados.....	54
Tabla 12. Resultados aguardiente de caña con respecto a sus requisitos.	67
Tabla 13. Degradación térmica de chips de roble.	68
Tabla 14. Resultados cromatografía muestras de ron con diferentes edades con respecto a sus requisitos.	68
Tabla 15. Modelos matemáticos dinámicos. Evolución de congéneres vs tiempo de añejamiento.....	69
Tabla 16. Resultados cromatografía de muestras de ron obtenidas con procesos acelerados	70
Tabla 17. Anova para modelo cuadrático: Concentración de acetaldehídos vs tostado, temperatura y oxidación.	72
Tabla 18. Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de acetaldehído.....	72
Tabla 19. Anova para modelo cuadrático: Concentración de acetato de etilo vs tostado, temperatura y oxidación.....	73
Tabla 20. Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de acetato de etilo.	74

UCUENCA

Tabla 21. Anova para modelo cuadrático: Concentración de furfural vs tostado, temperatura y oxidación.	75
Tabla 22. <i>Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de furfural.</i>	75
Tabla 23. Ajuste factorial: Densidad Óptica $\lambda=440$ vs tostado, temperatura y oxidación.	77
Tabla 24. Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de Densidad Óptica $\lambda=440$	77
Tabla 25. Propiedades físicas de bebidas envejecidas de forma clásica.	80
Tabla 26. Propiedades físicas del aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de envejecimiento.	81
Tabla 27. Prueba de Normalidad de Parámetros Sensoriales.	82
Tabla 28. <i>Resumen de la prueba de Friedman.</i>	84
Tabla 29. Tiempo equivalente de añejamiento de muestras de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de añejamiento.	85
Tabla 30. Información cualitativa con respecto a cada muestra.	86

CLAÚSULAS:

Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio
Institucional

Nelson Geovanny Rodríguez Gómez, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Evaluación de acetaldehído, acetato de etilo y furfural en aguardiente de caña de azúcar sometido a procesos acelerados de envejecimiento con el uso de chips de roble”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 5 de enero de 2023.



Nelson Geovanny Rodríguez Gómez
C.I: 1900482520

Cláusula de propiedad intelectual

Nelson Geovanny Rodríguez Gómez autor del trabajo de titulación **“Evaluación de acetaldehído, acetato de etilo y furfural en aguardiente de caña de azúcar sometido a procesos acelerados de envejecimiento con el uso de chips de roble”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 5 de enero de 2023.



Nelson Geovanny Rodríguez Gómez
C.I: 1900482520

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad de Cuenca y a la Facultad de Ciencias Químicas, apreciada institución y querida facultad en la cual me forme académicamente.

A mi tutora la Ing. Tsai García. Phd, por su tiempo, su apoyo y orientación para llevar a cabo esta investigación. Desde el primer momento en el que me comuniqué con usted me animó, me brindó su ayuda y me dio las pautas necesarias para la realización de mi trabajo final.

A la Ing. Johanna Ortiz. Phd, por su oportuna colaboración y asesoramiento en instrumentación analítica.

A mis asesores el Ing. Ricardo León y el Ing. Rubén Jara, por abrirme las puertas de Corporación "Azende" para poder llevar a cabo mi proyecto de investigación; gracias por su tiempo incluso fuera de horario laboral, gracias por su sabiduría, su experiencia, su ayuda en el laboratorio y por la confianza depositada en mí. Sin su ayuda no hubiese podido continuar. Mis datos son sus datos.

A Corporación "Azende", durante el tiempo que estuve en sus instalaciones como practicante y mientras realizaba mi trabajo de investigación todo el personal que pude conocer fue amable y profesional con mi persona. A la Inge Carmen por solventar dudas y ayudarme con la pronta adquisición de materias primas. Al equipo que conforma el departamento de control de calidad, gracias por sus enseñanzas y por brindarme una mano amiga, lo que no solo hizo que esta investigación haya sido posible, sino que me hizo crecer como profesional y como persona.

A mis padres, por creer en mí y por dejarme la mejor herencia que son los estudios. Ustedes son los mejores.

Nelson

UCUENCA

DEDICATORIA:

A mis padres el Sr. Hector Rodríguez y la Sra. Blanca Gómez, por darme la fortaleza que necesitaba para cumplir mis objetivos académicos. Sin sus consejos, su alegría, su confianza, su conocimiento, su forma de ver la vida, su incondicional apoyo y su amor, nada fuera igual, por enseñarme desde pequeño que la educación es parte fundamental de la vida y por enseñarme a distinguir el bien del mal con el ejemplo.

A la Nena (Paola), por ser la mejor de las hermanas, por ser mi amiga fiel, por siempre defender mi nombre cuando no estoy presente, por permitirme confiar siempre en ti y por estar presente en los momentos precisos.

A mi hermano Andy, por ser parte de mi vida, es mi forma de decirte que te quiero y que somos capaces de lograr todo lo que nos propongamos. La familia es primero.

A mi Princesa Anny, por ser mi compañera de vida, por estar a mi lado y vivir conmigo todo lo bueno lo malo lo lindo lo feo alegrías tristezas aciertos tropiezos y más que hemos compartido en ¡La Vida!, por enseñarme y aprender a mi lado el verdadero significado de la libertad, la conciencia, la desobediencia, el amor y la alegría.

A mi losu, por ser la luz que alumbra mi camino, mi alegría, mis fuerzas y mi voluntad de levantarme una vez más. Algún día sabrás que fuiste eres y serás mi motivo para luchar.

Finalmente, en memoria a mi abuelito Segundo hago una dedicatoria especial a toda la familia Gómez Gómez allá en Cojitambo. Los quiero mucho.

Nelson

INTRODUCCIÓN

Durante el envejecimiento del aguardiente de caña diferentes compuestos orgánicos tales como aldehídos, ésteres, cetonas, polifenoles, alcoholes y ácidos cambian su concentración y se impregnan a la bebida paulatinamente brindando autenticidad y carácter al producto final (Ortiz & Boluda, 2019). La bebida alcohólica conocida como aguardiente se obtiene de la caña de azúcar y es producida a nivel mundial, en Ecuador existe una larga tradición de esta bebida y es producida en 19 de las 24 provincias (Gómez, 2014).

El ron es un licor producido a partir de la destilación de jugo de caña fermentado, el aguardiente obtenido se añeja en barriles de roble para mejorar sus características organolépticas (Pérez, 2011). La evaluación de los parámetros físico químicos en el control de calidad de los diferentes tipos de rones es imprescindible al momento de caracterizar esta bebida pues el proceso de envejecimiento brinda complejidad, cuerpo y color al ron el cual está relacionado directamente a la materia prima de procedencia y al tiempo de envejecimiento (Rivera & Valadez, 2017). El proceso de envejecimiento clásico conlleva un tiempo largo de espera el cual oscila entre uno a tres años como mínimo, pues mientras mayor sea la crianza del aguardiente mayor será la extracción de los diferentes aromas y sabores provenientes de la madera. Esto hace que no se realice una completa extracción de los diferentes componentes presentes en las duelas de roble (Blanco et al., 2000). Además, el añejamiento clásico implica un alto costo de inversión en cuanto a la adecuación de grandes instalaciones de almacenamiento donde se debe tener un control adecuado de aireación, humedad y temperatura (Coldea & Mudura, 2017).

Por ello existen investigaciones en las que se han estudiado alternativas diferentes al añejamiento clásico de aguardientes, tratando de recrear condiciones semejantes a las que se dan en los barriles durante el proceso de envejecimiento. Una alternativa es el uso de chips de roble en presencia de aguardiente para extraer sustancias que brinden aroma y sabor característico a la bebida; mientras se da el proceso de extracción, la bebida es microoxigenada presentando reacciones de oxidación semejantes al proceso de envejecimiento clásico, lo que da paso a productos con características similares a bebidas añejadas en barriles de roble (González & Baleta, 2010).

Lo indicado evidencia la necesidad de estudiar métodos alternativos para envejecer aguardiente de manera acelerada. Considerando que Ecuador es un país productor de aguardiente de caña de azúcar, el uso de procesos acelerados de envejecimiento ayudará a obtener productos de calidad en un menor tiempo, brindando valor agregado

UCUENCA

al aguardiente de caña, el cual es materia prima para la elaboración de ron. En este estudio se utilizó el diseño Box-Behnken para optimizar un proceso acelerado de envejecimiento de aguardiente de caña y se evaluó la presencia de acetaldehído, acetato de etilo y furfural en bebidas añejadas de forma acelerada con el uso de un método analítico por cromatografía de gases (GC- FID) para contrastar resultados con bebidas obtenidas de forma clásica. Además, se estableció una línea base la cual permite conocer el comportamiento de las características físico químicas y organolépticas del aguardiente de caña envejecido de forma acelerada. Esto admitirá recrear los procesos utilizados en esta investigación, modificarlos o combinarlos con otras técnicas de envejecimiento acelerado, con el fin de obtener productos nuevos con las características requeridas por parte del consumidor, asegurando que sus propiedades se encuentren establecidos en la normativa vigente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar acetaldehído, acetato de etilo y furfural en aguardiente de caña de azúcar sometido a procesos acelerados de envejecimiento con el uso de chips de roble.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Obtener ron envejecido de forma acelerada con el uso de chips de roble francés con tostado medio y aguardiente de caña dulce como materias primas.

Determinar concentración de aldehídos, ésteres y furfural en aguardiente de caña, bebidas añejadas de manera clásica y de forma acelerada usando un método de análisis de congéneres por cromatografía de gases con detección de ionización de llama y estandarización interna (GC-FID).

Determinar características organolépticas (color, olor y sabor) y contrastar resultados con muestras de ron envejecido de forma clásica.

Optimizar un proceso de añejamiento acelerado de aguardiente de caña de azúcar sometido a calentamiento y posterior ozonificación en presencia de chips de roble con diferentes grados de tostado.

I. MARCO TEÓRICO

1.1 Origen del aguardiente de caña y ron. Clasificación de las bebidas alcohólicas.

En el siglo X los árabes utilizaban alambiques para obtener diferentes productos entre ellos el “arac” el cual se extraía al destilar un vino de caña; además, fueron ellos quienes introdujeron la caña de azúcar a Europa (Moreno, 2015). El licor está asociado al aguardiente y a la medicina ya que en la edad media la destilación de fermentos se utilizó para obtener remedios y pociones afrodisíacas. En el siglo XIII el alquimista y médico mallorquín Ramón Llull empezó a estudiar la influencia de agregar azúcar y otras sustancias al aguardiente con el fin de suavizarlo y crear una bebida agradable para el consumo humano (Vásquez, 2013). Los científicos de aquella época aseguraban que se podía extraer el espíritu mágico presente en el vino provocando mejoras en los procesos de destilación lo que dio origen al aqua vitae o agua de vida (Abad, 2013). El aguardiente obtenido ardía al contacto con el fuego y tenía alegres efectos al consumo (Moreno, 2015).

Fueron los españoles quienes a finales del siglo XV introdujeron a las Indias Occidentales la planta de caña de azúcar con el fin de industrializar su cultivo. Más adelante franceses e ingleses aficionados a bebidas de alta graduación fueron quienes popularizaron el aguardiente que se obtuvo al destilar melazas fermentadas de caña de azúcar (Moreno, 2015). En documentos provenientes de Barbados se habla sobre el aguardiente obtenido de la caña de azúcar que indica que en 1650 lo llamaban “Kill-Devil” (mata diablo) o “Rumbullon” (Gran Tumulto) llamado así por piratas, corsarios y marinos en general (Ramos, 2019).

En las Antillas los hacendados de plantaciones de caña de azúcar notaron que los esclavos bebían guarapo fermentado para recuperar energías lo que los llevó a experimentar con éxito la destilación del jugo de caña y mieles fermentadas de primera calidad obteniendo aguardiente de caña de azúcar (Moreno, 2015). En 1667 se le denominaba ya con la palabra “rum” (ron) que proviene de la última sílaba del nombre científico de la caña “*Saccharum officinarum*” (Ramos, 2019). De la caña de azúcar se obtienen dos productos, la denominada “tafia” (término africano o indígena) que era de fácil elaboración, barato y de consumo inmediato y el ron que era una bebida la cual necesitaba más tiempo, concentración y envejecimiento. Durante los siglos XVII y XVIII el ron fue un importante factor económico; además, para su exportación de las Antillas

UCUENCA

a Europa tenían que reducir el jugo de caña a jarabe, fermentar con tiempo, destilarlo y envejecer en barriles de roble (Moreno, 2015).

El ron empezó a tener una alta demanda en Europa y colonias inglesas establecidas en América provocando el nacimiento de destilerías en Nueva York y en Nueva Inglaterra. En 1763 las principales exportaciones de las Antillas Francesas eran de melazas que eran utilizadas en alrededor de 150 destilerías ubicadas en Nueva Inglaterra. Facundo Bacardi Massó un emigrante español experimentaba con la destilación del ron en su casa. Junto al francés José León Boutellier trataron de encontrar una receta que civilizara esta bebida; es así que, el francés le contó sobre una fórmula secreta para fabricar un ron suave, fino, fuerte y agradable a la vez, lo que dio como resultado un ron de aspecto dulce el cual no poseía la dureza de el ron jamaiquino que se bebía en Santiago de Cuba. José Bacardi, socio y hermano de Facundo era dueño de uno de los 4 alambiques de la ciudad en los que se destilaba aguardiente; esa sociedad, en febrero de 1862 dio origen a una de la marca de rones más vendida a nivel mundial. Rápidamente Cárdenas pasó a ser una de las ciudades más importantes para la producción azucarera y creció a nivel industrial; a la par que, abolía la esclavitud. Una de las principales fábricas de aquel entonces fue fundada por Don José Arrechabala quien dio origen al ron el cual lleva su apellido y al famoso "Habana Club" (Ramos, 2019).

A finales del siglo XIX para la producción de rones secos y ligeros ya se utilizaban levaduras cultivadas para fermentar la melaza de caña y se obtenía el aguardiente en alambiques modernos que usaban procesos continuos de destilación. Hoy en día países como Cuba, Guatemala, Nicaragua, México, Jamaica, Panamá, Puerto Rico, entre otros se dedican a la producción y exportación de ron ya sea como materia prima o producto terminado (Moreno, 2015). La destilación y fabricación de bebidas alcohólicas se esparció por todo Europa y el mundo entero provocando que se den un sin número de bebidas con diferentes sabores, aromas y colores, característicos del tipo de materia prima, tipo de destilación y uso de aditivos. Cambiando de una cultura a otra en cuanto a sus propiedades finales y el uso mismo del término aguardiente (Abad, 2013). Existen grandes rones a nivel mundial que esperan ser aprobados pues existe una gran oferta a la hora de escoger esta bebida que requiere aún más conocimiento por parte del consumidor a la hora de degustar y ser elegido. Es por ello que los conocedores del buen beber sin importar una denominación de origen no les impide tener una gran variedad de bebidas con varios estilos y provienen de diferentes regiones y países (Ramos, 2019).

Bebidas alcohólicas.

Todos los “aguardientes” (raíces latinas agua y arder) se consideran bebidas alcohólicas de alta graduación el cual es extraído de vinos y sustancias que contienen alcohol por fermentación (Moreno, 2015). Las bebidas alcohólicas que contienen aguardiente entre 29 y 40° GL. pueden ser consumidos de forma directa, puros, añejados, aromatizados o mezclados (Abad, 2013).

Para elaborar aguardiente se puede utilizar cualquier vegetal o fruta madura en forma de mosto el cual se fermenta para luego ser destilado generando “agua espirituosa” cargada de alcohol etílico y en menor proporción en compuestos orgánicos tales como aldehídos, ácidos orgánicos, alcoholes superiores, ésteres y más a los que se les denomina congéneres (Moreno, 2015).

Las bebidas alcohólicas se dividen en dos grupos: bebidas fermentadas tales como vinos y cerveza y bebidas destiladas entre las que encontramos el whisky, ron, vodka, ginebra, brandy entre otros los cuales dependen directamente de su materia prima de procedencia (Vásquez, 2013).

Los productos alcohólicos provenientes de fermentación, destilación, preparación o mezcla de ellos, ya sea de origen vegetal, salvo preparaciones farmacéuticas, son consideradas bebidas alcohólicas las cuales se fabrican a partir de líquidos azucarados y posterior fermentación alcohólica. La destilación y/o rectificación adecuada de mostos fermentados permite aumentar la concentración de alcohol etílico presente en el aguardiente (INEN:338, 1992).

En Ecuador el uso de la caña de azúcar data desde la época de la colonia para obtener guarapo fermentado, bebida caracterizada por ser dulce y fermentada, a partir de la cual se prepara una gran variedad de bebidas alcohólicas. En diferentes zonas son apreciadas por propios y extraños las llamadas “Puntas” que es el alcohol puro de caña de azúcar (Abad, 2013).

En nuestro país las tres principales empresas productoras de alcohol etílico son: Producargo S.A., Codona S.A. y Soderal S.A., con una producción que oscila entre 60%, 24% y 16% respectivamente. Soderal S.A. en conjunto con el Ingenio San Carlos se asociaron para implementar un proyecto de producción de etanol con el fin de entregar 9,5 millones de litros cada dos años. La empresa Codona S.A. tiene una alianza con Emdiquin Cía. Ltda. Para la venta y distribución de alcohol anhidro a nivel nacional con un volumen de venta anual que oscila entre los 376.952,62 litros (Mora, 2018).

Tabla 1. Producción mensual de alcohol artesanal por parte de las principales empresas alcoholeras. Fuente: (Mora, 2018)

PROVINCIA	ASOCIACIÓN ARTESANAL	PRODUCCIÓN MENSUAL DE ALCOHOL ARTESANAL (L)	EMPRESA ALCOHOLERA
COTOPAXI	Asociación Comunitaria Agroindustrial Agua Santa "ASOGRAS"	45.000	SODERAL S.A.
	Asociación de Productoras de la Caña de Azúcar y sus Derivados del Cantón Pangua	85.450	PRODUCARGO S. A. CADO
	Asociación Artesanal Alambiques Nacionales	33.160	CODANA S.A.
	Asociación de Productores Agropecuarios Esperanza 2000	13.140	PRODUCARGO S.A.
SUBTOTAL		176.750	
BOLÍVAR	Asociación de Cañicultores de la Parroquia Facundo Vela	40.000	SODERAL S.A.
	Asociación de Desarrollo Social Integral Nuevo Progreso de Jilimbi	21.042	CODANA S.A.
SUBTOTAL		61.042	
PICHINCHA	Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Luz del Meridiano	20.000	CODANA S.A.
	Asociación de Producción Industrial La Molienda "ASOPROIMO"	20.450	CODANA S.A.
SUBTOTAL		40.450	
CAÑAR	Asociación de Productores de Aguardiente de la Zona Baja del Cañar	71.250	PRODUCARGO S.A.
SUBTOTAL		71.250	
TOTAL		349.492	

El aguardiente derivado de la caña de azúcar es un licor tradicional en nuestro país, del cual se crean diferentes bebidas típicas de cada región generando fuentes de empleo y ganancias a quienes están inmersos en este medio. Las principales marcas que ofrecen productos derivados de la caña de azúcar son Zhumir, Cristal, Caña manabita, entre otros (Hidalgo, 2017). A nivel nacional el 70% de los licores es abastecido por empresas de Bolívar y Azuay entre ellas Corporación Azende (Abad, 2013), la cual en su línea de licores ofrece diferentes bebidas tales como: aguardientes, licores secos, saborizados, ron, whisky, vodka, etc.

Hoy en día el consumo de bebidas alcohólicas derivadas de la caña de azúcar está dirigida a obtener productos de calidad. Según datos de la Asociación de Industriales Licoreros del Ecuador (Adile) en el país se comercializan alrededor de 2.500.000 cajas de licores derivados de la caña de azúcar cada año (Hidalgo, 2017).

1.2 Añejamiento clásico

Las bebidas espirituosas o destilados provenientes de materias primas agrícolas como frutas, cereales y caña de azúcar, luego de un proceso de envejecimiento dan paso a productos de calidad como el brandy, el whisky y el ron respectivamente. Las bebidas espirituosas destinadas al consumo humano pueden ser congenéricas y no congenéricas cuyas cualidades organolépticas dependen de los azúcares fermentados

UCUENCA

y la actividad biológica de la levadura. Los destilados congénéricos poseen compuestos polifenólicos y otros alcoholes los cuales varían paulatinamente en su proceso de envejecimiento (Moya, 2013). La obtención de bebidas añejadas también conocidas como bebidas maceradas consiste en el uso de procesos de envejecimiento los cuales modifican de manera lenta y paulatina al aguardiente otorgándole características sensoriales únicas y esperadas, donde se dan reacciones físico-químicas de forma natural al estar el destilado en contacto directo con el roble (Muñoz, 2010).

Los tipos de ron según su materia prima de procedencia se clasifican en: rones agrícolas y rones industriales; los primeros se obtienen a partir del jugo de caña o guarapo con una graduación alcohólica que oscila entre los 50 - 55°GL., este tipo de rones son fuertes, intensos y de alta calidad; además, presentan aromas primarios correspondientes a su materia prima de elaboración; por otra parte, el segundo tipo de rones son los más producidos a nivel mundial y se fabrican a partir de melazas refinadas provenientes de la producción de azúcar, estos son incoloros y ligeros, con una graduación de alcohólica que varía entre 65 - 67°GL., este tipo de rones son utilizados con más frecuencia en la coctelería. (Plaza & Sung, 2011). El ron es el resultado de añejar aguardiente de caña de azúcar en barriles de roble, estos se clasifican en ligeros y pesados, los cuales corresponde a un tiempo de maduración en barriles de roble que oscila entre 3 y 5 años respectivamente. Durante ese periodo gracias a la porosidad de las duelas penetra oxígeno al barril disolviéndose en el aguardiente y provocando reacciones de oxidación-reducción formando peróxidos orgánicos que reaccionan con diferentes polifenoles y aldehídos que son fácilmente oxidables (Ortiz & Boluda, 2019).

Sobre el añejamiento de aguardientes en barriles se ha estudiado características como los fenoles totales extraídos, acidez total, color y más parámetros que han demostrado que el tiempo influye en la extracción de los componentes deseados de la madera de roble. Los compuestos aromáticos que se disuelven en el aguardiente poseen estructuras simples y complejas. Se ha visto que, a mayores temperaturas, la concentración de polifenoles en destilados aumenta. Los taninos confieren un sabor astringente al destilado y son responsables del cambio de color de la bebida. El proceso de añejamiento es complejo y no existe un proceso definido a seguir (González et al., 2006).

El incremento de la acidez es debido al proceso oxidativo de los aldehídos cuya concentración aumenta; pero, a medida que se forman se oxidan a ácidos; esto debido

UCUENCA

al oxígeno que ingresa al barril por las duelas de madera; los ésteres se encuentran en el aguardiente en pequeñas cantidades, pero en el envejecimiento tienden a aumentar gracias a las reacciones de esterificación que se dan entre los ácidos y los alcoholes de la bebida (González et al., 2006).

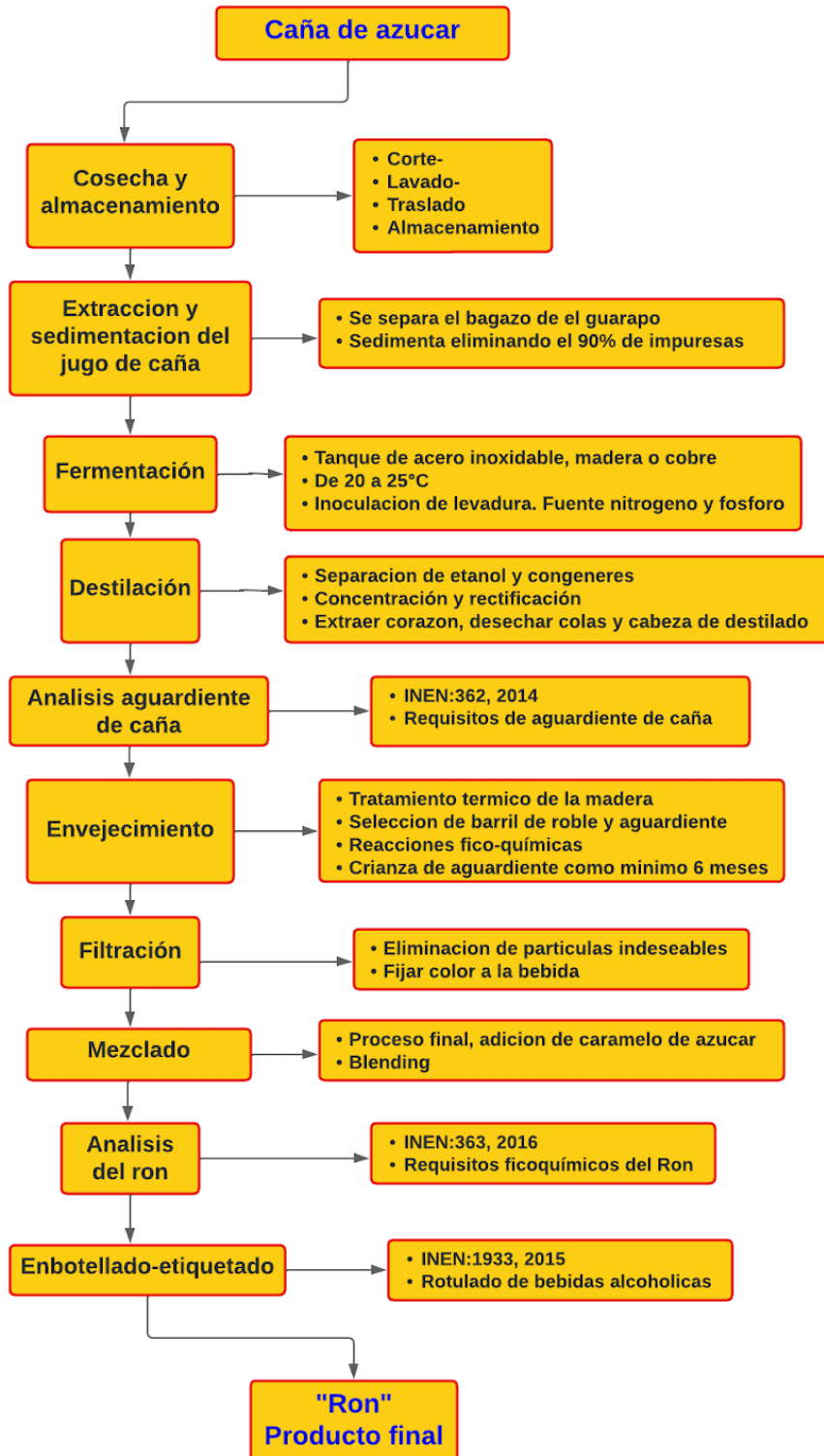


Gráfico 1. *Proceso de Producción de ron.*

UCUENCA

Para fabricar ron se requiere específicamente caña de azúcar como materia prima, a diferencia de varios licores como el coñac y el whisky, el ron no tiene procesos de producción definidos, sino que varía de tradición en tradición y lugares de procedencia. (Cruz, 2015). En varios países el ron se debe añejar un periodo mínimo de un año y se puede hacer en tanques de acero inoxidable donde se mantiene incoloro o en barricas de roble donde se oscurece. Las especificaciones de cada marca son secretos bien guardados lo que hace que el contenido de cada botella sea consistente en cuanto al sabor y calidad; después de todo, los consumidores esperan y demandan que su marca favorita sepa exactamente igual a la hora de su adquisición (Cruz, 2015).

- **Cosecha y almacenamiento**

La caña de azúcar se cosecha una vez al año de preferencia en los meses de verano. Los tallos y raíces se dejan intactos ya que serán la nueva semilla de una nueva cosecha, las hojas se suelen quemar con el fin de eliminar bordes con filos y ahuyentar a posibles plagas. De esta manera la caña es transportada hacia la molienda y lavada con agua potable para eliminar impurezas, la caña de azúcar en estas condiciones se almacena hasta por tres días mientras va al proceso de extracción (Zegarra, 2002).

- **Extracción y sedimentación del jugo de caña**

En el proceso de extracción se emplea un sistema de tres rodillos de cobre separados por unos milímetros uno al lado de otro al que se le denomina “trapiche”, de esta manera las cañas se muelen en los rodillos extrayendo el jugo de caña. Luego las cañas son colocadas nuevamente en el sistema para así extraer la mayor cantidad de jugo de caña; los residuos llevan el nombre de “bagazo” este se guarda para luego ser utilizado como carburante y aprovechar la energía calorífica en procesos de destilación. Una vez que se obtiene el jugo de caña al que se le denomina “guarapo” se deja sedimentar con el fin de eliminar partículas grandes que se arrastraron en la molienda (Zegarra, 2002). Luego con ayuda de bombas se realiza el trasiego hacia los tanques de almacenamiento con el fin de eliminar bacterias, el jugo es diluido con agua y ácido, y calentada con vapor que luego pasa a los tanques de fermentación (Raigoza, 2017).

- **Fermentación del jugo de caña**

El jugo de caña es enviado a los tanques de fermentación en donde se adicionan fuentes de nitrógeno, fósforo y se inocula la levadura. Aquí es donde se producirá una transformación bioquímica de la glucosa en alcohol (Raigoza, 2017). Para ello se utiliza

UCUENCA

un tanque de madera o acero inoxidable, pero se recomienda el uso de recipientes de cobre los cuales no son de uso común debido a su elevado costo. El proceso de fermentación del jugo de caña o guarapo dura un tiempo aproximado de 48 horas a una temperatura de 20 a 25°C, en este proceso el azúcar del mosto se convierte en alcohol etílico dándonos como subproducto dióxido de carbono (Zegarra, 2002). La temperatura es un factor importante en este proceso ya que afecta de forma directa el metabolismo de la levadura dando lugar a la formación de metabolitos secundarios como: Glicerol, ácido acético, ácido succínico y alcoholes superiores. Temperaturas por encima de los 20°C favorece la producción de alcoholes superiores, ésteres y ácidos grasos; por otra parte, a temperaturas comprendidas entre 5 y 15°C favorece la producción de acetaldehído y diacetilo (Téllez et al, 2012).

La cantidad de nitrógeno asimilable es un factor de importancia en este proceso ya que influye en la velocidad de fermentación y es precursor de algunos compuestos volátiles. La falta de nitrógeno causa detención del proceso de fermentación; el crecimiento y la viabilidad de la levadura decrece debido al estrés osmótico, concentraciones elevadas de azúcar (superior a 180g/litros) y presencia de inhibidores como etanol, dióxido de carbono, ácidos grasos saturados y ciertos pesticidas utilizados en el cultivo agrícola los cuales inhiben el transporte de azúcar; dicha inactivación se da en levaduras carentes de amonio. El uso de nitrógeno (0,5 g/l) asimilable da solución a este problema y se ha visto ser útil durante la fase temprana de crecimiento. Este es agregado al mosto en el proceso de fermentación y se utiliza en forma de sales de amonio o aminoácidos los cuales se pueden usar solos o se pueden combinar. El fósforo es un macronutriente indispensable en el proceso de fermentación e incrementa la eficiencia en la producción de etanol; como fuente de fósforo se utiliza fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4). El mosto debe tener una fuente de aproximadamente 0,3 g/l de fósforo; es decir; 1,32 g de (KH_2PO_4)/sobre cada litro (Téllez, et al, 2012)

- **Destilación**

El jugo de caña fermentado es llevado a las torres de destilación o alambiques en donde pasa por tres etapas: separación, concentración y destilación, hasta obtener el alcohol para el Ron (Raigoza, 2017). En este proceso gracias a la ebullición selectiva se puede separar el etanol del jugo de caña fermentado para obtener el aguardiente o corazón de la mezcla. El mosto fermentado es calentado hasta los 75°C aproximadamente, al incrementar su temperatura dependiendo de los diferentes puntos de ebullición de la mezcla, comienzan a evaporarse los compuestos más volátiles como el etanol y

UCUENCA

congéneres, dichos vapores son llevados a un refrigerante para ser condensados y recogidos en otro recipiente (Zegarra, 2002).

Los destiladores o alambiques comúnmente están contruidos de acero inoxidable el cual ofrece beneficios en cuanto a costos y no reacciona con el destilado en ninguna forma; pero, el material por excelencia para realizar procesos de destilación es el cobre ya que tiene las siguientes consideraciones (Iñiguez, 2010).

- Actúa como catalizador en la producción de ésteres los cuales aportan notas aromáticas agradables a la bebida; a la vez que precipita lípidos mejorando la claridad del destilado;
- Remueve aromas sulfurosos por medio de reacciones químicas provocadas cuando el destilado entra en contacto con el cobre;
- Los vapores de destilación arrastran nocivos sulfuros y reaccionan de manera inmediata con el cobre;
- Fijan malolientes compuestos de azufre producidos durante el proceso de fermentación;
- Se usa para destilar brandy, coñac, cerveza, whisky fino, ron, etc.; debido a que, los iones cobre se combinan con los compuestos sulfurosos manteniéndolos fuera del seno del destilado.

Es por ello que el ingeniero químico a cargo de esta operación tendrá en cuenta el material del que está construido el destilador o alambique; ya que, el cobre es un material importante; pues, da paso a una destilación reactiva favorable en el proceso; mejorando las características finales del producto (Iñiguez, 2010).

El aguardiente destilado debe ser tratado de forma inmediata, es aconsejable oxigenar el aguardiente; para ello, se debe batir el aguardiente con un túrmix un tiempo aproximado de 3 minutos por cada litro de aguardiente, o se pueden utilizar bombas de oxígeno durante un lapso de 24 horas; este proceso elimina gran parte de sustancias aromáticas nocivas las cuales provocan que el aguardiente quemé en la garganta; dichas sustancias nocivas tienen origen en el proceso de destilación a causa de restos de levaduras en el mosto fermentado. Este tratamiento hace que el aguardiente respire, simulando el poner aguardiente en un barril por 2 años y dejarlo añejar. Si el aguardiente fue elaborado en base a soluciones azucaradas, afrutadas o cereales y se desea obtener un destilado de vodka neutro para ser usado como base, el aguardiente se tratará con carbón activo (10 g/l) y su porcentaje alcohólico estará entre 38 a 40°GL;

luego de ello, se podrá aromatizar el destilado neutro con esencias de vodka, tequila, ron, etc. (Asclepius, 2016).

- **Análisis fisicoquímico y sensorial del aguardiente de caña**

El aguardiente de caña rectificado debe ser transparente, incoloro o ambarino. Su sabor y olor debe ser característico del aguardiente de caña. Se permite la mezcla de este tipo de materias primas con diferentes concentraciones de congéneres, teniendo en cuenta que el producto resultante conserve sus características propias como aguardiente (INEN:362, 2014).

Tabla 2. Requisitos del aguardiente de caña. Fuente: (INEN:362, 2014)

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, isoamílico, amílico.

Bebidas alcohólicas ensayo (Ensayo de catado)

Catar es utilizar los sentidos para determinar características organolépticas como: aspecto, color, olor y sabor. Este ensayo se debe efectuar con un mismo tipo de copa y se debe realizar de preferencia en la mañana y a la misma hora. Queda a criterio y experiencia del catador elegir el tiempo que debe transcurrir desde la última ingesta de bebidas o alimentos hasta empezar con esta operación. El lugar donde se realiza debe ser confortable, tranquilo, exento de olores o contaminantes que puedan influir en el catado. Las muestras deben ser preparadas e identificadas por una persona que no va a realizar el catado, las bebidas alcohólicas cuyo grado alcohólico sea superior a 50°GL deben diluirse; la copa utilizada debe ser de vidrio transparente, incoloro y fino, en la que se coloca un volumen de muestra de aproximadamente un tercio de su capacidad total y se tapan con vidrio de reloj. El aspecto se determina al observar la porción contenida en la copa y analizar la transparencia del producto, el color se determina al observar la muestra contenida en la copa y se establece la comparación correspondiente con una muestra patrón, el olor se establece al mover la copa suavemente en forma circular, lo que facilita la captación del olor y evita la fatiga del

UCUENCA

sentido del olfato. El sabor se identifica al probar sorbos de igual volumen ($3 - 4\text{cm}^3$). La bebida no debe permanecer por más de cinco segundos en la boca y de preferencia no se debe ingerir, para no provocar falsas percepciones. Después de cada prueba se debe enjuagar la boca con agua para proceder a catar otra muestra. El catador tiene que centrar toda su atención en propiedades como acidez, suavidad, amargor, dulzor, etc. El informe final debe ser claro de manera que se eviten expresiones confusas o ambiguas; además, se debe incluir cualquier condición que no se haya especificado en esta normativa (INEN:350, 1978)

- **Envejecimiento**

El envejecimiento natural es uno de los métodos de refinamiento de aguardiente más antiguos; en donde el aguardiente es introducido en un barril de roble y se espera varios años. La crianza de aguardientes en barricas permite obtener whiskeys, tequila y rones de lo más exquisitos (Asclepius, 2016). Se denomina ron a cualquier destilado alcohólico proveniente de la caña de azúcar fermentada y destilada con una graduación alcohólica menor a 95°GL , de tal manera que el aguardiente posea aroma, gusto y sabor que generalmente se atribuyen al ron. Para que adquiriera estas propiedades se somete a un proceso de añejamiento entre las materias primas, en donde el comportamiento cinético de los congéneres es fundamental para poder determinar las condiciones óptimas del proceso (Ramos, 2019); poner un licor claro en una barrica de roble y dejarlo envejecer por unos años lo mejora drásticamente. Este proceso fue descubierto por accidente cuando los productores al tener licor en exceso lo almacenaron en barricas de roble que a su vez eran adecuados para transportar esta bebida. Enseguida se notó que el licor guardado poseía un sabor superior y tomaba coloración con el tiempo (Castro, 2014)

El envejecimiento del aguardiente en madera disminuye la percepción alcohólica y aumenta su extracto seco. Pasa de ser incoloro a amarillo-rojizo y adquiere complejidad aromática y gustativa (Rodríguez & Suárez, 2014). Durante el proceso se evapora una pequeña cantidad de ron denominada “porción del Ángel”, en climas templados se da una pérdida aproximada del 2% anual; mientras que, en zonas más cálidas como Jamaica este valor aumenta hasta 6% (Díaz et al., 2013). A mayor humedad en el exterior, mayor pérdida de alcohol; pero en condiciones de baja humedad se dan pérdidas relativamente pequeñas de agua a través de los poros de la cuba (Aldaz & Peña, 2018). Al aumentar la temperatura, rones blancos o aguardientes contenidos en barriles acrecientan su volumen, luego al disminuir la temperatura se crea una presión negativa lo que permite el ingreso de pequeñas cantidades de oxígeno para compensar

UCUENCA

el sistema. En la ronera central “Agustín Rodríguez Mena” ubicada en Cuba se estudió el comportamiento de la temperatura dentro del barril en diferentes alturas de almacenamiento llegando a tener mediciones que variaron de 25 a 32°C durante varias mediciones realizadas a diferentes horas del día. Luego del análisis realizado el valor óptimo de temperatura fue de 30,8°C, parámetro que incide directamente en el proceso de añejamiento (Martí et al., 2018)

Se han utilizado barricas de pino, castaño y cerezo para almacenar destilados pero el roble (género *Quercus*), con más de 250 especies alrededor del mundo es la madera que aporta mejores cualidades a este tipo de bebidas alcohólicas. Los tipos de roble más utilizados son el roble francés y el roble americano los cuales poseen diferencias significativas (Sosa & Boluda, 2019). El roble francés (*Quercus Petraea*) tiene un alto potencial en taninos y compuestos polifenólicos enriqueciendo a la bebida con sabores como miel, vainilla, café tostado; pero menos aromas. El roble americano (*Quercus alba*) aporta menor cantidad de taninos a la bebida, pero cede compuestos volátiles que otorgan aromas balsámicos y dulces como coco, vainilla y canela; pues es más rico en aldehídos aromáticos (Aranda et al., 2014)

La composición química de las diferentes especies de roble del género *Quercus* es bastante similar, con aproximadamente 40-45% celulosa, 25-30% lignina, 25-30% hemicelulosa, 5-10% taninos hidrolizables y 5% de compuestos de naturaleza química diversa (Rodríguez & Suárez, 2014). En la actualidad para envejecer ron se acostumbra a utilizar barricas que fueron utilizadas para envejecer whisky (tipo “bourbón” norteamericano), aunque también se usan barricas en las cuales se hayan añejado previamente coñac o vino de jerez. En 1860 el bourbón se empezó a añejar en barricas quemadas de roble, por lo que el uso de estos barriles para envejecer ron es una práctica reciente. Los barriles para envejecer aguardiente, ya sean de roble americano o francés, deben estar en un lugar adecuado para que la madera y el producto se conserven de la mejor manera (Castro, 2014).

El tostado o quemado que se aplica a la madera de roble con que se fabrican los toneles influye decisivamente en la calidad del producto final. Este proceso previo a la maduración del aguardiente nos permite acelerar el añejamiento del ron y ayuda a que la bebida tome con mayor rapidez su color natural. La historia del barril que se va a utilizar es otro factor importante al momento de añejar ron, pues es común utilizar

barricas que previamente contenían whisky u otras bebidas de alta calidad que confieren al producto sus características (Díaz et al., 2013).



Gráfico 2. Tostado de barrica a fuego directo. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)

La superficie de madera tostada en este proceso se vuelve de una textura más porosa provocando una mayor retención de líquidos; esto hace que, el destilado resista de mejor manera el proceso de oxidación, mejorando notablemente las características del producto final (Díaz et al., 2013). Con el tostado del roble la lignina se degrada en otros compuestos aromáticos como la vainillina (vainilla), furfural (caramelo), hidroximetilfurfural (almendras), entre otros (Castro, 2014)

El tratamiento de tostado consiste en aplicar una fuente de calor directa al roble a una temperatura que varía de 130 a 230°C donde el tiempo del proceso y la temperatura utilizada condicionara el grado de tostado y el producto final. (Rodríguez & Suárez, 2014).

Tabla 3. Clasificación de la madera según su grado de tostado. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)

	DURACIÓN (MINUTOS)	TEMPERATURA °C
Tostado débil	30	120-130
Tostado medio	35-40	160-190
Tostado fuerte	45	200-230

El tostado de la madera se puede clasificar en ligero, medio y fuerte; el tostado medio da lugar a la degradación térmica de polisacáridos de la madera produciendo reacciones de Maillard lo que da origen a compuestos furánicos y aldehídos fenólicos y elevando sensaciones y aromas a almendras y vainilla respectivamente (Espinosa 2017)

UCUENCA

Cuando el roble se degrada por tratamientos térmicos origina moléculas o monómeros que poseen una elevada intensidad aromática que impartirán características finales al aguardiente propias del roble; también, cuando la celulosa y la hemicelulosa de la madera se calienta hace que sus azúcares se degraden produciendo compuestos furánicos; a la par, la degradación térmica de la lignina origina importantes cantidades de compuestos fenólicos de bajo peso molecular (Rodríguez & Suárez, 2014).

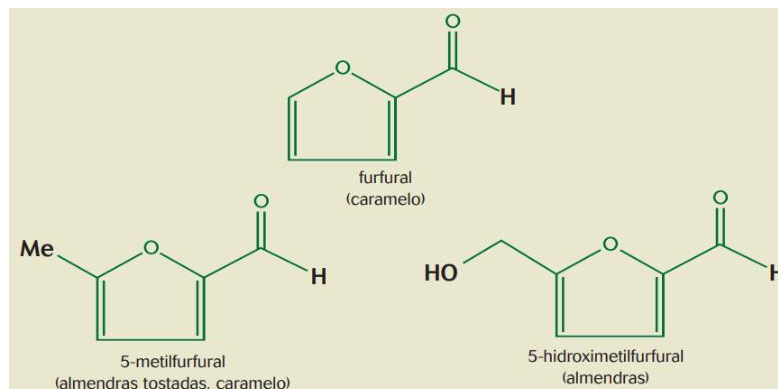


Gráfico 3. Principales derivados furánicos generados en el proceso de tostado de la madera. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)

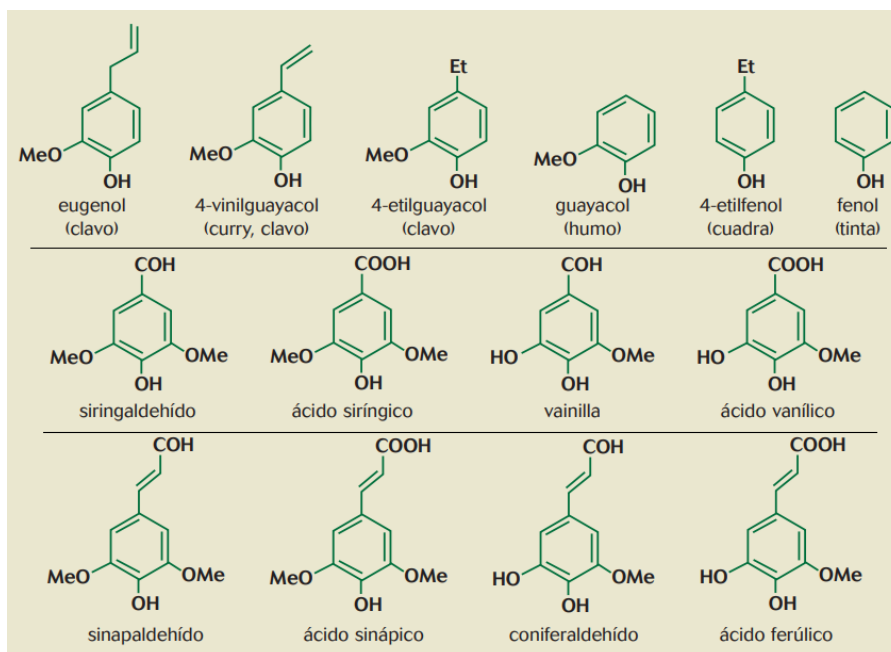


Gráfico 4. Principales compuestos fenólicos producidos por la degradación térmica de la lignina. Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)

La elección del grado de tostado, acompañado de la especie de madera de roble son fundamentales ya que nos permiten direccionar la evolución del aguardiente al ser

UCUENCA

envejecido, lo cual dota a la bebida de características organolépticas únicas de sabor, olor y color; además, el uso de barricas con tostados fuertes para envejecer destilados es muy común ya que con ello se consigue una buena transformación de la lignina, lo que aporta gran cantidad de compuestos aromáticos al mismo tiempo que disminuye el carácter amargo procedente de taninos no degradados en el proceso (Rodríguez & Suárez, 2014).

El proceso de envejecimiento no tiene un solo paso a seguir y es muy complicado, siempre se ha visto envuelto en leyendas que conllevan tradiciones familiares. Durante el envejecimiento se ha visto que suceden cambios naturales, físicos y químicos a los cuales se les denomina maduración del ron, lo cual mejora de gran manera los destilados almacenados en barricas y produce cambios de color a tonos dorados. En el añejamiento los rones extraen sustancias y aromas presentes en la madera, se dan reacciones de oxidación debido al oxígeno que ingresa por los poros de la madera. Al inicio del añejamiento el oxígeno disuelto está en mayor proporción haciendo que las reacciones de oxidación sean más intensas por lo que existe un incremento de aldehídos y ácido acético que posteriormente por reacciones de esterificación que se dan en el seno del destilado dan como resultado el acetato de etilo el cual provocando aromas especiales al producto final. Los sabores dulces que adquiere la bebida son debido a la extracción de taninos, resinas, fenoles y ligninas del roble (Castro, 2014).

La operación de añejamiento consiste en dejar que se desarrolle naturalmente en recipientes apropiados de madera donde ocurren reacciones químicas que transmiten a la bebida espirituosa cualidades organolépticas que no poseía con anterioridad. El añejamiento se realiza en barriles de roble de no más de 700 litros. Los recipientes pueden ser utilizados por segunda vez; mismos que pudieron haber sido utilizados para añejar otra bebida alcohólica. El tiempo de añejamiento es el tiempo de crianza del aguardiente que va desde la fecha en que se llena un barril hasta la fecha en la que se saca el ron y se rompe el sello que lo certifica. La empresa productora deberá solicitar presencia de una autoridad competente, para constatar la cantidad de producto envasado en barriles de roble el cual se someterá a añejamiento (INEN:2015, 1994)

- **Filtración**

Sea el producto final blanco o dorado debe ser filtrado antes de embotellarse, de esta manera podremos eliminar las partículas indeseables resultado del proceso de envejecimiento. El filtrado mejorará la pureza del color del ron, pero en el caso del ron blanco se utiliza filtrado por carbón activado eliminando la coloración adquirida por la

UCUENCA

madera de roble. Algunas industrias para exportar ron a países no tropicales realizan una filtración final en frío para evitar depósitos en la bebida que se dan por el cambio de clima (Cruz, 2016)

- **Mezclado**

La mayoría de rones comerciales consiste en mezclar rones de diferentes tipos, edades e incluso rones provenientes de otros países. En este punto se puede agregar caramelo, azúcar, especias y sabores; es aquí donde la experiencia del maestro mezclador es indispensable para asegurar la repetibilidad en el producto final. Una vez se ha realizado la mezcla y se haya incorporado o no constituyentes, se deja funcionar por un tiempo antes de adicionar agua pura la cual nos ayuda a reducir el grado alcohólico de la bebida a niveles establecidos aptos para el consumo humano (Cruz, 2016). El maestro ronero selecciona los toneles de diferentes edades de añejamiento con el fin de realizar la preparación y el “blending” (etapa final del proceso de elaboración de ron) del ron, para lograr consistencia en las características organolépticas del producto final y el aguardiente utilizado como materia prima; de esta forma, se obtienen bebidas las cuales mantienen el mismo sabor, aroma y color con respecto al su tiempo de crianza (Raigoza, 2017)

- **Análisis fisicoquímico y sensorial del ron**

El Ron es una bebida que se obtiene directamente del jugo de la caña de azúcar, que se somete a fermentación alcohólica, destilación y añejamiento en barriles de roble, en tal forma que luego de realizado este proceso el aguardiente se dote de un característico color, gusto y aroma propios de la bebida. El Ron como producto final tiene que ser incoloro o ambarino, sin turbiedad alguna y debe poseer color y sabor característico al ron, se permite la adición de alcohol etílico rectificado obtenido de la caña de azúcar, teniendo en cuenta que la mezcla no sea inferior a 6 meses, 2 y 4 años, edades que corresponden al Ron, Ron añejo y Ron extra añejo respectivamente, teniendo 60° como mínimo y 90° como máximo en la escala Gay Lussac. El agua utilizada para disminuir la graduación alcohólica hasta niveles establecidos debe ser potable según la INEN 1108, también puede ser agua destilada, desmineralizada o ionizada (INEN:363, 2016).

Tabla 4. Requisitos físicos y químicos para el ron. Fuente: (INEN:363, 2016)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	32	-	NTE INEN 340
Furfural	mg/100 cm ³ (*)	-	10	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100 cm ³ (*)	-	10	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores **	mg/100 cm ³ (*)	-	400	NTE INEN 2014
* El volumen de 100 cm ³ corresponde al alcohol absoluto.				
** Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamilico, amílico.				

El Instituto de alimentos de EEUU (IFT); indica que, como disciplina científica la evaluación organoléptica es el arte de recordar, medir, examinar e interpretar las reacciones propias de cada alimento o sustancia que son percibidas por los sentidos; dichas percepciones varía de persona a persona y dependen del espacio y tiempo, la palabra sensorial proviene del latín “sensus” (sentido), al realizar la medición y cuantificación de las materias primas o productos alimenticios que se evalúan por medio de los sentidos es necesario apoyarse de disciplinas como la química, matemática, psicología entre otras. La valoración que recibe un producto alimenticio para ser aceptado o rechazado se da a través de uno o más sentidos; donde, cualquier estímulo ya sea físico o químico que se pueda percibir se debe a la relación de información que reciben los sentidos (órganos receptores periféricos), los cuales codifican la información dando una respuesta de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo. A través de pruebas hedónicas (aceptación y preferencia) y analíticas (diferencias similitudes cantidades) se pueden identificar las propiedades de un producto, lo cual se evalúa por medio de fichas de degustación (UPAEP, 2014)

El análisis sensorial es un ligado de métodos y técnicas las cuales nos ayudan a dar una calificación a cualquier producto o servicio. Siendo el análisis sensorial un sinónimo de cata y degustación tienen sus respectivas semejanzas y diferencias. El catador experto es la persona que actúa como juez para establecer características sensoriales de un producto en cuestión y evaluar la calidad final del mismo; en donde, sus decisiones son tomadas en base a la experiencia y entrenamiento (González, 2012)

Para la cata de espirituosos hay que asegurarse de que la copa tenga un cáliz amplio que se estrecha en la parte superior. Este tipo de copas hace que sea más fácil evaluar la nariz, pues ayuda a concentrar los aromas en su interior; el paladar debe estar limpio,

UCUENCA

sin sabores persistentes como pasta de dientes u otra sustancia. A pesar de que la bebida ya es diluida previamente por el productor no es fácil realizar una evaluación correcta y precisa de una bebida espirituosa con 40°GL. ya que niveles muy altos de alcohol adormecen el paladar haciendo que no se pueda catar adecuadamente ni disfrutar de un espirituoso. Para ello una recomendación a seguir es: (WSET, 2020)

- Servir una muestra de 15 ml de bebida y evaluar apariencia y nariz;
- Diluir la muestra al agregar 15 ml de agua pura y realizar una segunda evaluación de nariz;
- Evaluar sus diferentes características en la boca.

El ron proviene de la caña de azúcar y sus encantos se pueden apreciar gracias a la luz. La tranquilidad e iluminación donde se realiza la operación de cata, son factores relevantes para realizar una buena degustación. Para esta operación es recomendable añadir agua pura a la muestra de ron lo que hace que se debilite la membrana tensoactiva que los alcoholes ejercen en la superficie de la muestra. Las características que se evalúan en la cata de ron son: (Aguirre, 2009)

- El color el cual constituye un atributo relevante en la diferenciación de muestras diferentes; esta cualidad va desde incoloro en rones que no han sido añejados y pasan por tonalidades como dorado pálido, dorado, dorado ambarino y ámbar oscuro en el caso de rones envejecidos por más tiempo.
- La limpidez y brillantes nos habla acerca de un correcto proceso de filtración y una bebida de calidad.
- Debe existir un balance entre el alcohol y la nota añeja del ron el cual se percibe como una diferencia apreciable en los destellos de la bebida lo cual está relacionado al origen del aguardiente.
- La fase gustativa nos brindara diversas sensaciones las cuales conducen a aprobar o desaprobar una bebida en cuestión. Se analizará la relación entre el amargor, el dulzor y las diferentes notas de añejamiento, la percepción que se tiene en la cata de ron debe ser individual y subjetiva.

La cata de un producto alcohólico en el caso del ron es una manera en la cual el catador obtiene un estímulo sensorial a través de la vista, olfato y gusto; lo cual, se realizará durante su proceso de elaboración, el destilado o producto terminado. Este procedimiento es complejo ya que el Maestro Ronero debe identificar factores y

UCUENCA

características que denotan la calidad del producto; a la par, debe recordar y comparar dichas características con una muestra estándar de destilado, mezcla o ron que se está catando. La capacidad para poder distinguir entre una gran variedad de sutiles aromas, sabores y relacionarlo con las características buscadas en un producto se obtiene a través de una larga experiencia en su profesión. Para realizar catas de ron se aconseja seguir los siguientes pasos: (Hoyer, 2012)

Preparación previa

Implica la selección de los rones, cristalería, accesorios requeridos, espacio e iluminación del lugar donde se realizará la cata. El ron tiene un alto contenido alcohólico y componentes de “*cuerpo*” que tienen que ver con su proceso de destilación, tiempo de envejecimiento en la madera de roble, tipo de barrica usada, entre otros factores. Las copas a usar serán de vidrio tipo balón las cuales permiten que el alcohol se evapore con facilidad y se puedan sentir los verdaderos aromas del ron. Se necesitarán secantes para tapar la copa y evitar que se escapen aromas antes de la cata. El lugar de cata debe tener una iluminación adecuada para poder observar las diferentes tonalidades que puede presentar el ron; además, es necesario agua pura e incluso galletas de soda (crackers finos y cuadrados hechos de harina) para limpiar el paladar entre catas. Los catadores deben estar en una mesa cómoda y se colocaran las copas al frente de cada asiento, es de gran importancia servir la misma cantidad de ron en cada copa para que no se den distorsiones en cuanto al color. (Hoyer, 2012)

Fase visual

Al levantar la copa hacia la luz hay que ver la claridad del líquido el cual debe estar exento de material en suspensión o turbidez. El ron puede ser de color claro, dorado, ámbar u oscuro, este puede variar por la adición de caramelo o el tiempo de envejecimiento. Mientras más oscuro más añejo será el ron. Los rones de colores claros son ligeros y de sabor seco; mientras que, los rones de colores más oscuros tienden a tener sabores más pesados y complejos. La etapa visual nos da un indicio de la estructura o apariencia del ron. Al levantar la copa y girar lentamente el contenido líquido, el ron se impregna en las paredes interiores de la copa, en ese momento se detiene el movimiento y al mantener la copa estática se podrán apreciar las piernas o lágrimas (riachuelos adheridos al vidrio) que comienzan a correr hacia abajo. La velocidad de estas lágrimas nos indica características del cuerpo del ron. Si las lágrimas son pequeñas y bajan rápido son indicios de un ron joven con una estructura ligera; por

UCUENCA

otra parte, si las lágrimas son gruesas y bajan con menor velocidad nos indica que el ron es añejo y posee un cuerpo con estructura más compleja (Hoyer, 2012).

Fase olfativa

Ya que la mayoría de rones tienen un contenido alcohólico de 40°GL. o más el “rummelier” (catador de ron), para evitar el impacto alcohólico de la bebida en un sentido tan sensible como el olfato, no introduce su nariz en la copa en el momento de la cata; sino que, acerca la nariz al borde más lejano de la misma donde realiza aspiraciones cortas y no profundas, luego se retira la copa realizando esta acción varias veces desde diferentes posiciones alejadas del interior de la copa. Transcurrido un momento la presencia alcohólica se desvanecerá y se empezarán a notar los verdaderos matices del ron. Donde se encontrarán olores a frutas, cacao, vainilla, cuero, chocolate, caramelo, almendras, madera, café, frutos secos, coco, entre otros. El olor a frutos no es fácil de detectar; sin embargo, se pueden sentir aromas a banano hasta uvas pasas, el olor a vainilla es un indicativo de que la bebida ha sido añejada en barriles de roble blanco con un anterior uso de whiskey Bourbon (Hoyer, 2012).

Fase gustativa

A través del sentido del gusto se comprobarán las apreciaciones sensoriales que se detectaron antes de probar la bebida, donde nos encontraremos con sabores como dulce, salado, amargo y ácido. En el caso de él ron también se deberá considerar el efecto alcohólico, pues brinda una sensación de picor el cual no se debe confundir con el sabor que deja la pimienta en la boca; para ello, se recomienda probar una pequeña cantidad de la bebida equivalente a una cucharada pequeña con el fin de dar una señal inicial al sentido del gusto sobre el líquido que se va a probar. Esa pequeña cantidad de ron se debe hacer pasar por el alrededor de la lengua y el paladar, luego se deja reposar por un momento para identificar el área de las papilas gustativas donde se siente el efecto del producto. Al tragar el ron se dan a relucir los sabores y se presenta el final en la parte posterior de la lengua lo que nos la memoria final sensorial del ron. Se recomienda realizar un ejercicio retronasal en donde al tener una pequeña cantidad de ron en la boca, se aspira aire por la nariz y se deja salir poco a poco por la boca, lo que nos dejará sensaciones gustativas únicas de la complejidad de cada bebida. Los sabores que se pueden detectar en el ron pueden incluir madera, vainilla, caramelo, melaza, nuez moscada, canela, avellana, ciruela, nuez, fruta, tabaco, coco, entre otros. El sabor a tostado o quemado proviene de la madera de roble que ha recibido

tratamiento térmico antes de entrar en contacto con el ron para ser añejado (Hoyer, 2012).

Los aguardientes envejecidos además de cumplir con parámetros previamente establecidos en cuanto a su composición analítica, deben ser evaluados por expertos, los cuales verifican que la bebida presente una fase visual y apariencia agradable al ojo humano y posea un aspecto limpio y traslúcido con coloraciones que van desde el ambarino hasta el tostado. Su aroma debe ser fino, delicado e intenso a la vez, el cual al ser percibido por el sentido del olfato nos traerá recuerdos a vainilla, especias y frutos secos, dejándonos sensaciones agradables de quemado y notas acéticas. Su sabor estará asociado directamente con la materia prima de origen (caña y roble), estará exento de interferencias o elementos extraños y presentará características propias del envejecimiento natural y las percibidas en la fase sensorial (Rodríguez, 2014)

- **Embotellado y etiquetado**

El envase de la bebida alcohólica no debe presentar rótulos o leyendas con información falsa o errónea, debe indicar la clase o tipo de bebida alcohólica que es, contenido en volumen, grado alcohólico, nombre, dirección, ingredientes, declaración de advertencia, origen, lote. etc. En caso de bebidas añejadas se debe declarar el tiempo de añejamiento según especifica la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2015 (INEN:1933, 2015)

1.3 Envejecimiento acelerado

Se denomina envejecimiento acelerado el llevar a cabo procesos los cuales implican el uso de técnicas que se lleven a cabo con el fin de producir bebidas con características organolépticas propias de un producto añejado; usando para ello métodos físico-químicos, los cuales ayuden a reducir significativamente el tiempo de elaboración del producto en comparación a la obtención del mismo de forma tradicional en barricas de roble (Sánchez, 2015).

Existen diversas propuestas para lograr acelerar la crianza de vinos y destilados desde los más tradicionales que consisten en aplicar temperatura en presencia de chips de roble, o el uso de microoxigenación; o procesos mucho más complejos como el uso de campos electromagnéticos. Incluso se ha incursionado en el uso de nanopartículas de oro como catalizadores de reacciones necesarias (Sánchez, 2015).

Algunos destiladores urbanos al no disponer de barriles de roble los han sustituido por virutas de madera de roble americano o francés. Al igual que se quema el interior de los barriles de whisky, las virutas o chips de roble se tuestan en mayor o menor intensidad según el producto que se desea obtener. El ron bueno del caribe envejece en barriles de whiskey Bourbon americano; por ley, el Bourbon se hace envejecer en barriles nuevos; luego de eso, ya que estos no tienen un segundo uso son vendidos a empresas que elaboran ron en el Caribe. Con el fin de tener el mismo efecto las virutas de roble se pueden sumergir en whisky por unos días antes de ser incorporado al aguardiente. Las botellas que contienen el destilado y las virutas de roble se deberán tapar con algodón para que el alcohol pueda respirar. Pasado un tiempo el destilado se puede filtrar y guardar en envases de vidrio tapados con corchos. Luego de unos meses el ron obtenido tendrá diferentes características y se podrá rebajar su graduación alcohólica. Con este método es posible hacer mezclas tipo “blend”; es decir, se podría optar por envejecer parte del ron en presencia de virutas con un alto grado de tostado previamente maceradas en vinos de Oporto (vino de uva al cual se le agrega alcohol vínico) y una segunda parte en presencia de virutas con un grado de tostado menos intenso previamente maceradas en Whiskey, jerez o brandy. Al mezclar ambos rones pasado un tiempo de envejecimiento se podría conseguir una bebida con aromas y sabores específicos (Asclepius, 2016)

El Instituto Australiano de Investigación del Vino (AWRI) en uno de sus ensayos estudio las diferentes vías que el oxígeno seguía para viajar a través o alrededor del tapón que se coloca en el cuello de la botella, llegaron a la conclusión de que la principal vía de penetración de oxígeno por los corchos naturales se daba a través de la superficie de contacto corcho-vidrio; sin embargo, en un investigación reciente realizado por el departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Oporto estudios preliminares sugieren que, la mayor parte de oxígeno se difunde a través del corcho natural; además, se confirmaron infiltraciones a través de la superficie de contacto entre el tapón y el envase de vidrio (Mills et al., 2007)

En los procesos de maceración/fermentación el roble utilizado para envejecer bebidas ya sea en polvo, granular, virutas, duelas o barricas; influye de gran manera en la concentración de sustancias que aporta la madera al producto. Los chips de roble son virutas las cuales cumplen la función de liberar compuestos hacia la bebida con la que está en contacto de forma rápida y económica con respecto a las barricas. La extracción

UCUENCA

de compuestos se da con mayor velocidad debido al tamaño de los trozos de madera que poseen mayor área superficial de intercambio con el aguardiente (Rodríguez, 2014)

El proceso de maceración es una extracción solido-líquido, donde el producto solido es el que contiene sustancias solubles; mientras que, el medio de extracción es líquido, generalmente es agua; en la aplicación de esta técnica se usan líquidos como: vinagre, jugos, alcoholes, etc. dependiendo del producto que se desea obtener (Briones & García, 2018).

Los destilados se envejecen tradicionalmente en barriles. Este es un proceso lento que en algunos casos conlleva décadas, donde se necesita inmovilizar el producto, comprar y dar mantenimiento a los barriles lo que encarece la bebida. El uso de procesos que simplifiquen tiempo y costos de añejamiento es una alternativa o complemento para el envejecimiento tradicional. El uso de diferentes formatos de roble se puede utilizar en depósitos de acero inoxidable, el polvo o virutas se puede colocar en bolsas tipo infusión las cuales no reaccionen con el producto y sean fáciles de rescatar; mientras que, las tablillas o duelas pueden ser sumergidas y adosadas en las paredes. En este tipo de depósitos inertes no ingresa el oxígeno al seno del destilado por lo que se recomienda una microoxigenación del aguardiente para simular condiciones que se dan en un barril, lo que propicia reacciones de oxidación de los diferentes compuestos (Rodríguez & Suárez, 2014)



Gráfico 5. *Diferentes formatos de madera de roble con distintos grados de tostado.*

Fuente: (Rodríguez & Suárez, 2014)

Con el fin de aumentar la rentabilidad en la producción de bebidas añejadas se estudian alternativas para envejecer aguardientes con el uso de otros métodos no convencionales tratando de imitar las condiciones que se dan en un barril de roble. Los diferentes compuestos de la madera de roble se pueden extraer con destilados por cocción, infusión, maceración o percolación de los chips de roble. Las virutas de roble se someten a tratamientos de ultrasonido, presiones elevadas y tratamientos térmicos. Los chips de roble oscilan entre 3 y 5 mm; mismos que han demostrado ser ideales para

UCUENCA

extraer la mayor cantidad de componentes por parte del aguardiente. Las virutas de roble antes de estar en contacto con el aguardiente, se someten a tratamientos térmicos en un horno tostador a 180°C por tres horas. De esta manera se imita procesos de quemado de barriles para aumentar la termodegradación que sufren las duelas de madera (González & Baleta, 2010).

Se valida un proceso novedoso de fabricación de ron “Bucanero” para exportación. Se estudió la influencia del ozono en el proceso de añejamiento acelerado. El uso de Ozono para acelerar procesos de envejecimiento conlleva ventajas como:

- Reducción de tiempo de espera en soleras clásicas.
- Control óptimo de parámetros de calidad.
- Estandarización de procesos para replicar productos.
- La producción de bebidas puede aumentar.
- El espacio requerido para instalaciones de almacenamiento disminuye o se elimina.

En este estudio los resultados se procesaron de forma estadística demostrando que el proceso acelerado de añejamiento empleado dio resultados favorables para la fabricación de Ron Bucanero (Sánchez et al., 2020).

El ozono (O_3) se forma cuando los dos átomos que componen el gas de oxígeno (O_2) se disocian, en ese momento cada átomo separado se une a otra molécula de oxígeno generando moléculas de ozono, a temperatura y presión ambiente este gas es incoloro y presenta un olor acre. El ozono no se puede almacenar de ninguna manera y tiene que ser producido por un generador de ozono. Para obtener ozono, se hace pasar una corriente de aire por tubos de vidrio con superficies metalizadas, dispuestos de forma concéntrica (ozonizadores) en los cuales se aplica una descarga de al menos 15Kv a una frecuencia de 50Hz, lo que actúa sobre las moléculas de dióxigeno disociándolas y dando paso a la formación del trióxigeno, también se puede obtener al irradiar aire con luz ultravioleta; en los laboratorios se emplea para ozonizar ambientes y en la industria se utiliza para decolorar o blanquear aceites, ceras, grasas, etc. En fábricas de cerveza, cámaras frigoríficas, bebidas y más se usa como desinfectante. También se utiliza para el añejamiento artificial de aguardiente y purificación del agua potable (INEC, 2012).

Se aplicó una técnica de envejecimiento acelerado en “brandy” (destilado de vino de uva), donde se utilizó virutas de madera roble americano de entre 3 y 5mm. Las cuales fueron sometidas a un tratamiento térmico a 190°C durante 5 horas y posterior

extracción con agitación continua en aguardiente de graduación alcohólica de 55°GL. Luego de un proceso de maceración por un mes, se separan las virutas del aguardiente y se reduce el grado alcohólico a 40°GL; en ese punto es opcional la adición de caramelo (Blanco et al., 2000)

El Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) en el 2006 analizaron diferentes compuestos fenólicos, furfural, ácido gálico, acidez total, pH, acetaldehído, acetato de etilo, taninos y color en rones que fueron envejecidos de manera clásica con respecto a rones obtenidos mediante añejamiento acelerado. El aguardiente se sometió a procesos térmicos con el uso de estufas eléctricas y a oxidación con la incorporación de pequeñas concentraciones de ozono a la bebida, dando resultados favorables para compuestos dotados por la madera y evolucionados con bases comparables de 5 años luego de estar un periodo corto en contacto con virutas de roble; además, al medir el color en unidades de Densidad Óptica en $\lambda=440$ nm, se vio un incremento de esta propiedad con respecto al tiempo de añejamiento (González et al, 2006)

1.4 Aldehídos, ésteres y furfural

Durante el envejecimiento de aguardiente de caña se dan procesos oxidativos de los aldehídos gracias a la porosidad de las duelas que conforman las barricas de roble; los incrementos en la concentración de los aldehídos se dan de forma paulatina, y se mantienen en valores relativamente bajos ya que mientras se forman parte de ellos se oxidan formando ácidos. La formación de aldehídos se da por oxidación de los alcoholes, por ruptura de dobles enlaces de compuestos aromáticos extraídos de la madera y los existentes en el aguardiente fresco (González et al, 2006).

Los ésteres se encuentran en bajas concentraciones en la materia prima, pero durante el añejamiento del aguardiente fresco se dan reacciones de esterificación entre los ácidos y los alcoholes, siendo una reacción que se da de manera lenta y es reversible, aumentando su concentración a mayor tiempo de envejecimiento (González et al, 2006). El aguardiente de caña al estar en presencia de roble con previo tratamiento de tostado o quemado ayuda a la degradación de la lignina para dar paso a componentes como el furfural aumentando su concentración a partir de las hemicelulosas (González et al., 2008).

Los productos congéneres son sustancias diferentes al etanol y metanol que están presentes en las bebidas alcohólicas. Los congéneres también denominados impurezas

o compuestos volátiles se forman en los procesos de fermentación y envejecimiento dentro de los cuales se consideran: ácidos orgánicos, alcoholes superiores, aldehídos, ésteres y furfural (INEN:2014, 2015). En la composición analítica del aguardiente se destacan la presencia de algunos compuestos volátiles tales como: alcoholes superiores, ésteres etílicos, acetatos, acetales y aldehídos. La concentración y presencia de dichos compuestos variarán dependiendo de las condiciones de fermentación, destilación y condiciones de conservación del producto final (Rodríguez, 2014)

- **Acetaldehído**

Aldehído (*RCHO*) es un compuesto orgánico resultado de la oxidación de los alcoholes primarios el cual se caracteriza por tener un grupo funcional carbonilo (INEN:2014, 2015). El acetaldehído o etanal es un compuesto volátil el cual se da por reacciones de oxidación espontánea o microbiana que tiene lugar en el proceso de fermentación de las materias primas. Su concentración también dependerá del sistema de destilación, tipo de madera y tiempo de envejecimiento. (Rodríguez, 2014).

La concentración máxima de aldehídos como etanal permitido en el aguardiente de caña rectificado apto para el consumo humano es de 20 mg/100cm³ de alcohol anhidro (INEN:362, 1992). La concentración máxima de aldehídos como etanal permitido en el ron apto para el consumo humano es de 40 mg/100cm³ de alcohol anhidro (INEN:363, 2013).

- **Acetato de etilo**

Éster ($C_4H_8O_2$) es un compuesto orgánico resultado de la reacción entre un alcohol y un ácido (INEN:2014, 2015). El acetato de etilo se produce durante el metabolismo secundario de la levadura utilizada en la fermentación alcohólica; también, es producto de reacciones de esterificación del ácido acético aumentando su concentración durante el proceso de envejecimiento (Rodríguez, 2014).

La concentración máxima de ésteres, como acetato de etilo permitido en el aguardiente de caña apto para el consumo humano es de 80 mg/100cm³ de alcohol anhidro (INEN:362, 1992). La concentración máxima de esterres, como acetato de etilo permitido en el ron apto para el consumo humano es de 200 mg/100cm³ de alcohol anhidro (INEN:363, 2013).

- **Furfural**

El furfural ($C_5H_4O_2$) es un aldehído industrial denominado así por la palabra latina “furfur” (salvado). Derivado de subproductos de la agricultura tales como trigo, avena, maíz, y aserrín (INEN:2014, 2015). El furfural se forma por deshidratación de pentosas y hexosas que se da en la destilación y almacenamiento de aguardiente, pero su concentración también aumenta debido a la adición de caramelo que se utiliza para endulzar o colorear licores (Rodríguez, 2014).

La concentración máxima de furfural permitido en el aguardiente de caña rectificado apto para el consumo humano es de 1,5 mg/100cm³ de alcohol anhidro (INEN:362, 2014). La concentración máxima de furfural permitido en el ron apto para el consumo humano es de 10 mg/100cm³ de alcohol anhidro (INEN:363, 2016).

Tabla 5. Concentración de congéneres permitidos por las normativas vigentes.

Compuesto	Tipo de bebida alcohólica	Min.	Máx.	Norma que Aplica
Acetaldehído	Aguardiente de caña	-	20*	INEN:362, 1992
	Ron		40*	INEN:363, 2013
Acetato de etilo	Aguardiente de caña	-	80*	INEN:362, 1992
	Ron	2*	200*	INEN:363, 2013
Furfural	Aguardiente de caña	-	1,5*	INEN:362, 2014
	Ron	-	10*	INEN:363, 2016
*mg/100cm ³ de alcohol anhidro				

1.5 Técnicas de análisis de Congéneres

Existen técnicas analíticas como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y la cromatografía de gases que ayudan a identificar y cuantificar con eficacia diferentes compuestos orgánicos (Carvajal et al., 2000). Estas herramientas analíticas permiten la cuantificación de congéneres; la presencia de estos compuestos orgánicos en diferentes rones envejecidos ha ayudado a identificar la influencia de la edad de las bebidas con respecto al tostado de barricas, desgaste y filtrado del ron (Ortiz & Boluda, 2019)

La cromatografía de gases puede identificar la presencia de congéneres volátiles como acetaldehído, acetato de etilo, alcoholes superiores y furfural. Se deberá añadir a la bebida un patrón interno adecuado antes de la inyección. Los congéneres se separan en una columna adecuada utilizando un detector de llama (FID) y programación de temperatura. La concentración de cada compuesto volátil se determinará en relación al patrón de estandarización interna, a partir de los factores de respuesta de la calibración

UCUENCA

en el equipo, siempre en las mismas condiciones cromatográficas a las del análisis de la muestra. (INEN:2014, 2015). La cromatografía de gases se utiliza cuando los componentes de la mezcla son volátiles o semivolátiles y térmicamente estables hasta temperaturas de 350-400°C; por otra parte, la mejor opción para analizar compuestos poco volátiles es la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Droguet & Gutiérrez, 2002).

La separación de muestras complejas se puede realizar con técnicas analíticas muy utilizadas tales como la cromatografía de gases, el detector de ionización de llama es uno de los más utilizados ya que es capaz de detectar la mayoría de los compuestos orgánicos existentes (González & Baleta, 2010). La cromatografía de gases (GC) ofrece sensibilidad, precisión, respuesta lineal, estabilidad y reproducibilidad en la determinación de diferentes sustancias. Esta herramienta nos permite analizar componentes volátiles siendo un método fácil y eficaz, la cromatografía de gases al ser utilizada con fines analíticos nos permite cuantificar compuestos de manera eficaz por su gran capacidad de separación y sensibilidad (Vásquez, 2013).

En esta técnica analítica se inyecta una pequeña cantidad de muestra la cual es volatilizada, separando en fase gaseosa todos los componentes de la muestra que se encuentran en la columna cromatográfica calefaccionada, luego cada compuesto de la muestra es identificado, purificado y cuantificado (Ortiz & Boluda, 2019). El sistema de cromatografía de gases consta de fase móvil, puerto de inyección, horno, columnas cromatografía, fase estacionaria, detector y sistema de registro de datos (Olguín & Rodríguez, 2004).



Gráfico 6. Cromatógrafo de gases marca Trace 1300.

UCUENCA

- **Fase móvil**

Los gases portadores generalmente son Argón, Helio o Nitrógeno. La función de la fase móvil es transportar el analito a través de la fase estacionaria que se encuentra en la columna cromatográfica (Olguín & Rodríguez, 2004). La elución de los componentes se da por el flujo de este gas inerte que no interacciona con las moléculas del analito ni con la fase estacionaria (Parrales et al., 2012). Esta fase en la que se inyecta el analito es generalmente Helio ya que es un gas seguro y nos permite obtener las mejores resoluciones y eficiencias (Droguet & Gutiérrez, 2002)

- **Puerto de inyección**

La muestra es inyectada con una micro jeringa hipodérmica de precisión a través de un diafragma perforable de hule (septum) autosellable al momento de retirar la aguja. El gas portador previamente calentado se mezcla con la muestra que es vaporizada inmediatamente en una cámara de mezcla (liner) construida de vidrio o acero inoxidable. La corriente de gas portador arrastra rápidamente la muestra vaporizada (Parrales et al., 2012). La muestra se inyecta en una cantidad del orden de μl , para muestras líquidas de 0,1 a 10 μl ; mientras que, de 0,5 a 5 ml para muestras gaseosas (Olguín & Rodríguez, 2004).

El Inyector Split/Splitless es un inyector bimodal que permite dividir o no a la muestra según sea requerido. En el modo Split incluye un sistema de división de flujo, generalmente se inyecta 1 μl pero solo ingresa 0.1 μl al capilar desechando el resto, es ideal para disminuir el volumen de inyección impidiendo la sobrecarga de la columna; es por ello, que el modo Split se recomienda para muestras concentradas. El modo Splitless es una inyección sin división de flujo el cual permite analizar muestras con concentraciones muy bajas(ppm), El volumen recomendado para para el modo Splitless es de 0,1 μl , teniendo mayor sensibilidad que el modo Split (Parrales et al., 2012).

- **Horno**

Las columnas cromatográficas se encuentran enrolladas y sujetas a una canasta que se monta en el interior del horno termostático el cual está construido generalmente de acero inoxidable (Parrales et al., 2012). La columna tiene que estar centrada sin tener contacto con las paredes del horno, se conecta en un extremo al puerto de inyección y en el otro al detector. (Olguín & Rodríguez, 2004). Para obtener tiempos de elución razonables (2 a 30 min) se utilizan temperaturas iguales o ligeramente superiores al punto de ebullición promedio de la muestra. Si la muestra tiene un intervalo de ebullición

amplio se emplea la programación de temperatura (rampas), para aumentar la temperatura en la columna de forma continua, por etapas dando lugar a la separación (Parrales et al., 2012).

- **Fase estacionaria**

La fase estacionaria recubre con uniformidad la pared de la columna, las fases más comunes son polímeros basados en silicio (polisiloxanos), polietilenglicol y adsorbentes sólidos (Vásquez, 2013). Las características deseables para una fase líquida inmovilizada son: Baja volatilidad (el líquido debe tener un punto de ebullición de al menos 100°C superior que la temperatura de trabajo máximo de la columna), químicamente inerte, estabilidad térmica y baja viscosidad. La fase estacionaria para ser de utilidad en la cromatografía gas-líquido ha de originar diferentes coeficientes de distribución para contribuir con la separación de cada soluto. Los coeficientes de distribución extremadamente grandes provocan tiempos de retención demasiado largos; mientras que, los coeficientes de distribución extremadamente pequeños dan como resultado separaciones incompletas. Para que un analito tenga un tiempo de residencia razonable en la columna debe tener cierto grado de compatibilidad (polaridad o solubilidad) (Parrales et al., 2012).

Tabla 6. *fases estacionarias líquidas para GC. Fuente:(Vásquez, 2013)*

Fase estacionaria	Nombre comercial	Temp. máx (°C)	Aplicaciones comunes
Polidimetil siloxano	OV/1, SE-30	350	Fase no polar para usos generales; hidrocarburos, compuestos aromáticos polinucleados, fármacos, esteroides, PCBs
5% de fenil-polidimetil siloxano	OV-3, SE-52	350	Ésteres metílicos de ácidos grasos, alcaloides, fármacos, compuestos halogenados
50% de fenil-polidimetil siloxano	OV-17	250	Fármacos, esteroides, pesticidas, glicoles
50% de trifluoropropil-polidimetil siloxano	OV-210	200	Aromáticos clorados, nitroaromáticos, bencenos alquil sustituidos
Polietilenglicol	Carbowax 20M	250	Ácidos libres, alcoholes, éteres, aceites esenciales, glicoles
50% de cianopropil-polidimetil siloxano	OV-275	240	Ácidos grasos poliinsaturados, ácidos, resínicos, ácidos libres, alcoholes

- **Columnas cromatográficas**

Las columnas son dispositivos en donde se da la separación de la mezcla de analitos, las columnas cromatográficas para GC, están construidas de acero inoxidable, sílice fundida, vidrio o teflón. Las longitudes de las columnas varían de 2 a 50m, o más. Su configuración está en forma helicoidal con diámetros aproximados de 10 a 30 cm (Parrales et al., 2012). Los diámetros interiores de las columnas por lo general son de 0.1 y 0.53 mm, las columnas estrechas brindan mayor resolución que las columnas anchas; además, tienen menos capacidad de muestra y requieren mayor precisión de trabajo (Vásquez, 2013). Inicialmente se utilizaban columnas de relleno, luego se introdujo la columna capilar; actualmente, excepto para ciertas aplicaciones se utilizan con gran mayoría las columnas capilares ya que son más rápidas y eficaces con respecto a las columnas de relleno (Parrales et al., 2012).

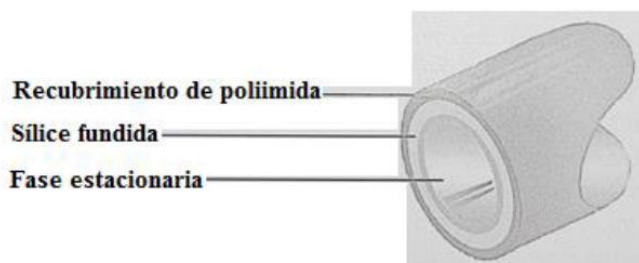


Gráfico 7. Composición de una columna capilar. Fuente:(Vásquez, 2013)

- **Detector**

Este tipo de detectores requiere destruir a la muestra por pirólisis. Este equipo tiene una alta sensibilidad. ($\sim 10^{-13}$ g/s) y un intervalo de respuesta lineal amplio ($\sim 10^7$). El FID es un detector sensible a la masa e indica la cantidad de átomos de carbono por unidad de tiempo que ingresan en él (Parrales et al., 2012). Aquí la llama de aire/hidrógeno descompone los compuestos orgánicos produciendo iones y electrones capaces de conducir la electricidad a través de la llama, finalmente la detección se realiza al monitorear las cargas provenientes de dicha corriente que resulta de unos 10^{-12} A (pA) la cual se mide en un picoamperímetro. (Kim et al., 2017)

1.6 Espectrofotometría

El color en términos físico-químicos se puede definir a través de las transiciones electrónicas que ocurren en el interior de los átomos los cuales permiten que se den de manera simultánea dos fenómenos (absorción y emisión) en el denominado “espectro visible” (400nm a 700nm); de esta manera, las transiciones electrónicas de los átomos

UCUENCA

que forman una sustancia absorben y emiten energía en el intervalo del espectro denominado visible y la observación de los colores corresponde al único rango que no se absorbe y es visible al ojo humano. Si estas transiciones ocurren por debajo de 400 nm o por encima 700nm, no serán detectados por el ojo como colores (Corrales & Caycedo, 2019)

Tabla 7. Colores típicos del intervalo visible del espectro electromagnético, tabla válida cuando el color observado proviene de una sola sustancia colorida. Fuente:(García, 2016)

λ	Color absorbido	Color observado
380 - 450	violeta	amarillo-verdoso
450 - 495	azul	amarillo
495 - 570	verde	violeta o rojo violeta
570 - 590	naranja	azul
590 - 620	amarillo	azul-verdoso
620 - 750	rojo	verde-azuloso

La espectrofotometría es uno de los métodos espectroscópicos más empleado en el análisis químico, se basa en la interacción de la radiación electromagnética sobre la materia; es decir, esta técnica hace referencia a la cantidad de luz que una sustancia química en una muestra puede absorber. Cada sustancia química tiene un comportamiento específico frente a la radiación que depende de la disposición espacio de los átomos y sus enlaces presentes, lo que permite su identificación. Este método es ampliamente utilizado para el análisis cuantitativo en varios campos de la química y la bioquímica; así como en la ingeniería de materiales con referencia a técnicas espectroscópicas (López, 2019). La espectroscopia Visible y ultravioleta consiste en medir la intensidad del color (Radiación absorbida en UV); a una longitud de onda específica la cual se compara con una sustancia diferente de concentración conocida (estándar). Para ello se emplea la ley de Lambert - Beer, (Skoog et al., 1998)

La transmitancia es una relación de la cantidad de luz que pasa a través de una muestra y la cantidad de luz que incide en la misma como indica la siguiente ecuación: (López, 2019).

$$T = \frac{I_0}{I}$$

Donde; I_0 = Intensidad de luz incidente, I = Intensidad de luz que atraviesa la muestra. La absorbancia es directamente proporcional a la cantidad que absorbe el soluto, así

UCUENCA

como la transmitancia es la cantidad de luz que atraviesa la disolución. La Absorbancia corresponde al logaritmo negativo de la transmitancia tal como se indica a continuación (López, 2019).

$$A = -\log T = A = -\log \frac{I}{I_0} = A = \log \frac{I_0}{I}$$

La ley de Lambert – Beer presenta una relación lineal que existe entre la absorbancia y la concentración de la sustancia absorbente. Esta ley establece que la radiación electromagnética transmitida disminuye exponencialmente cuando la concentración del analito absorbente se incrementa: (López, 2019).

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \varepsilon * c * l$$

Donde; A = absorbancia, l = longitud de la cubeta (cm), c = Concentración del soluto (mol/l), ε = absortividad y es específico para cada molécula (l/mol*cm) (López, 2019).

El espectrofotómetro es un espectrómetro el cual nos proporciona la relación del poder de radiación de dos haces electromagnéticos con respecto a la longitud de onda espectral. Estos equipos utilizan rejillas difractoras o prismas para poder dispersar la luz (García, 2016)

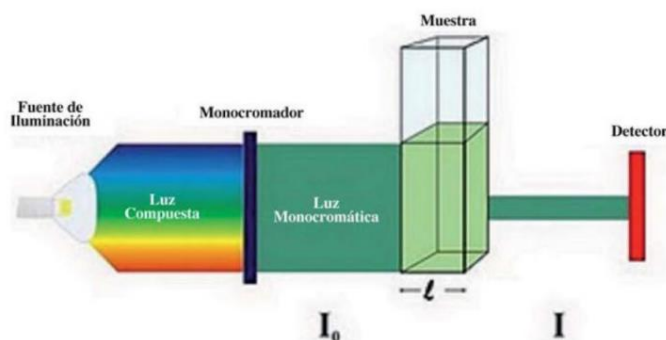


Gráfico 8. Esquema de una medida de la absorción de radiación UV-VIS en un espectrofotómetro. Fuente: (Gallego et al, 2013)

Una fuente continua de luz se emite y pasa por un monocromador el cual selecciona una banda estrecha de longitudes de onda del haz incidente. La luz monocromática atraviesa la muestra que tiene un camino óptico l ; luego, un detector mide la irradiancia de luz que llega al mismo. Por lo general en la espectroscopia visible-UV la muestra líquida se coloca en una celda (cubeta) la cual tiene paredes lisas y está constituida de

cuarzo o sílice fundida (SiO_2). Las cubetas más utilizadas tienen un camino óptico de 1 cm (Vásquez, 2013)

1.7 Análisis estadístico

Diseño Box-Behnken

Este diseño fue desarrollado por Box y Behnken, el cual se forma al combinar diseños factoriales en dos niveles junto con los diseños en bloque incompletos balanceados (Bacio, 2007). El modelo de segundo orden, considerando todos los términos lineales, cuadráticos y términos de interacción lineal-lineal se representa simbólicamente con la siguiente fórmula (Jaramillo, 2013).

$$Y = \beta_0 \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_{ii}^2 + \sum \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon$$

Donde β_0 es el término compensatorio, β_i es el término dependiente del factor de entrada x_i . El término β_{ii} es el término cuadrático del factor de entrada x_{ii}^2 y β_{ij} es el efecto de interacción lineal-lineal entre los factores de entrada x_i y x_j (Jaramillo, 2013).

Para realizar la detección de la curvatura alrededor de un punto óptimo se requiere que al menos sean 3 los factores involucrados. Los diseños más utilizados tienen la propiedad de ser rotables; es decir, que la varianza de la respuesta estimada sobre un punto en específico dependerá directamente de la distancia de este punto al centro del diseño mas no de las direcciones en la que está ubicado (Bacio, 2007).

Para ello se empleó el diseño de Box-Behnken; método utilizado al tener tres o más factores, siendo eficiente en cuanto al número de corridas, este diseño no incluye como tratamiento los vértices de la región experimental; aquí, al menos uno de los factores se fija en la mitad de su rango de prueba. En la tabla 8 se pueden ver los 15 tratamientos del diseño Box-Behnken para tres factores, en donde los puntos de este diseño se ubican a la mitad de las aristas del cubo centrado en el origen, sin incluir los tratamientos que recaen en los vértices, como él (1, 1, 1) y el (-1, -1, -1) ya que en ciertas situaciones experimentales resultan extremosos y no se pueden correr. (Gutiérrez & de la Vara, 2008).

Tabla 8. Matriz del diseño de Box-Behnken para tres factores. Fuente: (Gutiérrez & de la Vara, 2008).

Tratamiento	x_1	x_2	x_3	Tratamiento	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	0	9	-1	0	-1
2	1	-1	0	10	1	0	-1
3	-1	1	0	11	-1	0	1
4	1	1	0	12	1	0	1
5	0	-1	-1	13	0	0	0
6	0	1	-1	14	0	0	0
7	0	-1	1	15	0	0	0
8	0	1	1				

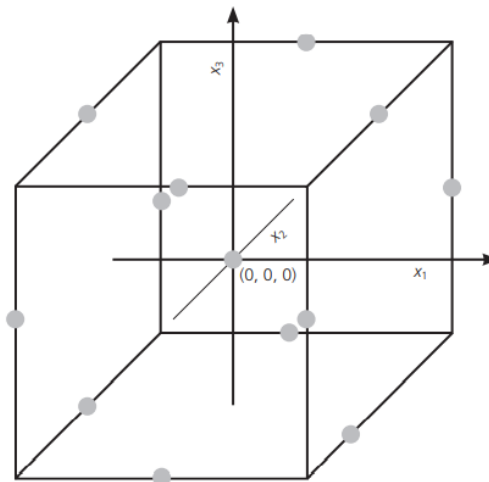


Gráfico 9. Representación Gráfica del diseño Box-Behnken para tres factores Fuente: (Gutiérrez & de la Vara, 2008).

Prueba de Friedman

Esta prueba se basa en los rangos y requiere que las muestras estén igualadas en una escala ordinal. Esta prueba es considerada como un análisis de varianza no paramétrico utilizado en diseños experimentales por bloques. Friedman (1937) al realizar un estudio empírico y comparar esta con la prueba paramétrica de F (prueba de Fisher) obtuvo buenos resultados que indican que las dos tienen una excelente eficiencia. Para esta prueba se tienen que cumplir dos suposiciones: (Guillen et al, 2012)

- Se deben tener k muestras relacionadas.
- La escala de medición de la variable debe estar al menos en escala ordinal.

UCUENCA

Los datos se colocan en una tabla con N hileras (observaciones) y k columnas (tratamientos); luego a los datos de cada hilera se le asigna un valor de acuerdo al rango utilizado que va desde 1 a k muestras (Guillen et al, 2012)

H_0 : los k tratamientos son iguales; no difieren significativamente.

H_0 : Al menos un par de tratamientos son diferentes.

Esta prueba determina la probabilidad de que las diferentes columnas de muestras proceden de una misma población. Para ello se prueba el estadístico T , con el uso de la siguiente ecuación: (Guillen et al, 2012)

$$T_0 = \frac{12}{rk(k+1)} \sum_{j=1}^k (R_j)^2 - 3r(k+1)$$

R_j = Suma de rangos por tratamientos o por columnas

k = número de tratamientos

$r = N$ = número de hileras

El estadístico T_0 se puede distribuir de acuerdo a los siguientes casos: (Guillen et al, 2012)

- Cuando $(k = 3; r \leq 9)$ o $(k = 4; r \leq 4)$; su distribución se busca en tablas de T (T de Student) para $k = 3$ y $k = 4$; respectivamente
- Cuando k o r son grandes su distribución se encuentra en tablas de χ^2 (chi-cuadrado) con $gl = k - 1$ (grados de libertad)

II. METODOLOGÍA

2.1 Obtención de aguardiente de caña de azúcar envejecido con procesos acelerados de envejecimiento

Como materia prima se utilizó aguardiente de caña de azúcar y chips de roble procedentes de Corporación Azende. La extracción de los diferentes componentes provenientes del roble se realizó según varias referencias y se modificó según las exigencias en base a una recopilación bibliográfica. Para cada tratamiento se siguió el Diagrama de Proceso de Operaciones del gráfico 10.

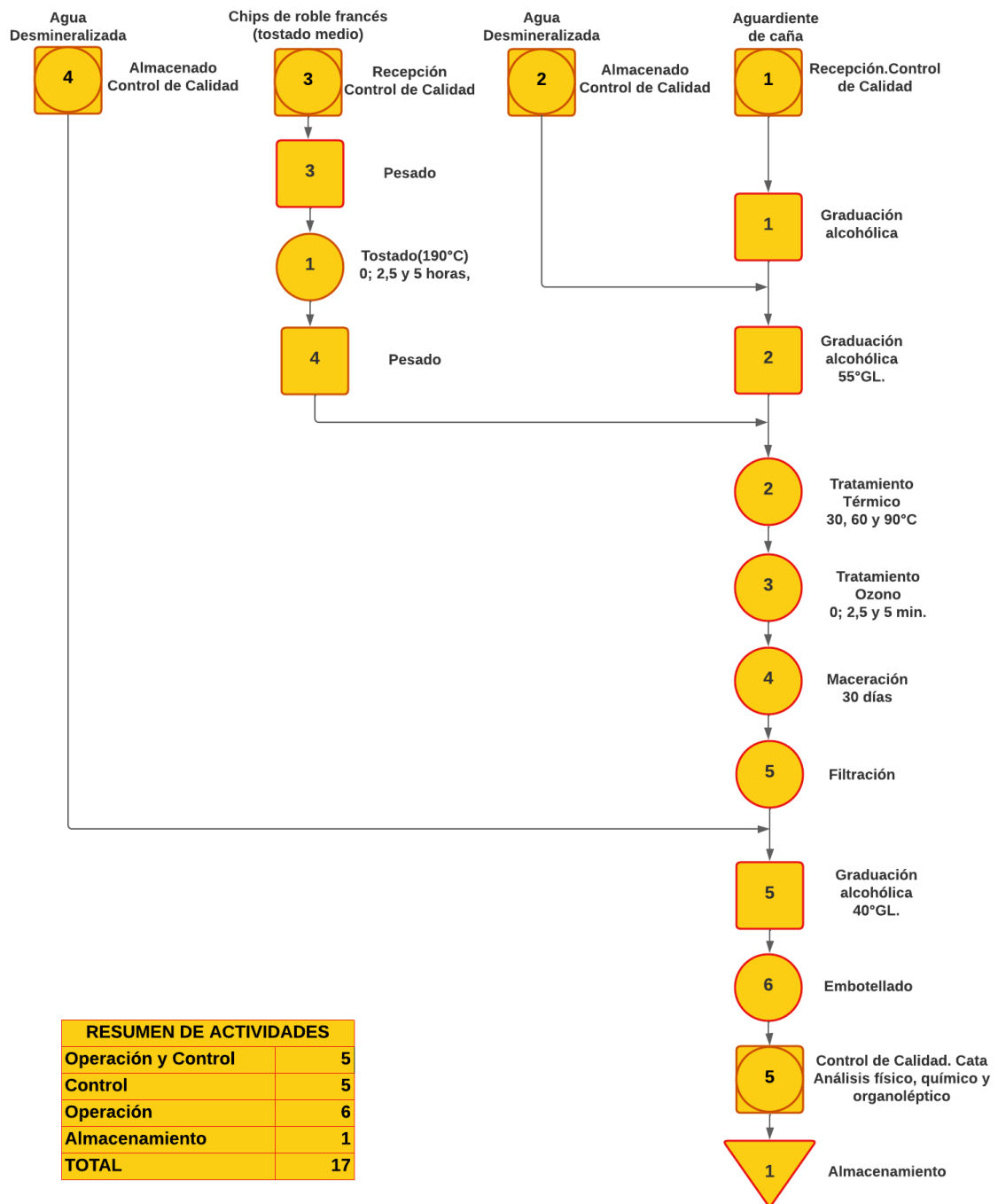


Gráfico 10. DPO Obtención de ron con procesos acelerados.

Se utilizó el diseño de Metodología de Superficie Box-Behnken; para la elección de los diferentes tratamientos donde se estableció tostado de chips de roble, tratamiento térmico al aguardiente, tiempo de oxidación como factores y acetaldehído, acetato de etilo, furfural y color en $\lambda=440$ como variable respuesta.

Tabla 9. Factores del diseño experimental utilizado.

Factor	Nombre	Unidades	Nivel bajo	Nivel alto
A (X1)	tostado	horas	0	5
B (X2)	temperatura	°C	30	90
C (X3)	oxidación	minutos	0	5

Tabla 10. Variables de respuesta del diseño experimental.

Compuesto	unidades
Acetaldehído	mg/100cc de alcohol absoluto
Acetato de etilo	mg/100cc de alcohol absoluto
Furfural	mg/100cc de alcohol absoluto
Color ($\lambda=440$)	absorbancia

Para lograr homogeneidad en el proceso de tostado, se utilizó exactamente 100 g. de chips de roble francés en cada proceso. El controlar peso inicial y final de cada lote nos permitió obtener las mismas características en este proceso el cual se controló en horas; de esta manera, se pudo estandarizar el tostado de chips de roble el cual se llevó a cabo bajo mismas condiciones, obteniendo repetibilidad en los resultados.

En el proceso de oxidación se utilizó una corriente de aire enriquecida en ozono cuya concentración se determinó con la utilización de un kit para medir ozono distribuido por Pacific Ozono, en el cual se pudo determinar que la concentración de ozono fue de 1,5 ppm por cada minuto de burbujeo del gas.

El nivel establecido para cada factor se escogió de acuerdo al orden en el que se realizaron los diferentes procesos con sus respectivas operaciones y controles; de lo cual, se obtuvieron 12 tratamientos y 3 réplicas centrales (15 tratamientos).

Tabla 11. *Tratamientos del diseño experimental para obtener aguardiente de caña envejecido con procesos acelerados.*

Estadístico	Nºtratamiento	Tostado (h)	Temp. (°C)	Oxidación (min)
12	1	2,5	90	5
11	2	2,5	30	5
2	3	5	30	2,5
3	4	0	90	2,5
14	5	2,5	30	2,5
10	6	2,5	90	0
6	7	5	30	0
13	8	2,5	60	2,5
4	9	5	90	2,5
8	10	5	60	5
9	11	2,5	30	0
1	12	0	30	2,5
15	13	2,5	60	2,5
7	14	0	60	5
5	15	0	60	0

2.1.1 Tratamiento de tostado a chips de roble

El tratamiento de tostado a chips de roble se realizó en un horno tostador eléctrico termostatzado, exponiendo los chips a 190°C durante 0; 2,5 y 5 horas, acorde a cada tratamiento; esto, con el fin de aumentar el grado de tostado medio.

En 2006 el Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar realizó un estudio comparativo de bebidas añejadas de forma clásica y con procesos acelerados donde se utilizó 5 g. de virutas de roble por cada 200 ml de aguardiente, logrando resultados favorables (González et al, 2006); al tomar este dato como referencia, se utilizaron 25 g. de chips de roble francés con un tostado medio por cada litro de aguardiente de caña dulce. En total se utilizaron 375 gramos de chips de roble correspondiente a los 15 tratamientos experimentales.



Gráfico 11. *Empaque de Chips Roble Francés “Bio-Chêne”*



Gráfico 12. Tostado de chips de roble.

Los 375 gramos de chips de roble se utilizaron como se indica a continuación:

- 100 g. de chips de roble sin tostar (4 tratamientos).
- 175 g. de chips de roble tostados a 190°C durante 2,5 horas (4 tratamientos y 3 réplicas centrales).
- 100 g. de chips de roble tostados a 190°C durante 5 horas (4 tratamientos).

Los diferentes grados de tostado se consiguieron bajo las mismas condiciones siguiendo el proceso como indica a continuación:

- Asegurarse que el horno esté a 190°C.
- Precalentar el horno durante 1,5 horas antes de su uso.
- Pesar 100 g. de chips de roble francés e incorporar al horno en contenedor de acero inoxidable y controlar el tiempo de tostado deseado.
- Luego de transcurrido el tiempo de tostado dejar enfriar a temperatura ambiente y registrar el peso nuevamente.

Para hacer un seguimiento al tostado de chips de roble se realizaron más ensayos con diferentes tiempos de tostado; para obtener el porcentaje de degradación del roble con respecto a cada tratamiento de tostado.

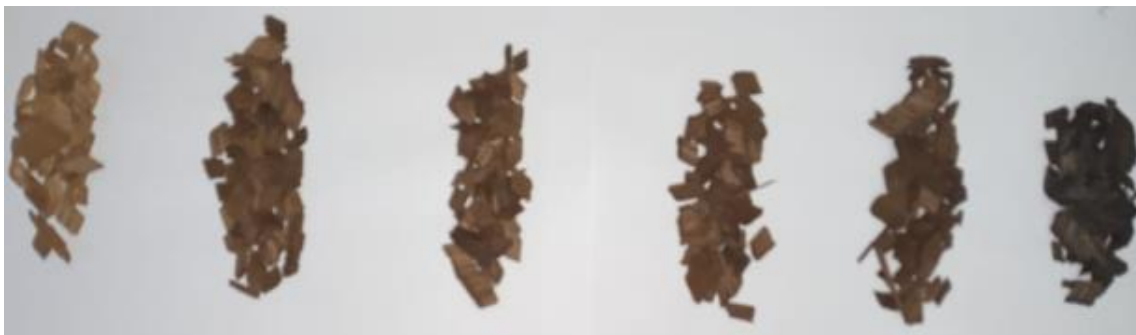


Gráfico 13. Muestras de chips de roble con 0, 1 ½, 2 ½, 3, 5 y más horas de tostado.

2.1.2 Tratamiento térmico de aguardiente de caña en presencia de chips de roble

El aguardiente utilizado como materia prima presentó un aspecto incoloro y transparente con olor y sabor característico al aguardiente de caña dulce (tal como indica la NTE INEN: 362, 2014). Con el uso de un método analítico por cromatografía de gases (Anexo1) se determinó la concentración de acetaldehído, acetato de etilo y furfural los cuales se encuentra dentro de los límites permisibles estipulados en la normativa vigente NTE INEN:362, 2014.

Para cada tratamiento se utilizó un litro de aguardiente de caña a 55°GL. El grado alcohólico inicial de la materia prima al ser superior al requerido, se reguló con el uso de agua desmineralizada. Se utilizó un total de 15 litros de aguardiente crudo de caña.



Gráfico 14. Control graduación alcohólica de materia prima.

El tratamiento térmico del aguardiente de caña en presencia de chips de roble con diferentes grados de tostado se realizó en un sistema automático, ollas de acero inoxidable (grado quirúrgico) y ollas de presión para controlar 30, 60 y 90°C respectivamente. Todos los tratamientos térmicos se llevaron a cabo en contenedores independientes los cuales fueron marcados de acuerdo al tratamiento recibido; para ello, se trabajó de la siguiente manera.

Tratamiento Térmico a 30°C (4 tratamientos)

Para este tratamiento utilizó 4 litros de aguardiente los cuales fueron colocados en botellas ámbar verde diferentes de 1,5 litros de capacidad junto con los chips de roble previamente pesados y seleccionados acorde a cada tratamiento; se taparon con corchos de roble natural y se colocaron en un sistema automático durante 30 minutos a una temperatura de 30°C; luego de ello se dejaron reposar por 24 horas.

Tratamiento Térmico a 60°C (4 tratamientos y 3 réplicas centrales)

Para ello se utilizó 7 litros de aguardiente los cuales fueron colocados en 7 diferentes ollas de acero inoxidable de grado quirúrgico junto con los chips de roble previamente pesados y seleccionados acorde a cada tratamiento; se taparon y se calentaron lentamente, donde se controló una temperatura de 60°C durante 30 minutos; luego de ello cada tratamiento se dejó reposar por 24 horas en su contenedor independiente; luego, pasado el tiempo de reposo el aguardiente junto con los chips de roble se transfieren a botellas ámbar verde de 1,5 litros de capacidad y se tapan con corchos de roble natural.



Gráfico 15. *Tratamiento térmico a 60°C.*

Tratamiento Térmico a 90°C (4 tratamientos)

Para este tratamiento térmico se utilizaron ollas de presión convencionales de acero inoxidable las cuales nos permitieron aumentar la temperatura del aguardiente y alcanzar dicha temperatura sin dejar escapar el vapor de la mezcla agua- etanol. Se utilizaron 4 litros de aguardiente los cuales fueron colocados en 4 diferentes ollas de presión junto con los chips de roble previamente pesados y seleccionados acorde a cada tratamiento; se taparon y se calentaron lentamente hasta observar el primer flujo de vapor en la válvula; lo cual, nos indica que se ha alcanzado la presión máxima del instrumento, en ese punto se suspende la fuente térmica y se deja reposar por 24 horas en su contenedor independiente; luego, el aguardiente junto con los chips de roble se transfieren a botellas ámbar verde de 1,5 litros de capacidad y se tapan con corchos de roble natural.



Gráfico 16. *Tratamiento térmico a 90°C.*

Con el uso de la gráfica, presión de vapor del alcohol etílico versus la temperatura; se pudo determinar que el etanol llega a 90°C cuando alcanza una presión de 1,562 atm. Las ollas que se utilizaron tienen una presión de trabajo de 79,3 Kpa. (0,78 atm) por encima de la presión atmosférica; lo que nos indica que, la mezcla de aguardiente al alcanzar una presión de 1,78 atm. llegará a una temperatura de 93.27°C (la presión disponible es levemente mayor a la requerida).



Gráfico 17. *Presión de trabajo de ollas de presión.*

Por puntos de ebullición el etanol es el primer compuesto en evaporarse, causando un incremento de presión y levantando el peso que cierra el pequeño conducto en la parte externa de la olla de presión; por ello, al presenciar el primer flujo de vapor en la válvula de seguridad se suspendió de manera inmediata el suministro de calor al sistema; dicha válvula de seguridad, evita que se sobrepase la presión de funcionamiento del instrumento. De esta manera se evitó pérdidas de vapor del producto y se aseguró el alcanzar una temperatura de 90°C.

2.1.3 Tratamiento de oxidación de aguardiente de caña en presencia de chips de roble

Para el tratamiento de oxidación se utilizó un generador de ozono cuya corriente de aire enriquecida en trióxido se burbujeó en el aguardiente de caña dulce en presencia de los chips de roble. Este tratamiento se realizó en las mismas botellas ámbar verde las cuales contienen las materias primas tratadas previamente. Luego del tratamiento de oxidación todos los envases se taparon con sus respectivos corchos de roble natural y se dejaron reposar por 24 horas.

El tiempo de burbujeo de ozono se controló en minutos como indica a continuación:

- 0 minutos (4 tratamientos sin recibir ozono)
- 2,5 minutos (4 tratamientos y 3 réplicas centrales)
- 5 minutos (4 tratamientos)



Gráfico 18. *Tratamiento de oxidación a muestras de aguardiente en presencia de chips de roble.*

2.1.4 Maceración

Luego de verificar que las 15 diferentes muestras estuviesen marcadas, etiquetadas y selladas acorde a su respectivo tratamiento se dejaron macerar durante 30 días consecutivos bajo las mismas condiciones. Se colocaron en un sistema automático el cual mantenía su temperatura a 30°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) durante el día y 25°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) durante la noche. Cada botella funcionó como un reactor químico pues en su interior se dieron diferentes reacciones químicas; para ello, se recrearon condiciones semejantes a la crianza de

UCUENCA

aguardientes de forma clásica con el fin de mejorar la extracción de los diferentes compuestos del roble y maximizar la conversión del aguardiente de caña en ron.



Gráfico 19. Sistema automático para acondicionar muestras.

El tiempo de maceración en frío o a temperatura ambiente tarda un tiempo que oscila entre meses y años; mientras que, la maceración con calor reduce este tiempo a semanas o días (Briones & García, 2018); por ello, se utilizó una maceración con calor, el cual fue suministrado por el sistema automático y se controló con un termómetro digital; de esta forma, se pudo mantener a todas las muestras bajo las mismas condiciones de maceración con calor.

2.1.5 Filtración

Luego de transcurrido el tiempo de maceración, con el uso de papel whatman y material de laboratorio, se filtraron las diferentes muestras separando el producto final (ron) de los chips de roble, los cuales fueron lavados con un mismo volumen de agua desmineralizada (200 ml.). El filtrado obtenido tras lavar los chips de roble se agregó al ron obtenido y con el uso de más agua desmineralizada se ajustó el grado alcohólico a 40 °GL para su respectivos análisis físico, químico y organoléptico.



Gráfico 20. Filtración de producto final Ron.

2.1.6 Embotellado

La materia prima (aguardiente de caña) y los 15 diferentes productos finales (ron) a 40° GL. se envasaron en botellas de vidrio transparente de 125 ml. de capacidad y se marcaron con el número de tratamiento para realizar una cata; además, se utilizaron 100 ml. de cada muestra para su respectivo análisis físico-químico y el volumen restante se devolvió nuevamente a las botellas de vidrio color ámbar verde, las cuales se taparon con los mismos corchos naturales de roble y se guardaron en un lugar oscuro y fresco para posteriores análisis.

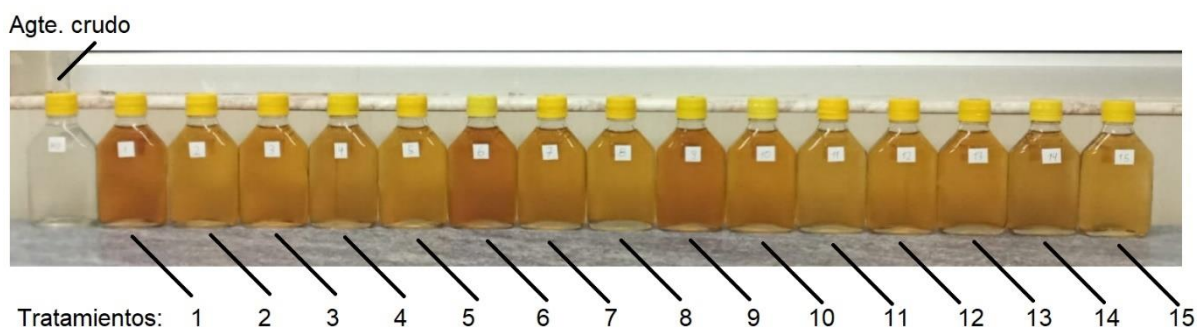


Gráfico 21. *Materia prima y diferentes productos obtenidos con procesos acelerados.*

2.2 Determinación de aldehídos, ésteres y furfural por cromatografía de gases con detección de ionización de llama (GC-FID)

Se cuantificó ésteres como acetato de etilo, aldehídos como acetaldehído y furfural en materia prima (aguardiente de caña crudo), rones envejecidos con procesos acelerados y muestras de rones envejecidos de forma clásica con diferentes edades propios de Corporación Azende.

Para los análisis se utilizó un cromatógrafo de gases marca Trace 1300 (Gas Chromatograph). Software: Chomeleon Dionex version 7.2.9.11323, con detector de ionización de llama (FID). Método Instrumental: AZENDE LAB. Método de procesamiento: ALCOHOLES AZENDE LAB. Volumen de Inyección: 1µl. inyector manual Split/Splitless, el gas portador es Helio con N-butanol como estándar interno. Los compuestos analizados fueron: acetaldehído, acetato de etilo, furfural.

Para cuantificar la concentración de los congéneres se usó la relación entre el área de pico del analito y el área de pico del estándar interno vs la relación entre la concentración del componente de interés y la concentración del estándar interno. Estos valores relativos de área y concentración del analito y el estándar interno determinan la

concentración del componente a través de la interpolación de la curva de calibración. Usando la siguiente ecuación $Y_y = mX_r + b$; donde Y_y corresponde al área relativa patrón/estándar y X_r a la concentración relativa patrón/estándar; mientras que, m es la pendiente y b es el intercepto. Finalmente, la concentración del analito se calcula despejando X_r y multiplicando su valor por la concentración del estándar interno (Fernández & García, 2012)

2.3 Determinación de características físicas

Se determinaron parámetros físicos tales como el color el cual se midió en absorbancia. Se evaluó directamente la Densidad Óptica en $\lambda=440$ nm, esta longitud de onda es empleada para el control de calidad en rones. Tras obtener la absorbancia de los 15 diferentes tratamientos se utilizarán los resultados como variables respuestas para realizar un análisis de datos ANOVA de la metodología de la superficie de respuesta con el uso del método Box-Behnken para observar diferencias significativas ($p<0,05$) de las medias de las concentraciones obtenidas en dicha longitud de onda.



Gráfico 22. Espectro de absorción de muestra de ron.

Además, se calcularon parámetros estándar utilizados en el control de calidad de bebidas envejecidas como el vino. La intensidad del color se determinó mediante el método aprobado por la Comisión de las Comunidades Europeas (CEE, 1990) con el uso de la siguiente ecuación. (Rodríguez, 2011)

$$IC = A_{420} + A_{520} + A_{620}$$

El porcentaje de color rojo azul y amarillo se obtuvieron con las siguientes ecuaciones (Pérez, 2011)

$$\%Amarillo = \left(\frac{A_{420}}{IC}\right) * 100$$

$$\%Rojo = \left(\frac{A_{520}}{IC}\right) * 100$$

$$\%Azul = \left(\frac{A_{620}}{IC}\right) * 100$$

Las medidas se realizaron con el uso de un espectrómetro UV/VIS; en donde, si las cubetas son de 2 mm, el resultado final se debería multiplicar por 5 para obtener un valor referido a una cubeta de 1cm. La tonalidad nos Indica la relación entre el color amarillo y rojo y se calcula con la siguiente ecuación (Rodríguez, 2011)

$$Tonalidad(t)\% = \left(\frac{A_{420}}{A_{520}}\right)$$

Para cuantificar la absorbancia en las diferentes muestras de ron envejecido de forma acelerada y de forma clásica se utilizó un espectrómetro UV-Visible marca Thermo Scientific Spectronic 200, con cubetas de 1 cm y agua destilada como blanco de referencia.

2.4 Determinación de características organolépticas.

La determinación de características organolépticas se llevó a cabo en instalaciones de Corporación Azende. Los panelistas de planta (2 expertos y 1 entrenados) procedieron a catar las distintas muestras de ron en dos días diferentes para asegurar una correcta evaluación sobre el cambio de las propiedades organolépticas de los diferentes tratamientos y evitar la saturación o cansancio de los sentidos por catar una cantidad excesiva de muestras. Antes de empezar con el proceso de cata se presentó a los 3 jueces información sobre la materia prima utilizada, tratamientos realizados y análisis físico-químicos de las diferentes muestras; además, se establecieron los lineamientos a evaluar con las pruebas organolépticas. El análisis sensorial se realizó mediante una escala hedónica de 7 puntos para conocer el nivel de agrado de los diferentes tratamientos donde 7 es lo mejor y 1 es lo peor. Mediante una ficha de catación entregada individualmente a cada juez se evaluó color, olor, sabor y apariencia (anexo 10).

Color. – Mediante el sentido de la vista y cerca a una fuente de luz se pudo apreciar las tonalidades de las diferentes muestras que van desde incoloro en el caso del

UCUENCA

aguardiente de caña sin añejar hasta ámbar y ámbar oscuro en el caso de las muestras de aguardiente sometido a tratamientos acelerados de envejecimiento.

Olor. - Mediante el sentido del olfato se buscaron sensaciones frutales, notas dulces como caramelo, vainilla, almendras e incluso aromas a madera.

Sabor. – Mediante el gusto se registraron los 4 sabores básicos (amargo, salado, ácido y dulce); además, de notas de añejamiento que se relacionan directamente con la materia prima utilizada.

Apariencia. - Mediante el ojo humano se observó la porción servida en la copa de vidrio, se verificó que la bebida no presente cuerpos extraños en su estructura. Se observó el comportamiento de las piernas o lágrimas que tienen origen en la superficie interior de la copa, indicio que brindó información sobre el cuerpo del producto.

Las fichas donde se calificaron los atributos (color, olor, sabor y apariencia) a cada muestra se llenaron de forma individual e imparcial por parte de cada juez. El formato en blanco de la ficha de catación se puede apreciar en el anexo 8.

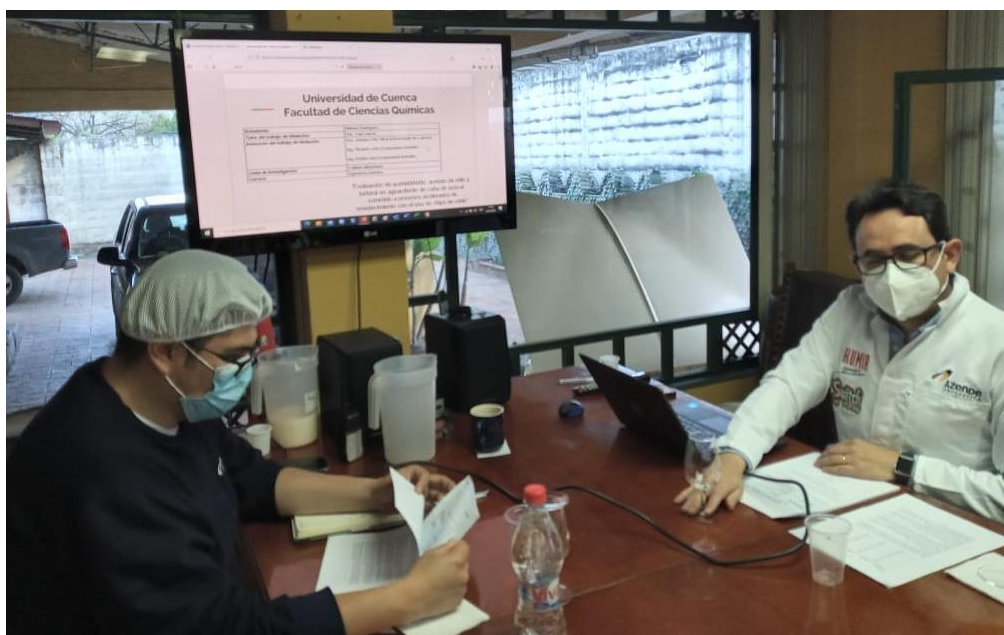


Gráfico 23. *Presentación previa al proceso de cata.*

Las 15 diferentes muestras, así como la materia prima (aguardiente de caña) se presentaron sobre la mesa de catación en envases de vidrio transparente de 125 ml de capacidad, los cuales estaban marcados con un dígito correspondiente al número de tratamiento de cada muestra. Las copas también se marcaron para que el proceso de cata por parte de cada juez se lleve a cabo bajo las mismas condiciones con el uso de la misma copa. La primera bebida en degustar fue el aguardiente de caña de azúcar sin

UCUENCA

añejar para tener una idea de la evolución del mismo, luego se procedió a catar las 15 muestras; para ello, se utilizó el siguiente procedimiento:

- Con el uso de instrumentos de medición volumétrica colocar 20 ml de ron a 40°GL. en cada copa.
- El juez coloca la luna de reloj sobre la copa y la sostiene desde la parte inferior; haciendo girar el contenido de la misma.
- Se acerca la copa a una fuente de luz para apreciar su tonalidad y cuerpo; además, se realiza una primera degustación con el sentido del olfato para familiarizarse con la bebida; luego, se asienta la copa en la mesa.
- Se coloca 12 ml de agua pura a cada copa con ron haciendo que su grado alcohólico descienda a 25°GL; además, esto provoca que se debilite la membrana tensoactiva que ciertos alcoholes y compuestos fenólicos ejercen en la superficie de la muestra, lo que libera aromas propios de la bebida.
- Se tapa la bebida diluida con la luna de reloj y se gira nuevamente el contenido de la copa, por medio del sentido del olfato se realiza un segundo análisis sensorial haciendo aspiraciones cortas de la bebida sin introducir la nariz en la copa.
- Se prueba un sorbo pequeño de la bebida y por medio del sentido del gusto y se identifican los sabores que perciben las diferentes áreas específicas de las papilas gustativas.
- Finalmente; se califica cada atributo con 1) Me disgusta mucho, 2) Me disgusta moderadamente, 3) Me disgusta levemente, 4) No me gusta ni me disgusta, 5) Me gusta levemente, 6) Me gusta moderadamente, 7) Me gusta mucho, y se anotan observaciones con respecto a cada muestra, información cualitativa que de igual manera nos servirá para identificar el tratamiento con las mejores características.
- Antes de realizar la cata de la siguiente muestra es recomendable limpiar el paladar con agua pura y galletas de soda; de igual manera para limpiar las vías respiratorias se puede utilizar café en grano. Los jueces indicarán el tiempo necesario entre catas con el fin de que los sentidos no se saturen y se presenten mejores resultados.

El realizar una evaluación sensorial consecutiva de varias muestras puede causar el cansancio de los órganos receptores, provocando errores en análisis de las diferentes bebidas; por ello, el proceso de cata se realizó en dos días diferentes bajo las mismas condiciones.



Gráfico 24. *Proceso de cata de las diferentes muestras de ron obtenido por procesos acelerados de envejecimiento.*

2.5 Análisis estadístico de datos

El programa Excel se utilizó para tabular la información recolectada de las diferentes muestras y se empleó sus herramientas gráficas para visualizar de mejor manera los resultados obtenidos.

Para optimizar el proceso acelerado de envejecimiento de aguardiente de caña se utilizó el software Design Expert 11, los resultados obtenidos se evaluarán por medio de Análisis de Varianza (un factor) para observar diferencias significativa $p < 0,05$ de las medias de las concentraciones obtenidas, además; este programa nos permitió verificar si los modelos se pueden utilizar para navegar por el espacio del diseño experimental.

La información recolectada del análisis sensorial se validó empleando el programa SSPS de prueba no paramétrica de FRIEDMAN, aplicando un nivel de confianza de $\alpha=0.05$, para establecer de manera cualitativa y cuantitativa cual es el mejor tratamiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de la materia prima

Aguardiente de caña

Tabla 12. Resultados aguardiente de caña con respecto a sus requisitos.

Muestra	Acetaldehído mg/100cc A.A.	Acetato de etilo mg/100cc A.A.	Furfural mg/100cc A.A.
Aguardiente	2,7821	47,1393	n.a.
Requisito Max.	20	80	1,5

Se ha visto en estudios anteriores que la formación de congéneres se da en procesos de fermentación y su concentración va a depender directamente de la materia prima de procedencia; es decir, del tipo de caña de azúcar utilizada como materia prima. Dichas concentraciones también dependerán de los métodos utilizados en el proceso de destilación con respecto a descartar colas y cabeza del cuerpo del destilado. (Asclepius, 2016). En el proceso de destilación los ésteres, acetaldehídos y alcoholes superiores se separan por diferencia de puntos de ebullición y destilan en la primera fracción del destilado(cabeza); mientras que, la mayor cantidad de furfural destila en las últimas fracciones del destilado (Colas) (Hatta & Palma, 2009).

El análisis del aguardiente de caña crudo muestra una mayor concentración de ésteres como acetato de etilo (47,13 y 2,78 mg/100 cm³ A.A.) seguida de aldehídos (2,78 mg/100 cm³ A.A.). Según Molina et al., (2007) la familia de compuestos con mayor concentración en destilados son alcoholes, ésteres y ácidos orgánicos en comparación a otros compuestos volátiles (Molina et.al, 2007). En el análisis de furfural no se detectó ninguna concentración de este compuesto. Según Asclepius (2016) el furfural se encuentra en mayor cantidad en las colas del destilado por lo que concentraciones relativamente bajas o nulas de este compuesto indican una correcta separación de cabeza y colas del cuerpo del destilado (Asclepius, 2016).

Chips de Roble Francés

Los chips de roble francés que fueron utilizados en los diferentes procesos de envejecimiento acelerado, luego de someterse a un tratamiento de tostado perdieron peso por degradación térmica en un porcentaje directamente proporcional al tiempo de tostado, tal como se indica a continuación:

Tabla 13. Degradación térmica de chips de roble.

Tiempo (h)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	pérdida (%)
0	100	100	0
1 1/2	100	91,15	8,85
2 1/2	100	89,78	10,22
3	100	89,92	10,08
5	100	86,73	13,27

Según Rodríguez & Suárez (2014), el tratamiento de tostado de la madera de roble para envejecer aguardiente da lugar a la degradación térmica de los polímeros de la madera (lignina, celulosa, hemicelulosa y taninos), provocando su pérdida de peso; además, al modificar la estructura y composición química de la madera se aumenta la cantidad y complejidad de compuestos volátiles, dando origen a pequeñas moléculas de gran intensidad aromática (Rodríguez & Suárez, 2014)

3.2 Análisis de congéneres en bebidas añejadas de manera clásica y de forma acelerada

Muestras de ron envejecido en barriles de roble con diferentes años de crianza

Las muestras de ron mostraron un color ámbar y presentaron olores y sabores característicos del ron; sin poseer cuerpos extraños en suspensión (tal como indica la NTE INEN: 363, 2016).

Tabla 14. Resultados cromatografía muestras de ron con diferentes edades con respecto a sus requisitos.

Muestra Ron	Acetaldehído mg/100cc A.A.	Acetato de etilo mg/100cc A.A.	Furfural mg/100cc A.A.
3 años	5,5689	38,2732	4,3103
4 años	7,6073	37,0386	4,7403
7 años	10,1631	108,3605	5,2951
18 años	33,982	155,4954	5,8905
Requisito Max.	40	200	10

Con el uso de un método analítico por cromatografía de gases (Anexo2) se determinó la concentración de acetaldehído, acetato de etilo y furfural los cuales se encuentra dentro de los límites permisibles estipulados en la normativa vigente NTE INEN:363, 2016.

UCUENCA

La concentración de aldehídos aumenta paulatinamente, pero se mantiene en valores no tan altos ya que a medida que se forman una parte de estos se oxidan a ácidos; mientras que, los ésteres durante el envejecimiento se producen a partir de reacciones de esterificación entre ácidos y alcoholes (González et al., 2006). Los compuestos furánicos proviene principalmente de la degradación térmica de hemicelulosas presentes en el roble y es extraído por la matriz hidroalcohólica durante el proceso de maduración (López et al., 2013)

El contenido de acetaldehído, acetato de etilo y furfural analizados en las cuatro diferentes muestras de ron indican que si existe un incremento en su concentración con respecto al tiempo de envejecimiento; dichos compuestos evolucionaron en el transcurso de 15 años de envejecimiento aumentando notablemente su concentración. Desde 3 hasta los 18 años de añejamiento existió un aumento de 28,41 mg/100 cm³ de alcohol absoluto de acetaldehído; 117,22 mg/100 cm³ de alcohol absoluto de acetato de etilo y 1,58 mg/100 cm³ de alcohol absoluto de furfural.

Vásquez (2013); indica que, el contenido de acetato de etilo del ron aumenta su concentración con respecto al tiempo de añejamiento (Vásquez, 2013). López et al., (2013) indica que la concentración de furfural en bebidas añejadas depende del grado de tostado de la madera de roble y el tiempo de contacto de la bebida con las paredes internas de la barrica (López et al., 2013)

Todas las muestras son la misma materia prima añejada de manera clásica bajo las mismas condiciones, pero con diferente tiempo de maduración. Con los resultados obtenidos se ajustaron diferentes líneas de tendencia con el uso del software Excel, para obtener diferentes modelos matemáticos dinámicos ya que las variables fueron consideradas a lo largo de un periodo de tiempo (añejamiento).

Tabla 15. Modelos matemáticos dinámicos. Evolución de congéneres vs tiempo de añejamiento.

Modelo matemático dinámico	Compuesto (Y)	Tendencia	R ²
$Y = 0,0532t^2 + 0,7729t + 2.7821$	Acetaldehído	Polinómica	0,9978
$Y = 7,7963t + 22,422$	Acetato de etilo	Lineal	0,8632
$Y = 0,9319t$	Furfural	Lineal	0,9301

Muestras de ron obtenidas con el uso de procesos acelerados de envejecimiento

Las muestras de ron obtenido con procesos acelerados mostraron un color ámbar y presentaron olores y sabores característicos del ron; sin poseer cuerpos extraños en

suspensión (tal como indica la NTE INEN: 363, 2016). Todas las muestras adquirieron propiedades diferentes en cuanto a su composición físico-química y organolépticas.

Tabla 16. Resultados cromatografía de muestras de ron obtenidas con procesos acelerados

Muestra	Acetaldehído mg/100cc A.A.	Acetato de etilo mg/100cc A.A.	Furfural mg/100cc A.A.
1	4,6826	39,9734	6,2675
2	3,8886	35,2211	5,78
3	3,949	25,4615	5,8827
4	4,9459	48,7905	6,0553
5	4,1605	38,003	6,0462
6	4,3902	38,914	6,3679
7	4,1389	25,8938	6,0543
8	4,2053	37,9146	6,1516
9	4,8436	47,3402	6,4522
10	4,5232	38,6395	6,2536
11	3,6517	30,4357	5,6794
12	4,1969	37,1462	5,0551
13	4,2546	37,4973	6,0946
14	4,4491	47,8941	5,9162
15	4,4103	40,0145	5,8015
Requisito Max.	40	200	10

Con el uso de un método analítico por cromatografía de gases (Anexo3) se determinó la concentración de acetaldehído, acetato de etilo y furfural los cuales se encuentra dentro de los límites permisibles estipulados en la normativa vigente NTE INEN:363, 2016.

González et al., (2006) indican que, al calentar aguardiente en presencia de chips de roble el acetaldehído y el acetato de etilo disminuyen su concentración; pero, la ozonificación después del tratamiento de aguardiente de caña con virutas de roble y calor produce un incremento en la concentración de estos compuestos volátiles. (González et al., 2006). La concentración inicial de acetaldehído, acetato de etilo y furfural del aguardiente de caña crudo evolucionó luego de ser sometido a procesos acelerados de envejecimiento; ninguno de estos compuestos presenta un valor repetido en las concentraciones de los diferentes tratamientos.

Según Huamán et al., (2016) la concentración de acetaldehído en los destilados tiende a aumentar en el proceso de envejecimiento debido a una oxidación química de

alcoholes formando acetaldehído que a su vez produce ácido acético que al reaccionar con el etanol da origen a la formación de acetato de etilo el cual produce un sabor afrutado en la bebida (Huamán et.al, 2016). El acetaldehído aumentó su concentración inicial (2,7821 6517 mg/100 cm³ de alcohol absoluto) en todos los 15 tratamientos alcanzando un valor mínimo y máximo de 3,6517 mg/100 cm³ y 4,95 mg/100 cm³ de alcohol absoluto respectivamente. La concentración de acetato de etilo varía de forma aleatoria de acuerdo a cada tratamiento partiendo de 47,1393 mg/100 cm³ de alcohol absoluto en el aguardiente de caña crudo se alcanzó una concentración mínima y máxima de 25,4615 y 48,7905 mg/100 cm³ de alcohol absoluto respectivamente.

El furfural partiendo de una concentración nula en el aguardiente de caña crudo luego de ser sometido a procesos acelerados de envejecimiento alcanzó una concentración mínima y máxima de 5,0551 mg/100 cm³ y 6,4522 mg/100 cm³ de alcohol absoluto respectivamente. Molina et al., (2007) menciona que, el furfural es de origen variado, pero por lo general proviene del procesamiento térmico de las materias primas que se utilizan en la elaboración de bebidas alcohólicas (Molina et al, 2007).

3.3 Optimización del proceso de envejecimiento acelerado de aguardiente de caña de azúcar.

Los modelos reducidos tienen un nivel de significancia de 0.05; y los niveles analizados se modelaron de acuerdo al orden en el que se llevó a cabo el proceso acelerado de envejecimiento (A=tostado; B=temperatura; C=oxidación). Los valores de p inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos. Para analizar los resultados se consideró el análisis de varianza (ANOVA) el coeficiente de determinación (R²), diagramas de superficie de respuesta y diagramas de probabilidad normal y residuales.

Respuesta 1: aldehídos (acetaldehído)

El análisis de varianza de acetaldehído se muestra en la tabla 17; donde, todos los efectos e interacciones de los factores analizados que presentaron una probabilidad menor que 0,05 fueron significativos.

Tabla 17. Anova para modelo cuadrático: Concentración de acetaldehídos vs tostado, temperatura y oxidación.

	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F-valor	p-valor	
Modelo	1,72	0,1909	92,64	< 0.0001	
A-tostado	0,0375	0,0375	18,18	0,008	significativo
B-temperatura	1,26	1,26	611,77	< 0.0001	significativo
C-Oxidación	0,1134	0,1134	55,01	0,0007	significativo
AB	0,0053	0,0053	2,57	0,1697	no significativo
AC	0,0298	0,0298	14,48	0,0126	significativo
BC	0,0008	0,0008	0,3736	0,5678	no significativo
A ²	0,2346	0,2346	113,83	0,0001	significativo
B ²	0,0023	0,0023	1,12	0,3389	no significativo
C ²	0,0228	0,0228	11,04	0,021	significativo

Los factores principales A, B y C, así como las interacciones AC, A², C² son términos significativos del modelo con un nivel de confianza del 95% (p=0.05); además, el valor F del modelo es de 92,64 lo que implica que el modelo es significativo y solo hay una probabilidad del 0,01 % de que se produzca un valor F tan grande debido al ruido.

Tabla 18. Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de acetaldehído.

Desviación Estándar	0,0454	R²	0,994
media	4,31	R² Ajustado	0,9833
C.V. %	1,05	R² Predicho	0,9399
		Precisión Adecuada	34,0396

Los coeficientes del modelo, la desviación estándar y su coeficiente de variación se presentan en la tabla 18. El R² Pronosticado es de 0,9399; lo cual es razonable con respecto al R² Ajustado de 0,9833; es decir, la diferencia es inferior a 0,2. El valor de Precisión Adecuada mide la relación señal/ruido cuyo valor deseado debe ser superior a superior a 4, esta relación en el caso del acetaldehído es de 34,04 lo que indica una señal adecuada; por lo tanto, el modelo utilizado se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño experimental estudiado.

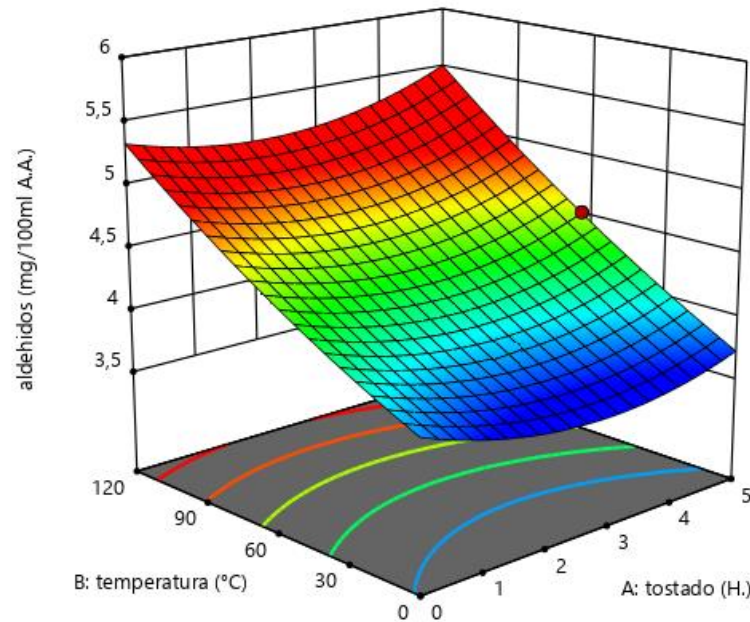


Gráfico 25. Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (acetaldehído).

En el gráfico 25 muestra la gráfica de superficie para la concentración de acetaldehído como función del tiempo de tostado de chips de roble (A) y temperatura de tratamiento térmico (B); La gráfica de superficie confirma que el parámetro de temperatura (B) ejerce el efecto más apreciable; seguido de; el tratamiento de oxidación (C). El factor tostado (A), a pesar de tener un efecto positivo presenta una influencia relativamente menor que la observada; además, en el mismo gráfico se puede observar que a través de este diseño se logró alcanzar una concentración máxima de 4,9459 mg/100 cm³ con respecto al acetaldehído (punto rojo marcado en el Diagrama de Superficie).

Respuesta 2: esteres (acetato de etilo)

El análisis de varianza de acetato de etilo se muestra en la tabla 19; donde, todos los efectos e interacciones de los factores analizados que presentaron una probabilidad menor que 0,05 fueron significativos.

Tabla 19. Anova para modelo cuadrático: Concentración de acetato de etilo vs tostado, temperatura y oxidación.

	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F-valor	p-valor	
Modelo	527,45	175,82	12,64	0,0007	
A-tostado	166,63	166,63	11,98	0,0053	significativo
B-temperatura	273,24	273,24	19,65	0,001	significativo
C-Oxidación	87,58	87,58	6,3	0,029	significativo

Los factores principales A, B y C son términos significativos del modelo con un nivel de confianza del 95% ($p=0.05$); además, el valor F del modelo es de 12,64 lo que implica que el modelo es significativo y solo hay una probabilidad del 0,07 % de que se produzca un valor F tan grande debido al ruido.

Tabla 20. Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de acetato de etilo.

Desviación Estándar	3,73	R²	0,7752
Media	37,94	R² Ajustado	0,7139
C.V. %	9,83	R² Predicho	0,5188
		Precisión Adecuada	10,8094

Los coeficientes del modelo, la desviación estándar y su coeficiente de variación se presentan en la tabla 20. El R² Pronosticado es de 0,5188; lo cual es razonable con respecto al R² Ajustado de 0,7139; es decir, la diferencia es inferior a 0,2. El valor de Precisión Adecuada mide la relación señal/ruido cuyo valor deseado debe ser superior a superior a 4, esta relación en el caso del acetaldehído es de 10.809 lo que indica una señal adecuada; por lo tanto, el modelo utilizado se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño experimental estudiado.

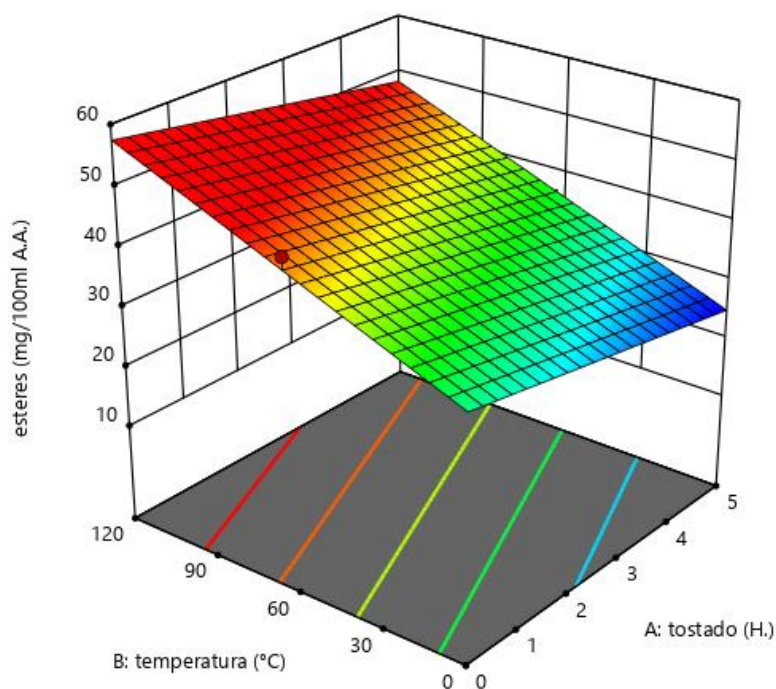


Gráfico 26. Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (acetato de etilo).

En el gráfico 26 muestra la gráfica de superficie para la concentración de acetato de etilo como función del tiempo de tostado de chips de roble (A) y temperatura de

tratamiento térmico (B); La gráfica de superficie confirma que el parámetro de temperatura (B) ejerce el efecto más apreciable; seguido de; el factor tostado (A). El factor oxidación (C) a pesar de tener un efecto positivo presenta una influencia relativamente menor que la observada; además, en el mismo gráfico se puede observar que a través de este diseño se logró alcanzar una concentración máxima de 48,7905 mg/100 cm³ con respecto al acetato de etilo (punto rojo marcado en el Diagrama de Superficie).

Respuesta 3: Furfural

El análisis de varianza de furfural se muestra en la tabla 21; donde, todos los efectos e interacciones de los factores analizados que presentaron una probabilidad menor que 0,05 fueron significativos.

Tabla 21. Anova para modelo cuadrático: Concentración de furfural vs tostado, temperatura y oxidación.

	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F-valor	p-valor	
Modelo	1,37	0,4554	19,86	< 0.0001	
A-tostado	0,4116	0,4116	17,95	0,0014	significativo
B-temperatura	0,9424	0,9424	41,09	< 0.0001	significativo
C-Oxidación	0,0123	0,0123	0,538	0,4786	no significativo

Los factores principales A y B son términos significativos del modelo con un nivel de confianza del 95% ($p=0.05$); además, el valor F del modelo es de 19,86 lo que implica que el modelo es significativo y solo hay una probabilidad del 0,01 % de que se produzca un valor F tan grande debido al ruido.

Tabla 22. Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de furfural.

Desviación Estándar	0,1514	R²	0,8441
Mean	5,99	Ajustado R²	0,8016
C.V. %	2,53	Predicho R²	0,6907
		Precisión Adecuada	14,578

Los coeficientes del modelo, la desviación estándar y su coeficiente de variación se presentan en la tabla 22. El R² Pronosticado es de 0,6907; lo cual es razonable con respecto al R² Ajustado de 0,8016; es decir, la diferencia es inferior a 0,2. El valor de Precisión Adecuada mide la relación señal/ruido cuyo valor deseado debe ser superior

a superior a 4, esta relación en el caso del furfural es de 14.578 lo que indica una señal adecuada; por lo tanto, el modelo utilizado se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño experimental estudiado.

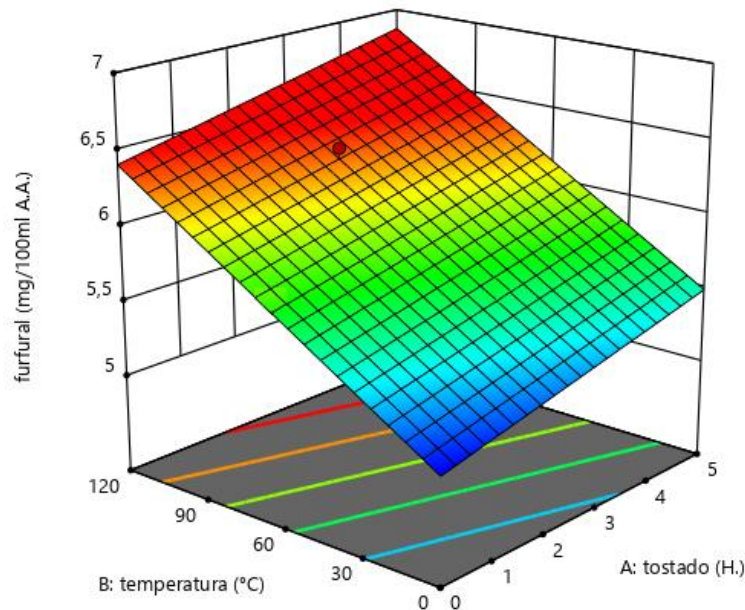


Gráfico 27. *Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (furfural).*

En el gráfico 27 muestra la gráfica de superficie para la concentración de acetato de etilo como función del tiempo de tostado de chips de roble (A) y temperatura de tratamiento térmico (B); La gráfica de superficie confirma que el parámetro de temperatura (B) ejerce el efecto más apreciable; seguido de; el factor tostado (A). El factor oxidación (C) no presenta una influencia notable; además, en el mismo gráfico se puede observar que a través de este diseño se logró alcanzar una concentración máxima de 6,4522 mg/100 cm³ con respecto al furfural (punto rojo marcado en el Diagrama de Superficie).

Respuesta 4: Color D.O. ($\lambda=440$)

El análisis de varianza de Color en $\lambda=440$ se muestra en la tabla 23; donde, todos los efectos e interacciones de los factores analizados que presentaron una probabilidad menor que 0,05 fueron significativos.

Tabla 23. Ajuste factorial: Densidad Óptica $\lambda=440$ vs tostado, temperatura y oxidación.

	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F-valor	p-valor	
Modelo	0,9627	0,107	14,77	0,0043	
A-tostado	0,1415	0,1415	19,54	0,0069	significativo
B-temperatura	0,5161	0,5161	71,27	0,0004	significativo
C-Oxidación	0,0535	0,0535	7,38	0,0419	significativo
AB	0,1414	0,1414	19,52	0,0069	significativo
AC	0,0014	0,0014	0,189	0,6818	no significativo
BC	0,0058	0,0058	0,7975	0,4127	no significativo
A ²	0,0005	0,0005	0,0714	0,8	no significativo
B ²	0,1009	0,1009	13,94	0,0135	significativo
C ²	0,005	0,005	0,6917	0,4435	no significativo

Los factores principales A, B y C, así como las interacciones AB y B² son términos significativos del modelo con un nivel de confianza del 95% ($p=0.05$); además, el valor F del modelo es de 14,77 lo que implica que el modelo es significativo y solo hay una probabilidad del 0,43 % de que se produzca un valor F tan grande debido al ruido.

Tabla 24. Estadígrafo del modelo ajustado a los datos experimentales de Densidad Óptica $\lambda=440$.

Desviación Estándar	0,0851	R²	0,9638
Mean	0,8475	Ajustado R²	0,8985
C.V. %	10,04	Predicho R²	0,4202
		Precisión Adecuada	12,9489

Los coeficientes del modelo, la desviación estándar y su coeficiente de variación se presentan en la tabla 24. El R² Pronosticado es de 0,4202; dicho valor no está cercano al R² Ajustado de 0,8985; es decir, la diferencia es mayor a 0,2; esto se puede deber a un efecto de bloque grande, el cual provoca que las interacciones entre los factores nos den valores de significancia mayores a 0,05. El valor de Precisión Adecuada mide la relación señal/ruido cuyo valor deseado debe ser superior a superior a 4, esta relación en el caso del acetaldehído es de 12,9489 lo que indica una señal adecuada; por lo tanto, el modelo utilizado se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño experimental estudiado.

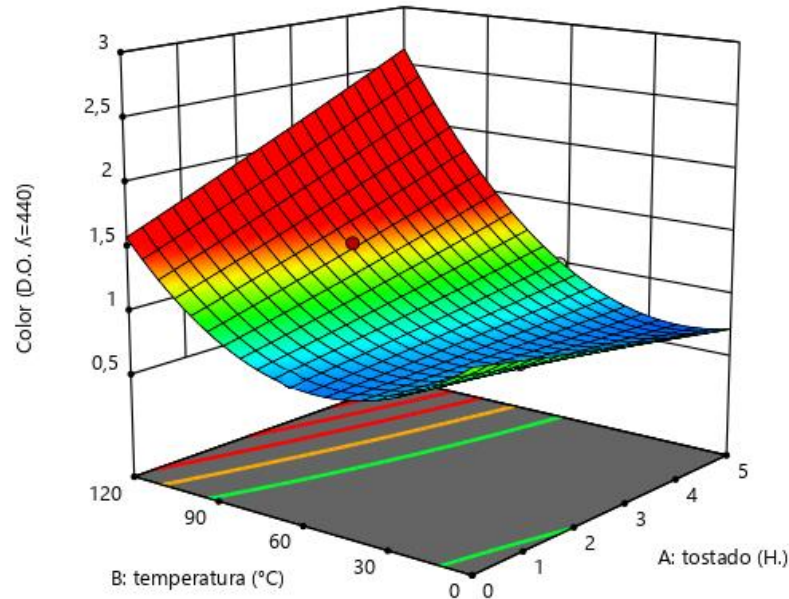


Gráfico 28. Diagrama de Superficie del Análisis de Varianza (Densidad Óptica $\lambda=440$).

En el gráfico 28 muestra la gráfica de superficie para el color (D.O. $\lambda=44$) como función del tiempo de tostado de chips de roble (A) y temperatura de tratamiento térmico (B); La gráfica de superficie confirma que el parámetro de temperatura (B) ejerce el efecto más apreciable; seguido de; el factor tostado (A). El factor oxidación (C) a pesar de tener un efecto positivo presenta una influencia relativamente menor que la observada; además, en el mismo gráfico se puede observar que a través de este diseño se logró alcanzar una absorbancia máxima de 1,47 unidades de densidad óptica con respecto a $\lambda=440$ (punto rojo marcado en el Diagrama de Superficie).

La densidad óptica en $\lambda=440$ se utiliza en el control de calidad de bebidas añejadas, este parámetro nos permite analizar el color, el cual se incrementa paulatinamente con respecto al tiempo de crianza del aguardiente.

En el anexo 4 se puede observar las gráficas de la Probabilidad Normal de los efectos estandarizados con $p=0,05$ y la Probabilidad Normal de los Residuos; para las variables respuesta que se optimizaron en esta investigación, lo cual ratifica el buen ajuste de los datos experimentales. La gráfica de probabilidad normal de los efectos estandarizados se divide en dos regiones. En la región por encima del 50% los factores y sus interacciones presentan coeficientes positivos; mientras que, en la región por debajo del 50% se presentan coeficientes negativos. Los factores e iteraciones que se encuentran sobre las líneas corresponden a una estimación de los errores, siendo no significativos; por otra parte, los factores e iteraciones que se encuentren alejados de la línea si son significativos. La probabilidad normal de los valores residuales se define como la

UCUENCA

diferencia entre los valores ajustados del modelo y los valores experimentales (Jaramillo et al., 2013).

Los modelos matemáticos que se presentan a continuación están en términos de factores codificados y se pueden usar para hacer predicciones sobre las diferentes respuestas en niveles establecidos para cada factor; es decir, permiten determinar la influencia de los factores sobre la variable respuesta.

$$\text{Acetaldehido} = 4,2068 - 0,068 * A + 0,794 * B + 0,119 * C + 0,0728 * A * B + 0,0864 * A * C + 0,0278 * B * C + 0,252 * A^2 + 0,099 * B^2 - 0,0785 * C^2 \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Acetato de etilo} = 37,9426 - 4,5638 * A + 11,6884 * B + 3,3087 * C \quad (\text{Ecuación 2})$$

Utilizando el modelo matemático de la ecuación 1 y la ecuación 2 se puede alcanzar una concentración máxima de 4.9459 mg/100 cm³ y 6,4522 mg/100 cm³ de alcohol absoluto de acetaldehído y acetato de etilo respectivamente; bajo las condiciones analizadas con un tiempo de tostado de chips de roble = 0 horas, Temperatura = 90°C y Tratamiento oxidativo con ozono = 2,5 minutos.

$$\text{furfural} = 5,9905 + 0,2268 * A + 0,6864 * B + 0,0393 * C \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$D.O. (\lambda = 440) = 0,7333 + 0,133 * A + 0,508 * B + 0,0818 * C + 0,376 * A * B + 0,0185 * A * C + 0,076 * B * C + 0,01183 * A^2 + 0,6613 * B^2 + 0,03683 * C^2 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Utilizando el modelo matemático de la ecuación 3 y la ecuación 4 se puede alcanzar una concentración máxima de 6,4522 mg/100 cm³ de alcohol absoluto y una absorbancia de 1,47 respectivamente; bajo las condiciones analizadas con un tiempo de tostado de chips de roble = 5 horas, Temperatura = 90°C y Tratamiento oxidativo con ozono = 2,5 minutos.

A continuación, se muestran modelos matemáticos sin codificar (ecuación 5, 6, 7 y 8) Aquí, los niveles deben especificarse en las unidades originales para cada factor. Estas ecuaciones no deben usarse para determinar el impacto relativo de cada factor porque los coeficientes están escalados para acomodar las unidades de cada factor.

$$\text{Acetato de etilo} = 27,5092 - 1,8255 * \text{tostado} + 0,1948 * \text{temperatura} + 1,3235 * \text{Oxidación} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$\begin{aligned} \text{aldehidos} = & 3,8226 - 0,2927 * \text{tostado} + 0,0082 * \text{temperatura} + 0,0648 * \\ & \text{Oxidación} + 0,000485 * \text{tostado} * \text{temperatura} + 0,0138 * \text{tostado} * \text{Oxidación} + \\ & 0,000185 * \text{temperatura} * \text{Oxidación} + 0,040332 * \text{tostado}^2 + 0,00002775 * \\ & \text{temperatura}^2 - 0,01256 * \text{Oxidación}^2 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$\text{furfural} = 5,0380 + 0,0907 * \text{temperatura} + 0,0114 * \text{tostado} + 0,0157 * \text{oxidación} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$\begin{aligned} D.O. (\lambda = 440) = & 1,191083 - 0,114067 * \text{tostado} - 0,021 * \text{temperatura} - 0,034567 * \\ & \text{Oxidación} + 0,0025067 * \text{tostado} * \text{temperatura} + 0,00296 * \text{tostado} * \text{Oxidación} + \\ & 0,0005067 * \text{temperatura} * \text{Oxidación} + 0,0018934 * \text{tostado}^2 + 0,000183703 * \\ & \text{temperatura}^2 + 0,005893 * \text{Oxidación}^2 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 8})$$

En el Anexo 5 se pueden ver los factores estudiados en cada tratamiento con respecto a sus variables de respuesta. Con el fin de obtener un mejor ajuste de los resultados obtenidos se decidió analizar el Proceso Acelerado de Envejecimiento utilizando el diseño de superficie Box-Behnken. Este diseño se aplica para optimizar varios procesos químicos y físicos; donde, el número de experimentos se determina de acuerdo a los requerimientos necesarios en el proceso (Jaramillo et al., 2013).

3.4 Determinación de características físicas

Muestras de ron envejecido en barriles de roble con diferentes años de crianza

Tabla 25. *Propiedades físicas de bebidas envejecidas de forma clásica.*

Muestra Ron	Intensidad Colorante	% Amarillo	% Rojo	%Azul	Tonalidad
3 años	0,218	89,45	8,72	1,83	10,26
4 años	0,261	81,99	13,03	4,98	6,29
7 años	0,595	72,44	19,33	8,24	3,75
18 años	0,885	75,59	18,08	6,33	4,18

En la tabla 25 se puede observar que la I.C. (Intensidad Colorante) es directamente proporcional al tiempo de crianza del ron, el destilado de caña al envejecer en barriles de roble adquiere mayor intensidad colorante con el tiempo. El porcentaje de color amarillo desciende a la par que el porcentaje de color rojo aumenta con el paso de los años. El porcentaje de color azul también tiende a aumentar con el tiempo, pero se mantiene en porcentajes relativamente inferiores en comparación al color amarillo y rojo.

Todas las muestras presentan un porcentaje mayor de amarillo, seguido de rojo y en menor proporción azul. la T (Tonalidad) nos indican la relación entre el color rojo y amarillo el cual disminuye su valor a causa del porcentaje de pérdida y ganancia de color amarillo y rojo respectivamente.

Según Rodríguez & Suárez, (2014) el envejecimiento en madera hace que el aguardiente pase de ser incoloro a presentar tonos amarillo-rojizos (Rodríguez & Suárez, 2014). Entonces los rones más jóvenes tendrán tonos amarillos más intensos, tonos rojos menos intensos y tonos azules bajos; por otra parte, los rones con más edad tienden a tener tonos amarillos menos intensos, tonos rojos más intensos y tonos azules más perceptibles. El matiz o tonalidad que adquiere el ron está determinado por el tiempo de crianza de la bebida y los estímulos descritos como amarillo, rojo y azul; son cualidades propias de cada bebida y evolucionan con el tiempo de envejecimiento. El incremento de color en bebidas añejadas está relacionado directamente con la extracción de materiales a partir de la madera (extracto seco) durante el proceso de envejecimiento (López et al., 2013); además, el tostado de la madera da paso a la formación de cromóforos marrón- amarillos, responsables del color característico de los aguardientes envejecidos (Rodríguez & Suárez, 2014).

Muestras de ron obtenidas con el uso de procesos acelerados de envejecimiento

Tabla 26. *Propiedades físicas del aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de envejecimiento.*

N°	Intensidad Colorante	% Amarillo	% Rojo	%Azul	Tonalidad
1	2,888	82,48	14,09	3,43	5,85
2	1,231	82,86	14,87	2,27	5,57
3	1,591	82,34	14,71	2,95	5,60
4	1,284	74,61	18,93	6,46	3,94
5	1,381	81,82	15,28	2,90	5,36
6	2,924	84,13	13,17	2,70	6,39
7	1,628	84,77	13,82	1,41	6,13
8	1,29	83,72	14,34	1,94	5,84
9	3,194	78,27	15,87	5,85	4,93
10	1,899	81,10	15,38	3,53	5,27
11	1,081	76,97	18,22	4,81	4,22
12	1,38	81,88	15,72	2,39	5,21
13	1,437	81,42	15,73	2,85	5,18
14	1,191	44,86	11,15	7,22	4,02
15	1,149	43,72	10,92	7,66	4,00

En la tabla 26 se puede observar que la intensidad colorante de las diferentes muestras de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de envejecimiento varía en un rango de 1,081 a 3,192; además, presentan matices intensos de amarillo-rojizos tal como se puede observar en el gráfico 21.

De la Peña (2021), menciona que cuando el roble destinado a envejecer aguardiente se somete a un tratamiento de tostado intenso y prolongado se hará presente con mayor fuerza una capa roja y habrá más color disponible que será otorgado al destilado en menor tiempo y su color será más intenso (De la Peña, 2021). La tonalidad de rones obtenidos con procesos acelerados cambia su valor a causa del porcentaje de pérdida y ganancia de color amarillo y rojo adquirido en cada tratamiento; además, presentan tonos amarillos intensos, tonos rojos muy intensos y tonos azules poco perceptibles.

Los resultados de absorbancia de las diferentes muestras envejecidas de forma clásica y de forma acelerada se pueden observar en el anexo 6 y 7 respectivamente.

3.5 Determinación de características organolépticas

Prueba de Normalidad

Tabla 27. Prueba de Normalidad de Parámetros Sensoriales.

N°	Color			Olor			Sabor			Apariencia		
	W	gl	Sig.	W	gl	Sig.	W	gl	Sig.	W	gl	Sig.
Tratamiento 1	1,00	3	1,00	1,00	3	1,00	1,00	3	1,00	1,00	3	1,00
Tratamiento 2	0,75	3	0,00		3		0,96	3	0,64	0,96	3	0,64
Tratamiento 3	1,00	3	1,00	0,75	3	0,00	0,89	3	0,36	0,75	3	0,00
Tratamiento 4	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00
Tratamiento 5	0,75	3	0,00		3		0,75	3	0,00	0,75	3	0,00
Tratamiento 6		3		0,96	3	0,64	0,92	3	0,46	1,00	3	1,00
Tratamiento 7	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00		3		0,75	3	0,00
Tratamiento 8	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00	1,00	3	1,00	0,75	3	0,00
Tratamiento 9	1,00	3	1,00	1,00	3	1,00	0,96	3	0,64	0,75	3	0,00
Tratamiento 10	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00	0,96	3	0,64	1,00	3	1,00
Tratamiento 11	0,75	3	0,00	1,00	3	1,00	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00
Tratamiento 12		3			3			3		1,00	3	1,00
Tratamiento 13		3		0,75	3	0,00	1,00	3	1,00	0,75	3	0,00
Tratamiento 14	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00
Tratamiento 15	0,75	3	0,00	0,75	3	0,00		3		0,96	3	0,64

UCUENCA

En la tabla 27 se puede observar los niveles de significancia de las diferentes muestras y se comprueba que existen niveles de significancia inferiores a 0.05 en cuanto al color, olor, sabor y apariencia por lo que rechazamos la hipótesis nula y establecemos que existe evidencia estadística de que los datos no son normales. Esta prueba plantea la hipótesis nula de que las muestras provienen de una distribución normal. Todas las muestras fueron calificadas por catadores expertos y contrastadas con ron obtenido de forma clásica.

La prueba de Shapiro-Wilk tiene gran nivel estadístico y se basa en una grafica de probabilidad donde se considera la observación en los valores esperados de la distribución hipotetizada; donde, el cociente de dos estimaciones de la varianza de la distribución normal de un grupo de datos nos indica un estadístico W (Pedrosa et al., 2014). Nuñez (2018) menciona que la estadística no paramétrica es la mejor opción al momento de procesar datos con distribuciones no normales o de distribución libre; es por ello, la importancia de realizar pruebas preliminares para asegurar el cumplimiento que deben cumplir los datos en el análisis paramétrico. Las pruebas no paramétricas como la prueba de Kruskal-Wallis o Friedman se usan cuando los datos se encuentran en escalas de medición, calificaciones, porcentajes o en datos ordinales (Nuñez, 2018). Una vez se estableció con una prueba de normalidad que los datos no tienen una distribución normal utilizamos la prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rangos y contrastes de hipótesis. Los valores de la estadística descriptiva se pueden ver en el anexo 9.

En cuanto a sus características sensoriales la calificación por parte de los catadores indica que para el atributo color la muestra número 9 tienen una mayor calificación indicando su aceptación como “me gusta mucho”, “me gusta moderadamente” y “me gusta levemente”. La mediana de los diferentes tratamientos varía entre 4 y 6; a “no me gusta ni me disgusta” y “me gusta moderadamente”, respectivamente”.

Para el atributo de olor la muestra que mejor calificación tuvo fue la muestra número 10 indicando su aceptación como “me gusta mucho” y “me gusta moderadamente”. La mediana de los diferentes tratamientos varía entre 3 y 7; correspondientes a “me disgusta un poco” y “me gusta mucho”, respectivamente.

En cuanto al atributo de sabor la muestra con mayor calificación fue la muestra número 9 indicando su aceptación como “me gusta moderadamente” y “me gusta levemente” y “me disgusta levemente”. La mediana de los diferentes tratamientos varía entre 3 y 5; correspondientes a “me disgusta levemente” y “me gusta levemente”, respectivamente.

UCUENCA

Finalmente para el atributo de apariencia la muestra número 6 mostró mayor puntaje por parte de los catadores indicando su aceptación como “me gusta mucho”, “me gusta moderadamente” y “me gusta levemente”. La mediana de los diferentes tratamientos varía entre 3 y 6; correspondientes a “me disgusta levemente” y “me gusta moderadamente”, respectivamente.

Prueba de Friedman

La hipótesis nula de la prueba de Friedman establece que los niveles de aceptación (gusto o disgusto) de los factores evaluados (color, olor, sabor y apariencia) por parte de los catadores es igual ante las 15 bebidas envejecidas de forma acelerada, las cuales fueron contrastadas con bebidas envejecidas de forma clásica, con un nivel de significancia del 5%;

Tabla 28. Resumen de la prueba de Friedman.

	Color	Olor	Sabor	Apariencia
N total	3	3	3	3
Estadístico de prueba	30,612	23,912	20,145	21,216
Grado de libertad	14	14	14	14
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,006	0,047	0,126	0,096
Hipótesis nula	Las distribuciones de los 15 tratamientos son iguales.	Las distribuciones de los 15 tratamientos son iguales.	Las distribuciones de los 15 tratamientos son iguales.	Las distribuciones de los 15 tratamientos son iguales.
Decisión	La hipótesis nula se rechaza	La hipótesis nula se rechaza	La hipótesis nula se conserva	La hipótesis nula se conserva

Los resultados obtenidos de la prueba de Friedman para cada factor evaluado se muestran en la tabla 28, los cuales ratifican los valores de la estadística descriptiva.

En cuanto a los factores evaluados de color y olor, se rechaza la hipótesis nula; es decir, existe evidencia estadística de que los niveles de aceptación de las diferentes muestras contrastadas con ron envejecido de forma clásica, por parte de los catadores varían según el tratamiento que recibió cada muestra.

En cuanto a los factores evaluados de sabor y apariencia, la hipótesis nula se conserva; es decir, se prueba estadísticamente que los niveles de aceptación de las diferentes muestras comparadas con ron envejecido de forma clásica, por parte de los catadores

es igual ante las 15 muestras de ron envejecido de forma acelerada, con un nivel de significancia del 5%

3.6 Comparación de características físico-químicas y organolépticas de bebidas añejadas de forma clásica y con el uso de procesos acelerados.

Características Químicas.

Los resultados obtenidos en la tabla 29 se generaron a partir de los modelos matemáticos dinámicos obtenidos en la tabla 15; dichos modelos, describen la evolución de los parámetros (acetaldehído, acetato de etilo y furfural) estudiados con respecto al tiempo de envejecimiento.

Tabla 29. *Tiempo equivalente de añejamiento de muestras de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de añejamiento.*

Muestra	Acetaldehído (años)	Acetato de etilo (años)	Furfural (años)
1	2,1	2,3	6,7
2	1,3	1,6	6,2
3	1,4	0,4	6,3
4	2,4	3,4	6,5
5	1,6	2,0	6,5
6	1,8	2,1	6,8
7	1,6	0,4	6,5
8	1,7	2,0	6,6
9	2,3	3,2	6,9
10	2,0	2,1	6,7
11	1,0	1,0	6,1
12	1,6	1,9	5,4
13	1,7	1,9	6,5
14	1,9	3,3	6,3
15	1,9	2,3	6,2

El análisis químico muestra que el tratamiento número 4 tiene una mayor concentración de acetaldehído y acetato de etilo; de igual manera, el mismo tratamiento presenta el mayor tiempo de estimación de añejamiento con 2,4 y 3,4 años respectivamente. Con respecto al furfural, el análisis químico muestra que el tratamiento número 9 tiene una mayor concentración de este compuesto con un tiempo equivalente a 6,9 años de envejecimiento.

Características Físicas.

De la Peña (2021) menciona que el nivel de tostado del roble no influye en gran manera en los tonos de las bebidas envejecidas, pero si en su intensidad (De la Peña, 2021). Las 15 muestras de aguardiente de caña sometidas a procesos acelerados de envejecimiento adquirieron mayor intensidad colorante con respecto a las muestras de ron envejecido de forma clásica; pero, los tonos de color amarillo (74,71% - 84,77%), rojo (10,92% - 18,22%) y azul (1,41% - 7,66%) no presentan gran variación porcentual y muestran porcentajes superiores a muestras de ron de 4 años de edad (amarillo = 81,99%; rojo = 13,02%; azul = 4,98%).

Características Organolépticas.

El acetaldehído es un compuesto de interés ya que su presencia en bebidas alcohólicas genera un notable olor fuerte afrutado y dulce. Los ésteres proporcionan notas aromáticas frutales y florales a las bebidas alcohólicas y se encuentran de forma abundante en las mismas; además, se ha visto que la mayoría de los ésteres se forman durante su almacenamiento por reacciones de esterificación de los ácidos grasos en concentraciones altas de etanol. (Molina et. al, 2007). El furfural trae a la mente recuerdos de panadería y olores a almendras; este compuesto, se forma por la deshidratación de las pentosas de la materia prima (Hidalgo, 2017)

Tabla 30. Información cualitativa con respecto a cada muestra.

N°	Observaciones:
1	Ligeras notas quemadas al gusto en boca. Ligeramente turbio.
2	Resalta notas de aguardiente. Sabor materia prima aguardiente. Notas fuertes a aguardiente seco.
3	Notas dulces tostadas cacao. Picante aguardiente. Aguardiente floral
4	Sabor fuerte a solvente. Turbio. Sabor a alcohol seco neutro
5	Notas quemadas. Picante aguardiente.
6	Agradable dulce notas avañilladas. Picante aguardiente. Aguardiente amargor intenso.
7	Notas fuertes alcohólicas. Picante aguardiente.
8	Mejor Color, Ron pasas Aroma
9	Tostado a nueces. Aroma ligero a aguardiente. Sin sabor
10	Roble muy presente agradable. Picante aguardiente. Aroma caramelo nuez
11	Aguardiente en aroma intenso. Sabor intenso aguardiente. Gasolina aroma
12	Solvente intenso. Sabor picante aguardiente. Plomo
13	Agradable un poco picante. Sabor picante.
14	Picante. Mejor color y sabor. Aromas dulces.
15	Aguardiente picante. Sabor ligeramente quemado.

UCUENCA

La cata permite identificar si un producto determinado alcanza las características organolépticas deseadas. Los profesionales encargados de este proceso tienen años de experiencia en supervisar la cadena de producción y sostenimiento en la repetibilidad de la calidad del ron; donde, trabajan paralelamente en el desarrollo de nuevos productos con diferentes estilos; acordes a tendencias del mercado nacional y de exportación. La capacidad de diferenciar e identificar variados sabores y aromas, acompañada de la habilidad para relacionarlos con las características deseadas se puede adquirir a través de una larga experiencia en su vida profesional. (Hoyer, 2012)

Según Maza (2002) la descripción sensorial del ron obtenido a partir de melazas se describe como: etanol puro, afrutado, ahumado, picante, vainilla, madera, caramelo, ciruelas pasas, canela, almendras, entre otras (Maza, 2002). La información cualitativa que se recogió por parte de los diferentes catadores nos indicó percepciones características propias del ron como “notas dulces”, “aguardiente floral”, “caramelo nuez”, “roble muy presente”, “notas avanilladas” entre otras. También se observaron percepciones no tan agradables como “sabor picante”, “sabor amargo”, “solvente”, etc. Rodríguez & Suarez, 2014 mencionan que un tostado fuerte del roble favorece la degradación de taninos hidrolizables los cuales en mayor proporción son responsables de un sabor amargo y astringente de la bebida (Rodríguez & Suarez, 2014).

Asclepius (2016); menciona que, los chips de roble con un grado de tostado suave brindan a la bebida sabores a roble, con un tostado medio se logra obtener notas a vainilla y con un tostado fuerte el olor a almendras se intensifica; de igual manera, la graduación alcohólica del aguardiente que entra en contacto con las virutas influye en la extracción de aromas. Con una graduación entre 40 y 50°GL el aroma que más se percibe es el azúcar, entre 51 y 55°GL el aroma que más se percibe es la vainilla y entre 45 y 50°GL se podrá percibir una combinación de vainilla y azúcar (Asclepius, 2016)

3.7 Evaluación de resultados.

Diversas investigaciones en bebidas destiladas se han realizado para evaluar los factores que influyen en la calidad fisicoquímica y “bouquet” (aroma de buena calidad) final que varía durante el proceso de envejecimiento (López et al., 2013). En bebidas alcohólicas como el ron el etanol es la sustancia que se percibe en mayor cantidad; pero; los aldehídos y ésteres influyen directamente el buqué de la misma (Bernal, 2010). El furfural es un compuesto característico de los licores añejos ya que su concentración aumenta con el tiempo de envejecimiento. (Hidalgo, 2017).

UCUENCA

Caracterizar la composición de bebidas alcohólicas brinda ventajas en cuanto al procesamiento de materias primas, mejoramiento de propiedades sensoriales finales, selección adecuada del tipo de roble a utilizar en procesos de reposo y añejamiento; entre otras (Molina et. al, 2007). Es por ello que evaluar el comportamiento de compuestos que evolucionan en la crianza de destilados nos ayudará a estandarizar procesos que nos permitan obtener bebidas con características deseadas.

Van Jaarsveld et al. (2008); menciona que, a una concentración de 55% (v/v) de etanol en un destilado se da una mayor extracción de compuestos de la madera y mejora la calidad de la bebida (Van Jaarsveld et al. 2008). En general el uso de roble granular francés con tostado medio presenta mayores valores en contenido fenólico, capacidad antioxidante y parámetros de color en el producto final (Aldaz & Peña, 2018)

El envejecimiento acelerado de aguardientes brinda ventajas de reducción de costes pues ayuda a reducir el tiempo de espera para obtener el producto final deseado; también, reduce costos de inversión y espacio para la construcción de almacenes de añejamiento (Sánchez, 2015). Por otra parte, se puede obtener productos de fácil reproducibilidad al seguir un control adecuado de sus procesos. La producción puede incrementarse y puede dar como resultado productos de diferentes características, teniendo siempre en cuenta que sean similares a productos comerciales (Sánchez et al.,2020). En esta investigación se pudo obtener en un menor tiempo productos con diferentes características de añejamiento comparables con productos envejecidos de forma clásica. Se espera que esta sirva como guía para futuras investigaciones que ayude a brindar valor agregado al aguardiente de caña.

El objetivo de esta investigación fue evaluar acetato de etilo, acetaldehído y furfural en aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de envejecimiento. La optimización de estos procesos nos permitió identificar las condiciones idóneas de cada factor (tostado, temperatura, oxidación) para lograr obtener una máxima concentración de los compuestos en estudio; pero, hay que tener en cuenta que los congéneres son sustancias nocivas; es por ello que, la evaluación se efectuó con el fin de comprender su evolución en procesos acelerados de envejecimiento y en procesos clásicos de envejecimiento. Según Hernández et al., (2014) el aumento en la concentración de congéneres provoca cambios en el aroma, gusto y problemas en la salud del consumo (Hernández et al., 2014); también Asclepius (2016) menciona que grandes cantidades de sustancias nocivas (congéneres) en aguardientes provoca dolores de cabeza luego de su consumo (Asclepius 2016)

UCUENCA

El catador experto basa sus decisiones en la experiencia, entrenamiento e información de tipo analítico en cuanto a las propiedades físico-químicas. Dicha información es útil para identificar el origen y naturaleza del estímulo que el consumidor percibe; pero, no aporta información sobre la sensación que el consumidor experimenta al ingerir el producto. Es por ello que la evaluación sensorial facilita en gran medida la obtención de dicha información, lo que hace que esta herramienta sea de utilidad para enólogos, departamentos de producción, departamento de control de calidad y ayuda a mejorar el desarrollo de nuevos productos (González, 2012). En esta investigación se realizaron 15 diferentes tratamientos para obtener ron con procesos acelerados; todas las muestras adquirieron características físico, químicas y organolépticas diferentes. Se observa que la variación de acetaldehído, acetato de etilo y furfural se comportan muy similares; por ello, todas las muestras se evaluaron por catadores profesionales; dicha evaluación nos ayudó a determinar que los tratamientos en los que se logró la mayor concentración de estos compuestos, no corresponden a los tratamientos con las mejores características organolépticas; es decir; una mayor concentración de estos compuestos no implica necesariamente las mejores características organolépticas.

El uso de chips de roble no sustituye la crianza del aguardiente en barriles; pero, el conocer las diferentes reacciones que ocurren en el proceso de añejamiento clásico y recrear condiciones para envejecer aguardiente con el uso de procesos acelerados puede ayudar a obtener nuevos productos; los cuales inclusive, se puedan utilizar para matizar o complementar bebidas envejecidas de forma clásica.

La información recopilada nos permitió establecer que los mejores resultados físico, químicos y organolépticos se obtienen al utilizar un proceso acelerado de envejecimiento empleando chips de roble francés al aumentar su grado de tostado medio y ser expuestos a 190°C durante 5 horas con una degradación de 13,27% de su peso total; seguido de, un tratamiento térmico de aguardiente en presencia de chips de roble a una temperatura de 60°C durante 30 minutos; posterior a ello, una exposición de 5 minutos a una corriente enriquecida en ozono para acelerar las reacciones de oxidación. Los resultados que se obtienen al emplear este proceso corresponden a un tiempo estimado de 2 años de envejecimiento natural y sus características organolépticas se definen como “me gusta levemente” y “me gusta moderadamente”.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo de titulación se evaluó la presencia de acetaldehído, acetato de etilo y furfural en aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de envejecimiento; lo cual, se contrastó con bebidas envejecidas de forma clásica. Las características físicas, químicas y organolépticas se evaluaron gracias a los resultados obtenidos por espectrofotometría, cromatografía de gases, y el análisis sensorial de catadores expertos respectivamente.

Mediante este trabajo se consiguió obtener aguardiente de caña envejecido de forma acelerada con el uso de chips de roble francés con diferente grado de tostado. Los 15 diferentes tratamientos provocaron cambios físico-químicos y organolépticos sobre el aguardiente de caña crudo cuyas concentraciones de acetaldehído, acetato de etilo y furfural se encuentran dentro de lo permitido en la norma INEN: 362, 2014. La aplicabilidad de estos procesos los cuales brindan cuerpo y provocan cambios físico químicos y organolépticos al aguardiente de caña en menor tiempo podría extenderse al ser utilizados para envejecer destilados provenientes de diferentes materias primas.

El tiempo de envejecimiento presenta influencia en la concentración de acetaldehído, acetato de etilo y furfural en muestras de ron envejecido de forma clásica (3, 4, 7 y 18 años); a medida que el tiempo de envejecimiento avanza existen incrementos notables de su concentración. Estos incrementos son los que brindan a la bebida añejada características únicas y propias del ron, correspondientes a la edad de crianza del destilado. La concentración de acetaldehído, acetato de etilo y furfural que se determinó en las muestras de ron envejecido de forma acelerada evolucionó y se alcanzaron concentraciones superiores con respecto al aguardiente de caña crudo utilizado como materia prima en los 15 diferentes tratamientos. Las concentraciones obtenidas se encuentran dentro de lo permitido por la norma INEN: 363, 2016.

El análisis sensorial permitió evaluar los factores organolépticos de las bebidas alcohólicas obtenidas con procesos acelerados de envejecimiento las cuales se contrastaron con ron envejecido de forma clásica. Los atributos organolépticos de color y olor de las muestras de ron obtenido con procesos acelerados si mostraron diferencia significativa en los niveles de aceptación de los catadores con valores de 0,006 y 0,047 respectivamente. Mientras que los atributos organolépticos de sabor y apariencia no

UCUENCA

mostraron diferencia significativa en los niveles de aceptación de los catadores con valores de 0,126 y 0,096 respectivamente. La bebida con mejores características organolépticas (color, olor, sabor y apariencia) se obtuvo al utilizar chips de roble francés al aumentar su grado de tostado medio y ser expuestos a 190°C durante 5 horas con una degradación de 13,27% de su peso total; seguido de, un tratamiento térmico de aguardiente en presencia de chips de roble a una temperatura de 60°C durante 30 minutos; posterior a ello, una exposición de 5 minutos a una corriente enriquecida en ozono para acelerar las reacciones de oxidación; también, todas las bebidas mostraron mayor intensidad colorante al ser contrastadas con ron envejecido de forma clásica.

Mediante la optimización del proceso acelerado de envejecimiento de aguardiente de caña se pudo establecer que los mejores resultados para acetaldehído y acetato de etilo con un valor máximo de 4,95 y 48,79 mg/100cm³ de alcohol absoluto respectivamente; se obtuvieron con el uso de chips de roble sin aumentar su grado de tostado medio; seguido de, un tratamiento térmico de aguardiente en presencia de chips de roble a una temperatura de 90°C; posterior a ello, una exposición de 2,5 minutos a una corriente enriquecida en ozono para acelerar las reacciones de oxidación. En cuanto al furfural y el color en $\lambda=440$ los mejores resultados mostraron un valor máximo de 6,45 mg/100cm³ de alcohol absoluto y una absorbancia de 1,47 respectivamente; los cuales se obtuvieron con el uso de chips de roble francés al aumentar su grado de tostado medio y ser expuestos a 190°C durante 5 horas con una degradación de 13,27% de su peso total; seguido de, un tratamiento térmico de aguardiente en presencia de chips de roble a una temperatura de 90°C; posterior a ello, una exposición de 2,5 minutos a una corriente enriquecida en ozono para acelerar las reacciones de oxidación.

V. RECOMENDACIONES

A partir del estudio realizado se recomienda:

- Validar los resultados obtenidos en esta investigación logrando la repetibilidad y reproducibilidad de estos procesos, los cuales se pueden utilizar para envejecer destilados provenientes de otro tipo de materia prima.
- Realizar un tratamiento de refinación a la materia prima con el fin de eliminar olores y sabores que pueden afectar los niveles de aceptación del producto final.
- Utilizar diferentes cantidades de chips de roble para establecer una cantidad óptima de material el cual nos permita lograr el producto final que se desee.
- Realizar un seguimiento de alcoholes superiores en aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de envejecimiento con el fin de evaluar su comportamiento ante los diferentes procesos utilizados; además, se recomienda se hagan estudios con repeticiones en un lapso de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, D. (2013). *Proceso de producción del licor pájaro azul, para convertirlo en producto exportable con estándares de calidad*. Tesis de magíster. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9527>
- Aguirre, A. (10 de septiembre de 2009). *La degustación sensorial de rones*. Excelencias Gourmet. Recuperado de: <https://www.excelenciasgourmet.com/es/noticia/la-degustacion-sensorial-de-rones>
- Aldaz, E & Peña E. (2018). La revista de la cultura del ron RUMPORTER. *La edad del Ron*. Volúmen 2. DI: M-16096-2018.
- Núñez, C. (2018). *Análisis de varianza no paramétrica: un punto de vista a favor para utilizarla*. Revista Acta Agrícola y Pecuaria. 69-79.
- Romero, et al. (2016). *REVISIÓN DE LOS COMPUESTOS RESPONSABLES DEL OLOR Y SABOR DEL TEQUILA*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1-6.
- Álvarez, L. (2013). Estudio del potencial enológico de los productos de madera de rebollo (*quercus pyrenaica willd.*) autóctono de castilla y león para la producción de vinos de calidad. (Doctora), Universidad de Valladolid, Valencia. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/4576>
- Aranda, I., Ramírez, J, & Rodríguez, J. (2014). *Características funcionales que influyen en la respuesta a la sequía de las especies del género Quercus: variación inter- e intra-específica*. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente, 2-11.
- Asclepius, M. (2016). Manual de destilación Urbana. *Guía moderna para la elaboración y destilación de ron, brandy, vodka, tequila, calvados, schnaps y destilados neutros basados en mostos azucarados y afrutados*. Tomo 1. 1-34.
- Bacio, V. (2007). "Optimización Multi-Objetivo en el Problema de Metodología de Superficie Multi-Respuesta". Tesis de grado. Centro de investigación de Matemática. Guanajuato, México. Recuperado de: <https://ciimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/69/2/TE%20221.pdf>

Barquero, M. (2006). Principios y aplicaciones de la Cromatografía de gases. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Recuperado de: <https://editorial.ucr.ac.cr/ciencias-naturales-y-exactas/item/2232-principios-y-aplicaciones-de-la-cromatografia-de-gases.html>

Bernal, M. (2010). *La nacionalidad del ron, asociación de estados del caribe denominación de origen común del ron*. Universidad de Panama. Recuperado de: <http://up-rid.up.ac.pa/1122/1/Marisela%20Bernal.pdf>

Blanco, C., Giménez, R., González M., & Vazquez M. (2000). *Aplicación de la Técnica del Envejecimiento Acelerado del Brandy sobre el Contenido Polifenólico en varios Tipos de Rones*. Recuperado de: http://www.latamjpharm.org/trabajos/19/4/LAJOP_19_4_1_2_K8BYPVD3G7.pdf

Briones, A & García, D. (2018). *Destilación artesanal de dos licores: uno a base de palmiche (Euterpe oleracea) y otro a base de arazá (Eugenia stipitata), frutas nativas de la Amazonía*. Tesis de grado. Universidad Iberoamericana del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.unibe.edu.ec/xmlui/handle/123456789/70>

Carvajal, B., Gimenez, R., González, M, & Vázquez, M. (2000). *Aplicación de la Técnica del Envejecimiento Acelerado del Brandy sobre el Contenido Polifenólico en varios Tipos de Rones*. Instituto Cubano de Investigaciones De los Derivados de caña de azúcar. La Habana. Cuba. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/6926>

Castro, J. (2014). *El Ron, Envejecimiento u añejamiento*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/245909568/El-Ron-Envejecimiento-u-Anejamiento>

Coldea, T. & Mudura, E. (2017). Avances en las pruebas de autenticidad y calidad de bebidas destiladas. InTech. <https://cdn.intechopen.com/pdfs/58003.pdf>

Corrales & Caycedo, (2019). *Principios fisicoquímicos de los colorantes utilizados en microbiología*. NOVA 2020. 1-28

Cruz, P. (2016). *Aplicación del Análisis Complejo de Procesos al sistema tecnológico de producción de la Ronera Central*. Trabajo de diploma. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara, Cuba. Recuperado de: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/9851/Molina%20Gonz%C3%A1lez%20Dianelys.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De la Peña, M. (2021). *El color del whisky*. Recuperado de:
<https://mariadelapena.com/color-del-whisky/>

Díaz, O., Salazar, R & Cárdenas, G. (2013). *Experiencia de producción piloto en Tucumán, R. Argentina*. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán, 1-12. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-30182013000100003&script=sci_abstract&tlng=pt

Droguet, M & Gutierrez, M. (2002). LA CROMATOGRAFÍA DE GASES Y LA ESPECTROMETRÍA DE MASAS: IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS DE MAL OLOR. Recuperado de:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2733/5CROMGASES.pdf>

Espinosa, (2017). (Grado en Enología), Universidad de a Rioja, Logroño.

Fernández, I & García, E. (2012). *Cuantificación de compuestos por cromatografía: Método del Patrón Interno*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Recuperado de:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16356/M%C3%A9todo%20Patr%C3%B3n%20Interno.pdf?sequence=2>

Gallego, A., Garcinuño, R, & Morcillo, J. (2013). Experimentación en química analítica. Madrid: Uned. Recuperado de: <https://books.google.co.cr/books?id=E-g4CgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

García, M. (2016). *“Apuntes para Espectrometría de Radiación Ultravioleta Visible (UV/VIS)”*. Universidad Autónoma del Estado de México. CDMX, México. Recuperado de:
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68318/secme1814.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gómez, J. (2014). Las bebidas de antaño en Quito. Recuperado de:
<https://www.rayuela.ec/l/bebidas-de-antano-en-quito-las/40615/9789942205780>

González, M., Vázquez, M., & Redondo., D. (2006). Estudio comparativo de rones y aguardientes añejados en barriles de roble y por el proceso acelerado. *Instituto*

Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Habana, Cuba. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120665002.pdf>

González, R. & Baleta, L. (2010). Cuantificación y comparación de sustancias marcadoras de envejecimiento de rones envejecidos aceleradamente y en barriles de roble. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Recuperado de:
<http://oaji.net/articles/2017/4924-1495306331.pdf>

González, R., Calderón L, & Cabeza, R. (2008). Cuantificación de Sustancias Marcadoras de Envejecimiento en *Quercus humboldtii* por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia. *Temas Agrarios*, 13(2), 56-63. <https://doi.org/10.21897/rta.v13i2.670>

González, X. (2012). *Desarrollo de una tecnología para elaborar una bebida alcohólica a partir de la grosella blanca (Phyllanthus acidus)*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. Recuperado de:
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3164>

Guillen, B., Araiza, L., Cerna, E., Valenzuela, J, & Landeros, J. (2012). *Métodos no paramétricos de uso común*. International Journal of Good Conscience. 132-155.

Gutiérrez, H & de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Mac Graw Hill. Segunda edición. Recuperado de:
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

Hatta, B., & Palma, J. (2009). *XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Evolución de los Componentes Volátiles Mayoritarios del Pisco Durante la Destilación*. Lima_Perú_Recuperado_de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1750>

Hernández, F., Recalde, V, & Erazo, A. (2015). *DETERMINACIÓN DE CONGÉNERES EN ALCOHOL EXTRA NEUTRO RECTIFICADO EMPLEADO EN LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS*. Revista Scielo. Vol.13. ISSN 1692-3591.

Hidalgo T & Cecibel, G. (2017). *Elaboración de licor añejo con residuo de cascarilla y almendra de cacao nacional (Theobroma cacao L.)*. Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. Recuperado de:
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2260>

Hoyer, O. (2012). Omar J. Hoyer Gerencia de A&B. "Como Catar ron" *Procedimientos Básicos*. Recuperado de: <https://omarjhoyer.wordpress.com/2012/09/30/como-catar-ron-procedimientos-basicos-2/>

Huamán, N., Reaño, G, & Allca, E. (2016). *EFFECTO DEL CORTE DE COLA Y TIEMPO DE GUARDA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL PISCO DE UVA ITALIA*. Revista de la sociedad química de Perú. 1-12

INEN:2014, (2015). *Bebidas alcohólicas. Determinación de productos congéneros por cromatografía de gases*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_2014.pdf

INEN:338, (1992). *Bebidas alcohólicas*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_338.pdf

INEN:350, (1978). *Bebidas alcohólicas. Ensayo de catado*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_350.pdf

INEN:2015, (1994). *Bebidas alcohólicas añejamiento, requisitos*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_2015.pdf

INEN:363, (2016). *Bebidas alcohólicas, ron, requisitos*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_363-5.pdf

INEN:363, (2015). *Bebidas alcohólicas, ron, requisitos*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_365-5r.pdf

INEN:363, (1992). *Bebidas alcohólicas, ron, requisitos*. Recuperado de: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/363.pdf>

INEN:363, (2013). *Bebidas alcohólicas, ron, requisitos*. Recuperado de: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/363-4R.pdf>

INEN:362, (1992). *Bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña rectificado. Requisitos*. Recuperado de: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/362.pdf>

INEN:362, (2014). *Bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña. Requisitos*. Recuperado de: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/362-5.pdf>

INEN:1837, (2016). *Bebidas alcohólicas. Licores. Requisitos*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1837-2.pdf

INEN:1933, (2015). *Bebidas alcohólicas. Rotulado*. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1933_1R.pdf

INEC. (2012) Sistema Integrado de Consultas y Nomenclaturas. *Ficha técnica de productos químicos*. Recuperado de: https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_quimico.php?id=35260.44.06

Iñiguez, J. (2010). *ALGUNAS CONSIDERACIONES TEORICO-PRACTICAS SOBRE LA DESTILACION INTERMITENTE EN ALAMBIQUE SIMPLE DE MOSTOS FERMENTADOS, Y ORDINARIOS Parte 3: La Segunda destilación*. Revista Electrónica Ingeniería Primero - ISSN: 2076-3166. 1-17

Jaramillo, A. (2013). *Diseño Box-Behnken para la optimización de la adsorción del colorante azul ácido sobre residuos*. Ingeniería y Ciencia. 75-91.

Jaramillo, A., Echavarría, A & Hormaza, A. (2013). *Diseño Box-Behnken para la optimización de la adsorción del colorante azul ácido sobre residuos de flores*. Ingeniería y Ciencia. 1-17.

Kim, et al (2017). . Journal Of AOAC International. *Simultaneous Determination of Volatile Organic Compounds in Commercial Alcoholic Beverages by Gas Chromatography with Flame Ionization Detection*. Recuperado de: <https://academic.oup.com/jaoac/article/100/5/1492/5654334>

López, J., Sandra, T, & Estarrón, M. (2013). *Cambios fisicoquímicos del tequila durante el curso de la maduración en diferentes barricas*. CIATEJ. Recuperado de: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/133/1/Cartel%20BQA%202013.pdf>

López, J. (2019). *Estudio comparativo para la selección del detector de un prototipo de espectrofotómetro de luz visible*. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18787/1/T-UCE-0017-IQU-041.pdf>

- Martí, C., Fabelo, J., González, E., Benavides, A & Rodríguez, Y. (2018). *COMPORTAMIENTO DE PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS NAVES DE AÑEJAMIENTO EN LA RONERA CENTRAL "AGUSTÍN RODRÍGUEZ MENA"*. Revista Centro Azúcar. 1-10. Recuperado de:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2223-48612018000400005&lng=es&nrm=iso
- Maza, S. (2002). *Rum aroma descriptive análisis*. Louisiana State University. Baton Rouge, Luisiana. Recuperado de:
https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3769&context=gradschool_theses
- Mills, N., Lopes, P., & Cabral., M. (2007). *EL OXÍGENO REAVIVA EL DEBATE SOBRE TAPONADO*. Australian & New Zealand Grapegrower and Winemaker 34th Annual Technical Issue. 1-8.
- Molina, J., Botello, J., Estrada, A., Navarrete, J., Jiménez, J., Cárdenas, M, & Rico, R. (2007). Compuestos volátiles en el Mezcal. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 41-50.
- Mora, M (2018). *ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE EXPORTACIÓN DEL ALCOHOL ANHIDRO DESNATURALIZADO (ETANOL) AL MERCADO INTERNACIONAL: CASO EMPRESA EMDIQUIN CIA LTDA.* Recuperado de:
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14968/AN%C3%81LISIS%20DE%20L%20POTENCIAL%20DE%20EXPORTACI%C3%93N%20DEL%20ALCOHOL%20ANHIDRO%20DESNATURALIZADO%20%28ETANOL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, F. (2015). *PROCESOS Y ARTILUGIOS PARA FABRICAR RON EN LAS ISLAS ATLÁNTICAS*. 60.
- Moya, S. (2013). *Efecto de diferentes tipos de alteraciones sobre la estabilidad de los licores de crema*. (Ingeniería en Alimentos), Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona TECH <https://core.ac.uk/download/41808381.pdf>
- Muñoz, J. (10 de febrero de 2010). *Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad*. México. Recuperado de: www.mediagraphic.org.mx
- Nuñez, C. (2018). Análisis de varianza no paramétrica: un punto de vista a favor para utilizarla. Acta Agrícola y pecuaria. 1-11.
- Olgúin, L., & Rodríguez, R. (2004). *Cromatografía de gases*. México.

Ortiz, M. & Boluda, C. (2019). *Determinación de marcadores de añejamiento en rones envejecidos por cromatografía de gases*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25523.17443>

Parrales, A., Reyes, M & Pine, W. (2012). *Cromatografía del Gas Natural*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/32277>

Pedrosa, I., Juarros, J., Robles A., Basteiro., J & García E. (2014). *Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?* Universidad de Oviedo, España, Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rups/v14n1/v14n1a21.pdf>

Pérez, V. (2011). *Estudio sobre la influencia de 4-etilfenol y sus percursoros, 4-vinilfenol y ácido p-cumárico, en la evolución del color de vinos tintos*. Universidad Católica Portuguesa. Lisboa. Portugal. Recuperado de: <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/3424>

Plaza, V. & Sung, E. (2011). *DETERMINACIÓN DE ALCOHOL, ACIDEZ Y AZÚCARES EN BEBIDAS ALCOHÓLICAS MEDIANTE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA*. Recuperado de: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5691/1/08459.pdf>

Raigoza, E. (2017). *Validación del método de determinación de la edad de los rones por cromatografía líquida de alta eficiencia*. Tesis de grado. Corporación universitaria Lasallista. Antioquia, Colombia. Recuperado de: repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2229/1/Método_edad_ronesHP LC.doc.pdf

Ramos, J. (2019). *Análisis de las propiedades fisicoquímicas del ron añejo de caña*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo Perú. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14881>

Rodríguez. P. (2011). *COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PERFIL SENSORIAL DE VINOS DE CRIANZA DE LA D.O. JUMILLA*. Doctorado. Universidad de Murcia. Murcia, España. Recuperado de: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/31742>

Rodríguez, R. (2014). *ESTUDIO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDAS CON AGUARDIENTE DE ORUJO: DESDE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS HASTA EL PRODUCTO FINAL*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo. Vigo, España. Recuperado de: <https://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/376>

Rodríguez, R., & Suárez, B. (2014). El roble y su utilización en el envejecimiento del aguardiente de sidra. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA*, 54-58.

Rivera, A., & Valadez, L. (2017). "Evaluación de los parámetros físico- químicos de control de calidad en los diferentes tipos de rones elaborados en la industria Ron Clásico de Colima, en base a la norma oficial mexicana NOM-142-SSA1/SCFI-2014". Recuperado de:
<https://dspace.itcolima.edu.mx/jspui/bitstream/123456789/1271/1/ANA%20KARINA%20C%20LUIS%20MARTIN.pdf>

Sánchez, C., Lara, A., & Mejías, M. (2020). Estudio de un método novedoso para la fabricación del ron bucanero y su influencia en los parámetros de control de calidad. *Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría*. Habana, Cuba. Recuperado de:
https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_II/CII-57.pdf

Sánchez, M. (2015). Estudio del comportamiento de "holandas" de diversos orígenes vitivinícolas durante su envejecimiento por diferentes metodologías tradicionales y aceleradas. [Memoria presentada previa obtención del título de Doctor]. Universidad de Cádiz & Centro Andaluz de Investigaciones Vitivinícolas. Recuperado de:
<https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/18455/Tesis%20Rodin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, V. (17 de octubre de 2011). Agenda Química Virtual. *Cocinando a presión*. Recuperado de: <http://agendaquimica.blogspot.com/2011/10/cocinando-presion.html>

Sosa, M, & Boluda C. (2019). Determinación y cuantificación de marcadores de añejamiento en rones envejecidos por cromatografía de gases. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/335393546_Determinacion_de_marcadores_de_anejamiento_en_rones_envejecidos_por_cromatografia_de_gases

Skoog, D., Holler, F, & Nieman, T. (1998). Espectrometría visible y ultravioleta. *PRINCIPIOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL*. 5° ed. 353-367. Recuperado de:
<https://mibackupdelibrosiqu.webnode.es/products/douglas-a-skoog-f-james-holler-timothy-a-nieman-principios-de-analisis-instrumental-5ed-mcgrawhill-pdf/>

Téllez, P., Peraza, F., Velasco, A & González, A. (2012). *Optimización del proceso de fermentación para la producción de tequila, utilizando la metodología de superficie de respuesta (msr)*. Revista mexicana de ingeniería química. Vol. 11. 163-167.

UPAEP, (2014). *Análisis Sensorial*. Gastronomía. 1-76

Vásquez, I (2013). *Determinación de acetato de etilo en bebidas alcohólicas destiladas con añejamiento (ron) por el método de cromatografía de gases*. Trabajo de investigación para optar por el grado de Química de Alimentos. Quito: UCE.
Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4381>

Van Jaarsveld, F., Hattingh, S., & Minnar. P. (2008). *Rapid Induction of Ageing Character in Brandy Products – Part I. Effects of Extraction Media and Preparation Conditions*. Department of Medical Physiology, University of Stellenbosch.1-15. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/50926135_Rapid_Induction_of_Ageing_Character_in_Brandy_Products_-_Part_II_Influence_of_Type_of_Oak

WSET. (2020). *Introducción a los espirituosos*. Recuperado de: https://www.wsetglobal.com/media/8431/wset_l1spirits_workbook_es_jul2020_issue12.pdf

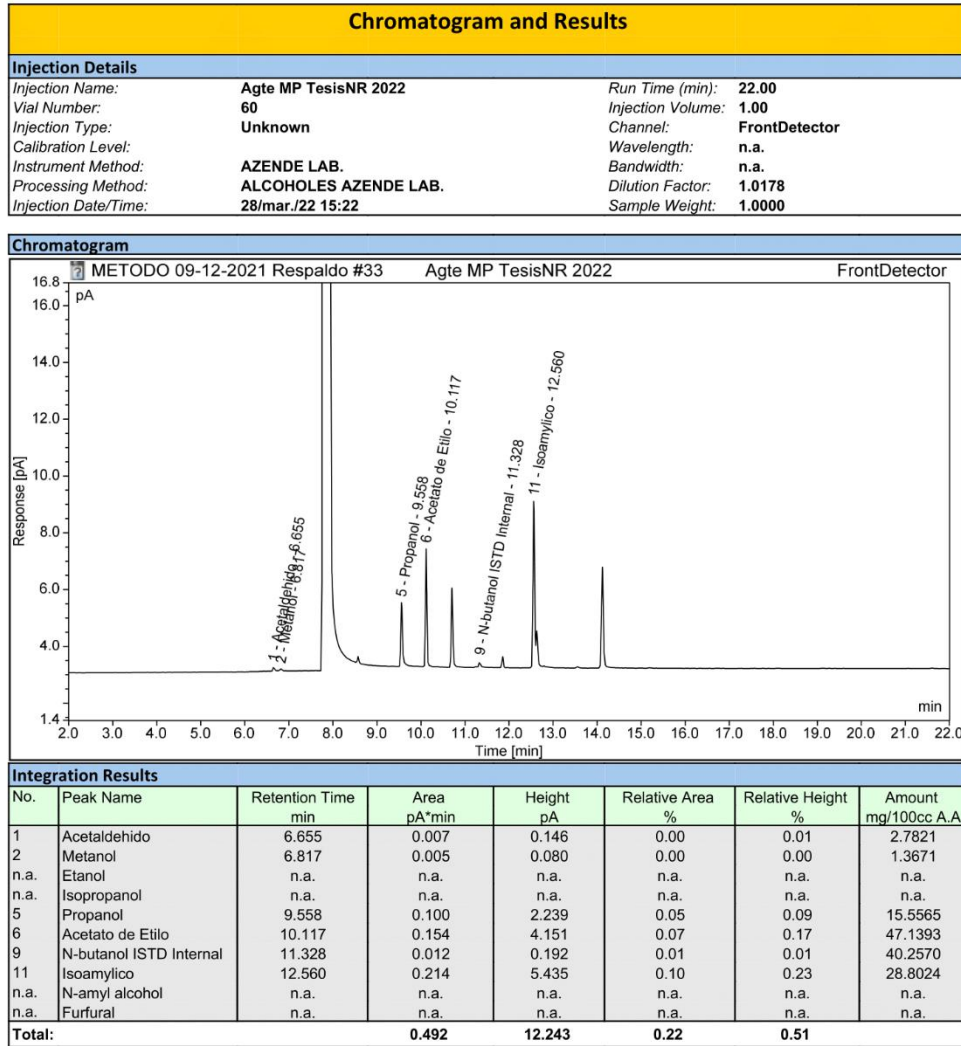
Zegarra, D. (25 de marzo de 2002). *LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN AYABACA: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE DESARROLLO SECTORIAL*. Tesis de grado. Universidad de Piura. Piura, Perú. Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1210/ING_385.pdf;jsessionid=952E1B880CC2A7652E1447BA2AE620CF?sequence=1

ANEXOS

Anexo 1. Análisis. Cromatográfica de aguardiente de caña.

Instrument:Trace1300 Sequence:METODO 09-12-2021 Respaldo

Page 1 of 1



REPORTE ALCOHOL AZENDE/Integration

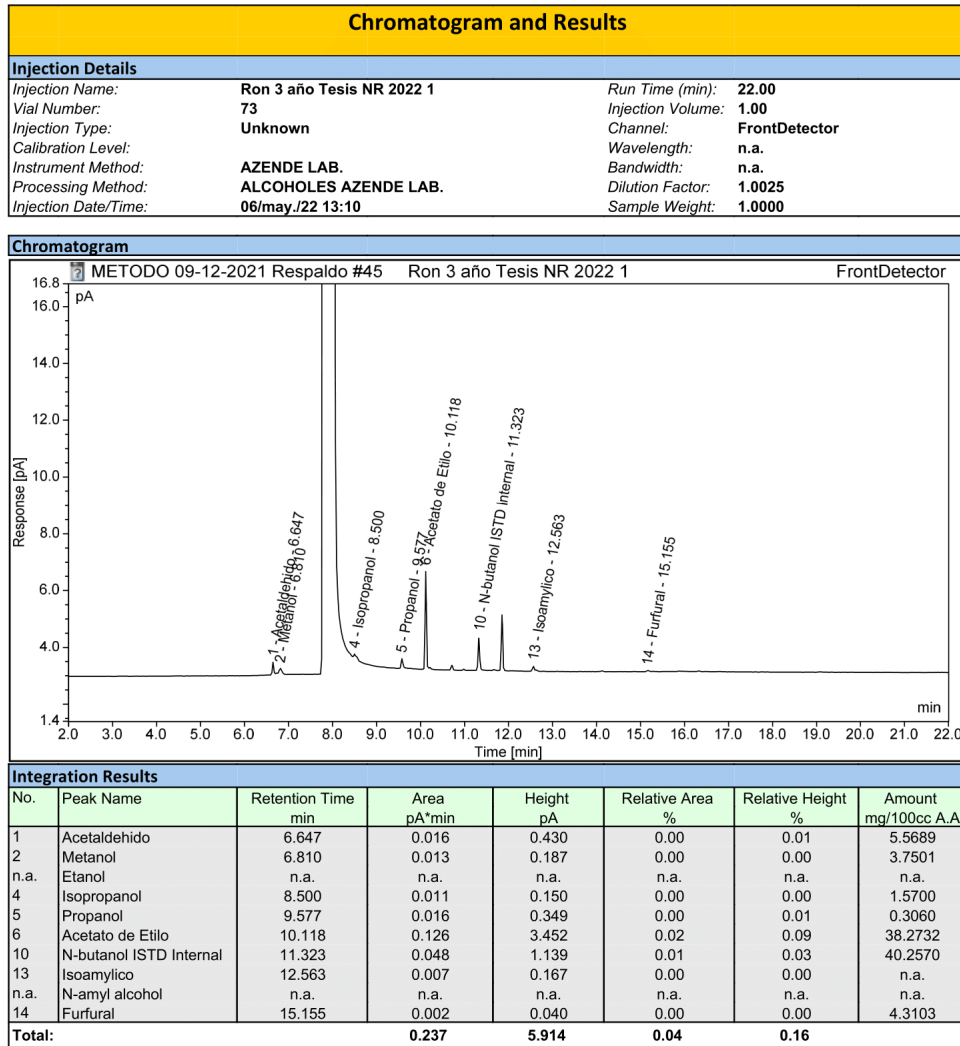
Chromeleon (c) Dionex
Version 7.2.9.11323

Aguardiente de caña

Anexo 2. Análisis. Cromatográfica de muestras de ron añejados de forma clásica.

Instrument:Trace1300 Sequence:METODO 09-12-2021 Respaldo

Page 1 of 1



REPORTE ALCOHOL AZENDE/Integration

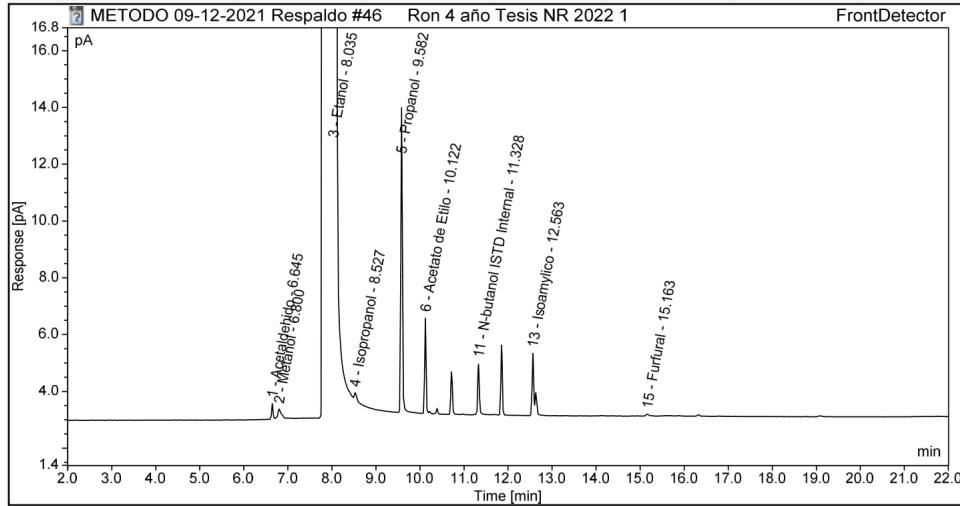
Chromeleon (c) Dionex
Version 7.2.9.11323

Ron de 3 años

Chromatogram and Results

Injection Details			
Injection Name:	Ron 4 año Tesis NR 2022 1	Run Time (min):	22.00
Vial Number:	74	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor:	0.9950
Injection Date/Time:	06/may./22 13:44	Sample Weight:	1.0000

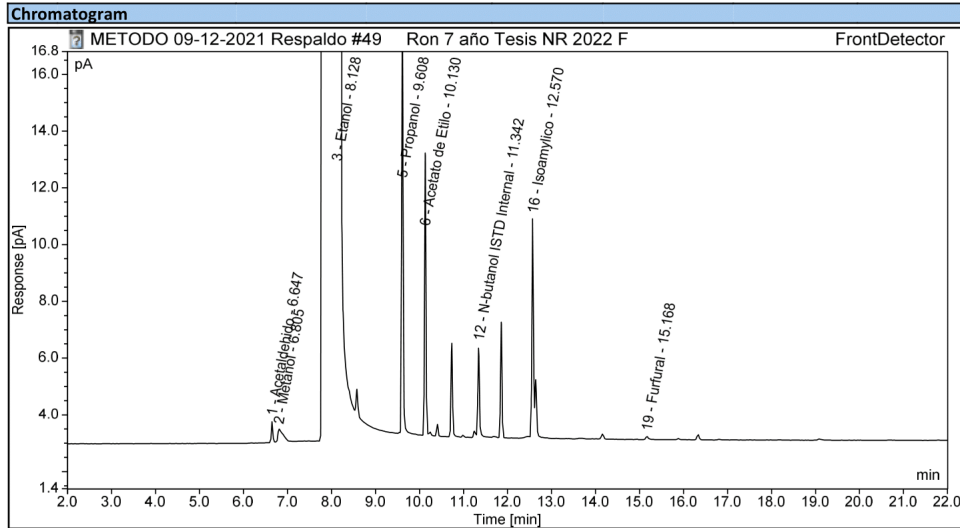
Chromatogram



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.645	0.022	0.562	0.00	0.01	7.6073
2	Metanol	6.800	0.032	0.345	0.00	0.01	9.6200
3	Etanol	8.035	754.499	4263.034	99.87	99.43	n.a.
4	Isopropanol	8.527	0.014	0.240	0.00	0.01	2.2032
5	Propanol	9.582	0.408	10.720	0.05	0.25	69.5593
6	Acetato de Etilo	10.122	0.122	3.358	0.02	0.08	37.0386
11	N-butanol ISTD Internal	11.328	0.074	1.773	0.01	0.04	40.2570
13	Isoamylico	12.563	0.093	2.189	0.01	0.05	11.4129
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	Furfural	15.163	0.005	0.074	0.00	0.00	4.7403
Total:			755.268	4282.295	99.97	99.88	

Ron de 4 años

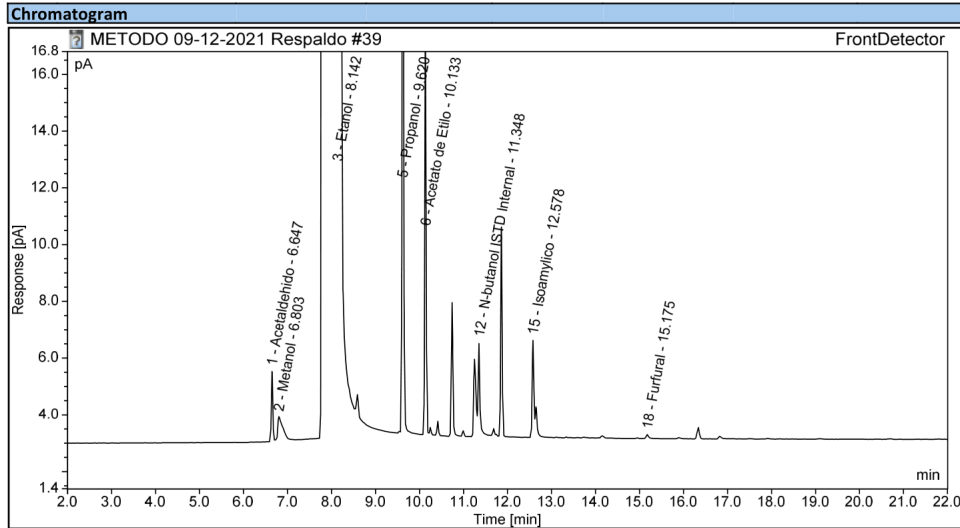
Chromatogram and Results			
Injection Details			
Injection Name:	Ron 7 año Tesis NR 2022 F	Run Time (min):	22.00
Vial Number:	77	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor:	1.0126
Injection Date/Time:	06/may./22 15:22	Sample Weight:	1.0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.647	0.029	0.737	0.00	0.01	10.1631
2	Metanol	6.805	0.063	0.458	0.01	0.01	19.0619
3	Etanol	8.128	1241.816	5200.142	99.84	99.07	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.608	0.563	14.903	0.05	0.28	98.7791
6	Acetato de Etilo	10.130	0.366	9.952	0.03	0.19	108.3605
12	N-butanol ISTD Internal	11.342	0.136	3.150	0.01	0.06	40.2570
16	Isoamylico	12.570	0.328	7.713	0.03	0.15	44.8467
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	Furfural	15.168	0.007	0.115	0.00	0.00	5.2951
Total:			1243.309	5237.171	99.96	99.78	

Ron de 7 años

Chromatogram and Results			
Injection Details			
Injection Name:	Ron 18 años MP Tesis NR 2022 2	Run Time (min):	22.00
Vial Number:	67	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor:	1.0256
Injection Date/Time:	21/abr./22 13:19	Sample Weight:	1.0000



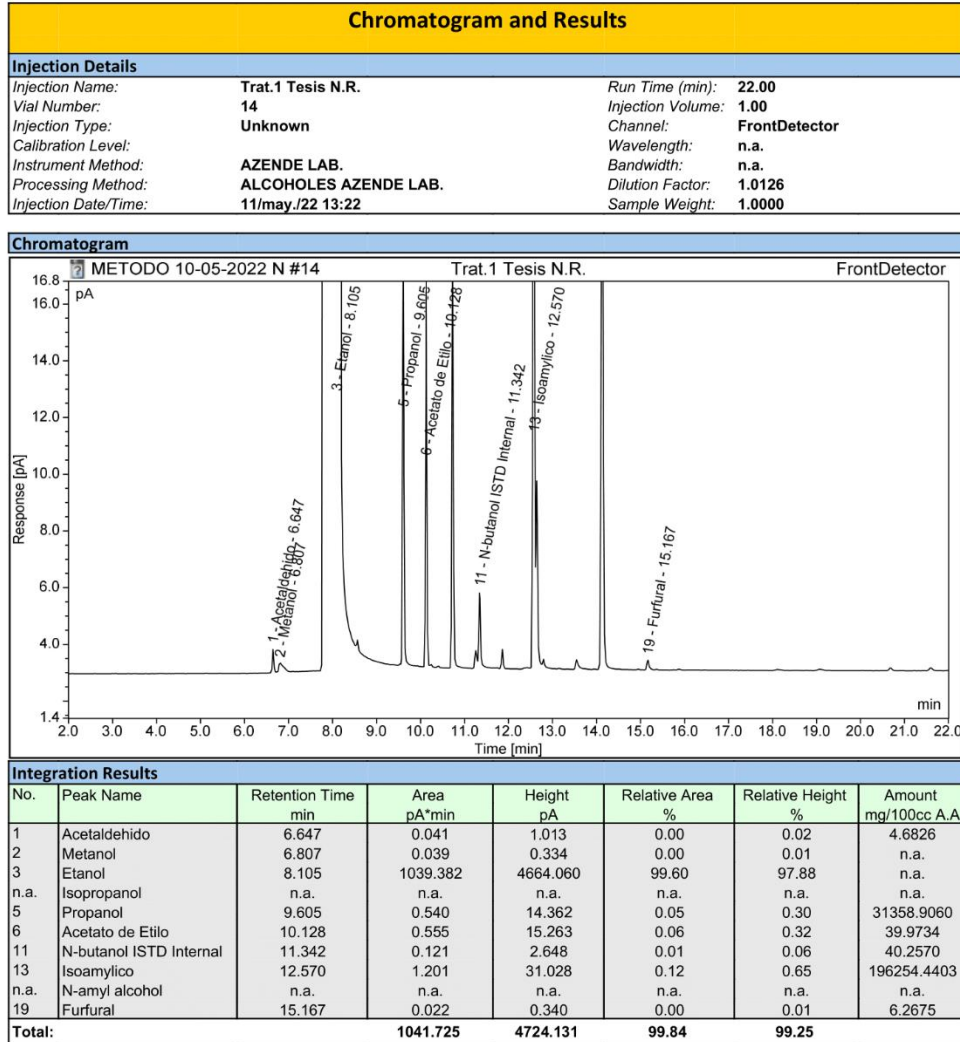
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.647	0.098	2.473	0.01	0.05	33.9820
2	Metanol	6.803	0.116	0.862	0.01	0.02	35.6249
3	Etanol	8.142	1242.864	4919.626	99.76	98.55	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.620	1.082	29.448	0.09	0.59	194.6192
6	Acetato de Etilo	10.133	0.522	14.280	0.04	0.29	155.4954
12	N-butanol ISTD Internal	11.348	0.165	3.273	0.01	0.07	40.2570
15	Isoamylico	12.578	0.151	3.421	0.01	0.07	20.0174
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	Furfural	15.175	0.009	0.141	0.00	0.00	5.8905
Total:			1245.007	4973.523	99.94	99.63	

Ron 18 años

Anexo 3. Análisis. Cromatográfica de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de envejecimiento.

Instrument:Trace1300 Sequence:METODO 10-05-2022 N

Page 1 of 1



REPORTE ALCOHOL AZENDE/Integration

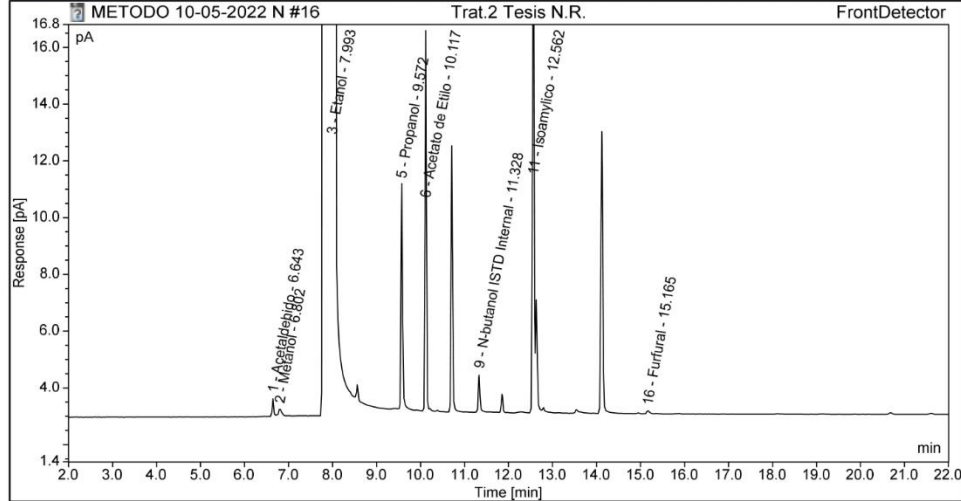
Chromeleon (c) Dionex
Version 7.2.9.11323

Tratamiento 1

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.2 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	16	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 1.0025
Injection Date/Time:	11/may./22 14:58	Sample Weight: 1.0000

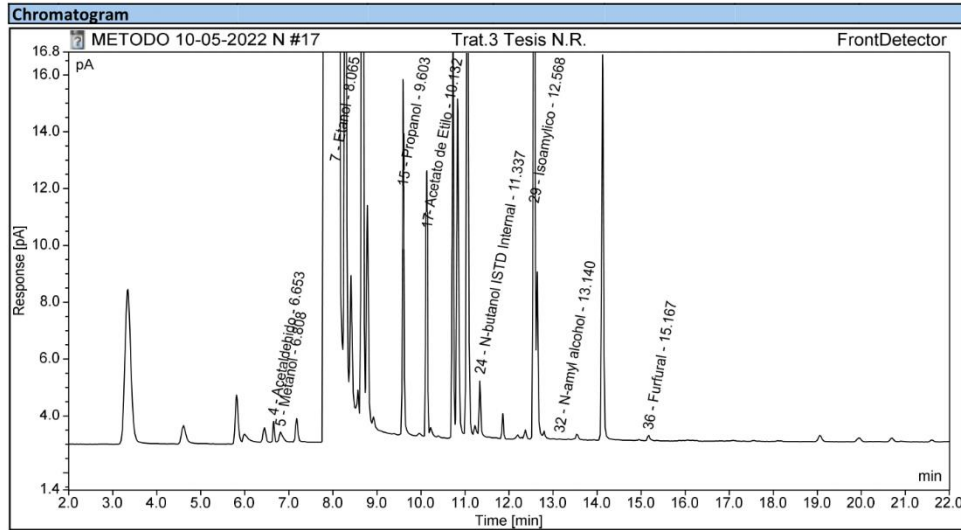
Chromatogram



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.643	0.028	0.716	0.00	0.02	3.8886
2	Metanol	6.802	0.022	0.263	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	7.993	629.280	3976.225	99.60	98.46	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.572	0.315	7.935	0.05	0.20	18036.2904
6	Acetato de Etilo	10.117	0.478	13.371	0.08	0.33	35.2211
9	N-butanol ISTD Internal	11.328	0.058	1.307	0.01	0.03	40.2570
11	Isoamylico	12.562	0.695	17.847	0.11	0.44	112328.4900
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
16	Furfural	15.165	0.008	0.120	0.00	0.00	5.7800
Total:			630.884	4018.784	99.85	99.48	

Tratamiento 2

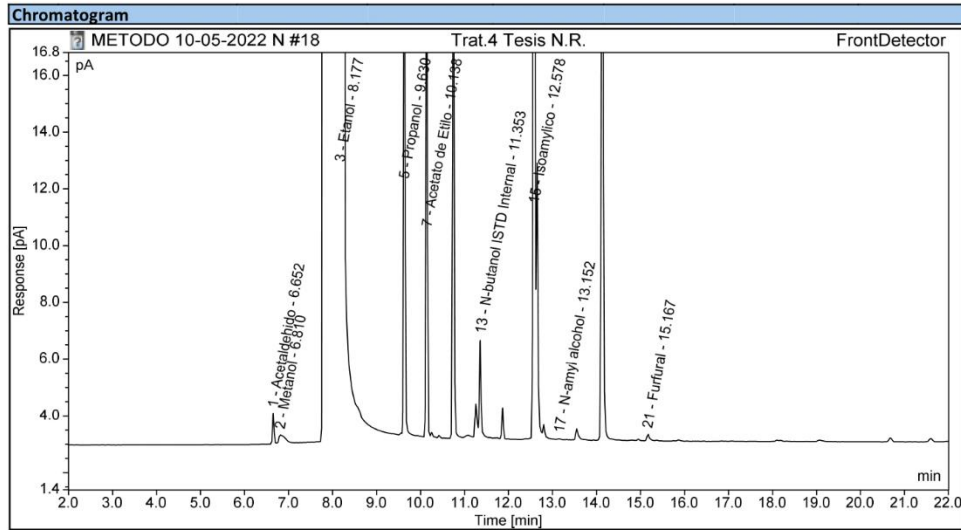
Chromatogram and Results			
Injection Details			
Injection Name:	Trat.3 Tesis N.R.	Run Time (min):	22.00
Vial Number:	17	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor:	0.9900
Injection Date/Time:	11/may./22 15:47	Sample Weight:	1.0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
4	Acetaldehido	6.653	0.029	0.744	0.00	0.02	3.9490
5	Metanol	6.808	0.034	0.360	0.00	0.01	n.a.
7	Etanol	8.065	890.399	4584.662	98.96	95.83	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	Propanol	9.603	0.463	11.977	0.05	0.25	26255.5639
17	Acetato de Etilo	10.132	0.642	17.870	0.03	0.20	25.4615
24	N-butanol ISTD Internal	11.337	0.094	2.000	0.01	0.04	40.2570
29	Isoamylico	12.568	0.296	9.360	0.12	0.56	165287.7154
32	N-amyli alcohol	13.140	0.001	0.021	0.00	0.00	n.a.
36	Furfural	15.167	0.013	0.205	0.00	0.00	5.8827
Total:			891.971	4627.199	96.17	97.91	

Tratamiento 3

Chromatogram and Results			
Injection Details			
Injection Name:	Trat.4 Tesis N.R.	Run Time (min):	22.00
Vial Number:	18	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor:	0.9950
Injection Date/Time:	11/may./22 16:15	Sample Weight:	1.0000



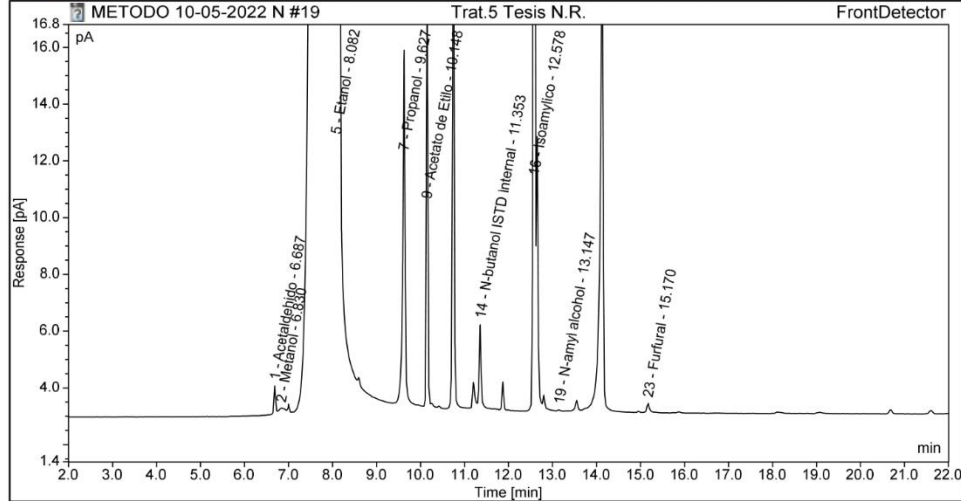
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A.
1	Acetaldehido	6.652	0.043	1.076	0.00	0.02	4.9459
2	Metanol	8.810	0.049	0.305	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	8.177	1437.090	5278.314	99.59	97.39	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.630	0.773	20.897	0.05	0.39	44188.8630
7	Acetato de Etilo	10.138	0.679	18.447	0.04	0.33	48.7905
13	N-butanol ISTD Internal	11.353	0.155	3.427	0.01	0.06	40.2570
15	Isoamylico	12.578	1.742	44.797	0.12	0.83	279751.4869
17	N-amylic alcohol	13.152	0.002	0.033	0.00	0.00	n.a.
21	Furfural	15.167	0.018	0.245	0.00	0.00	6.0553
Total:			1440.551	5367.541	99.81	99.03	

Tratamiento 4

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.5 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	19	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 0.9950
Injection Date/Time:	11/may./22 16:44	Sample Weight: 1.0000

Chromatogram



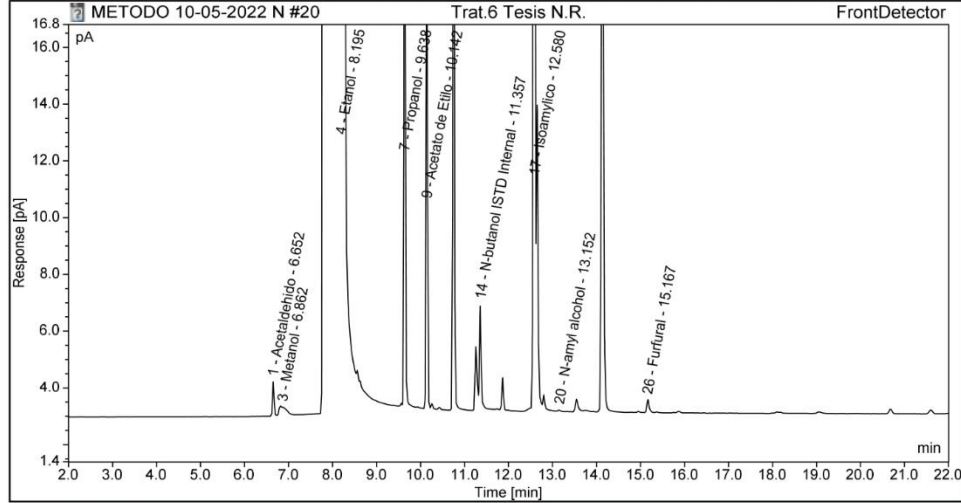
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.687	0.031	0.812	0.00	0.02	4.1605
2	Metanol	6.830	0.032	0.203	0.00	0.00	n.a.
5	Etanol	8.082	1066.401	5302.689	72.98	64.44	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	Propanol	9.627	0.756	12.467	0.05	0.15	43244.1655
9	Acetato de Etilo	10.148	0.523	14.337	0.05	0.30	38.0030
14	N-butanol ISTD Internal	11.353	0.154	2.939	0.01	0.04	40.2570
16	Isoamylico	12.578	1.738	43.078	0.12	0.52	279140.3492
19	N-amylic alcohol	13.147	0.002	0.041	0.00	0.00	n.a.
23	Furfural	15.170	0.015	0.239	0.00	0.00	6.0462
Total:			1069.652	5377.165	73.21	65.47	

Tratamiento 5

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.6 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	20	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 0.9900
Injection Date/Time:	11/may./22 17:14	Sample Weight: 1.0000

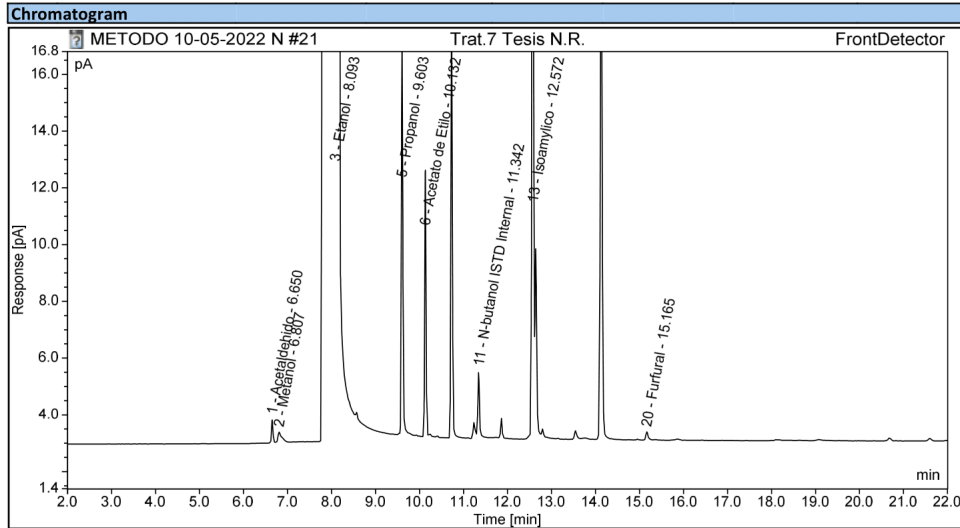
Chromatogram



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehído	6.652	0.035	0.880	0.00	0.02	4.3902
3	Metanol	6.862	0.033	0.292	0.00	0.01	n.a.
4	Etanol	8.195	1567.627	5414.765	99.59	97.24	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	Propanol	9.638	0.856	23.309	0.05	0.42	48721.8931
9	Acetato de Etilo	10.142	0.538	14.765	0.05	0.13	38.9140
14	N-butanol ISTD Internal	11.357	0.168	3.660	0.01	0.07	40.2570
17	Isoamylico	12.580	1.935	49.814	0.12	0.89	309161.9720
20	N-amyil alcohol	13.152	0.002	0.047	0.00	0.00	n.a.
26	Furfural	15.167	0.030	0.467	0.00	0.01	6.3679
Total:			1571.224	5507.999	99.82	98.79	

Tratamiento 6

Chromatogram and Results		
Injection Details		
Injection Name:	Trat.7 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	21	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 0.9950
Injection Date/Time:	11/may./22 17:43	Sample Weight: 1.0000



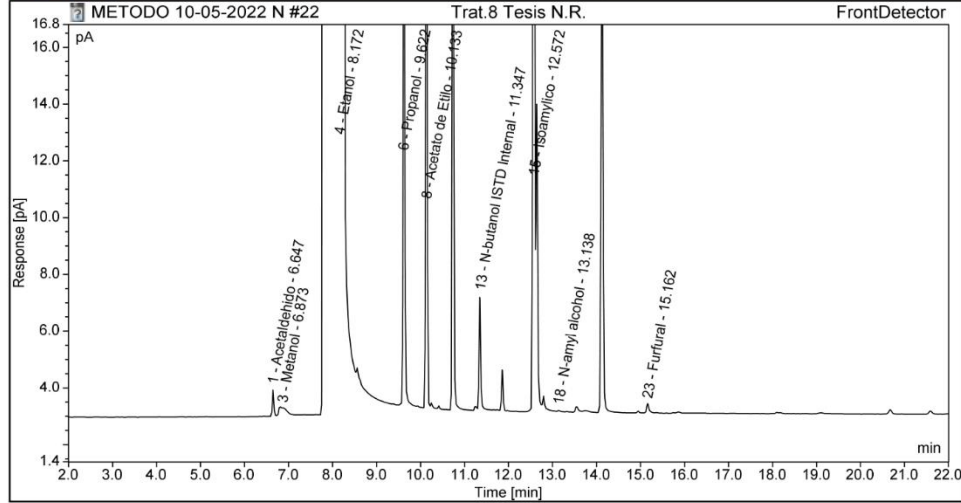
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehído	6.650	0.031	0.807	0.00	0.02	4.1389
2	Metanol	6.807	0.037	0.370	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	8.093	980.798	4665.371	99.60	98.02	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.603	0.526	13.776	0.05	0.29	29999.8941
6	Acetato de Etilo	10.132	0.340	9.391	0.03	0.20	25.8938
11	N-butanol ISTD Internal	11.342	0.104	2.308	0.01	0.05	40.2570
13	Isoamylico	12.572	1.202	30.937	0.12	0.65	193029.8292
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
20	Furfural	15.165	0.018	0.287	0.00	0.01	6.0543
Total:			983.056	4723.247	99.83	99.23	

Tratamiento 7

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.8 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	22	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 0.9950
Injection Date/Time:	11/may./22 18:12	Sample Weight: 1.0000

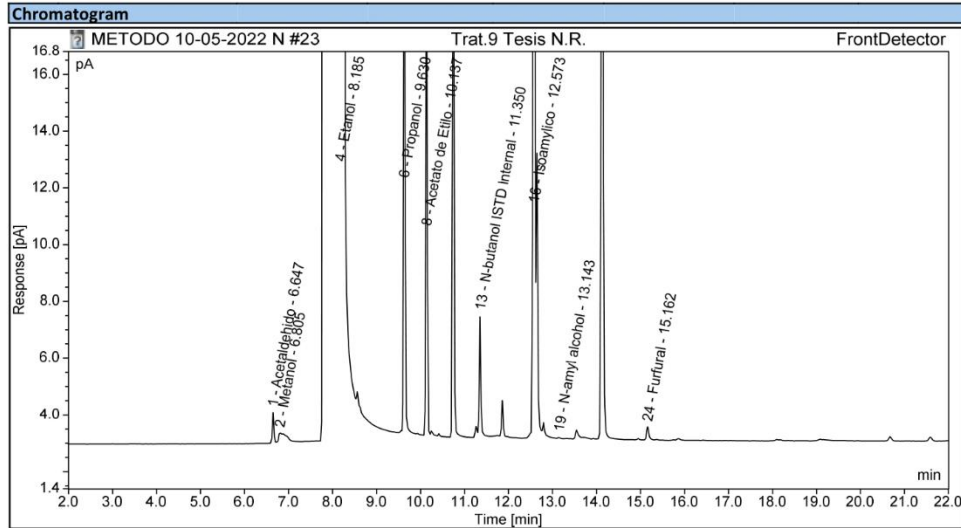
Chromatogram



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.647	0.032	0.811	0.00	0.02	4.2053
3	Metanol	6.873	0.033	0.271	0.00	0.00	n.a.
4	Etanol	8.172	1549.723	5764.384	99.61	97.47	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	Propanol	9.622	0.846	22.306	0.05	0.38	48382.2420
8	Acetato de Etilo	10.133	0.522	14.295	0.05	0.30	37.9146
13	N-butanol ISTD Internal	11.347	0.170	3.981	0.01	0.07	40.2570
15	Isoamylico	12.572	1.910	49.140	0.12	0.83	306768.6561
18	N-amylic alcohol	13.138	0.002	0.041	0.00	0.00	n.a.
23	Furfural	15.162	0.021	0.330	0.00	0.01	6.1516
Total:			1553.259	5855.559	99.84	99.08	

Tratamiento 8

Chromatogram and Results		
Injection Details		
Injection Name:	Trat.9 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	23	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 1.0075
Injection Date/Time:	11/may./22 19:12	Sample Weight: 1.0000



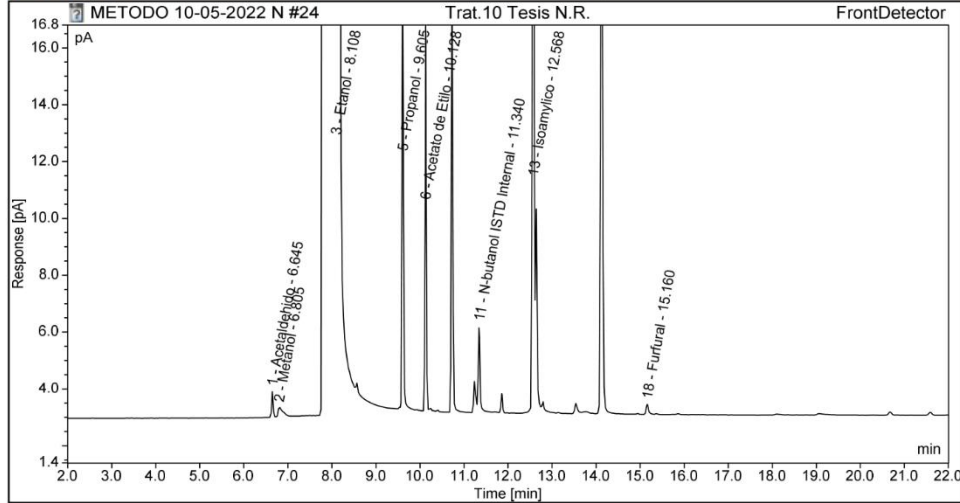
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehído	6.647	0.041	1.035	0.00	0.02	4.8436
2	Metanol	6.805	0.059	0.358	0.00	0.01	n.a.
4	Etanol	8.185	1533.400	5497.035	99.60	97.41	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	Propanol	9.630	0.816	21.798	0.05	0.39	47251.9279
8	Acetato de Etilo	10.137	0.658	17.760	0.04	0.31	47.3402
13	N-butanol ISTD Internal	11.350	0.183	4.238	0.01	0.08	40.2570
16	Isoamylico	12.573	1.804	46.417	0.12	0.82	293378.4807
19	N-amyil alcohol	13.143	0.002	0.041	0.00	0.00	n.a.
24	Furfural	15.162	0.029	0.463	0.00	0.01	6.4522
Total:			1536.992	5589.145	99.84	99.04	

Tratamiento 9

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.10 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	24	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 1.0101
Injection Date/Time:	11/may./22 19:40	Sample Weight: 1.0000

Chromatogram

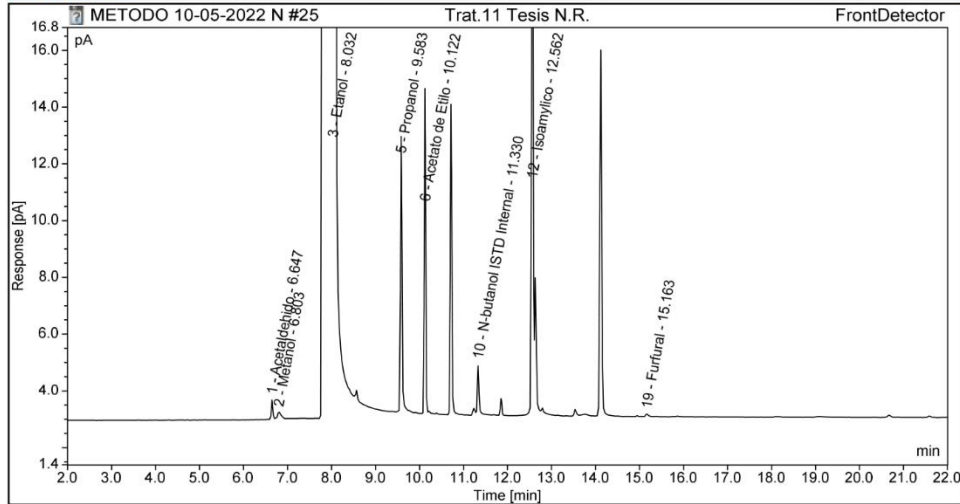


Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.645	0.036	0.906	0.00	0.02	4.5232
2	Metanol	6.805	0.044	0.348	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	8.108	1065.365	4698.317	99.59	97.81	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.605	0.571	15.100	0.05	0.31	33132.4357
6	Acetato de Etilo	10.128	0.533	14.636	0.05	0.31	38.6395
11	N-butanol ISTD Internal	11.340	0.136	2.976	0.01	0.06	40.2570
13	Isoamylico	12.568	1.295	33.319	0.12	0.69	211002.5405
n.a.	N-amil alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	Furfural	15.160	0.022	0.354	0.00	0.01	6.2536
Total:			1068.002	4765.956	99.82	99.22	

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.11 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	25	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 0.9925
Injection Date/Time:	11/may./22 20:09	Sample Weight: 1.0000

Chromatogram



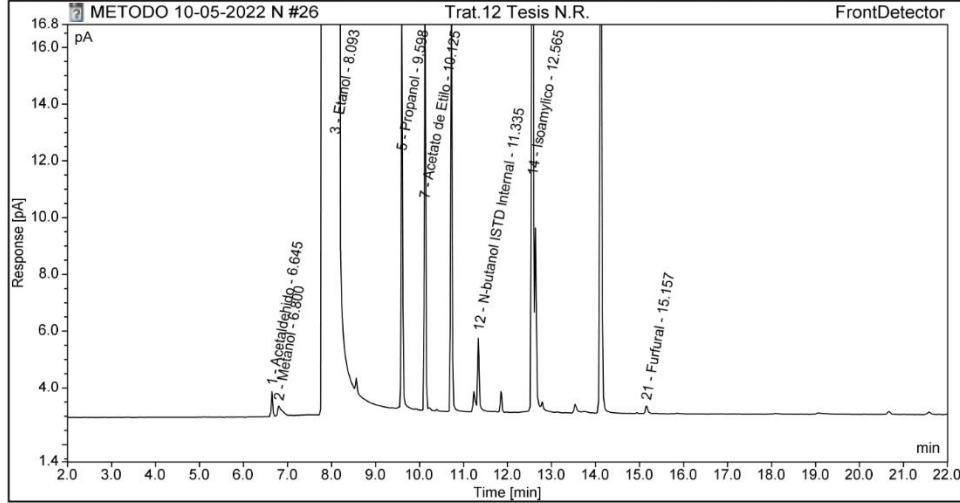
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.647	0.027	0.686	0.00	0.02	3.6517
2	Metanol	6.803	0.024	0.252	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	8.032	732.937	4210.799	99.55	98.20	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.583	0.384	9.683	0.05	0.23	21795.7480
6	Acetato de Etilo	10.122	0.411	11.425	0.06	0.27	30.4357
10	N-butanol ISTD Internal	11.330	0.085	1.740	0.01	0.04	40.2570
12	Isoamylico	12.562	0.985	23.048	0.13	0.54	157643.8991
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	Furfural	15.163	0.006	0.098	0.00	0.00	5.6794
Total:			734.859	4257.731	99.81	99.29	

Tratamiento 11

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.12 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	26	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 1.0000
Injection Date/Time:	11/may./22 20:39	Sample Weight: 1.0000

Chromatogram



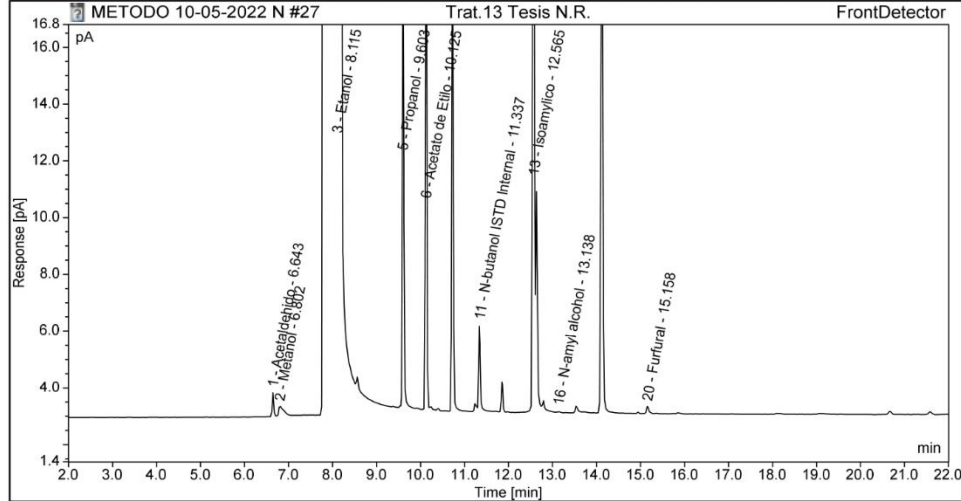
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.645	0.032	0.810	0.00	0.02	4.1969
2	Metanol	6.800	0.039	0.353	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	8.093	1000.731	4623.654	99.59	97.91	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.598	0.523	13.868	0.05	0.29	30045.8256
7	Acetato de Etilo	10.125	0.509	13.934	0.05	0.30	37.1462
12	N-butanol ISTD Internal	11.335	0.120	2.592	0.01	0.05	40.2570
14	Isoamylico	12.565	1.150	29.606	0.11	0.63	185565.3856
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	Furfural	15.157	0.005	0.097	0.00	0.00	5.0551
Total:			1003.109	4684.914	99.83	99.21	

Tratamiento 12

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.13 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	27	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 1.0126
Injection Date/Time:	11/may./22 21:08	Sample Weight: 1.0000

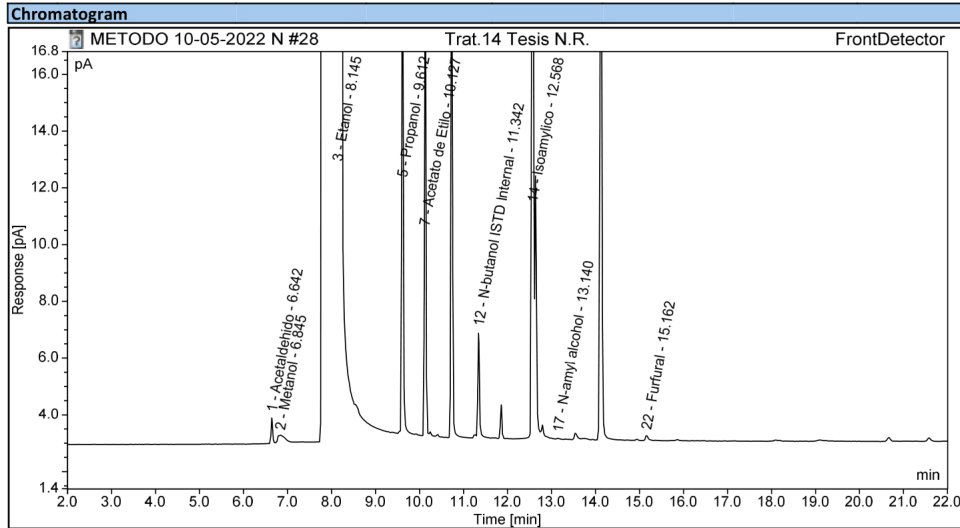
Chromatogram



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.643	0.032	0.827	0.00	0.02	4.2546
2	Metanol	6.802	0.046	0.359	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	8.115	1168.464	5046.638	99.60	97.76	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.603	0.616	16.366	0.05	0.32	35839.5049
6	Acetato de Etilo	10.125	0.507	13.897	0.04	0.28	37.4973
11	N-butanol/STD Internal	11.337	0.135	3.009	0.01	0.06	40.2570
13	Isoamylico	12.565	1.366	35.197	0.12	0.68	223197.9533
16	N-amylic alcohol	13.138	0.002	0.030	0.00	0.00	n.a.
20	Furfural	15.158	0.016	0.254	0.00	0.00	6.0946
Total:			1171.184	5116.667	99.82	99.13	

Tratamiento 13

Chromatogram and Results			
Injection Details			
Injection Name:	Trat.14 Tesis N.R.	Run Time (min):	22.00
Vial Number:	28	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor:	0.9950
Injection Date/Time:	11/may./22 21:37	Sample Weight:	1.0000



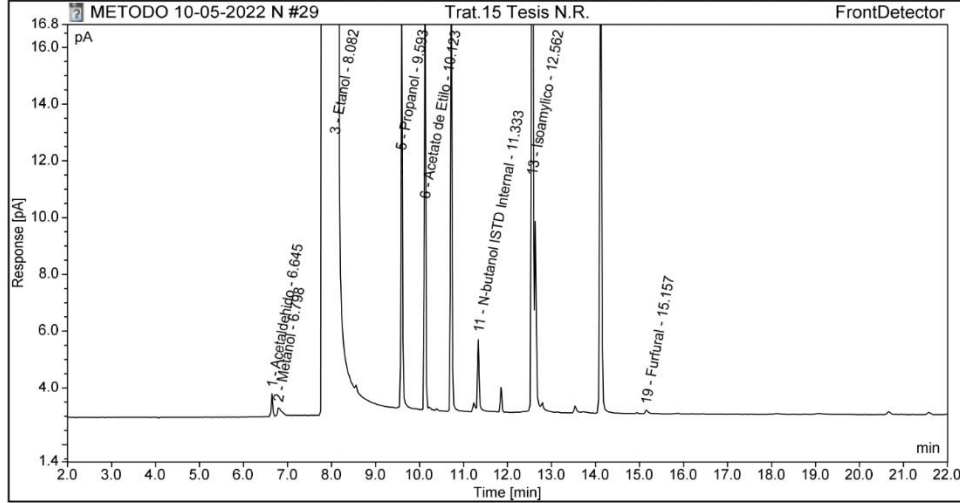
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.642	0.036	0.898	0.00	0.02	4.4491
2	Metanol	6.845	0.049	0.269	0.00	0.00	n.a.
3	Etanol	8.145	1378.194	5455.975	99.61	97.65	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.612	0.735	19.497	0.05	0.35	42041.4814
7	Acetato de Etilo	10.127	0.676	18.193	0.05	0.33	47.8941
12	N-butanol ISTD Internal	11.342	0.160	3.691	0.01	0.07	40.2570
14	Isoamylico	12.568	1.656	42.582	0.12	0.76	266009.5336
17	N-amylic alcohol	13.140	0.002	0.035	0.00	0.00	n.a.
22	Furfural	15.162	0.014	0.198	0.00	0.00	5.9162
Total:			1381.521	5541.338	99.85	99.18	

Tratamiento 14

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	Trat.15 Tesis N.R.	Run Time (min): 22.00
Vial Number:	29	Injection Volume: 1.00
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	AZENDE LAB.	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	ALCOHOLES AZENDE LAB.	Dilution Factor: 0.9950
Injection Date/Time:	11/may./22 22:04	Sample Weight: 1.0000

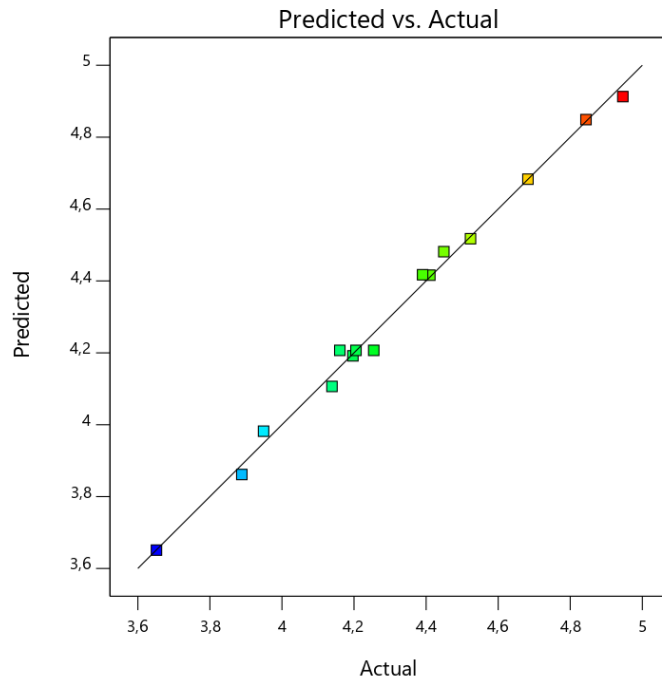
Chromatogram



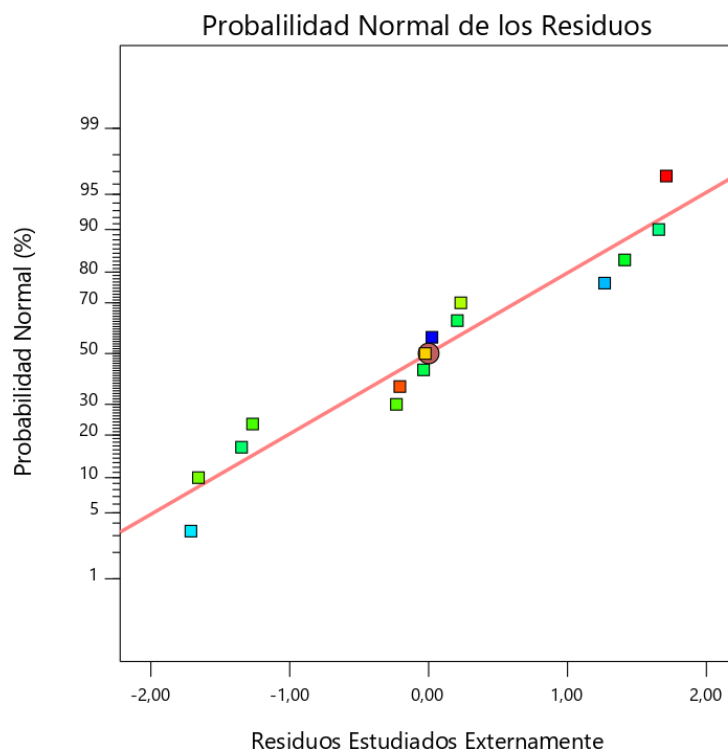
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/100cc A.A
1	Acetaldehido	6.645	0.035	0.884	0.00	0.02	4.4103
2	Metanol	6.798	0.034	0.320	0.00	0.01	n.a.
3	Etanol	8.082	985.705	4746.746	99.60	98.00	n.a.
n.a.	Isopropanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Propanol	9.593	0.521	13.694	0.05	0.28	29759.3615
6	Acetato de Etilo	10.123	0.556	15.282	0.06	0.32	40.0145
11	N-butanol ISTD Internal	11.333	0.122	2.540	0.01	0.05	40.2570
13	Isoamylico	12.562	1.180	30.467	0.12	0.63	189440.1452
n.a.	N-amylic alcohol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	Furfural	15.157	0.010	0.141	0.00	0.00	5.8015
Total:			988.163	4810.074	99.85	99.31	

Tratamiento 15

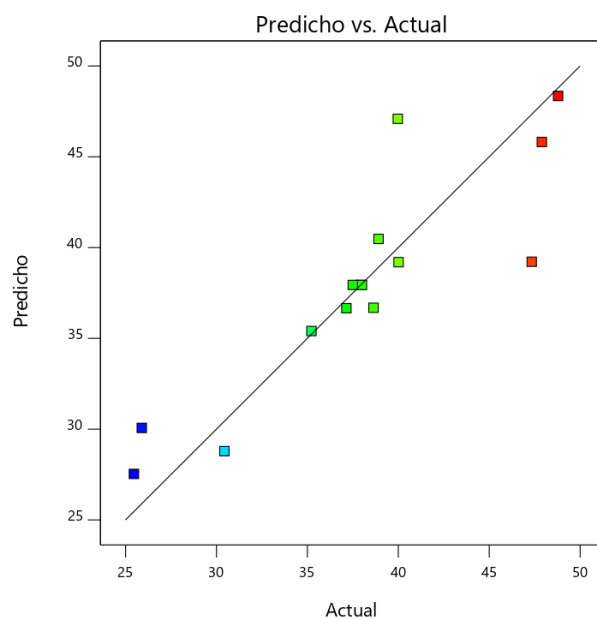
Anexo 4. Probabilidad Normal de los efectos estandarizados con $p=0,05$ y Probabilidad Normal de los Residuos (acetaldehído, acetato de etilo, furfural y color)



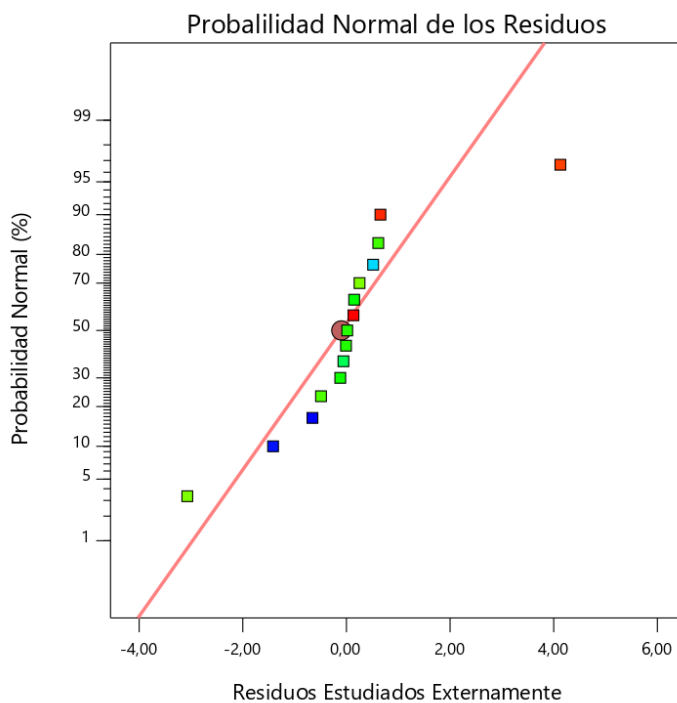
Valores predichos por el modelo cuadrático vs valores experimentales (acetaldehído).



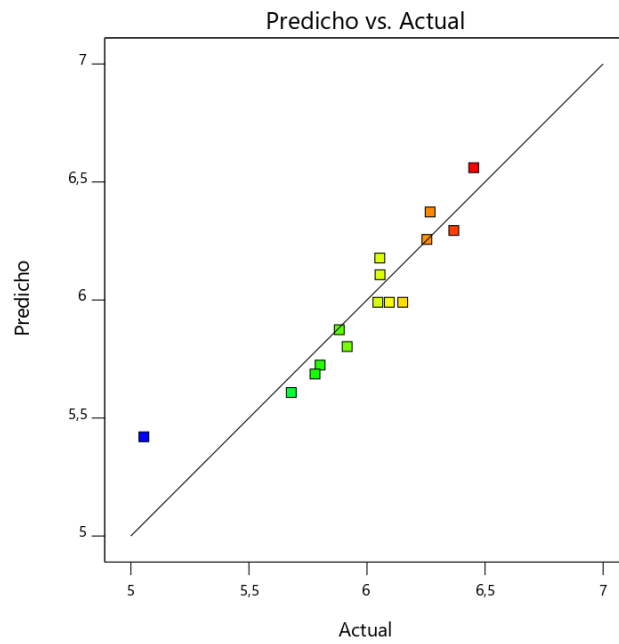
Probabilidad Normal de los Residuos (acetaldehído).



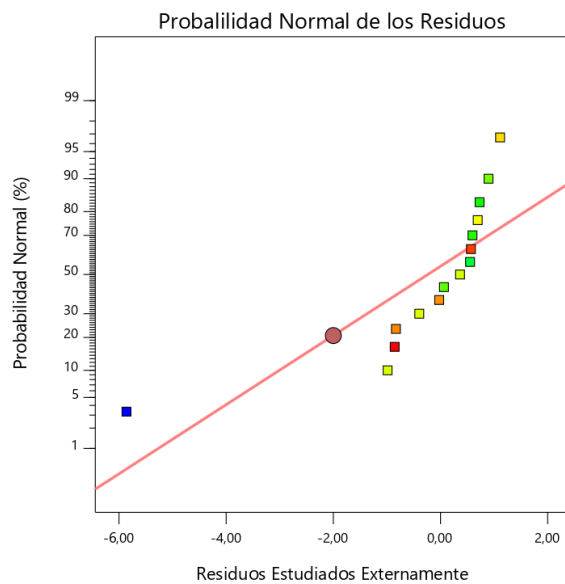
Valores predichos por el modelo cuadrático vs valores experimentales (acetato de etilo).



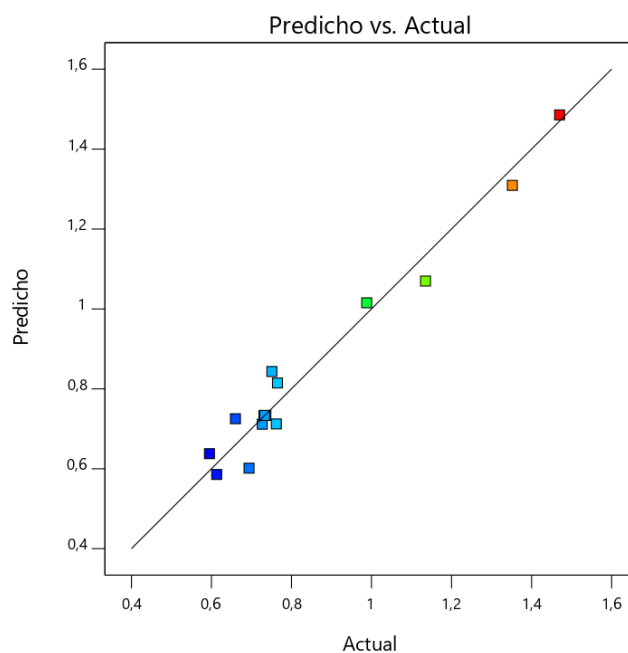
Probalilidad Normal de los Residuos (acetato de etilo).



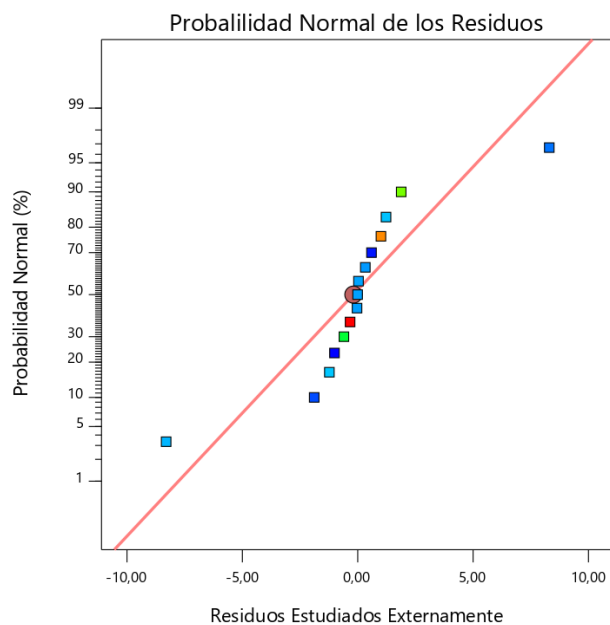
Valores predichos por el modelo cuadrático vs valores experimentales (furfural).



Probabilidad Normal de los Residuos (furfural).



Valores predichos por el modelo cuadrático vs valores experimentales (Densidad Óptica $\lambda=440$).



Probalilidad Normal de los Residuos (Densidad Óptica $\lambda=440$).

Anexo 5. Factores (tostado, temperatura y oxidación) y Variables respuesta
(Acetaldehído, acetato de etilo, furfural y color) analizados

Estadístico	N°tratamiento	Tostado (H)	Temperatura (°C)	Oxidación (min)	Acetaldehído mg/100cc A.A.	Acetato de etilo mg/100cc A.A.	Furfural mg/100cc A.A.	Color D.O. (440)
12	1	2,5	90	5	4,6826	39,9734	6,2675	1,352
11	2	2,5	30	5	3,8886	35,2211	5,7800	0,660
2	3	5	30	2,5	3,9490	25,4615	5,8827	0,694
3	4	0	90	2,5	4,9459	48,7905	6,0553	0,751
14	5	2,5	60	2,5	4,1605	38,0030	6,0462	0,736
10	6	2,5	90	0	4,3902	38,9140	6,3679	1,135
6	7	5	60	0	4,1389	25,8938	6,0543	0,765
13	8	2,5	60	2,5	4,2053	37,9146	6,1516	0,731
4	9	5	90	2,5	4,8436	47,3402	6,4522	1,470
8	10	5	60	5	4,5232	38,6395	6,2536	0,988
9	11	2,5	30	0	3,6517	30,4357	5,6794	0,595
1	12	0	30	2,5	4,1969	37,1462	5,0551	0,727
15	13	2,5	60	2,5	4,2546	37,4973	6,0946	0,733
7	14	0	60	5	4,4491	47,8941	5,9162	0,762
5	15	0	60	0	4,4103	40,0145	5,8015	0,613

Anexo 6. Resultados Espectrofotometría UV-Vis. Muestra de ron envejecido de forma clásica.

Muestras de Ron Añejado	
Instrument Method:	AZENDE LAB.
Longitud de onda	420, 440, 520, 620
Cubeta:	10 mm.
Blanco:	Agua Destilada

Muestra Ron	Color Unidades de DO ($\lambda=420\text{nm}$)	Color Unidades de DO ($\lambda=440\text{nm}$)	Color Unidades de DO ($\lambda=520\text{nm}$)	Color Unidades de DO ($\lambda=620\text{nm}$)
3 años	0,195	0,130	0,019	0,004
4 años	0,214	0,144	0,034	0,013
7 años	0,431	0,318	0,115	0,049
18 años	0,669	0,475	0,160	0,056

Anexo 7. Resultados Espectrofotometría UV-Vis. Muestra de aguardiente de caña envejecido con procesos acelerados.

Muestras Tratamientos Tesis N.R.	
Instrument Method:	AZENDE LAB.
Longitud de onda	420, 440, 520, 620
Cubeta:	10 mm.
Blanco:	Agua Destilada

N°	Color Unidades de DO ($\lambda=420\text{nm}$)	Color Unidades de DO ($\lambda=440\text{nm}$)	Color Unidades de DO ($\lambda=520\text{nm}$)	Color Unidades de DO ($\lambda=620\text{nm}$)
1	2,382	1,352	0,407	0,099
2	1,020	0,660	0,183	0,028
3	1,310	0,694	0,234	0,047
4	0,958	0,751	0,243	0,083
5	1,130	0,736	0,211	0,040
6	2,460	1,135	0,385	0,079
7	1,380	0,765	0,225	0,023
8	1,080	0,731	0,185	0,025
9	2,500	1,470	0,507	0,187
10	1,540	0,988	0,292	0,067
11	0,832	0,595	0,197	0,052
12	1,130	0,727	0,217	0,033
13	1,170	0,733	0,226	0,041
14	0,885	0,762	0,220	0,086
15	0,849	0,613	0,212	0,088

Anexo 8. Formato "Ficha de Cata"

Nombre:

Fecha:

Instrucciones: A continuación, se presentarán 15 muestras de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de añejamiento con el uso de chips de roble. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo. Cada categoría tiene asignado un puntaje, escriba el número correspondiente en la línea de cada muestra.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

N° Muestra	Calificación para cada atributo				
	COLOR	OLOR	SABOR	APARIENCIA	OBSERVACION:
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Anexo 9. Descriptivos de Análisis Sensorial.

Descriptivos (Color)	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6	Trat. 7
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	5,000	3,667	4,000	3,667	4,667	6,000	4,667
Error estándar Media	0,577	0,333	0,577	0,333	0,333	0,000	0,333
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	2,516	2,232	1,516	2,232	3,232	6,000	3,232
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	7,484	5,101	6,484	5,101	6,101	6,000	6,101
Media recortada al 5%						6,000	
Mediana	5,000	4,000	4,000	4,000	5,000	6,000	5,000
Varianza	1,000	0,333	1,000	0,333	0,333	0,000	0,333
Desv. estándar	1,000	0,577	1,000	0,577	0,577	0,000	0,577
Mínimo	4,000	3,000	3,000	3,000	4,000	6,000	4,000
Máximo	6,000	4,000	5,000	4,000	5,000	6,000	5,000
Rango	2,000	1,000	2,000	1,000	1,000	0,000	1,000
Rango intercuartil						0,000	
Asimetría	0,000	-1,732	0,000	-1,732	-1,732		-1,732
Error estándar Asimetría	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225		1,225

Descriptivos (Color)	Trat. 8	Trat. 9	Trat. 10	Trat. 11	Trat. 12	Trat. 13	Trat. 14	Trat. 15
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	4,333	6,000	5,333	3,333	4,000	4,000	4,667	4,333
Error estándar Media	0,333	0,577	0,667	0,667	0,000	0,000	0,667	0,333
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	2,899	3,516	2,465	0,465	4,000	4,000	1,798	2,899
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	5,768	8,484	8,202	6,202	4,000	4,000	7,535	5,768
Media recortada al 5%					4,000	4,000		
Mediana	4,000	6,000	6,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Varianza	0,333	1,000	1,333	1,333	0,000	0,000	1,333	0,333
Desv. estándar	0,577	1,000	1,155	1,155	0,000	0,000	1,155	0,577
Mínimo	4,000	5,000	4,000	2,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Máximo	5,000	7,000	6,000	4,000	4,000	4,000	6,000	5,000
Rango	1,000	2,000	2,000	2,000	0,000	0,000	2,000	1,000
Rango intercuartil					0,000	0,000		
Asimetría	1,732	0,000	-1,732	-1,732			1,732	1,732
Error estándar Asimetría	1,225	1,225	1,225	1,225			1,225	1,225

Descriptivos (Olor)	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6	Trat. 7
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	4,000	3,000	4,333	4,000	5,000	4,667	5,333
Error estándar Media	0,577	0,000	0,667	1,000	0,000	0,882	0,333
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	1,516	3,000	1,465	-0,303	5,000	0,872	3,899
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	6,484	3,000	7,202	8,303	5,000	8,461	6,768
Media recortada al 5%		3,000			5,000		
Mediana	4,000	3,000	5,000	3,000	5,000	5,000	5,000
Varianza	1,000	0,000	1,333	3,000	0,000	2,333	0,333
Desv. estándar	1,000	0,000	1,155	1,732	0,000	1,528	0,577
Mínimo	3,000	3,000	3,000	3,000	5,000	3,000	5,000
Máximo	5,000	3,000	5,000	6,000	5,000	6,000	6,000
Rango	2,000	0,000	2,000	3,000	0,000	3,000	1,000
Rango intercuartil		0,000			0,000		
Asimetría	0,000		-1,732	1,732		-0,935	1,732
Error estándar Asimetría	1,225		1,225	1,225		1,225	1,225

Descriptivos (Olor)	Trat. 8	Trat. 9	Trat. 10	Trat. 11	Trat. 12	Trat. 13	Trat. 14	Trat. 15
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	5,333	5,000	6,667	3,000	4,000	4,667	5,667	4,333
Error estándar Media	0,667	0,577	0,333	1,155	0,000	0,333	0,333	0,667
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	2,465	2,516	5,232	-1,968	4,000	3,232	4,232	1,465
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	8,202	7,484	8,101	7,968	4,000	6,101	7,101	7,202
Media recortada al 5%					4,000			
Mediana	6,000	5,000	7,000	3,000	4,000	5,000	6,000	5,000
Varianza	1,333	1,000	0,333	4,000	0,000	0,333	0,333	1,333
Desv. estándar	1,155	1,000	0,577	2,000	0,000	0,577	0,577	1,155
Mínimo	4,000	4,000	6,000	1,000	4,000	4,000	5,000	3,000
Máximo	6,000	6,000	7,000	5,000	4,000	5,000	6,000	5,000
Rango	2,000	2,000	1,000	4,000	0,000	1,000	1,000	2,000
Rango intercuartil					0,000			
Asimetría	-1,732	0,000	-1,732	0,000		-1,732	-1,732	-1,732
Error estándar Asimetría	1,225	1,225	1,225	1,225		1,225	1,225	1,225

Descriptivos (Sabor)	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6	Trat. 7
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	4,000	2,667	4,000	2,667	4,333	3,667	4,000
Error estándar Media	0,577	0,882	1,528	0,333	0,333	1,202	0,000
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	1,516	-1,128	-2,572	1,232	2,899	-1,504	4,000
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	6,484	6,461	10,572	4,101	5,768	8,838	4,000
Media recortada al 5%							4,000
Mediana	4,000	3,000	5,000	3,000	4,000	3,000	4,000
Varianza	1,000	2,333	7,000	0,333	0,333	4,333	0,000
Desv. estándar	1,000	1,528	2,646	0,577	0,577	2,082	0,000
Mínimo	3,000	1,000	1,000	2,000	4,000	2,000	4,000
Máximo	5,000	4,000	6,000	3,000	5,000	6,000	4,000
Rango	2,000	3,000	5,000	1,000	1,000	4,000	0,000
Rango intercuartil							0,000
Asimetría	0,000	-0,935	-1,458	-1,732	1,732	1,293	
Error estándar Asimetría	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225	

Descriptivos (Sabor)	Trat. 8	Trat. 9	Trat. 10	Trat. 11	Trat. 12	Trat. 13	Trat. 14	Trat. 15
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	4,000		4,333	2,333	3,000	4,000	4,667	4,000
Error estándar Media	0,577	0,882	0,882	0,667	0,000	0,577	0,333	0,000
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	1,516		0,539	-0,535	3,000	1,516	3,232	4,000
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	6,484		8,128	5,202	3,000	6,484	6,101	4,000
Media recortada al 5%					3,000			4,000
Mediana	4,000		4,000	3,000	3,000	4,000	5,000	4,000
Varianza	1,000		2,333	1,333	0,000	1,000	0,333	0,000
Desv. estándar	1,000		1,528	1,155	0,000	1,000	0,577	0,000
Mínimo	3,000		3,000	1,000	3,000	3,000	4,000	4,000
Máximo	5,000		6,000	3,000	3,000	5,000	5,000	4,000
Rango	2,000		3,000	2,000	0,000	2,000	1,000	0,000
Rango intercuartil					0,000			0,000
Asimetría	0,000		0,935	-1,732		0,000	-1,732	
Error estándar Asimetría	1,225	1,225	1,225	1,225		1,225	1,225	

Descriptivos (Apariencia)	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6	Trat. 7
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	4,000	3,667	4,667	3,333	4,667	6,000	4,667
Error estándar Media	1,155	0,882	0,333	0,333	0,667	0,577	0,333
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	-0,968	-0,128	3,232	1,899	1,798	3,516	3,232
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	8,968	7,461	6,101	4,768	7,535	8,484	6,101
Media recortada al 5%							
Mediana	4,000	4,000	5,000	3,000	4,000	6,000	5,000
Varianza	4,000	2,333	0,333	0,333	1,333	1,000	0,333
Desv. estándar	2,000	1,528	0,577	0,577	1,155	1,000	0,577
Mínimo	2,000	2,000	4,000	3,000	4,000	5,000	4,000
Máximo	6,000	5,000	5,000	4,000	6,000	7,000	5,000
Rango	4,000	3,000	1,000	1,000	2,000	2,000	1,000
Rango intercuartil							
Asimetría	0,000	-0,935	-1,732	1,732	1,732	0,000	-1,732
Error estándar Asimetría	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225

Descriptivos (Apariencia)	Trat. 8	Trat. 9	Trat. 10	Trat. 11	Trat. 12	Trat. 13	Trat. 14	Trat. 15
	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.	Estadíst.
Media	4,333	5,000	5,000	3,333	4,000	4,333	4,667	4,333
Error estándar Media	0,333	1,000	0,577	0,667	0,577	0,333	0,667	0,882
95% de intervalo de confianza para la media (Límite inferior)	2,899	0,697	2,516	0,465	1,516	2,899	1,798	0,539
95% de intervalo de confianza para la media (Límite superior)	5,768	9,303	7,484	6,202	6,484	5,768	7,535	8,128
Media recortada al 5%								
Mediana	4,000	6,000	5,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Varianza	0,333	3,000	1,000	1,333	1,000	0,333	1,333	2,333
Desv. estándar	0,577	1,732	1,000	1,155	1,000	0,577	1,155	1,528
Mínimo	4,000	3,000	4,000	2,000	3,000	4,000	4,000	3,000
Máximo	5,000	6,000	6,000	4,000	5,000	5,000	6,000	6,000
Rango	1,000	3,000	2,000	2,000	2,000	1,000	2,000	3,000
Rango intercuartil								
Asimetría	1,732	-1,732	0,000	-1,732	0,000	1,732	1,732	0,935
Error estándar Asimetría	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225	1,225

Anexo 10. Resultados. Fichas de Cata.

Nombre: Ricardo Leon
 Fecha: 14-06-2022

Instrucciones: A continuación, se presentarán 15 muestras de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de añejamiento con el uso de chips de roble. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo. Cada categoría tiene asignado un puntaje, escriba el número correspondiente en la línea de cada muestra.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

N° Muestra	Calificación para cada atributo				
	COLOR	OLOR	SABOR	APARIENCIA	OBSERVACION:
1	6	4	5	6	Ligeras notas quemadas al gusto en boca
2	4	3	4	5	Resalta notas de aguardiente
3	5	5	6	5	Notas dulces tostadas cacao
4	4	3	3	3	Sabor fuerte a solvente.
5	5	5	5	6	Notas quemadas.
6	6	6	6	7	Agradable dulce nota avainillada.
7	5	5	4	5	Notas fuertes alcohólicas
8	5	4	4	5	" " "
9	7	6	6	6	Tostado a nueces
10	6	7	6	6	Roble muy presente agradable.
11	4	3	3	4	Aguardiente en aroma intenso
12	4	4	3	5	Solvente intenso.
13	4	5	5	5	Agradable un poco picante
14	6	5	5	6	Picante.
15	5	3	4	6	Aguardiente picante.

UCUENCA

Nombre: Ing. Robén Jara

Fecha: 14 Junio 2017

Instrucciones: A continuación, se presentarán 15 muestras de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de añejamiento con el uso de chips de roble. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo. Cada categoría tiene asignado un puntaje, escriba el número correspondiente en la línea de cada muestra.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

N° Muestra	Calificación para cada atributo				
	COLOR	OLOR	SABOR	APARIENCIA	OBSERVACION:
1	4	3	4	2	Ligeramente turbio
2	4	3	3	4	Sabor matina prima <i>aguardiente</i>
3	4	5	5	5	Picante <i>Agua</i> <i>diante</i>
4	3	3	3	3	Turbio.
5	5	5	4	4	Picante <i>Agua</i> <i>diante</i>
6	6	5	3	5	Picante <i>Agua</i> <i>diante</i>
7	5	5	4	5	Picante <i>Agua</i> <i>diante</i>
8	4	6	5	4	Mejorar color.
9	6	5	5	6	Aroma ligero a <i>aguardiente</i>
10	6	6	3	5	Picante <i>agua</i> <i>diante</i>
11	4	5	3	4	Sabor intenso <i>agua</i> <i>diante</i>
12	4	4	3	4	Sabor picante <i>agua</i> <i>diante</i>
13	4	5	3	4	Sabor picante
14	4	6	4	4	Mejorar color y sabor.
15	4	5	4	4	Sabor ligeramente quemado.

Nombre: Andrés Torres

Fecha: 14/06/22

Instrucciones: A continuación, se presentarán 15 muestras de aguardiente de caña sometido a procesos acelerados de añejamiento con el uso de chips de roble. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo. Cada categoría tiene asignado un puntaje, escriba el número correspondiente en la línea de cada muestra.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

N° Muestra	Calificación para cada atributo				OBSERVACION:
	COLOR	OLOR	SABOR	APARIENCIA	
1	5	5	3	4	
2	3	3	1	2	Muchas hierbas a Aguardiente seco
3	3	3	1	4	Aguardiente Floral
4	4	6	2	4	Sabor alcohol seco neutro
5	4	5	4	4	
6	6	3	2	6	Aguardiente Amargo intenso
7	4	6	4	4	
8	4	6	3	4	Ron Pisco aroma
9	5	4	3	3	Sin Sabor /
10	4	7	4	4	Aroma cañero / Hierbas
11	2	1	1	2	Gasolina aroma
12	4	4	3	3	Plano
13	4	4	4	4	
14	4	6	5	4	Aromas dulces
15	4	5	4	3	