

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**TEMA**

**“Optimización del proceso de añejamiento acelerado de  
aguardiente de la provincia de Pastaza”**

**AUTOR**

Amparo Maricela Quevedo Villacres

**TUTOR**

Dr. Amaury Pérez Martínez

**Puyo – Ecuador**

**Febrero, 2020**



# **DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Los criterios emitidos en el proyecto de investigación: “***OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE AÑEJAMIENTO ACELERADO DE AGUARDIENTE DE LA PROVINCIA DE PASTAZA***”, así como también los contenidos, ideas, experimento, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad personal, como autora de este trabajo de grado.

**Autora**

---

Amparo Maricela Quevedo Villacres

C.I. 1726194697

# CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Amaury Pérez Martínez con CI: 1757150766 y Reinier Abreu Naranjo con CI: 1756454847 certificamos que Amparo Maricela Quevedo Villacres egresada de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica, realizó el Proyecto de investigación titulado: “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE AÑEJAMIENTO ACELERADO DE AGUARDIENTE DE LA PROVINCIA DE PASTAZA**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial bajo nuestra supervisión.

---

Dr. Amaury Pérez Martínez

---

Dr. Reinier Abreu Naranjo



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 13-SAU-UEA-2020

Puyo, 13 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a la egresada QUEVEDO VILLACRES AMPARO MARICELA con C.I. 17261945697 con el Tema: **“Optimización del proceso de añejamiento acelerado de aguardiente de la provincia de Pastaza”**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director de proyecto PhD. Pérez Martínez Amaury, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%, Informe generado con fecha 10 de enero de 2020 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**



## Urkund Analysis Result

Analysed Document:           Aguardiente2 (7).docx (D62173961)  
Submitted:                    1/10/2020 9:58:00 PM  
Submitted By:                 agi2015001@uea.edu.ec  
Significance:                 2 %

### Sources included in the report:

CONDICIONES DE AÑEJAMIENTO DEL VINO, RON, VODKA, WISKY Y TEQUILA.docx (D60705485)  
TESIS FINAL Cristina López.pdf (D25485709)  
ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN EN LICOR ESPIRITUOSO CON HOJAS DE  
MANDARINA (Citrus reticulata) Y HIERBA LUISA (Cymbopogon citratus).docx (D58815171)  
informe alimentos 2017.docx (D36583129)  
<https://core.ac.uk/download/pdf/26979855.pdf>  
356dec86-4d2c-49fd-8ddd-c2ff89702db1  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55618/DUR%C3%81N%20-%20Estudio%20de%20productos%20alternativos%20a%20las%20barricas%20para%20la%20crianza%20de%20vinos.%20Efecto%20sobre%20l....pdf?sequence=4>  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1067/1/AGI-2006-T007.pdf>  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6072/1/AGI-2017-050.pdf>  
<https://docplayer.es/32605196-Utilizacion-de-taninos-enologicos-y-virutas-de-roble-para-mejorar-y-estabilizar-el-color-de-los-vinos-tintos.html>

### Instances where selected sources appear:

# **CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

El tribunal de sustentación de proyecto de investigación aprueba el proyecto de investigación titulado: “***OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE AÑEJAMIENTO ACELERADO DE AGUARDIENTE DE LA PROVINCIA DE PASTAZA***”

---

MSc Fernando Basantes

Presidente del Tribunal

---

Dr. Yasiel Arteaga

Miembro del Tribunal

---

MSc. Igor Díaz

Miembro del Tribunal

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo está dedicado al ser más sublime que existe en mi vida, a la persona que ha sido sinónimo de inspiración y lucha constante, a ti querido Aisaac, a ti que has sabido soportar mi ausencia constante, a ti por enseñarme a diario que los sueños solo se alcanzan luchando por ellos, a ti por ser siempre motivo de vida.*

*Amparo Maricela Quevedo V.*



## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de esta investigación fue optimizar el proceso de añejamiento acelerado de aguardiente de la Provincia de Pastaza, que contenga propiedades similares a un Ron comercial. Para ello se realizó un añejamiento acelerado mediante la aplicación del método de baño de ultrasonido, a una potencia de 400W/L y una frecuencia de 40 kHz. En el proceso, se empleó un recipiente de 5L capacidad, donde se hizo recircular 1L de aguardiente a un caudal de 50L/min. Previo al proceso de añejamiento se caracterizó las materias primas. Los parámetros caracterizados fueron físicos y químicos, siendo los físicos el color y dentro de los parámetros químicos el pH y el grado alcohólico. En la optimización se empleó la Metodología de Superficie de Respuesta (*RSM*) tipo Diseño Central Compuesto (*CCD*) mediante el software *Desing Expert*. Las variables estudiadas fueron, temperatura y tiempo de sonificación, como factores y el índice de polifenoles totales (IPT) como variable de respuesta. Se determinaron las condiciones óptimas operacionales del proceso dando una concentración de polifenoles de 66,62 AG/L, a una temperatura y tiempo de sonificación de 50°C y 20 min de ultrasonido, respectivamente. Los parámetros de aguardiente añejado obtenido, fueron inferiores a los del Ron Comercial (RAE) seleccionado.

**Palabras claves:** Polifenoles, añejamiento acelerado, ultrasonido, Ron

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to optimize the process of accelerated aging of eau-de-vie from the Province of Pastaza, which contains properties similar to a commercial Rum. For this purpose, an accelerated aging was carried out by applying the ultrasound bath method, at a power of 400W/L and a frequency of 40 kHz. In the process, a 5L container was used, where 1L of eau-de-vie was recirculated at a flow rate of 50L/min. Before the aging process, the raw materials were characterized. The characterized parameters were physical and chemical, being the physical ones the color and within the chemical parameters the pH and the alcoholic degree. The Response Surface Methodology (RSM) was used in the optimization, such as Central Composite Design (CCD), through the Desing Expert software. The variables studied were temperature and sonification time as factors and the total polyphenol index (TPI) as a response variable. The optimal operational conditions of the process were determined giving a polyphenol concentration of 66.62 AG/L, at a temperature and sonification time of 50°C and 20 min of ultrasound, respectively. The parameters of the aged brandy obtained were lower than those of the selected commercial rum (RAE).

**Keywords:** Polyphenols, accelerated aging, ultrasound, Rum.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 General.....	4
1.4.2 Específicos .....	4
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>5</b>
<b>FUNDAMENTACION TEÓRICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	5
2.2 AGUARDIENTE .....	6
2.1.1 Características Químicas.....	6
2.2 BEBIDAS AÑEJADAS .....	7
2.2.1 Ron .....	8
2.3 MATERIALES PARA EL AÑEJAMIENTO DEL AGUARDIENTE .....	11
2.3.1 Roble.....	12
2.3.2 Funciones de la materia en el añejamiento del Ron.....	13
2.3.3 Pretratamientos de los materiales para el añejamiento de aguardiente.....	16
2.4 MÉTODOS DE AÑEJAMIENTO .....	19
2.4.1 Añejamiento Tradicional .....	19
2.4.2 Añejamiento Acelerado .....	19
2.5 ANÁLISIS SENSORIAL DEL RON .....	22
2.5.1 Fase visual.....	22
2.5.2 Fase Olfativa .....	22
2.5.3 Fase Gustativa .....	23
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>24</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
3.1 LOCALIZACIÓN.....	24
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	24

3.3 MATERIALES .....	24
3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.4.1 Caracterización de la materia prima.....	25
3.4.2 Construcción y montaje de la instalación experimental.....	26
3.4.3 Ejecución del experimento .....	27
3.4.4 Caracterización del Ron.....	27
3.4.5 Diseño experimental.....	30
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>32</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
4.1 CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA Y EL PRODUCTO. ....	32
4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	35
4.3 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS .....	36
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>38</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	38
5.2 RECOMENDACIONES .....	38
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUARDIENTE .....	6
TABLA 2. REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA EL RON.....	11
TABLA 3 COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL ROBLE BLANCO.....	13
TABLA 4. PRUEBAS EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL EN BEBIDAS DESTILADAS.....	23
TABLA 5. CORRIDAS EXPERIMENTALES .....	31
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUARDIENTE.....	32
TABLA 7. <i>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AÑEJAMIENTO ACELERADO DEL RON.</i> .....	32
TABLA 8. ESTADÍGRAFOS DE LOS MODELOS AJUSTADOS A LOS DATOS EXPERIMENTALES.....	33
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE LAS COORDENADAS CIELAB Y CROMÁTICAS DEL COLOR.....	35
TABLA 11. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.....	37



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESPECTRO DE ABSORCIÓN DEL AGUARDIENTE Y EL VINO DURANTE EL AÑEJAMIENTO. ....	9
FIGURA 2. REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA CIE L* A* B* .....	10
FIGURA 3. ALTERNATIVAS Y TAMAÑO PARA LA MADERA DE ROBLE .....	17
FIGURA 4. CARACTERÍSTICAS DEL TOSTADO DE LAS VIRUTAS EN UN TAMBOR DE TORREFACCIÓN (INTERCAMBIO TÉRMICO POR: CONV: CONVECCIÓN, COND: CONDUCCIÓN, R: RADIACIÓN) .....	18
FIGURA 6. FASES PARA EL DESARROLLO DEL PROCESO INVESTIGATIVO. ....	25
FIGURA 7. INSTALACIÓN DEL AÑEJAMIENTO ACELERADO. ....	26
FIGURA 8. INSTALACIÓN EXPERIMENTAL DEL AÑEJAMIENTO ACELERADO. ....	27
FIGURA 9. VALORES PREDICHOS POR EL MODELO CUADRÁTICO VS VALORES MEDIDOS. ....	34
FIGURA 10. OPTIMIZACIÓN DEL IPT POR RSM-CCD. ....	34

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ABSORBANCIAS A DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA PARA EL AÑEJAMIENTO ACELERADO. ...	43
ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE LOS TRIESTÍMULOS Y LOS CROMAS POR EL MÉTODO CIELAB .....	44
ANEXO 3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ACERCA DEL OLOR.....	45
ANEXO 4. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ACERCA DEL COLOR .....	46
ANEXO 5. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ACERCA DEL SABOR .....	47
ANEXO 6 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ACERCA DE LA APARIENCIA .....	48
ANEXO 7. RESUMEN DE LA HIPÓTESIS DEL COLOR Y DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE FRIEDMAN. ....	49
ANEXO 8. RESUMEN DE LA HIPÓTESIS DEL OLOR Y DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE FRIEDMAN. ....	50
ANEXO 9. RESUMEN DE LA HIPÓTESIS DEL SABOR Y DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE FRIEDMAN .....	51
ANEXO 10. RESUMEN DE LA HIPÓTESIS DE LA APARIENCIA Y DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE FRIEDMAN .....	52

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

Las bebidas espirituosas se definen como aquellas que en su composición presenten un porcentaje de contenido alcohólico, estos proceden de la destilación de distintas materias agrícolas tales como: cítricos, patatas, hortaliza, remolacha, miel, cereales, uva, frutos secos, cereales, caña (Delgado Daza, 2016). Las bebidas espirituosas poseen características organolépticas propias, la graduación no excede el 15% (v/v), obtenida por destilación con adición o no de azúcares o aromatizantes o por maceración de sustancias vegetales (Diez, Salazar, y Cardenas, 2013).

Las bebidas espirituosas o bebidas destiladas se dividen en dos tipos: las no congenéricas y las congenéricas (Varnam y Sutherland, 1997). Dentro de las bebidas poseedoras de aroma propio están las congenéricas como: el Brandy, el Whisky, y el Ron, por otra parte están también las bebidas que carecen de aroma como el Ginebra (aromatizado) y el Vodka (no aromatizado), la carencia de aroma propio se debe a la rectificación de estas bebidas, al ser obtenidas de una solución alcohólica cuya materia prima procede de cereales como las patatas, maíz, y el trigo (Moya Izquierdo, 2013).

Las características de las bebidas congenéricas son su aroma propio, su composición está constituida de principios biológicos activos como son la producción de alcoholes como el metanol, y sustancias derivadas de la producción del etanol, a ello se suman los polifenoles todas estas características biológicas se desarrollan en las etapas de fermentación y envejecimiento del aguardiente. La variación de los destilados congenéricos, radica en la utilización de los microorganismos y por consiguiente en el origen de sus azúcares. Las levaduras son los microorganismos que se han empleado con mayor frecuencia debido a que su prioridad es la actividad biológica, también tiene la responsabilidad de proporcionar las características organolépticas propias a las bebidas alcohólicas (Varnam y Sutherland, 1997).

En los procesos de elaboración de las bebidas destiladas la extracción, la fermentación, la destilación y el añejamiento son las etapas más importantes, estas etapas dependen de condiciones establecidas. La etapa en la que la bebida adquiere características propias es en el añejamiento por ello el contacto entre la madera y el aguardiente es fundamental. Desde hace mucho tiempo el tipo de roble que se emplea para la elaboración de las

barricas proviene del género *Quercus*, la función de las barricas es la de transportar y conservar el aguardiente para que posterior a ello se proceda a su respectiva crianza (Alañon Pardo, 2011).

El género *Quercus* posee una estructura química que está comprendida de hemicelulosa en un 25%, posee un 20% de lignina, celulosa con un 40%, adicional a ello posee una cantidad de sustancias extraíbles con un contenido que oscila de un 5 a 10%, esta composición es beneficiosa debido sus características enológicas, esta madera es usada de manera frecuente para la elaboración de barriles; en donde se añejan las bebidas maceradas, esta madera proporciona al destilado características organolépticas deseadas al hacer contacto con el aguardiente. Estos polímeros extraídos son necesarios para la formación de sustancias orgánicas, los compuestos a desarrollarse en el proceso de añejamiento se mencionan a continuación: los compuestos fenólicos (simples y taninos), compuestos alifáticos (aldehídos, ácidos grasos); compuestos como lactonas, furánicos, carotenoides son derivados del ácido gálico, y otros compuestos volátiles que se producen durante el proceso en el que la bebida experimenta ciertas reacciones físico químicas al mantener contacto con la madera de roble (Arroyo Almeida, 2013).

La presencia de estos compuestos propicia que las bebidas adquieran un grado de calidad, misma que se evidencia en las características tanto físicas como organolépticas como la de la resistencia a la descomposición, sabor, olor y color (Arroyo Almeida, 2013). Por estas propiedades producidas por el roble, las civilizaciones antiguas almacenaban el aguardiente en barricas de roble para posterior a ello ser enterrados por un tiempo que oscilaba entre 6 meses y 1 año.

El objetivo de almacenar el aguardiente por largos periodos es mejorar la calidad final de la bebida, en el proceso el aguardiente experimenta cambios físicos como son la extracción de los taninos y la evaporación del agua o alcohol y algunas reacciones como la oxidación, la hidrólisis la formación de esteres (Alañon Pardo, 2011).

El añejamiento tradicional o también conocido como natural o convencional consiste en almacenar los aguardientes en barricas de roble, gracias a las fracciones no alcohólicas que posee la madera el aguardiente presentara una evolución importante posterior a ello el aguardiente se almacenara en botellas oscuras de vidrio y así continuar con el añejamiento mejorando la calidad de la bebida (Vásquez Rojas, 2013).

La crianza tradicional del aguardiente en las barricas de roble tiende a ser un proceso tardío, y por ello presenta ciertas desventajas como los elevados costos de producción, los espacios en la organización de bodega; en los cuales influye las condiciones de temperatura, calidad de la madera y la cantidad de luz siendo estos los inconvenientes principales (Casassa, Sari, Avagnina, y Catania, 2008).

Las investigaciones a nivel mundial proponen técnicas para el añejamiento no tradicional entre ellas se encuentra la técnica de lecho fijo o cama empacada, misma que promete llevar a cabo el proceso de envejecimiento artificial obteniendo un Ron con características similares a un Ron obtenido por el método tradicional (Anaya Villalpanda y Rodríguez Fuentes, 2012). Otro método empleado para la realización del envejecimiento acelerado es la microoxigenación, misma que proporciona características propias debido a la oxidación producida en este proceso de añejamiento (Sosa Ortiz, 2010).

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La obtención del Ron a partir del añejamiento convencional, es un proceso trascendental, debido a que en él se producen reacciones físico-químicas que otorgan aspectos característicos a la bebida. Este proceso requiere de periodos prolongados de almacenamiento, mismos que no deben ser inferiores a 6 meses, caso contrario se presentarían mermas en el producto final.; esta dependencia se debe a que en el envejecimiento la madera debe aportar ciertos aromas y sabores al producto. La acción de la quema de los barriles de roble requiere de inversión de tiempo y dinero, por consiguiente, los costos de producción son muy elevados. Otro aspecto a considerar en el método convencional es la adaptación del medio de almacenamiento a condiciones estrictas de: luz, humedad relativa, temperatura.

Una de las alternativas para el añejamiento acelerado es la microoxigenación con virutas de roble, la técnica de aplicación de campos electromagnéticos; esta consiste en introducir cantidades pequeñas de oxígeno al aguardiente a través de un microdifusor, la proporción de oxígeno es de manera lenta, continua y sobre todo controlada. Esta técnica permite obtener una estabilidad del color y mayor resistencia a la oxidación, además es de fácil aplicación y mucho más económica que la convencional.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Mediante la aplicación de métodos de envejecimiento artificial del aguardiente, se pretende dar soluciones a los inconvenientes que se presentan en el envejecimiento



convencional, reducir los costos de producción elevados, disminuir el tiempo para adquirir las características físico-químicas. Existen métodos y técnicas para el envejecimiento acelerado, incluso la literatura menciona algunos métodos que ya han sido aplicado y han obtenido resultados favorables, ese es el caso del método de la microoxigenación cuyo proceder consiste en la suministración de oxígeno a la bebida, existen efectos negativos adversos en este método como la sequedad de los compuestos tánicos y la oxidación de los fenoles. La aplicación de campos electromagnéticos, consiste en la aplicación de frecuencias extremadamente bajas, esta aplicación requiere de controles constantes, dicha exposición por tiempos prolongados puede modificar las propiedades de la bebida, es por ello que el método no es recomendado. Considerando las desventajas de las tecnológicas descritas se ha propuesto la utilización de la técnica de ultrasonido, siendo este un método fácil de aplicar, este se caracteriza por reducir el tiempo de almacenamiento, además sus costos de producción son muy bajos y sobre todo cumple con el objetivo de envejecer las bebidas.

### ***1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA***

¿Cuáles serían los valores de temperatura y tiempo óptimos para el añejamiento de aguardiente mediante un sistema continuo con extracción por ultrasonido?

## **1.4 OBJETIVOS**

### ***1.4.1 General***

Optimizar el proceso de añejamiento acelerado de aguardiente de la Provincia de Pastaza con propiedades similares a un Ron comercial.

### ***1.4.2 Específicos***

1. Caracterizar los parámetros físico-químicos de un aguardiente producido en la provincia de Pastaza.
2. Determinar las condiciones óptimas operacionales del proceso de ultrasonido para la disminución del tiempo del añejamiento del aguardiente.
3. Contrastar los parámetros físico-químicos y organolépticos del Ron añejado de forma acelerada con un Ron comercial.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACION TEÓRICA

#### 2.1 Antecedentes

Durante el añejamiento acelerado de las bebidas destiladas en barriles de roble se han estudiado características como el contenido de polifenoles, el color el mismo se incrementa con el tiempo de almacenamiento Las temperaturas influyen en la presencia de los polifenoles presentes en la madera descarboxilando los ácidos fenólicos(D. González, Vázquez, y Redondo, 2006)

El añejamiento es un proceso complejo es por ello que no existe una definición completa, sin embargo, se ha descubierto que a través de los poros del barril existe un intercambio de oxígeno desde el interior hasta el exterior del barril obteniendo así la evaporación del alcohol de manera lenta, en el mismo se pierden compuestos indeseables, en esta etapa también se produce la hidrólisis, oxidación de los componentes de la madera.

Para el añejamiento acelerado se han empleado métodos como el de corrientes de ozono para acelerar las reacciones de oxidación de la composición del aguardiente (D. González y col., 2006).

Existen estudios en los que empleando campos magnéticos con frecuencias extremadamente bajas en combinación con virutas de roble se puede obtener un Ron pro añejamiento acelerado con características similares a un Ron comercial empleando ciertas variables de tiempo y temperatura, sometidos a las materias primas a una caracterización como es el caso de las virutas, en donde se ha reducido el roble en fracciones de 3-5mm las mismas se han sometido a un proceso de tostado con un periodo de 3horas por 180°C, adicional utilizaron 700ml de aguardiente, en los cuales se observaron el comportamiento físico-químico de la bebida (Anaya Villalpanda y Rodríguez Fuentes, 2012).

El proceso de extracción de compuestos de la madera de roble tiene dificultades es por ellos que estudios revelan que se han empleado ondas de ultrasonido para obtener una cantidad significativa de compuestos, empleando temperaturas de 45°C con frecuencias de 800 kHz por 10 minutos, todo el proceso por un periodo de 15 días repitiendo el proceso 3 veces cada tres días lograron reducir el tiempo de crianza de 3 años a 9 meses.

## 2.2 AGUARDIENTE

La incidencia de la presencia de los compuestos químicos en la bebida se debe al proceso de crianza mientras dicha bebida permanece en contacto con el roble

El aguardiente es una bebida que se obtiene mediante el proceso de la fermentación alcohólica y su posterior destilación del extracto de la caña y sus derivadas, destilado por un proceso continuo y diluido con agua hasta alcanzar un rango del 38 al 50% en relación de alcohol sobre volumen a 20°C, el aguardiente es la materia prima utilizada para la obtención del Ron. El aguardiente debe ser incoloro, poseer olor características propias del aguardiente de caña (Arciniega Alvarado y Santos Segarra, 2010 ).

Cuando se da el proceso de fermentación se generan ciertos alcoholes de longitudes diferentes siendo los de mayor concentración el metanol y el etanol, también se desarrollan alcoholes superiores como el t-butanol, n-propanol aportando en menores cantidades las características propias de los destilados estos se concentran de manera elevado con valores de 40mg/100 ml, y para el metanol con 30mg/100 ml. En el proceso de destilación se mantiene los compuestos aromáticos empleando una fuente de calor, el equipo que se utiliza de manera convencional para la realizar del proceso de destilado es el alambique, eliminando así los primeros líquidos para de tal manera conservar los valores que se obtiene cuando la ebullición es completa (Cussianovich Aguirre, 2016 ).

### 2.1.1 Características Químicas

La composición del aguardiente debe sujetarse a las características químicas establecidas por la normativa (INEN 362, 2014). (Tabla 1).

Tabla 1. Características Químicas del aguardiente

<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Método de ensayo</b>
Grado alcohólico (20°)	%v/v	28	50	(NTE-340 INEN, 2014)
Furfural	mg/100 cm <sup>3</sup>	-	1,5	(NTE-2014 INEN, 2015)
Alcoholes superiores	mg/100 cm <sup>3</sup>	-	150	(NTE-345 INEN, 2014)
Metanol	mg/100 cm <sup>3</sup>	-	10	(NTE-347 INEN, 2015)

Fuente: (INEN 362, 2014)

*Grado alcohólico*

El grado alcohólico está definido como la relación existente entre el volumen del alcohol etílico contenido en una mezcla hidroalcohólica, medido a temperatura de 20°C y el volumen total de la mezcla medido a la misma temperatura, expresado en fracción volumétrica (%) (INEN 362, 2014).

Este método consiste en efectuar una destilación simple de la bebida alcohólica y determinar en el destilado el contenido de alcohol etílico a partir de la lectura dada por un alcoholímetro con una calibración a 20°C, para ello se realiza las correcciones respectivas utilizando la tabla y expresar en porcentaje (INEN 362, 2014).

### *Furfural*

El furfural es un aldehído industrial derivado de varios subproductos de la agricultura, avena, aserrín, trigo, aleurona. El nombre furfural es por la palabra latina furfur, que se traduce como salvado, en referencia a su fuente común de obtención (Cussianovich Aguirre, 2016 ).

### *Alcoholes superiores*

Los alcoholes superiores están definidos como la mezcla de alcoholes de alto peso molecular que se producen durante la fermentación alcohólica; está compuesto principalmente de 2-propanol, isobutanol, butanol y alcoholes amílicos (INEN 362, 2014).

### *Metanol*

El metanol conocido también como alcohol metílico, es el primero de los alcoholes, su expresión química es CH<sub>3</sub>OH, esta estructura es análoga a la estructura química del agua. Las especificaciones son que en condiciones normales el metanol debe ser un líquido incoloro, con una viscosidad escasa, de sabor frutal y olor penetrante. Este olor puede detectarse a partir de los 2ppm (Aguayo y Villagra, 2012).

## **2.2 BEBIDAS AÑEJADAS**

También conocidas como bebidas maceradas, proceso que consiste en la modificación lenta que proporciona al producto características sensoriales esperadas, mediante reacciones físico-químicas adquiridas por la bebida de manera natural al mantener contacto directo con el roble sea este roble blanco o encino (Muñoz de Cote Orozco, 2010).

### **2.2.1 Ron**

El Ron está definido como aquella bebida que ha sido obtenido por destilación de mostos previamente fermentados, son elaborados específicamente con azúcares procedentes de la caña de azúcar. Estos destilados pueden ser sometidos a rectificación y por consiguiente a un proceso de maduración a un tiempo mínimo de seis meses, cuyo añejamiento sea exclusivamente en contenedores de roble americano (Norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, 2017).

El Ron se caracteriza por su coloración, la misma varía en función del tiempo de añejamiento pudiendo ser incoloro o coloreado, con aroma y sabor, para ello pudiere emplear productos de origen tanto animal como vegetal, Su contenido alcohólico fluctúa de un 33% a un 55% Alc.Vol (Norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, 2017).

La clasificación del Ron se da en función a los procesos de elaboración y maduración, por ello se tiene el Ron; cuyo tiempo de maduración pondera periodos mínimos de 6 meses, mientras que el Ron añejado es aquel que sus periodos de maduración son de mínimo un año.

#### *Características físicas del Ron*

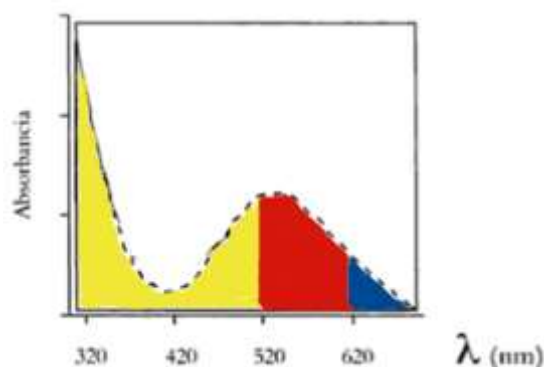
El Ron debe presentar un color de acuerdo a su crianza o maduración, durante la etapa de almacenamiento el Ron adquiere ciertas características de forma natural, el Ron debe ser transparente, pasar de incoloro a ambarino fenómeno que adquiere la bebida por la etapa de añejamiento, en distintos casos se le adiciona color caramelo, para que adopte el color característico, la calidad del producto depende del aspecto, de la coloración y aroma del producto (Plaza Naula y Sung Kwak, 2011).

El color es uno de los aspectos más importantes del Ron, de ellos dependen ciertas características como el aroma y el sabor de la bebida. Para ello varios estudios han demostrado la existencia de métodos estandarizados para la determinación del color.

Este método es aplicable para determinar el color en vinos y aguardientes, es útil para la determinación de dos tipos de color; colores intensos y colores claros. Entre los colores intensos se encuentran los diversos vinos y para el caso de los colores claro se tiene el Vodka, Ron y el Brandy. Este método se basa en el uso del espectrofotómetro de absorción de dicha bebida, en donde la gráfica va de 320 nm a 620nm; en donde 420nm



corresponde al color amarillo, 520nm al color rojo y para el color azul 620nm, como se muestra en la Figura 1.



*Figura 1. Espectro de Absorción del aguardiente y el vino durante el añejamiento.*

Fuente: (Federico Casassa, Santiago Sari, Silvia Avagnina, y Catania, 2016).

El espectro muestra el color real de la bebida, sin embargo, debe considerarse la determinación de otros parámetros. La Norma Mexicana 142-SSA1/SCFI-2014, establece que para medir la absorbancia del Ron se debe emplear una longitud de onda de 420nm.

### **Parámetros Estándar**

Gordillo Arrobas (2012) Detalla la metodología que se emplea para determinar los parámetros de color de las muestras.

Para fijar las características cromáticas en los rones se emplea la medida de absorbancia mediante dos longitudes de onda 520nm y 420nm, una manera para determinar la densidad del color es la suma de las absorbancias 520nm y 420nm, y estos definen el índice de tonalidad y el índice de intensidad de color, expresándose, así como el matiz del color.

La intensidad colorante es la cantidad de color que posee una bebida y puede ser obtenida mediante la siguiente ecuación:

$$IC = A_{420} + A_{520} + A_{620} \qquad \text{Ecuación 1}$$

La tonalidad es de gran importancia debido a que muestra la relación que existe entre el color amarillo y rojo; 420 y 520, con expresión porcentual.

$$\text{Tonalidad } (T) = \left( \frac{A_{430}}{A_{520}} \right) * 100$$

*Ecuación 2*

### Coordenadas cromáticas-Método CIELAB

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) establece normas para determinar el color, estas están relacionadas a la característica de los iluminantes, es decir, iluminante D65, mediante las condiciones de observación y curvas lumínicas espectrales del ojo humano hacia tres estímulos identificados como X, Y, y Z. Los triestímulos representan los colores bases (X: rojo virtual; Y: verde virtual; Z: azul virtual) (Jiménez Ruiz, 2016 ).

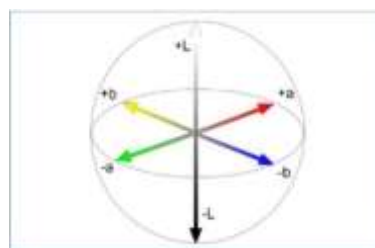
Los triestímulos son determinados empleando la metodología establecida por la CIE, con respecto a la determinación de la tonalidad del espectro con intervalos de 10nm, para calcular se emplea la lectura de la trasmittancia; 450, 520, 570, 620,630nm con la utilización de un camino óptico de 1mm, para usar las siguientes ecuaciones:

$$X = 19,717 T_{450} + 1,884 T_{520} + 42,539 T_{570} + 32,474 T_{630} - 1,841 \quad \text{Ecuación 3}$$

$$Y = 7,950 T_{450} + 34,764 T_{520} + 42,736 T_{570} + 15,759 T_{630} - 1,180 \quad \text{Ecuación 4}$$

$$Z = 103,518 T_{450} + 4,190 T_{520} + 0,251 T_{570} - 1,831 T_{630} + 0,818 \quad \text{Ecuación 5}$$

El espacio CIELAB es el único en el cual se puede reflejar con mayor precisión la tonalidad de los colores. El espacio de color 3D consta de tres ejes, los mismos que representan las graduaciones de colores opuestos dentro del espacio, como se muestra en la (Figura 2).



*Figura 2. Representación del sistema CIE L\* a\* b\**

Fuente: (Korifi, Le Dréau, Antinelli, Valls, y Dupuy, 2012).

La graduación entre los colores que se hallan opuestos en el interior del espacio está representada por los ejes; L\*, b\* y a\*.

L\* es la luminosidad del color, cuando L\*= 0 significa negro y cuando L\* = 100 es blanco.

a\* es el croma, cuando son negativos corresponden al color verde y cuando sus valores son positivos corresponde al color rojo.

b\* es el tono; cuando son negativos corresponden al color azul, y cuando sus valores dan positivo corresponde al color amarillo A partir de los valores de los triestímulos X, Y, Z se puede determinar el cálculo L\*, a\* y b\*, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$L^* = 116\left(\frac{Y}{100}\right)^{1/3} - 16 \quad \text{Ecuación 6}$$

$$a^* = 500\left[\left(\frac{X}{94,825}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{100}\right)^{1/3}\right] \quad \text{Ecuación 7}$$

$$b^* = 200\left[\left(\frac{Y}{100}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{107,383}\right)^{1/3}\right] \quad \text{Ecuación 8}$$

### Características químicas del Ron

Los requisitos de calidad que debe cumplir el Ron para ser comercializado se detallan a continuación en donde se describe el contenido mínimo y máximo de cada uno de los componentes del Ron (NTE 363, 2013).

Tabla 2. Requisitos físicos y químicos para el Ron.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	32	-	(NTE-340 INEN, 2014)
Furfural	mg/100 cm <sup>3</sup>	-	20	(NTE-2014 INEN, 2015)
Metanol	mg/100 cm <sup>3</sup>	-	50	(NTE-347 INEN, 2015)
Alcoholes superiores	mg/100 cm <sup>3</sup>	-	400	(NTE-345 INEN, 2014)

Fuente:(NTE 363, 2013)

## 2.3 MATERIALES PARA EL AÑEJAMIENTO DEL AGUARDIENTE

Para la realización del añejamiento del Ron se emplea materias primas como las virutas de roble, y el aguardiente; este es obtenido mediante la fermentación destilación del jugo de la caña inclusive de sus derivados. Para el añejamiento la madera es un factor muy importante en ella se realiza la maduración y la crianza, existen diferentes tipos de madera; entre ellos están el cerezo, el castaño y el pino, sin embargo, el más utilizado por tradición y por sus características potenciales es el roble.

### 2.3.1 Roble

La confección de las barricas de roble es una etapa importante para el añejamiento de las bebidas espirituosas; entre ellas se encuentra el ron, whisky y una gama de vinos. El roble es una de las maderas más utilizadas para este proceso, sin embargo, la composición química de este género difiere mucho entre ellos (D. González y col., 2006).

#### TIPOS DE ROBLE

La madera del roble es la más utilizada en especial del género *Quercus*, éste presenta más de 600 especies entre las más destacadas están: *Q. alba*, *Q. petraea*, *Q. humboldt*, *Q. robur*. Este género pertenece al reino plantae, familia: fagácea, super división: spermatophyta, orden: fagales, genero: *Quercus* L. Su cultivo está distribuido por el hemisferio Norte llegando por el Sur hasta América Central y Ecuador La especie norteamericana (*Q. alba*) y dos europeas *Q. petraea* y *Q. robur*) son las más empleadas a nivel mundial.

Roble Francés (*Q. petraea*)

El roble francés, se cultiva principalmente en la región de Allier en Francia, su principal característica es su alto contenido de compuestos polifenólicos y potencial en taninos, estos brindan sabores que enriquecen a las bebidas, tales como: miel, vainilla, café, tostado; pero menos aromas. Este tipo de madera, es poco porosa y de grano fino a diferencia del roble blanco; es por ello que transmite sus propiedades de forma pausada y equilibrada. Además, es muy delicado, puesto que es muy blando, por lo que se desperdicia mucha madera en la elaboración de barricas (Gallego Álvarez, 2013).

Roble blanco colombiano (*Q. humboldtii*)

Roble blanco, conocido también como roble común, cultivado en los bosques andinos de Colombia (Tomás Hernández, 2016). Valioso por su alto contenido de taninos, se caracteriza por ceder a la bebida sabores dulces, madereros y algo de sabores profundos a alcohol vínico; su madera es dura y pesada por lo que tiene una vida de aproximadamente 15 años (Cacho Palomar, 2009).

Roble del Cáucaso (*Q. macranthera*)

Originario de Rusia, se cultiva en el territorio de Adiguea, sus características son similares al roble francés, en cuanto al grano, potencial tánico y aromático. Este tipo de madera

aporta frescura y un toque maderero fino, ligero complemento aromático sin enmascarar al vino, contribuyendo a la complejidad y elegancia de la bebida.

#### Roble Americano (*Q. alba*)

Llamado también roble blanco americano, originario de América del norte, se caracteriza por aportar menos taninos al vino, pero una mayor capacidad de ceder compuestos volátiles, que otorgan aromas balsámicos y dulces (coco, vainilla, canela), además la oxidación del vino en este tipo de roble es más lenta debido a que poseen poros finos, con un grosor (29 mm) mayor al de otros robles, es por ello que se transfiere las propiedades de la madera al vino con una gran rapidez y brusquedad. Estos factores permiten una crianza más larga (Aranda, Ramírez Valiente, y Rodríguez Calcerrada, 2014).

Esta especie se la conoce también como roble blanco americano, según (Jordão y Da-silva Laureano, 2016), es muy destacada por usarse en la fabricación de barriles, gracias a sus características como: excelente resistencia mecánica, flexibilidad, durabilidad, aislamiento térmico, impermeabilidad, gran contenido de material extraíble que inhiben la proliferación de microorganismos.

### **2.3.2 Funciones de la materia en el añejamiento del Ron**

Al igual que las características y propiedades físicas de la madera; sus propiedades químicas también están influenciadas por la especie, origen del roble, condiciones climáticas, técnicas de toneleras y composición de la madera. La composición química del roble, es el principal condicionante de la calidad enológica y de las características físico-químicas del vino y aguardiente; es por ello que, durante el contacto entre el aguardiente y la madera, se produce una extracción y disolución de los componentes solubles de la madera, los cuales confieren aromas y sabores característicos de calidad a la bebida añejada.

La composición química de la madera sin tostar ni secar se puede dividir en dos grupos o fracciones; una en mayor proporción formada por macromoléculas y la otra compuesta por una fracción de extraíbles (Rodríguez Rodríguez, 2011). Siendo la lignina, hemicelulosa y sustancias extraíbles los principales componentes que intervienen en el añejamiento. Su composición promedia se muestra en la tabla 4.

Tabla 3 Composición promedio del roble blanco.



<b>Compuestos</b>	<b>%</b>
Celulosa	42-44
Lignina	24-25
Hemicelulosa	24-28
Sustancias extraíbles totales	5,3-5,4

Fuente: (Rodríguez y Torres, 1996 )

### ***Lignina***

Polímero tridimensional, se deriva del fenilpropano (2-metoxifenol) y siringil (dimetoxifenol), posee una cadena alifática sustituido en la cuarta posición, entrecruzados adicionalmente por oxidación y con el alcohol coniferílico enlazado al polímero a través de la esterificación del grupo fenólico del alcohol ; sus principales enlaces intermonoméricos son: alquil-aril eter entre la cadena lateral del propano de una unidad y el grupo fenólico de la otra unidad y enlaces carbono-carbono con varios patrones de enlace. Este polímero es insoluble a menos que los enlaces alquil-aril-éter sean rotos por medios físicos, químicos o mediante la aplicación de tratamientos térmicos, que es lo que sucede durante el secado y tostado de las barricas para el añejamiento de las bebidas espirituosas (Chávez Sifontes y Domine, 2013).

En el proceso de añejamiento, la lignina se extrae y degrada por hidroalcoholólisis en un medio ácido (pH 4 a 5) cuyo resultado es la producción de fracciones de lignina, aldehídos fenólicos, vainillina y ácidos aromáticos. La fracción extraída representa, aproximadamente, de 4 a 5% del total de la lignina contenida en el roble, a partir de la cual se originan los aldehídos, ácidos aromáticos, derivados carbonílicos y alcoholes; derivados terpénicos; hidrocarburos alifáticos y aromáticos. Estos congéneres derivados de la lignina favorecen a la mejora de las características sensoriales de los destilados.

### ***Hemicelulosa***

Se caracteriza por ser un polímero bidimensional, entre los polisacáridos que la componen están: los d-xilanos, xilosa, cadenas laterales de arabinosa y azúcares como manosa, galactosa, ramnosa. La propiedad más importante que estas presentan, durante el añejamiento, es su facilidad para hidrolizarse con aportes de carbohidratos que brindan algo de dulzor al destilando contribuyendo a mejorar el sabor. En la fabricación de barricas, el roble es sometido a tratamientos térmicos que causan el rompimiento de la hemicelulosa, originando productos de caramelización. En el proceso de tostado, se

produce furfural, hydroximetilfurfural, cicloteno, maltol y otros productos de la condensación de los azúcares que proporcionan el color caramelo, produciendo también ácido acético y metanol.

#### *Sustancias extraíbles totales*

Las sustancias extraíbles totales representan el 10% de la masa de la madera seca, por lo que presenta una proporción muy variable de sus constituyentes. Estos compuestos son:

#### *Compuestos fenólicos*

Dentro de estos compuestos se encuentran los polifenoles de bajo peso molecular, se caracterizan por llevar en su estructura uno o más anillos aromáticos, con más grupos hidroxilo como componentes, estos compuestos fenólicos se clasifican en: ácidos fenólicos (ácidos benzoicos y cinámicos) actúan en la formación de ligninas, taninos y cumarinas; aldehídos fenólicos (vainillina y siringaldehído), fenoles volátiles (Rubio Betrón, 2014).

#### *Taninos*

Existen dos tipos de taninos, los hidrolizables y los condensados; siendo los taninos hidrolizables del roble presentes en los destilados y vinos. Al inicio del proceso de añejamiento, los taninos son solubilizados para luego desaparecer debido a las transformaciones que sufre mediante la hidrólisis y oxidación, cambiando sus características organolépticas (Chávez Sifontes y Domine, 2013). Los taninos también actúan en los procesos de oxidación que se dan en las barricas y se caracterizan por actuar como reguladores, que absorben de forma rápida el oxígeno presente contribuyendo a la hidroperoxidación de los constituyentes del destilado. Este proceso se da en 3 etapas:

1. Reacción con el oxígeno por la presencia de un metal de transición: cobre, hierro o manganeso; cuya función es liberar oxígeno activado que puede representarse como peróxido de hidrógeno.
2. Este oxígeno activado, oxida el alcohol a acetaldehído;
3. El alcohol en combinación con el acetaldehído forma un compuesto denominado diacetal, el mismo que influye en las características organolépticas del destilado al otorgar una nota delicada y de alta calidad.

Para la determinación de los compuestos fenólicos o también llamado índice total de polifenoles (ÍPT), se usa el método de Folin-Ciocalteu, este ensayo se basa en que, los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin, a un pH básico; produciendo una coloración azul, su mecanismo de reacción, es redox, por lo que también es considerado para determinar el contenido o actividad antioxidante total (Gutiérrez Lorenzo, 2017). La coloración producida en esta reacción, es sometida a espectrofotometría con un máximo de absorción de 765 nm y que es cuantificada en base a una recta patrón de ácido gálico (García Martínez, Fernández Segovia, y Fuentes López, 2012).

### ***2.3.3 Pretratamientos de los materiales para el añejamiento de aguardiente***

Para el proceso de añejamiento del aguardiente es indispensable que la madera experimente ciertos tratamientos previos al contacto directo roble-aguardiente, los procesos que experimenta la madera son el secado, reducción de tamaño y el tostado, con la finalidad de mejorar las condiciones del proceso.

#### **Secado de la Madera**

El secado de la madera es un proceso importante, este consiste en evaporar la mayor cantidad de agua posible alojada en la madera, es necesario deshidratar la madera con el objetivo de obtener un equilibrio de la humedad ambiental con respecto a la humedad de la madera, al conseguir esta deshidratación la madera podrá emitir los compuestos favorables para el añejamiento del aguardiente (Duran Coya, 2015).

#### **Reducción del tamaño de la madera**

El añejamiento tradicional del aguardiente requiere largos periodos para obtener el envejecimiento, este proceso conlleva una inversión económica muy elevada debido a que esta se encuentra sujeta a condiciones de almacenamiento, como la calidad de la madera, tomando en consideración estos antecedentes la industria se ve obligada a buscar nuevas alternativas para reducir los inconvenientes mencionadas anteriormente.

La reducción o cortado de la madera se realiza para optimizar la extracción de los compuestos que contiene la madera, es por ello que se ha empleado alternativas para abaratar los costos de producción, reduciendo así el tamaño del roble en fracciones como; virutas, polvo, astillas, dichas técnicas son de fácil utilización es por ello que su costo de aplicación es menor. Para determinar las características del producto final es de gran

relevancia el origen de la madera de roble y por ello el proceso de secado y tostado, la cantidad empleada, el tiempo en el que se mantiene en contacto el aguardiente y la madera, la granulometría de la madera y las posibles técnicas conjuntamente empleadas.

(Eguizábal Espinosa, 2017). En la siguiente figura se exponen las alternativas de tamaño del roble la Figura 3.

a)



b)



c)



d)



*Figura 3. Alternativas y tamaño para la madera de roble*

*a) medio polvillo de roble 1x1x0,5 mm; b) duelas de 96 cm x 4,7 cm x 0,7 cm; c) cubos de roble de 50 o 100x7mm d) Virutas o chips de roble de 7.5x5x2.5 mm.*

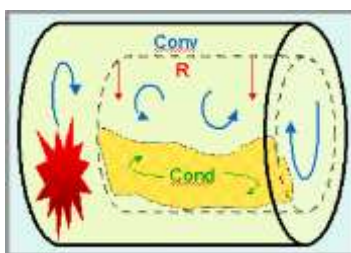
Fuente: (Eguizábal Espinosa, 2017)

### **El tostado de la madera**

Esta técnica es muy importante, en ella se produce una modificación intensa; por ejemplo, cuando la madera es tostada a temperaturas intensas esto provoca que los taninos que debe ser cedidos al vino disminuyan de manera notable, al producirse este fenómeno el aguardiente perdiendo la capacidad de absorber los elagitaninos y las octalactonas; mismas que son responsables de proporcionar el aroma a nuez, de coco o de madera al roble. A nivel de tostado medio se incrementa la presencia de los aldehídos fenólicos (vainilla), como también los aldehídos furánicos que proporcionan aromas a tostado, almendra. Cuando la madera es tostada a temperaturas superiores la presencia de los fenoles volátiles con mayor intensidad.

Las técnicas más empleadas para el tostado de tipo industrial aplicado a las diferentes alternativas, se basa en un intercambio térmico por convección para después pasar a ser

un intercambio por conducción; este permite la obtención de los aldehídos fenólicos a diferencia de los aldehídos furánicos. Para realizar el tostado de duelas se emplea un tambor de torrefacción rotativo; donde las duelas son colocadas sobre un soporte, donde la circulación del aire es libre calentando así los trozos, la aplicación de este método permite que la calidad del tostado sea homogénea, este proceso significa la ausencia del oxígeno evitando así la formación de llamas como se muestra en la Figura 4.



*Figura 4. Características del tostado de las virutas en un tambor de torrefacción (intercambio térmico por: Conv: convección, Cond: conducción, R: radiación)*

**Fuente:** (Eguizábal Espinosa, 2017)

El tostado de la madera puede clasificarse en: ligero, medio y fuerte; con la aplicación de un tostado fuerte disminuye la concentración de los taninos, aromas responsables de nuez, coco o maderero, y una intensidad de tostado medio aumentan los aldehídos fenólicos (vainilla) y furánicos (almendra, tostado). (Eguizábal Espinosa, 2017) menciona que el tostado también se puede realizar en un tambor de torrefacción rotativo cuyo funcionamiento inicia con la ubicación de las duelas en un soporte, en donde los trozos de madera están expuestas a aire caliente con libre circulación, lo que ayuda a minimizar la diferencia de temperaturas dentro del horno. La calidad y homogeneidad de la circulación del aire en el interior del horno son factores importantes para alcanzar un tostado de calidad. Al final de este proceso las duelas con enfriadas.

#### *Tostado de los chips de Roble*

(González y Baleta, 2010) menciona que, el primer paso en la preparación de las virutas de roble es la filtración a través de un tamiz de 1-2 mm para luego ser seleccionadas, una vez seleccionadas las virutas se someten a un tratamiento térmico, con el fin de degradar la estructura celular de la madera; comúnmente se utiliza hornos eléctricos, estufas, a una temperatura entre 160-190°C durante 1-5 horas, luego se procede a enfriarlas en un desecador. Por otro lado, las virutas deben ser sometidas a una temperatura de 180°C durante un periodo de 3 horas.

## **2.4 MÉTODOS DE AÑEJAMIENTO**

Los métodos de añejamiento son aquellos cuyo objetivo se basa en otorgar a la bebida características físicas y químicas, que se desarrollan durante el tiempo de crianza. Existen dos métodos que son el Añejamiento Tradicional y el Añejamiento Acelerado.

### ***2.4.1 Añejamiento Tradicional***

El añejamiento tradicional, se basa en el almacenamiento de destilados y vinos en barriles de roble por largos periodos de tiempo, con el objetivo de alcanzar las características físico-químicas y organolépticas otorgadas por la madera. Estas barricas de roble son almacenadas en lugares oscuros y frescos, en donde el oxígeno pasa por los poros de la barrica con el objetivo de oxidar los alcoholes a aldehídos y estos en ácidos, el tiempo de añejamiento está directamente relacionado con el cuerpo de la bebida (González, 2001). Dentro de las desventajas que presenta este añejamiento convencional son los altos costos de producción en cuanto a las grandes cantidades de aguardiente, limitación de espacios para el almacenamiento, mermas por los recipientes permeables, producto en stock por largos periodos de tiempo, costos de transporte y descontrol de las variables de acondicionamiento.

### ***2.4.2 Añejamiento Acelerado***

Por otro lado, están los métodos acelerados, que básicamente se basan en la combinación del método tradicional por el uso de astillas, polvo, virutas o chips de madera de roble y la aplicación de técnicas que potencian la extracción de los componentes presentes en la madera. La principal ventaja de los métodos de envejecimiento acelerado son los bajos costos asociados al proceso de obtención, considerando estas ventajas son muchas las variables que se manipulan en su crianza. Existen varios métodos estudiados para lograr acelerar el envejecimiento de los vinos y destilados, desde los basados en aplicar temperatura como es el caso de los tradicionales hasta los más avanzados, como es el uso de nanopartículas de oro que actúan como catalizadores de las reacciones, o la combinación de pequeñas cantidades de oxígeno con el uso de virutas de madera en el seno del fluido (San Martín Larrasoña, 2010). Todos estos métodos solos o combinados cumplen con el objetivo principal de potenciar la extracción de los compuestos presentes en la madera y de esta forma acelerar las reacciones que confieren las características típicas de una bebida añejada (Sánchez Collazo y Lara Mejías, 2013).

Entre los fenómenos se presentan los siguientes

1. Esparcimiento del oxígeno al seno de la bebida
2. Esterificaciones
3. Transformaciones de los polifenoles
4. Extracciones de los compuestos presentes en la madera
5. Precipitaciones de sustancias especialmente del bitartrato potásico y tartrato cálcico.

Las características físico-químicas dependen de ciertas variables como:

**Composición de la bebida:** Cada bebida alcohólica contiene varios compuestos que la diferencia de otras (alcoholes, ácidos, polifenoles, azúcares, etc.). Los polifenoles y las sustancias aromáticas por lo general son susceptibles a reaccionar y desarrollar, cambiando los aromas y sabores de la bebida.

**Material del contenedor:** El envejecimiento se ha desarrollado en botellas de vidrio y la mayoría en barricas de madera, la cual, dependiendo del tipo de madera, transmitirá las características organolépticas a la bebida. En la actualidad existe la posibilidad de envejecer en contenedores de acero inoxidable, lo que ayudaría que a partir de una misma bebida (inicial) se obtengan otras bebidas con características diferentes.

**Ambiente:** Según la cantidad de oxígeno en el ambiente se puede identificar el tipo de crianza, es decir, en bebidas envejecidas en barricas se da una crianza oxidativa y una reductora en botellas de vidrio, en el caso de contenedores de acero inoxidable se deberá controlar las dosificaciones de pequeñas cantidades de oxígeno.

De todas las reacciones que se dan en el envejecimiento de las bebidas, las que hacen que se modifiquen las características de la bebida de forma radical, son las reacciones de los polifenoles. Estas sustancias influyen de la siguiente manera sobre las características sensoriales de la bebida:

- En su mayoría son compuestos de sabor amargo.
- Provocan sensación de astringencia en la boca
- Las sustancias que poseen grupos aldehídos, tienen un umbral de percepción muy bajo, por lo que no ayuda al aroma del producto.

#### *2.4.2.1 Métodos de Añejamiento acelerado*

##### *Microoxigenación*

La microoxigenación se basa en el uso de un suministro de oxígeno a la bebida en tanques de acero inoxidable bajo un monitoreo constante, para lograr cambios deseables en la textura y aroma del vino o destilado, no obstante, cuando existe una alta cantidad de oxígeno esta puede provocar efectos negativos, como la oxidación del fenol, la sequedad de los taninos, etc. En la actualidad este método es usado en combinación con otros, es decir, microoxigenación con ultrasonido y las astillas de roble en el seno del fluido, realizando ciclos de aplicación de estos métodos.

#### *Campo electromagnético*

Esta tecnología, se basa en la aplicación de campos eléctricos de alta intensidad que van de 1-50kV/cm por un corto periodo de tiempo, es decir por microsegundos, en este tiempo no aumenta la temperatura del producto, por lo que no altera las características y propiedades sensoriales y nutricionales. Estos campos electromagnéticos, producen un fenómeno llamada electroporación, se basa en la creación de poros en la membrana de las células siendo más permeable, permitiendo así la extracción de los compuestos presentes en la madera (Anaya Villalpanda y Rodríguez Fuentes, 2012).

#### *Ultrasonido*

El ultrasonido, se basa principalmente en la aplicación de ondas de presión con frecuencias que van de 10kHz a 20kHz, estas son utilizadas para acelerar los procesos de extracción a través de la rotura de los tejidos ayudando a mejorar la extracción de sustancias intracelulares en el solvente por fuerzas de cavitación (Cárdenas Chaparro, Leyva, Loredó Carrillo, y Carranza., 2017). La cavitación, está definido por un fenómeno que ocurre cuando aplicamos ultrasonidos de alta energía, en líquidos que poseen propiedades elásticas; se basa en la expansión de moléculas líquidas por la fuerza de ultrasonido, el mismo que crea burbujas o cavidades que pueden colapsar, generando presiones que alteran el tejido, favoreciendo a dichos procesos de extracción de compuestos bioactivos

En ultrasonido las características principales de aplicación son la frecuencia, potencia, temperatura, que pueden influir sobre la eficiencia de extracción (Gomez Diaz y Lopez Malo, 2009).

Para una mejor extracción se usan frecuencias de ultrasonido de 25-40 kHz, no se puede decir lo mismo si se emplean frecuencias de 80 kHz debido a que se requiere mayor



tiempo de extracción, todo se fundamenta en el fenómeno de cavitación, que al emplear altas frecuencias las burbujas de cavitación serán más difícil de inducir, puesto que se requieren mayores amplitudes e intensidades, por lo que necesitan más tiempo para iniciarse. Mientras que, a frecuencias bajas, las burbujas de cavitación son menos numerosas lo que contribuye a los efectos de extracción por lo que necesitan entre 15-25 min.

## **2.5 Análisis Sensorial del Ron**

La GTC ICONTEC (2010), describe al análisis sensorial como la valoración de una muestra, empleando los sentidos humanos.

La evaluación de destilados o bebidas espirituosas, se la realiza por medio de una cata o análisis sensorial, se da valor a las bebidas a través de los sentidos de una manera objetiva y analítica, para ello se consideran aspectos como; color, olor, y cuerpo (González Villalva, 2012).

Las fases de la cata son similares a las del vino, sin embargo, difieren en la fase olfativa puesto que la copa de Ron no debe ser agitada, o de lo contrario el alcohol se tomaría como el actor principal en el momento de la catación y esto podría influir de manera significativa. Para la cata de Ron se recomienda añadir 3ml de agua pura por cada 60ml de muestra; esto ayuda a debilitar la membrana tenso-activa que ejercen los alcoholes en la superficie de la muestra (Aguirre, 2010). Los atributos sensoriales a evaluar son:

### **2.5.1 Fase visual.**

**Color.** - es un aspecto relevante que hace que se diferencien entre las bebidas, el color del ron depende de los años de crianza, estos pueden ir desde incoloro en aquellos rones sin añejamiento hasta ámbar oscuro para rones más viejos, previamente atravesando por el dorado pálido, dorado y dorado ambarino.

**Brillantez.** - La brillantez del ron, está íntimamente relacionada con la limpieza y color brillante, por lo que depende de una adecuada filtración e inocuidad en el proceso de elaboración del ron.

### **2.5.2 Fase Olfativa**

**Aroma.** - Hace referencia a las características de origen de la materia prima, proceso de fermentación y/o adición de edulcorantes artificiales, en este atributo se puede apreciar notas del añejamiento, en donde se pueden apreciar aromas frutales, notas dulzonas como

caramelo e incluso aromas madereros. El aroma, únicamente podrá ser percibido por la nariz, debido a las sustancias volátiles que generalmente son liberadas por las bebidas, estos suelen originarse de manera natural o artificial.

### 2.5.3 Fase Gustativa

**Relación entre el Dulzor y el Amargor.** – Estos atributos se dan principalmente cuando la bebida ha sido víctima de una producción acelerada, por la adición de frutales como almendras amargas y sobre todo por malas prácticas en el proceso de elaboración, un ejemplo claro de ello, es una fermentación incompleta, especialmente en los aguardientes. El órgano que actúa es la lengua; siendo las papilas gustativas quien registra los sabores básicos; amargo, salado, ácido y dulce (Mariezcurrana Berasain, 2015).

**Diseño de la nota añejada:** Existen dos formas de comprobar la nota añejada, por la acumulación de sensaciones desde la fase olfativa, es decir la evolución de los aromas del roble. La segunda es mediante la prueba de la copa seca, se basa en tomar una copa vacía y colocarla al revés sobre una superficie libre de olores, durante 3 o 4 minutos. Al oler la copa nos dirá si el ron este añejado de forma correcta o tuvo errores en su crianza. Cabe recalcar que esta prueba será efectiva solo en aquellos rones en donde se emplearon aguardientes de más de 3 años de edad.

Existen diferentes pruebas utilizadas para el análisis sensorial de bebidas destiladas, en la (Tabla 4) se describen las pruebas que se usan con mayor frecuencia.

Tabla 4. Pruebas empleadas para el análisis sensorial en bebidas destiladas.

Tipo de prueba	Características del panel	Preguntas principales
Descriptivas	Seleccionados por su agudeza sensorial, orientados al tipo de prueba previo a su entrenamiento	¿Cuánto difieren los productos? ¿En que difieren los productos? ¿Qué atributos caracterizan al producto?
Discriminativas	Seleccionados por su agudeza sensorial, orientada al tipo de prueba y, eventualmente entrenados.	¿Existe diferencia entre los productos?
Afectivas de Preferencia	Seleccionados por ser consumidores habituales del producto, no son personas entrenadas	¿Cuáles son los productos preferidos?
Afectivas Hedónicas	Seleccionados por ser consumidores habituales del producto, no son personas entrenadas	¿Gustan o disgustan el producto?

**Fuente:** (Osorio López, 2018).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN**

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Estatal Amazónica ubicada en el km 2<sup>1/2</sup> vía al Tena (Paso lateral), en la Provincia de Pastaza, ubicada en el centro de la región amazónica ecuatoriana (RAE), entre las coordenadas 1°10′ latitud sur y 78°10′ longitud oeste y 2° 35′ latitud sur y 76° 40′ longitud oeste. Tiene una superficie de 29.7773 km<sup>2</sup>.

#### **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se ejecutó de manera descriptiva y experimental, se realizó una búsqueda y análisis de información, datos recopilados sobre el envejecimiento acelerado mediante la aplicación del método de ultrasonido. Para la parte experimental se construyó una estructura a escala de laboratorio en donde se ejecutó el añejamiento del aguardiente.

#### **3.3 MATERIALES**

Para llevar a cabo el proceso de añejamiento acelerado mediante ultrasonido, se empleó como fuente de materia prima un aguardiente de 45% v/v procedente de la destilería Rivera Revilla Fray Ángel “Suspiro de Ángel” ubicada en la parroquia el Mariscal de la provincia de Pastaza, Las virutas usadas fueron de roble de género *Quercus Alba*, este roble se obtuvo de manera online por “Mercado Libre” las dimensiones de las virutas fueron de 0,5mm de espesor.

##### *Reactivos*

Los reactivos de carácter químico que se emplearon fueron; el reactivo Folin-Ciocalteu, carbonato de sodio al 20% y para la elaboración de la curva de calibración, se empleó ácido gálico. Estos reactivos fueron proporcionados por la docente encargada del laboratorio de Química.

### 3.4 Método de investigación

Para el desarrollo de la investigación se ha propuesto seguir las siguientes etapas:

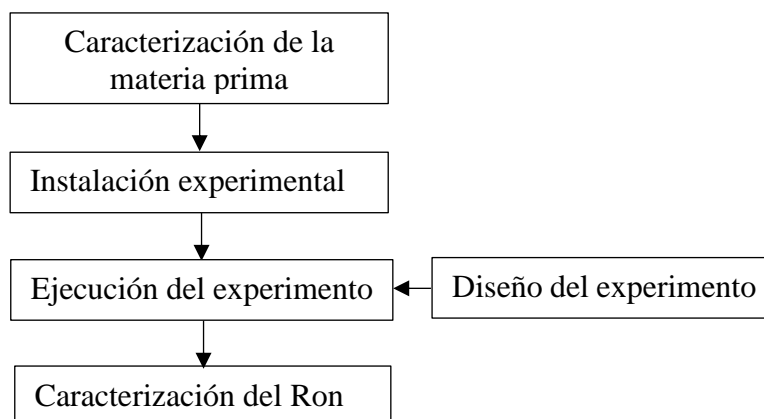


Figura 5. Fases para el desarrollo del proceso investigativo.

#### 3.4.1 Caracterización de la materia prima

En esta investigación, se empleó el aguardiente de caña “Suspiros de Ángel” con un contenido alcohólico de 45 %v/v, producido en la ciudad del Puyo, provincia de Pastaza, se utilizó con 600 ml de aguardiente; en su recepción se evaluaron las características químicas que establece la NTE, procesos que se llevaron a cabo en el laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica.

##### 3.4.1.1 Características Químicas

###### Determinación del Grado alcohólico

Para la determinación del contenido del grado alcohólico, se empleó el método de alcoholímetro cuyo proceso de medición consistió en tomar 200 ml de muestra (aguardiente), esta se colocó en una probeta de 250 ml; se introdujo el alcoholímetro en la probeta con la muestra, manteniéndolo durante 10 minutos y transcurrido este tiempo se procedió a tomar la lectura (NTE-340 INEN, 2014).

###### Determinación del pH

Se determinó el potencial de hidrogeno de la muestra (aguardiente), utilizando un pH-metro multiparamétrico Thermo scientific que mide la diferencia del potencial generada entre el interior del electrodo de pH y el electrodo de referencia en contacto con la muestra analizada, se realizó la inmersión del electrodo en la muestra de aguardiente hasta cubrir el diafragma y se repitió las mediciones en dos ocasiones.

###### Características Físicas

La característica física a evaluar en el aguardiente fue el color, por lo general para valorar este tipo de atributos se emplean los órganos de los sentidos, en este caso se empleó la vista, de tal manera que se verificó el color; mismo que debe ser transparente e incoloro y mantener el olor característico del aguardiente de caña bien rectificado como lo establece la normativa (INEN 362, 2014).

### ***3.4.2 Construcción y montaje de la instalación experimental***

#### **Añejamiento Acelerado**

Para llevar a cabo el proceso de añejamiento se utilizó un cilindro de vidrio de 18cm de largo con una capacidad de 6,45gr el mismo sirvió para contener las virutas de roble, y también facilitó el proceso de recirculación del aguardiente mediante el uso de una bomba sumergible como se muestra en la figura 7.



Figura 6. Instalación del Añejamiento Acelerado.

#### **Añejamiento Acelerado**

Para llevar a cabo el proceso de extracción asistida por ultrasonido, se procedió a prender y calibrar el equipo, se utilizó 3 litros de agua para llenar la bañera, seguidamente se realizó la configuración de temperatura y tiempo deseados. Se procedió a colocar 1L de aguardiente en el recipiente cuya capacidad fue de 5L el cual constaba con una tapa que poseía dos orificios en los cuales se conectaron dos mangueras de silicona a distancias paralelas, estas cumplieron la función de entrada y salida del aguardiente, los extremos de las mangueras fueron contactadas con el cilindro de vidrio para realizar el proceso de recirculación del aguardiente como se muestra en la (figura 8).



Figura 7. Instalación experimental del añejamiento Acelerado.

### ***3.4.3 Ejecución del experimento***

#### **Reducción del tamaño del Roble a virutas**

Se procedió a reducir el tamaño del roble a virutas de 0,5mm de tal manera que facilite el proceso de extracción de las sustancias presentes en la madera de roble (Gómez Cordovés, Suberviola, y Bartolomé, 2008).

#### **Añejamiento Acelerado**

Se desarrolló el proceso de añejamiento empleando ciclos de 3 horas, se introdujo el material biológico dentro del cilindro de vidrio, este se sumergió en el baño de ultrasonido trabajando a una potencia de 400W/L, para el proceso de la recirculación del aguardiente se empleó un recipiente que conto con un caudal de 50L/min empleando una frecuencia de 40 KHz, y a temperaturas de; 30°C, 40°C, 50°C (Sánchez Guillén, 2015). Se emplearon virutas de 0,5mm con la relación de 6,45 g de virutas. La aplicación de ultrasonido se realizó por 1 hora, en los siguientes intervalos: 10 minutos de ultrasonido, 30 minutos de reposo, 15 minutos de ultrasonido y 30 minutos de reposo, y 20 minutos de ultrasonido, 30 minutos de reposo. La toma de muestras se realizó cada hora, en donde se determinó el contenido total de polifenoles.

### ***3.4.4 Caracterización del Ron***

Las características químicas evaluadas fueron; el pH, grado alcohólico, índice total de polifenoles (IPT) y el parámetro físico fue el color. Por lo tanto, se utilizó la metodología empleada para la caracterización del aguardiente.

#### ***Características Químicas***

Determinación del Grado alcohólico

La determinación del grado alcohólico se realizó en el laboratorio de química, para el desarrollo del análisis se emplearon: una probeta y un alcoholímetro. Se tomó una muestra de Ron y se sumergió el alcoholímetro en la probeta, transcurrido 10 minutos se procedió a realizar la lectura (NTE-340 INEN, 2014).

#### Determinación del pH

Para la determinación del pH, se empleó un pH-metro multiparamétrico, se colocó 25ml de la muestra de Ron en un vaso de precipitación, seguidamente se introdujo el sensor-electrodo dejándolo actuar por durante 3 minutos, posterior a ello se realizó la lectura correspondiente.

#### ***Contenido del Índice Total de Polifenoles (IPT)***

Para la determinación del Índice de Polifenoles Totales se empleó el método de Folin-Ciocalteu. Se tomaron las muestras de Ron de las 19 unidades experimentales; para cada una de ellas se preparó una solución cuya composición constó de: la muestra de Ron, el reactivo Folin, carbonato de sodio al 20% y agua destilada.

La curva de calibración se preparó con soluciones de ácido gálico con una concentración de 1 a 50 mg AG/L. Para la muestra madre se utilizó 25gr de ácido gálico y se aforó en 250 ml de agua destilada, de esta solución madre se tomaron cantidades que oscilaron de 0.1 a 5ml de la muestra madre y cada una de estas se aforó en un matraz de 10 ml posterior a ello se agregó 1000  $\mu$ L del reactivo Folin se dejó reaccionar por 5 minutos, transcurrido los mismo se agregó 1000  $\mu$ L de carbonato de sodio al 20% y se agregó agua destilada hasta completar 3000  $\mu$ L. Cada una de las muestras se leyeron a una longitud de onda de 765nm obteniendo una concentración de: 0,007; 0,722; 1,666; 2,357; 3,23; 3,64.

#### Preparación de las muestras

Se utilizó 300  $\mu$ L de Ron, 1000  $\mu$ L del reactivo Folin; se dejó reaccionar por 5 minutos y posterior a ello añadió 1000  $\mu$ L de carbonato de sodio al 20%, una vez preparada la muestra final se dejó reposar por 30 minutos para continuar con el proceso una vez transcurrido este tiempo se colocó la muestra en una cubeta de vidrio y se procedió a realizar la lectura a una longitud de onda de 765nm. (Sánchez Guillén, 2015).

#### Solución Blanco

La preparación del blanco se llevó a cabo de la siguiente manera: se utilizó un matraz aforado de 10ml en donde se colocó 1000  $\mu$ L del reactivo Folin, 1000  $\mu$ L de carbonato de sodio al 20%, y se completó los 3000  $\mu$ L con 1000  $\mu$ L de agua destilada, seguidamente conjuntamente con las muestras se cubrió de la luz y se dejó reposar por 30 minutos, para inmediatamente proceder a la lectura junto con las muestras.

### **Características Físicas**

#### *Determinación del Color*

Para la determinación del color del Ron se empleó el Método Estándar, se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible marca Spectronic, modelo genesys 5, este sirvió para la lectura de las muestras de Ron a las diferentes longitudes de onda de 420, 520,620 nm. Se emplearon cubetas de vidrio óptico de 10mm de paso, posteriormente los resultados obtenidos se multiplicaron por 10, de tal manera que se pueda obtener la absorbancia a 1cm de paso. Estos valores son útiles y se aplican en las ecuaciones 1 y 2 antes mencionadas en el epígrafe 2.2.1

### **Método CIELAB**

Se midió directamente la absorbancia de las muestras de Ron a longitudes de onda de 450, 520, 570, 620 y 630 nm, utilizando un espectrofotómetro UV-Visible marca Spectronic, modelo genesys 5 empleando cubetas de vidrio óptico de 10 mm de paso. Mediante las lecturas se reemplazó los datos en las ecuaciones 3, 4, 5.

Mediante los valores de los triestímulos X, Y, Z se logró calcular  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , haciendo uso de las ecuaciones 6,7 y 8.

### **Determinación de las características Organolépticas**

Para determinar las características organolépticas, se realizó una evaluación sensorial en la cual los panelistas debían catar las diferentes muestras de Ron, los elementos que se emplearon para la evaluación sensorial fueron: una copa de vidrio transparente y Ron ;se añadió 3 mL de Ron, se emplearon 30 personas para formar parte del panel de catadores (Vásquez Galárraga y Vásquez Villarreal, 2009). Los atributos que se evaluaron fueron:

Olor. - mediante el olfato se determina el aroma y el sabor de la bebida, esta, estuvo a cargo del olfato.

Color. – Propio de la bebida, pudo ser definido mediante el uso del ojo humano.



Sabor. - del sabor de la bebida, estuvo a cargo del gusto.

Apariencia. - el brillo, el aspecto, características como la claridad del producto; es una tarea propia del ojo humano.

Para el análisis sensorial se empleó el tipo de juez consumidor; que por lo general son personas elegidas al azar, y tampoco tienen relación con el producto a evaluar, la prueba utilizada fue la afectiva de preferencia, para ello se empleó 30 catadores, las edades oscilaron entre 21 a 40 años (Fuentes Salas, 2018).

Previo a la evaluación sensorial se dio una introducción a los catadores, en la cual se explicó cuáles son las condiciones a evaluar en la bebida, de tal manera que estén en la capacidad de registrar correctamente los resultados en el formato de evaluación.

El modelo empleado tuvo como objetivo evaluar el olor, color, sabor y apariencia, de tal manera que se pueda conocer cuál es la percepción del catador con respecto a las diferentes muestras de Ron. La ponderación estuvo en función de la escala hedónica en base a 6 puntos. Las puntuaciones y categorías para la evaluación sensorial de la bebida, se basaron en la escala hedónica y se estableció de la siguiente manera: Me disgusta mucho (1), Me disgusta moderadamente (2), Me disgusta moderadamente (3), Me disgusta levemente (4), Me gusta moderadamente (5), Me gusta mucho (6).

La información obtenida del análisis sensorial de preferencia y aceptación se validó empleando el programa estadístico SPSS de prueba denominada FRIEDMAN, se caracteriza por basarse en los rangos, por ello requiere que las muestras iguales se mantengan en escala ordinal, de tal manera que se logró determinar si los promedios de los atributos del Ron eran o no iguales, y por consiguiente poder establecer de manera cualitativa a cuantitativa cual es el mejor tratamiento (Guillen, Araiza, y Cerna, 2012).

### ***3.4.5 Diseño experimental***

La optimización es un método para determinar la mejor solución sobre la base de ciertos criterios. Permite el análisis de las variables usando un sistema donde la relación matemática de los factores y la variable dependiente son desconocidas. Es una poderosa herramienta de modelado de datos, capaz de capturar y representar complejas relaciones no lineales entre variables dependientes e independientes. Casi siempre usada para mejorar el rendimiento del proceso y reducir los costos (Witek Krowiak, Chojnacka, Podstawczyk, Dawiec, y Pokomeda, 2014). Para llevar a cabo un estudio con estas

características, se pueden aplicar herramientas estadísticas como RSM (*Response Surface methodology*). Esta es una técnica de estadística multivariante que permite una reducción significativa en el número de experimentos y la descripción del impacto de las variables independientes (individualmente o en combinación) en el proceso. El método RSM se basa en el ajuste de modelos matemáticos a los resultados experimentales generados a partir del diseño del experimento. La verificación del modelo se lleva a cabo mediante análisis de varianza (ANOVA) (Witek Krowiak y col., 2014). Entre los diseños estándar utilizados en RSM, se puede encontrar el BBD que constituye una buena elección debido a su alta eficiencia con respecto al número de ejecuciones requeridas (Amini y Younesi, 2009).

Se aplicó RSM para la optimización de los factores y obtener un modelo predictivo que represente adecuadamente los cambios en la variable respuesta. Un diseño RSM tipo BBD (*Box-Behnken design*) se empleará para la determinación de los valores óptimos del tamaño de partícula, temperatura y tiempo de extracción a las condiciones definidas en el diseño experimental donde también será incluida la variable de respuesta.

Los factores que se analizaron fueron temperatura y tiempo de ultrasonido (TSC) con un reposo constante de 30 min. En la tabla 5 se muestran las corridas experimentales que se desarrollaron. La variable respuesta fue el IPT.

Tabla 5. Corridas experimentales

Número de experimentos	Factor 1 A:Temp (°C)	Factor 2 B:TSC (min)
1	50	20
2	30	15
3	50	10
4	40	15
5	30	20
6	30	10
7	30	20
8	40	20
9	40	15
10	30	10
11	50	20
12	50	15
13	50	10
14	30	20
15	30	10
16	40	15
17	50	20
18	50	10
19	40	10

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA Y EL PRODUCTO.

En la tabla 6 se muestran los resultados de la caracterización química del aguardiente utilizado en el proceso de añejamiento acelerado. Los valores obtenidos en encuentran dentro de los valores admitidos por la norma (NTE INEN, 2014).

Tabla 6. Características Químicas del Aguardiente.

Características	Aguardiente
Grados alcohólicos (20°C)	45 (v/v)
pH	5,93

#### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las características químicas del ron añejado de forma acelerada con virutas sin tostar fueron: IPT, grados alcohólicos y pH, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Características químicas del añejamiento acelerado del Ron.

Número de experimentos	Factor 1 A:Temp (°C)	Factor 2 B:TSC (min)	IPT (mg AG/L)	Contenido de etanol (°GL)	pH
1	50	20	62,32	45	5,93
2	30	15	36,59		
3	50	10	51,41		
4	40	15	30,80		
5	30	20	39,53		
6	30	10	39,56		
7	30	20	47,29		
8	40	20	49,10		
9	40	15	21,83		
10	30	10	43,32		
11	50	20	65,56		
12	50	15	38,92		
13	50	10	47,41		
14	30	20	41,47		
15	30	10	40,74		
16	40	15	29,22		
17	50	20	66,62		
18	50	10	45,35		
19	40	10	36,25		
RAE	-	-	322,10.	42	5

Fuente: Elaboración propia

El grado alcohólico de las 19 unidades experimentales se mantiene, siendo estos de 45° GL, de la misma forma se mantiene el pH con un valor de 5,93 para los 19 experimentos, estos valores no cumplen con los límites que establece la normativa con respecto a los requisitos de calidad, los límites sugeridos son un pH que oscila entre 4 a 4,8, valores que debe poseer el Ron.

La experimentación del añejamiento acelerado del Ron mediante la aplicación de baño de ultrasonido con virutas sin tostar logro una mayor concentración de polifenoles de 66,62 AG/L en el experimento 17 que corresponde al tratamiento de 20 min de ultrasonido a 50°C. Estos valores fueron inferiores a los del Ron Comercial (RAE).

### **Influencia de las variables del Diseño Experimental con respecto al IPT**

En la Tabla 8 se muestran los estadígrafos de los modelos ajustados a los datos experimentales. Los valores de R<sup>2</sup>-ajustado y R<sup>2</sup>-predicho son indicadores del ajuste de los datos experimentales a un modelo matemático (Martínez Rodríguez, 2005). El Modelo cuadrático fue el que mejor ajuste se obtuvo a los datos experimentales con un valor de R<sup>2</sup>-ajustado 0,8921 y R<sup>2</sup>-predicho 0,8263.

*Tabla 8. Estadígrafos de los modelos ajustados a los datos experimentales.*

<b>Modelos</b>	<b>Secuencial p-valor</b>	<b>Falta de ajuste p-valor</b>	<b>Ajustado R<sup>2</sup></b>	<b>Predicho R<sup>2</sup></b>
Lineal	0,0287	< 0.0001	0,2783	0,1720
Interacción de dos factores	0,1968	< 0.0001	0,3137	0,2155
<u>Cuadrático</u>	<u>&lt; 0.0001</u>	<u>0,1378</u>	<u>0,8921</u>	<u>0,8263</u>
Cubico	0,0907	0,3522	0,9176	0,8040

**Fuente:** Elaboración propia.

Otra prueba estadística que ratifica el buen ajuste de los datos experimentales es la de los valores predichos vs valores actuales. La Figura 9 muestra una correlación satisfactoria entre los valores experimentales y lo predicho acordes a los valores de la tabla 8. En donde los puntos se encuentran cerca de la diagonal, indicando así el ajuste de los datos al modelo cuadrático modelo. Esto determina que las desviaciones estándar entre los valores experimentales fueron mínimas.

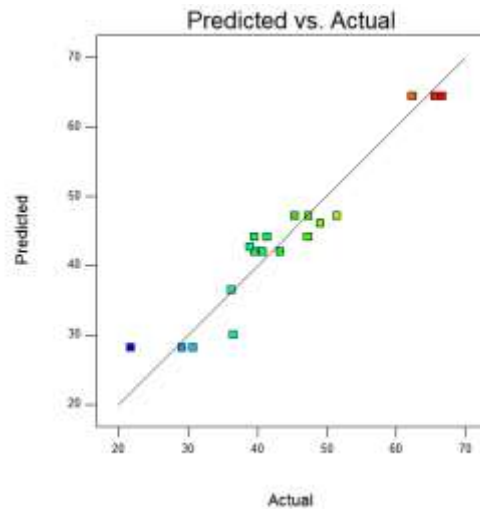


Figura 8. Valores predichos por el modelo Cuadrático vs valores medidos.

La Figura 10 muestra el comportamiento del IPT en el rango de Temperatura y TSC evaluado. El óptimo global del IPT es 64,459 mg AG/L a las condiciones de Temp. de 50°C y una TSC de 20:30 min (Figura 10B). Este valor sería el deseado por estar relacionado con la actividad antioxidante (Paladino, 2017) .En la Figura 10A se pueden observar otros óptimos locales que se encuentran entre los extremos de las condiciones experimentales (Temp 30°C y TSC de 20 min, Temp 30°C y TSC de 10 min y Temp 50°C y TSC de 10 min). Estos valores coinciden con el comportamiento de un modelo cuadrático (Ecuación 9).

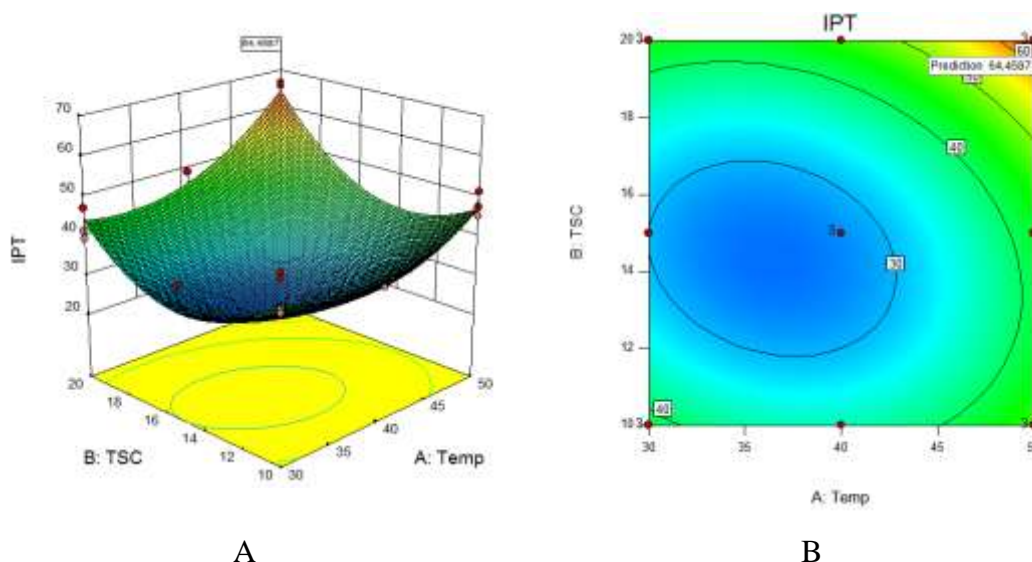


Figura 9. Optimización del IPT por RSM-CCD.

(A) RSM en 3D, (B) RSM de contorno

$$IPT = 28,21 + 6,36 \times A + 4,85 \times B + 3,81 \times AB + 8,15 \times A^2 + 13,08 \times B^2$$

*Ecuación 9*

La Ecuación 9 es el modelo codificado que se obtuvo para las condiciones experimentales, que permite determinar la influencia de los factores sobre la variable respuesta. El modelo matemático sin codificar (Ecuación 10) permite predecir el IPT a partir de valores de las variables independientes que estén dentro del intervalo de las condiciones experimentales.

$$IPT = +282,05018 + -7,02843 \times Temp - 17,76895 \times TSC + 0,076111 \times (Temp \times TSC) + 0,081539 \times Temp^2 + 0,52313 \times TSC^2$$

*Ecuación 10*

## 4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Los valores de las absorbancias (Anexo 1) a las longitudes de ondas medidos para las 19 unidades experimentales permitieron determinar los valores triestímulos (X, Y, Z) y de los respectivos ejes (L\*, a\*, b\*). En la Tabla 10 se pueden observar a las 19 unidades experimentales con sus respectivos valores de los cromas, de los triestímulos y de color característico adquirido en el proceso de añejamiento acelerado mediante la aplicación del método de ultrasonido.

*Tabla 9.* Características de las coordenadas CIELAB y cromáticas del color.

Número de experimentos	X	Y	Z	L*	a*	b*	I.C	Color
1	88,308	93,825	86,245	97,6	-1,14	9,87	0,207	
2	90,183	95,794	90,818	98,4	-1,11	8	0,163	
3	88,909	94,581	86,083	97,9	-1,35	10,51	0,205	
4	90,023	95,66	89,614	98,3	-1,17	8,75	0,172	
5	89,526	95,189	88,422	98,1	-1,27	9,26	0,183	
6	90,03	95,732	90,023	98,3	-1,28	8,51	0,169	
7	90,51	96,139	91,641	98,5	-1,11	7,67	0,155	
8	87,454	92,911	82,656	97,2	-1,13	11,85	0,241	
9	90,395	96,091	91,038	98,5	-1,23	8,05	0,159	
10	83,544	88,759	72,142	95,5	-1,11	17,02	0,356	
11	89,289	94,932	89,611	98	-1,26	8,25	0,176	
12	90,122	95,712	91,019	98,3	-1,08	7,8	0,162	
13	90,316	95,985	90,627	98,4	-1,19	8,26	0,163	
14	91,14	96,815	93,519	98,8	-1,12	6,84	0,138	
15	88,054	93,572	85,284	97,5	-1,17	10,39	0,217	
16	87,085	92,571	82,108	97,1	-1,22	12,02	0,247	
17	86,876	92,343	81,016	97	-1,2	12,67	0,257	
18	89,871	95,523	88,819	98,2	-1,21	9,21	0,178	
19	86,819	92,268	82,824	96,9	-1,18	11,27	0,244	
RAE	64,90	67,15	17,22	85,58	2,78	66,48	16,73	

El comportamiento del color es similar para todos los experimentos excepto el experimento con una temperatura de 30°C y un tiempo de 10 min de ultrasonido que el color es ligeramente superior al resto de los experimentos. Este valor pudo deberse al tamaño de las virutas de roble que para este experimento fueron de inferior tamaño y aumentaron la superficie de contacto (Lopez y Villalòn, 1995).

Los colores obtenidos en los 19 experimentos fueron inferiores a un Ron añejado de 5 años. Esto se debió a que el número de ciclos de ultrasonido-reposo en este trabajo fue inferior al de Quevedo Villacres (2019). Esto demuestra que existe una correlación entre el número de ciclos de ultrasonido-reposo no solamente con el contenido de polifenoles sino también con el color (Quevedo Villacres, 2019).

### **4.3 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS**

En la Tabla 11 se observan los valores de la estadística descriptiva resumida de los experimentos sometidos al análisis sensorial. Los resultados del análisis sensorial completo se pueden observar en el Anexo 3, 4, 5 y 6.

El valor mínimo, máximo y el rango indican la amplitud del comportamiento de los datos experimentales. En el caso de los valores mínimos y máximos del atributo olor y sabor para cada uno los experimentos realizados a las diferentes condiciones de temperatura y tiempo de ultrasonido-reposo estuvo entre 1-6. Este valor indica que los jueces no entrenados percibieron un olor que se clasifico como “Me disgusta mucho y “Me gusta mucho”. Este comportamiento se debe a la presencia de olores y sabores característicos del aguardiente de caña que no pudieron ser eliminados en el proceso de filtración con carbón activado.

Sin embargo, la mediana indica que el 50% de jueces seleccionaron “Me gusta levemente” Mientras que el Ron comercial su valor mínimo y máximo estuvo entre cuatro y seis con una mediana de seis. Estos valores indican que el 50% de los jueces seleccionaron “Me gusta mucho”.

El atributo color y la apariencia está relacionados, por ser atributos que son el resultado precepción visual de juez. Los valores de los estadígrafos máximo y mínimo tuvieron un comportamiento similar para ambos atributos, obteniéndose resultados entre dos y seis para los experimentos realizados. Estos valores equivalen a que los catadores juzgaron a

la bebida como “Me disgusta moderadamente” y “Me gusta mucho”. Mientras que la mediana indica que el 50% de los jueces percibió un color y una apariencia “Me gusta moderadamente”. Este comportamiento de los jueces se debió a que fundamentalmente a que el 40% de los jueces prefieren bebidas añejadas con un color más oscuro y los experimentos realizados tuvieron un color inferior como se demostró en el epígrafe anterior. Esta afirmación se corrobora con el comportamiento de los resultados de la bebida comercial que obtuvo un valor mínimo de cuatro, un valor máximo de seis y una mediana de seis, indicando que existe una mayor aceptación por los jueces por las bebidas de colores más oscuras.

*Tabla 10. Estadística descriptiva de las características organolépticas.*

Estadígrafo	Olor				Color			
	20:50	15:40	10:30	RAE	20:50	15:40	10:30	RAE
Media	4,23	4,43	4,29	5,40	4,83	4,60	4,60	5,09
Mediana	4,00	5,00	4,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Desviación estándar	1,33	1,09	1,10	0,695	0,89	0,85	0,95	0,818
Mínimo	1	2	2	4	2	2	3	4
Máximo	6	6	6	6	6	6	6	6
Rango	5	4	4	2	4	4	3	2
	Sabor				Apariencia			
	20:50	15:40	10:30	RAE	20:50	15:40	10:30	RAE
Media	4,03	3,06	3,20	4,94	5,00	4,71	4,77	4,89
Mediana	4,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Desviación estándar	1,32	1,51	1,53	0,765	0,91	1,30	1,03	0,80
Mínimo	1	1	1	4	2	1	2	4
Máximo	6	6	6	6	6	6	6	6
Rango	5	5	5	2	4	5	4	2

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la prueba de Friedman (Anexo 7, 8, 9 y 10) ratifican los valores de la estadística descriptiva. Los atributos organolépticos color y apariencia no poseen diferencia entre los experimentos realizados y la bebida comercial y si existen diferencias entre los experimentos olor y sabor entre los experimentos realizados y la bebida comercial.



# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

1. Las condiciones del proceso de añejamiento a la temperatura 50 °C y un tiempo de ultrasonido-reposo de 20:30 min fue donde se obtuvieron los mejores resultados. Con un valor máximo de IPT (64,46 mg AG/L), con una aceptación organoléptica (olor, sabor, color y apariencia) por parte del 50% de los jueces de “Me gusta moderadamente y un contenido de etanol de 45 °GL.
2. Los valores obtenidos en la caracterización físico-químico del aguardiente se encuentran dentro de los valores permisibles estipulados por normativa NTE 362, con respecto al contenido de grado alcohólico, esta estipula los intervalos mínimos y máximos de un aguardiente correctamente destilado y rectificado cuyo valor debe oscilar de 28 a 50% (v/v), por consiguiente, el aguardiente que se empleó para el proceso experimental fue de 45% (V/V).
3. Las condiciones del proceso de añejamiento a la temperatura 50 °C y un tiempo de ultrasonido-reposo de 20:30 min produjeron un Ron añejado equivalente a un ron comercial inferior a cinco años.
4. Los atributos organolépticos sabor y olor del Ron añejado en los experimentos realizados tuvieron diferencias significativas con el Ron comercial. Mientras que el color y la apariencia no tuvieron diferencias significativas.

### 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomiedna:

1. Que se desarrolle una diferenciación de tamaño óptimo del material biológico a utilizarse, debido a que las fracciones de roble empleadas han sido en virutas de 0,5mm y de 1cm en el proceso de añejamiento acelerado en dependencia de la concentración del IPT
2. Que se estandarice el proceso de acondicionamiento de la materia prima para eliminar olores y sabores que pueden afectar la aceptabilidad del producto final.
3. Que se validen los resultados obtenidos en este trabajo logrando su repetibilidad y reproducibilidad.
4. Que se realice un estudio mercado y de la estructura de costo para su posible comercialización

## CAPITULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguayo, T., y Villagra, V. (2012). Concentración de Metanol en caña paraguaya en muestras remitidas al Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología, durante el período 2007-2010 provenientes de 3 departamentos y el Municipio Capital. *Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología*, 10(1), 62-69.
- Aguirre, A. (2010). Degustación Sensorial de Ronces.
- Alañon Pardo, M. E. (2011). *Chemical characterization and antioxidant capacity of extracts from oenological woods obtained by accelerated solvent extraction*. . universidad de castilla-la mancha, España.
- Amini, M., y Younesi, H. (2009). Biosorption of Cd (II), Ni (II) and Pb (II) from Aqueous Solution by Dried Biomass of *Aspergillus Niger*: Application of Response Surface Methodology to the Optimization of Process Parameters. 37 (10), 776–786.
- Anaya Villalpanda, M., y Rodríguez Fuentes, M. (2012). Añejamiento de aguardiente con campo magnético de frecuencia extremadamente baja. *Revista Tecnología Química*, 32(3), 261-271.
- Aranda, I., Ramírez Valiente, J., y Rodríguez Calcerrada, J. (2014). Características funcionales que influyen en la respuesta a la sequía de las especies del género *Quercus*: variación inter- e intra-específica. *Ecología y gestión de las especies de Quercus*.
- Arciniega Alvarado, G. A., y Santos Segarra, Y. A. (2010 ). *Desarrollo de licor de maracuyá (passiflora edulis var. Flavicarpa)*. (Industrias Agropecuarias), Universidad técnica particular de loja Loja
- Arroyo Almeida, D. H. (2013). *Los taninos de la madera en el envejecimiento de vinos*. (Máster calidad, desarrollo e innovación de alimentos ), Universidad de valladolid, Valladolid.
- Cacho Palomar, J. (2009). El roble, la barrica y la crianza del vino tinto. In I. F. e. Católico (Ed.), *Cuadernos de Aragón* (Vol. 1). Zaragoza: Los Fueros Artes Gráficas Zaragoza.
- Cárdenas Chaparro, A., Leyva, S. E., Loredó Carrillo, V., y Carranza. (2017). Síntesis de derivados de 2-anilino-3-cloro- 1,4-naftoquinona promovida por microondas y ultrasonido. *Revistes Catalanes amb acces obert*, 74, Núm. 580.
- Casassa, F., Sari, S., Avagnina, S., y Catania, C. (2008). Efecto del empleo de chips de roble y del tipo de tostado sobre la composición polifenólica y las características cromáticas y organolépticas de vinos cv. Merlot.
- Chávez Sifontes, M., y Domine, M. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Ciencias e Ingeniería*, 4(4).
- Cussianovich Aguirre, K. A. (2016 ). “*Obtención y caracterización de aguardiente de 40ºg.L. A partir de gaseosas y néctar de descarte*”. (Ingeniero en industrias alimentarias ), UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima-Perú.
- Delgado Daza, C. (2016). *Comparación entre la publicidad televisiva y la publicidad en internet de bebidas espirituosas*. (Publicidad y Relaciones Públicas), Universidad de Alicante, Alicante.

- Diez, O. A., Salazar, R. A., y Cardenas, G. J. (2013). Experiencia de producción piloto de ron en Tucumán, R. Argentina. *Revista industrial y agricola de Tucumán*(0370-5404).
- Duran Coya, N. (2015). *Estudio de productos alternativos a las barricas para la crianza de vinos. Efecto sobre la composición polifenólica.* (Ingeniero Agronomía), Universidad Politècnica de València, Valencia.
- Eguizábal Espinosa. (2017). *Crianza de vinos de Tempranillo en depósito con duelas de roble como alternativa al envejecimiento en barrica.* (Grado en Enología), Universidad de a Rioja, Logroño.
- Federico Casassa, Santiago Sari, Silvia Avagnina, y Catania, C. (2016). Piranoantocianos, nuevos pigmentos en los vinos tintos aspectos científicos e implicancias tecnológicas
- Fuentes Salas, M. (2018). *Caracterización Organoléptica y Preferencias de onsumo de piscosde uva negra criolla y moscatel procedentesde los distritosde Aplao, Caravelí y Santa Rita de Sigwas, Región Arequipa.* (Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Gallego 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.
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., y Fuentes López, A. (2012). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.* (Tecnología de Alimentos), Universitat Politècnica de València, Valencia.
- Gómez Cordovés, C., Suberviola, J., y Bartolomé, B. (2008). Variaciones producidas en los pigmentos, color y capacidad antioxidante de un vino tinto por el envejecimiento tradicional y por uno de los alternativos: virutas (“chips”). *Instituto de Fermentaciones Industriales, 1.*
- Gomez Diaz, J., y Lopez Malo, A. (2009). *Aplicaciones de ultrasonido en el tratamiento de alimentos.* (Ingeniero en Alimentos), Universidad de las Americas, Puebla.
- González, J. (2001). Presencia de fenoles totales y otros componentes en el roble de barriles usados en Cuba para el añejamientos del Ron. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos.*
- González, y Baleta. (2010). Cuantificación y comparación de sustancias marcadoras de envejecimiento de rones envejecidos aceleradamente y en barriles de roble (quercus humboldtii bonpland). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos., 1 (2)(2218-4384), 170-183.*
- González, D., Vázquez, A., y Redondo, D. (2006). Estudio comparativo de rones y aguardientes añejados en barriles de roble y por el proceso aceleradoI CIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúca, XL, núm. 3, 12-19.*
- González Villalva, X. A. (2012). *Desarrollo de una tecnología para elaborar una bebida alcohólica a partir de la grosella blanca (phyllanthus acidus)”. (Ingeniera en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato, Ambato.*
- Gordillo Arrobas, B. (2012). *Relación color, composición fenólica en vinos tintos de clima cálido. Evaluación de la copigmentación por Colorimetría Triestímulo.* (Doctor), Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Metodología para el análisis sensorial descriptivo de bebidas alcohólicas, 191 C.F.R. (2010).
- Guillen, L. A., Araiza, E., y Cerna, J. (2012). Métodos No-Paramétricos de Uso Común. *Daena: International Journal of Good Conscience, 7, 132-155.*

- Gutiérrez Lorenzo, A. (2017). *Determinación de la capacidad antioxidante de vinos tintos. Efecto de la maceración con subproductos de la industria enológica.* (Grado en Farmacia), Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Bebidas alcohólicas. Aguardiente de Caña, (2014).
- Jiménez Ruiz, A. (2016). *Reacciones electroquimioluminiscentes y parámetros cieLab: estudio de la interacción de especies biomédicas en dendrímeros y nanopartículas.* (Tesis Doctoral Química), Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Jordão, J. M., y Da-silva Laureano, R. (2016). Extraction Of Some Ellagic Tannins And Ellagic Acid From Oak Wood Chips (*Quercus Pyrenaica* L.) In Model Wine Solutions: Effect Of Time, Ph, Temperature And Alcoholic Content. *South African Journal of Enology & Viticulture*, 26 N2. doi:10.21548/26-2-2122
- Korifi, R., Le Dréau, Y., Antinelli, J. F., Valls, R., y Dupuy, N. (2012). *CIEL\*a\*b\* color space predictive models for colorimetry devices--analysis of perfume quality.* Marseille Université, France.
- Lopez, C., y Villalòn, H. (1995). España Patent No.
- Mariezcurrena Berasain, M. D. (2015). *Antología de Evaluación Sensorial.* (Licenciatura de Ingeniero Agronomo Industrial), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Martínez Rodríguez, E. (2005). Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense.*, 38, 331.
- Moya Izquierdo, S. (2013). *Efecto de diferentes tipos de alteraciones sobre la estabilidad de los licores de crema.* (Ingeniería en Alimentos), Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTECH, Castelldefels.
- Muñoz de Cote Orozco, J. (2010). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad la historia de la humanidad la historia de la humanidad la historia de la humanidad la historia de la humanidad. *Aapaunam academia, ciencia y cultura.*
- Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, § 28 (2017).
- Determinación del contenido de Alcohol Etilico. Método Alcoholímetro (Gay-Lussac), (2014).
- Bebidas alcohólicas.Determinación de Alcoholes Superiores, (2014).
- Bebidas Alcohólicas.Determinación de Metanol, (2015).
- Bebidas Alcohólicas. Determinación de productos Congéneres por Cromatografía de Gases, (2015).
- Bebidas alcohólicas Ron., (2013).
- Bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña. Requisitos., 362 C.F.R. (2014).
- Osorio López, M. A. (2018). *Técnicas Modernas en el Análisis Sensorial de los Alimentos.* (Ingeniero en Industrias Alimentarias), Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Paladino, S. (2017). *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (vitis vinifera L.)* (Magister en Alimentos (Mención en Ciencias).), Universidades Nacionales de Cuyo, La Rioja.
- Plaza Naula, V. V., y Sung Kwak, E. J. (2011). *Determinación de alcohol, acidez y azúcares en bebidas alcohólicas mediante espectroscopía infrarroja.* (Ingeniería en alimentos), Universidad del azuay, Cuenca.
- Quevedo Villacres, G. (2019). *Determinación de la equivalencia entre el tiempo de añejamiento acelerado por ultrasonido y el tradicional del Ron.* (Obtención del título de Ingeniero Agroindustrial), Universidad Estatal Amazonica, Pastaza-Ecuador.

- Rodríguez Rodríguez, P. (2011). *Composición química y perfil sensorial de vinos de crianza de la d.O. Jumilla*. (Doctor), Universidad de Murcia, Murcia.
- Rodríguez, S., y Torres, M. (1996). *pulpaje kraft de roble, raulí y un híbrido*. Universidad Austral de Chile, Chile.
- Rubio Betrán, M. P. (2014). *Utilización en los fragmentos de roble en los procesos fermentativos y durante el envejecimiento de vinos tintos*. (Doctora), Universidad de la Rioja, Logroño.
- San Martín Larrasoña, M. (2010). *Microoxigenación: Evolución polifenólica a corto-medio plazo*. (Técnico agrícola en explotaciones agropecuarias), Universidad Pública de Navarra,
- Sánchez Collazo, O., y Lara Mejías, A. (2013). *Estudio de un método novedoso para la fabricación del ron bucanero y su influencia en los parámetros de control de calidad*. (Ingeniero Químico), ISPJAE, La Habana.
- Sánchez Guillén, M. M. (2015). *Estudio del comportamiento de "holandas" de diversos orígenes vitivinícolas durante su envejecimiento por diferentes metodologías tradicionales y aceleradas*. (Doctor), Universidad de Cádiz, Andalucía.
- Sosa Ortiz, M. N. (2010). *Cuantificación y comparación de sustancias marcadoras de envejecimiento de rones envejecidos aceleradamente y en barriles de roble (Quercus humboldtii Bonpland)*. (Licenciatura en biotecnología), Instituto tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/26979855.pdf>
- Tomás Hernández, N. (2016). *Efecto del tipo de madera y su envejecimiento sobre la fracción volátil del vino*. (Ciencia y tecnología de los alimentos), Universitat Politècnica de València, Valencia.
- Varnam, A. H., y Sutherland, J. P. (1997). *Bebidas: Tecnología, química y microbiología*. In P. b. Spanish (Ed.), *Bebidas: Tecnología, química y microbiología* (Vol. 2). Zaragoza: Acirbia S.A.
- Vásquez Galárraga, M. G., y Vásquez Villarreal, L. E. (2009). *Obtención de Vodka a partir de dos tipos de maíz (zea mays): Maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitrio*. (Ingeniero Agroindustrial), Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Vásquez Rojas, I. E. (2013). *Determinación de acetato de etilo en bebidas alcohólicas destiladas con añejamiento (ron) por el método de cromatografía de gases*. (Química de alimentos), Universidad central del Ecuador, Quito.
- Witek Krowiak, A., Chojnacka, K., Podstawczyk, D., Dawiec, A., y Pokomeda, K. (2014). Application of Response Surface Methodology and Artificial Neural Network Methods in Modelling and Optimization of Biosorption Process. *Bioresour. Technol*, 160, 150–160.

## ANEXOS

Anexo 1. Absorbancias a diferentes longitudes de onda para el añejamiento acelerado.

Número de experimentos	450 (nm)	520 (nm)	530 (nm)	540 (nm)	550 (nm)	560 (nm)	570 (nm)	600 (nm)	610 (nm)	620 (nm)	630 (nm)
20:50	0,679	0,52	0,507	0,495	0,485	0,475	0,467	0,444	0,437	0,43	0,424
20:50	0,073	0,026	0,022	0,019	0,017	0,015	0,017	0,008	0,007	0,006	0,005
20:50	0,118	0,044	0,038	0,032	0,028	0,024	0,022	0,014	0,012	0,01	0,009
20:40	0,109	0,041	0,035	0,03	0,026	0,023	0,02	0,013	0,011	0,009	0,008
20:30	0,079	0,027	0,023	0,02	0,017	0,014	0,013	0,008	0,006	0,005	0,004
20:30	0,063	0,022	0,018	0,016	0,013	0,011	0,01	0,006	0,005	0,004	0,003
20:30	0,054	0,018	0,016	0,013	0,011	0,009	0,008	0,005	0,004	0,003	0,002
10:50	0,091	0,031	0,027	0,023	0,019	0,016	0,014	0,009	0,007	0,006	0,005
10:30	0,071	0,024	0,021	0,018	0,015	0,013	0,011	0,007	0,005	0,004	0,004
15:40	0,073	0,025	0,021	0,018	0,015	0,013	0,011	0,006	0,005	0,004	0,003
10:30	0,17	0,066	0,057	0,05	0,043	0,038	0,034	0,023	0,02	0,018	0,016
10:30	0,095	0,036	0,032	0,028	0,025	0,021	0,019	0,013	0,011	0,01	0,008
15:40	0,066	0,022	0,019	0,016	0,013	0,011	0,01	0,005	0,004	0,003	0,003
10:40	0,108	0,043	0,038	0,033	0,03	0,026	0,024	0,017	0,015	0,014	0,012
10:50	0,068	0,023	0,019	0,017	0,014	0,012	0,01	0,006	0,004	0,003	0,003
15:50	0,066	0,024	0,021	0,018	0,016	0,013	0,012	0,007	0,006	0,005	0,004
15:40	0,112	0,042	0,037	0,032	0,028	0,025	0,022	0,015	0,013	0,011	0,009
15:30	0,067	0,024	0,02	0,017	0,015	0,013	0,011	0,007	0,006	0,004	0,004
10:50	0,077	0,026	0,022	0,019	0,016	0,013	0,011	0,006	0,005	0,004	0,003

*Anexo 2. Determinación de los triestímulos y los cromas por el método Cielab*

Número de experimentos	X	Y	Z	L*	C*	h*	a*	b*	I.C	Color
1	88,308	93,825	86,245	97,60	9,94	96,59	-1,14	9,87	0,207	
2	90,183	95,794	90,818	98,40	8,08	97,90	-1,11	8,00	0,163	
3	88,909	94,581	86,083	97,90	10,6	97,30	-1,35	10,51	0,205	
4	90,023	95,66	89,614	98,30	8,83	97,61	-1,17	8,75	0,172	
5	89,526	95,189	88,422	98,10	9,35	97,78	-1,27	9,26	0,183	
6	90,03	95,732	90,023	98,30	8,61	98,55	-1,28	8,51	0,169	
7	90,51	96,139	91,641	98,50	7,75	98,21	-1,11	7,67	0,155	
8	87,454	92,911	82,656	97,20	11,90	95,43	-1,13	11,85	0,241	
9	90,395	96,091	91,038	98,50	8,15	98,71	-1,23	8,05	0,159	
10	83,544	88,759	72,142	95,50	17,06	93,73	-1,11	17,02	0,356	
11	89,289	94,932	89,611	98,00	8,34	98,67	-1,26	8,25	0,176	
12	90,122	95,712	91,019	98,30	7,88	97,88	-1,08	7,80	0,162	
13	90,316	95,985	90,627	98,40	8,35	98,22	-1,19	8,26	0,163	
14	91,14	96,815	93,519	98,80	6,93	99,30	-1,12	6,84	0,138	
15	88,054	93,572	85,284	97,50	10,45	96,42	-1,17	10,39	0,217	
16	87,085	92,571	82,108	97,10	12,08	95,78	-1,22	12,02	0,247	
17	86,876	92,343	81,016	97,00	12,73	95,43	-1,2	12,67	0,257	
18	89,871	95,523	88,819	98,20	9,29	97,50	-1,21	9,21	0,178	
19	86,819	92,268	82,824	96,90	11,33	95,96	-1,18	11,27	0,244	

Anexo 3. Estadística descriptiva acerca del olor

Descriptivos	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
N.E	20:50		15:40		10:30		RAE	
Media	4,23	0,225	4,43	0,185	4,29	0,186	5,40	0,117
95% de intervalo de confianza para la medida	3,77		4,05		3,91		5,16	
	4,69		4,80		4,66		5,64	
Media recortada al 5%	4,29		4,45		4,32		5,44	
Mediana	4,00		5,00		4,00		6,00	
Varianza	1,770		1,193		1,210		0,482	
Desviación estándar	1,330		1,092		1,100		0,695	
Mínimo	1		2		2		4	
Máximo	6		6		6		6	
Rango	5		4		4		2	
Rango intercuartil	2		1		1		1	
Asimetría	-0,446	0,398	-0,237	0,398	-0,189	0,398	-0,737	0,398
Curtosis	-0,305	0,778	-0,767	0,778	-0,484	0,778	-0,564	0,778



Anexo 4. Estadística descriptiva acerca del color

Descriptivos	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
N. E	20:50		15:40		10:30		RAE	
Media	4,83	0,151	4,60	0,143	4,60	0,160	5,09	0,138
95% de intervalo de confianza para la medida	4,52		4,31		4,28		4,80	
	5,13		4,89		4,92		5,37	
Media recortada al 5%	4,90		4,64		4,61		5,10	
Mediana	5,00		5,00		5,00		5,00	
Varianza	0,793		0,718		0,894		0,669	
Desviación estándar	0,891		0,847		0,946		0,818	
Mínimo	2		2		3		4	
Máximo	6		6		6		6	
Rango	4		4		3		2	
Rango intercuartil	1		1		1		2	
Asimetría	-0,969	0,398	-0,948	0,398	-0,195	0,398	-0,164	0,398
Curtosis	1,855	0,778	1,630	0,778	-0,761	0,778	-1,482	0,778

Anexo 5. Estadística descriptiva acerca del sabor

Descriptivos	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
N.E	20:50		15:40		10:30		RAE	
Media	4,03	0,223	3,06	0,256	3,20	0,259	4,94	0,129
95% de intervalo de confianza para la medida	3,58		2,54		2,67		4,68	
	4,48		3,58		3,73		5,21	
Media recortada al 5%	4,09		3,03		3,17		4,94	
Mediana	4,00		3,00		3,00		5,00	
Varianza	1,734		2,291		2,341		0,585	
Desviación estándar	1,317		1,514		1,530		0,765	
Mínimo	1		1		1		4	
Máximo	6		6		6		6	
Rango	5		5		5		2	
Rango intercuartil	2		3		2		2	
Asimetría	-0,465	0,398	-0,048	0,398	0,322	0,398	0,099	0,398
Curtosis	0,106	0,778	-1,079	0,778	-0,542	0,778	-1,239	0,778

Anexo 6 Estadística descriptiva acerca de la apariencia

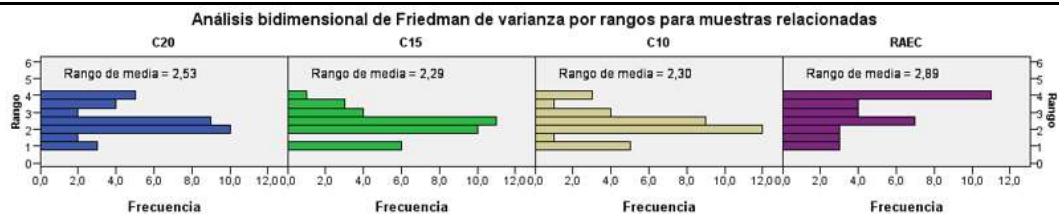
Descriptivos	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
N.E	20:50		15:40		10:30		RAE	
Media	5,00	0,153	4,71	0,219	4,77	0,174	4,89	0,135
95% de intervalo de confianza para la medida	4,69		4,27		4,42		4,61	
	5,31		5,16		5,13		5,16	
Media recortada al 5%	5,09		4,83		4,83		4,87	
Mediana	5,00		5,00		5,00		1	
Varianza	0,824		1,681		1,064		0,634	
Desviación estándar	0,907		1,296		1,031		0,796	
Mínimo	2		1		2		4	
Máximo	6		6		6		6	
Rango	4		5		4		2	
Rango intercuartil	1		2		2		2	
Asimetría	-1,252	0,398	-1,234	0,398	-0,704	0,398	0,213	0,398
Curtosis	2,511	0,778	1,105	0,778	0,186	0,778	-1,372	0,778

Anexo 7. Resumen de la hipótesis del color y del análisis bidimensional de Friedman.

Resumen de Contrastes de Hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Las distribuciones de C20, C15, C10 y RAEC son las mismas	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	0,054	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.



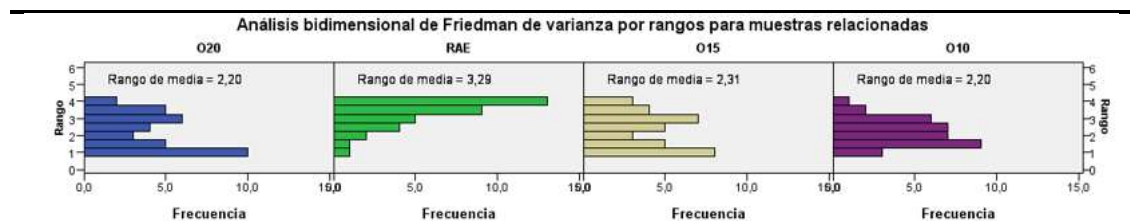
Total muestras	35
Estadístico de contraste	7,626
Grados de libertad	3
Significación asintótica (prueba bilateral)	0,054

Anexo 8. Resumen de la hipótesis del olor y del análisis bidimensional de Friedman.

Resumen de Contrastes de Hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Las distribuciones de O20, O15, O10 y RAEO son las mismas	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	0,000	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.



Total muestras	35
Estadístico de contraste	21,518
Grados de libertad	3
Significación asintótica (prueba bilateral)	0,000

Anexo 9. Resumen de la hipótesis del sabor y del análisis bidimensional de Friedman

Resumen de Contrastes de Hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Las distribuciones de S20, S15, S10 y RAES son las mismas	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	0,000	Rechace las hipótesis nulas.

Se muestran significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.



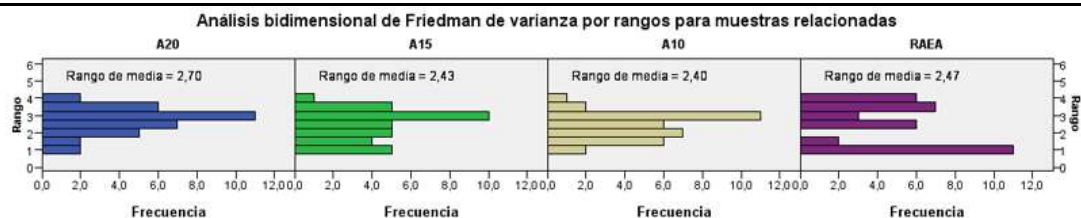
Total muestras	35
Estadístico de contraste	30,455
Grados de libertad	3
Significación asintótica (prueba bilateral)	0,000

Anexo 10. Resumen de la hipótesis de la apariencia y del análisis bidimensional de Friedman

Resumen de Contrastes de Hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Las distribuciones de A20, A15, A10 y RAEA son las mismas	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas	0,616	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.



Total muestras	35
Estadístico de contraste	17,95
Grados de libertad	3
Significación asintótica (prueba bilateral)	0,616