



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 29 del 11 del 2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad Neiva-Huila

El (Los) suscrito(s):

Marlio Nicolas Peralta Velosa con C.C. No. 1075315787

Manuel Alejandro Rojas Tovar con C.C. No. 1003815652

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o

Titulado EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE POMARROSA SYZYGIUM MALACCENSE (L.) MERR. & L.M PERRY CON LA ADICIÓN DE SACCHAROMYCES CEREVISAE (VAR. BAYANUS) presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología. Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: *Marlio Nicolas P.*

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: *Manuel Rojas*

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



**CARTA DE AUTORIZACIÓN**

SC 7384-1 SA-CERE 597526 OS-CER 597555

**CÓDIGO**

**AP-BIB-FO-06**

**VERSIÓN**

**1**

**VIGENCIA**

**2014**

**PÁGINA**

**2 de 2**

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Evaluación del potencial biotecnológico en la elaboración de vino de pomarrosa *syzygium malaccense* (L.) merr. & I.m perry con la adición de *saccharomyces cerevisiae* (var. bayanus).

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Peralta Velosa	Marlio Nicolas
Rojas Tovar	Manuel Alejandro

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Amorocho Cruz	Claudia Milena
Soto Mora	Juan Eduardo

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología.

**FACULTAD:** Educación

**PROGRAMA O POSGRADO:** Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

**CIUDAD:**

Neiva

**AÑO DE PRESENTACIÓN:**

2021

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 109

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 4</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas\_\_\_Fotografías\_\_\_Grabaciones en discos\_\_\_Ilustraciones en general\_X\_\_\_Grabados\_\_\_  
Láminas\_\_\_Litografías\_\_\_Mapas\_\_\_Música impresa\_\_\_Planos\_\_\_Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_Tablas  
o Cuadros\_X

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): Meritoria

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Anova	Anova	6. Pomarrosa	Rose apple
2. Bioetanol	Bioethanol	7. Potencial	Potential
3. Biotecnología	Biotechnology	8. <i>Saccharomyces cerevisae</i>	<i>Saccharomyces cerevisae</i>
4. Fermentación	Fermentation	9. Vino	Wine
5. Maduración	Maturation	10. Sensorial	Sensory

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El potencial biotecnológico del fruto de pomarrosa es limitado a pesar de ser una de las especies arbóreas más abundantes en la ciudad de Neiva. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial biotecnológico de la fruta de la pomarrosa (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M Perry) de la ciudad de Neiva-Huila para la producción de vino, con la adición de *Saccharomyces cerevisae* (var. bayanus) específica para vinos blancos. Se llevó a cabo la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante el proceso de fermentación y maduración en botella por medio de un Anova simple, así como análisis sensorial con 30 consumidores no habituales que evaluaron la bebida de manera individual y maridada. A partir de esto, la bebida final presentó un pH  $3,86 \pm 0,10$ , comportándose como un fluido no newtoniano pseudoplástico, un contenido de sólidos solubles de  $11,56 \pm 4,72$  °Brix y un contenido de alcohol del 16%, clasificándolo como un vino rosado, seco y recomendado para maridar con queso holandés y durazno (valoración de 3,4 en escala hedónica). Los parámetros evaluados permitieron estandarizar los procedimientos para la obtención del vino de pomarrosa, que permite garantizar una bebida similar al momento de reproducirla, contribuyendo así con el desarrollo de futuras investigaciones que aporten en



la mejora de los atributos poco agradables en relación con el maridaje. El alto porcentaje de alcohol obtenido evidencia que el fruto de pomarrosa puede ser de interés en la producción de bioetanol.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The biotechnological potential of rose apple fruit is limited despite being one of the most abundant tree species in the city of Neiva. The objective of this work was to evaluate the biotechnological potential of rose apple fruit (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M Perry) from the city of Neiva-Huila for wine production, with the addition of *Saccharomyces cerevisiae* (var. *bayanus*) specific to white wines. The evaluation of physico-chemical and microbiological parameters during the fermentation process and bottle maturation was carried out by means of a simple Anova, as well as sensory analysis with 30 unusual consumers who evaluated the drink individually and paired. From this, the final drink had a pH of 3.86 0.10, behaving as a pseudoplastic no-Newtonian fluid, a soluble solid content of 11.56 4.72°Brix and an alcohol content of 16%, classifying it as a rose wine, dry and recommended for pairing with dutch cheese and peach (titration of 3,4 on hedonic scale). The parameters evaluated made it possible to standardize the procedures for obtaining the rose apple wine, which makes it possible to guarantee a similar beverage at the time of reproducing it, thus contributing to the development of future research contributing to the improvement of unpleasant attributes in relation to pairing. The high percentage of alcohol obtained shows that rose apple fruit may be of interest in the production of bioethanol.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado: María del Pilar Angarita

Firma:

Nombre Jurado: María del Pilar Angarita

Firma:

Nombre Jurado: Alba Miledy Romero Nieto

Firma:   
Alba Miledy Romero Nieto  
cc 1115911838 de Taurameno



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



**DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO**

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>4 de 4</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO EN LA ELABORACIÓN  
DE VINO DE POMARROSA *SYZYGium MALACCENSE* (L.) MERR. & L.M  
PERRY CON LA ADICIÓN DE *SACCHAROMYCES CEREVISAE* (VAR.  
BAYANUS)**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN AGROINDUSTRIA**

**SEMILLERO VIRHOBAC**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**PROGRAMA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA,  
QUÍMICA Y BIOLOGÍA**

**NEIVA, 2021**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO EN LA ELABORACIÓN  
DE VINO DE POMARROSA *SYZYGIUM MALACCENSE* (L.) MERR. & L.M  
PERRY CON LA ADICIÓN DE *SACCHAROMYCES CEREVISAE* (VAR.  
BAYANUS)**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN AGROINDUSTRIA  
SEMILLERO VIRHOBAC**

**MARLIO NICOLAS PERALTA VELOSA  
MANUEL ALEJANDO ROJAS TOVAR**

**Asesor: Ph.D. CLAUDIA MILENA AMOROCHO CRUZ  
Coasesor: Ing. JUAN EDUARDO SOTO MORA**

**Tesis para optar al título de Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y  
Biología.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**PROGRAMA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA,  
QUÍMICA Y BIOLOGIA**

**NEIVA, 2021**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

---

**DEDICATORIA**

*A nuestras familias, por ser un soporte y apoyo en nuestras vidas*

*Marlio Nicolas Peralta Velosa*

*Manuel Alejandro Rojas Tovar*



## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, agradecer a Dios por permitir realizar todas y cada una de las actividades de manera eficaz y oportuna, a nuestra alma mater La universidad Surcolombiana y al laboratorio de Microbiología, bromatología, alimentos de la Facultad de ingeniería, por permitir el espacio para el procesamiento y análisis de las muestras.*

*A la PhD. en Biotecnología Claudia Milena Amorocho Cruz, docente de planta y directora del trabajo de grado, por su dedicación, comprensión, apoyo durante el trabajo de investigación.*

*Al Msc (c) en Ciencia de los Alimentos, Juan Eduardo Soto Mora coasesor del trabajo, por su amistad, compromiso y acompañamiento permanente en el trabajo de investigación.*

*A la Dr. (c) Sonia Echeverry Hernández, por la amistad y por siempre estar al pendiente en todo momento del trabajo a pesar de la lejanía.*

*A nuestras Familias, amigos y parejas por siempre estar pendientes, por esa voz de aliento que nos motivaba a seguir adelante.*

*A los jurados de tesis, la PhD. María del Pilar Angarita y la Msc. Alba Miledy Romero Nieto quienes han contribuido a fortalecer con mayor ímpetu esta investigación, total admiración y respeto*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	10
1. ANTECEDENTES.....	11
1.1 Internacional.....	11
1.2 Nacional .....	11
1.3 Regional .....	12
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Aspectos microbiológicos .....	14
2.1.1 Biotecnología.....	14
2.1.2 Generalidades de las levaduras.....	14
2.1.3 Levadura Freddo.....	15
2.1.4 Características fisiológicas de las levaduras .....	15
2.1.5 Ecología .....	17
2.1.6 Reproducción.....	17
2.1.7 Caracterización.....	17
2.1.8 Fermentación alcohólica .....	18
2.2 Área de estudio .....	19
2.3 Características de la pomarroza ( <i>Syzygium malaccense</i> ) .....	20
2.3.1 Clasificación taxonómica .....	20
2.3.2 Características del fruto y valor nutricional .....	20
2.3.3 Características sensoriales.....	21
2.4 Bebidas Fermentadas .....	22
2.4.1 Vino .....	22
2.4.2 Vinos de frutas.....	27
2.5 Análisis sensorial.....	31
2.5.1 Perfil sensorial .....	31
2.5.2 Aceptación sensorial .....	31
2.6 Parámetros fisicoquímicos de vinos .....	32
2.6.1 Variación de los sólidos solubles (Grados Brix) .....	32
2.6.2 Medición de color.....	32

2.6.3	pH .....	33
2.6.4	Acidez .....	33
2.6.5	Grado alcohólico.....	33
2.6.6	Reología .....	33
2.7	Clasificación de fluidos.....	37
2.7.1	Fluidos newtonianos .....	37
2.7.2	Fluidos no newtonianos .....	38
2.8	Ley de potencia.....	40
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	41
4	OBJETIVO .....	44
4.1	General .....	44
4.2	Específicos.....	44
5.	JUSTIFICACIÓN .....	45
6.	METODOLOGÍA .....	48
6.1	Enfoque de investigación .....	48
6.2	Localización geográfica .....	48
6.3	Proceso de fermentación .....	48
6.3.1	Obtención de materia prima .....	48
6.3.2	Conservación de materia prima .....	49
6.3.3	Preparación del Jugo de Pomarrosa.....	50
6.3.4	Chaptalización y Fermentación .....	50
6.3.5	Clarificación .....	51
6.3.6	Filtrado y embotellado .....	52
6.3.7	Crianza en botella .....	53
6.4	Análisis fisicoquímico.....	54
6.4.1	Potencial de Hidrogeniones (pH) .....	54
6.4.2	Porcentaje de acidez titulable medido en ácido cítrico.....	54
6.4.3	Solidos solubles °Brix.....	55
6.4.4	Cuantificación del color .....	55
6.4.5	Viscosidad .....	55
6.4.6	Contenido y porcentaje de alcohol .....	56

6.5	Análisis microbiológico .....	57
6.6	Conservación de levaduras.....	58
6.7	Análisis sensorial .....	58
6.8	Análisis estadístico .....	59
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	60
7.1	Rendimiento de la materia prima.....	60
7.2	Caracterización fisicoquímica y microbiológica .....	60
7.3	Variación de color durante el proceso de fermentación.....	63
7.4	Viscosidad .....	68
7.5	Crecimiento microbiológico.....	81
7.6	Prueba de catalasa y oxidasa .....	82
7.7	Análisis sensorial .....	83
7.8	Porcentaje de alcohol .....	86
8.	CONCLUSIONES .....	88
9.	RECOMENDACIONES .....	89
10.	REFERENCIAS.....	90
11.	ANEXOS.....	104

## INTRODUCCIÓN

En Neiva se plantaron una gran cantidad de árboles para dar sombra, entre ellos la pomarrosa (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry) cuyos frutos no son recolectados durante el período de producción, provocando su caída en las calles por falta de conocimiento para su aprovechamiento, esta falta de información genera contaminación y malestar a la comunidad, por lo que en el trabajo actual se propone un método de uso alternativo para reducir su impacto negativo. Se considera que la diversidad microbiana es una de las principales fuentes de innovación biotecnológica, y para encontrar microorganismos de importancia biotecnológica, varios estudios se han enfocado en una variedad de hábitats, y entre ellos están los frutos. (Bhadra et al., 2008 citado por Usman, 2012).

El vino de frutas es un producto elaborado por la fermentación alcohólica del jugo de uva a partir de frutas frescas y saludables distintas de la uva, el jugo de uva y los concentrados de frutas saludables, estos jugos de uva se someten a la misma operación que el vino y tienen una graduación alcohólica mínima de seis grados. Además, la NTC 708 (2015) establece requerimientos específicos para los vinos de frutas, estableciendo parámetros para construir las características de los vinos de frutas distintos de la uva, teniendo en cuenta la heterogeneidad física, química y la biodiversidad de las frutas producidas en Colombia.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el potencial biotecnológico de la fruta de la pomarrosa (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M Perry) de la ciudad de Neiva-Huila para la producción de vino.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 Internacional

El estudiante Eduardo Josue Vincés Peñafiel (2014) de la Universidad de Guayaquil, en su trabajo de titulación llamado Procesamiento del fruto *Syzygium malaccense* (manzana malaya) para obtener néctar y bebida de tipo nutricional, determinó la actividad antioxidante del fruto aplicando espectrofotometría mediante el método DPPH (2,2- difenil-1-picrilhidracil), obteniendo porcentaje de inhibición de los radicales libres tanto para la pulpa como los productos. Elaborando néctar y bebida en concentraciones de 1 en 3 y 1 en 9 masa/masa con análisis de bebida, pH 3.8, °Bx 10; y néctar, pH 3.7 y °Bx 14, en donde ambos productos tuvieron una gran aceptación por los encuestados.

### 1.2 Nacional

Los investigadores Ramirez, Usman, Silva y Osorio (2012), realizaron un trabajo de identificación de levaduras asociadas a la pulpa del mango y de la pomarrosa realizado en la Universidad del Valle, agrupando los aislados basados en la morfología celular de la colonia y perfiles genéticos determinados por MSP-PCR (Microsatélite Primed-Polymerase Chain Reaction). Finalmente, un aislado de cada grupo fue identificado por análisis de la secuencia del dominio D1/D2 de la región del gen 26S rDNA. En el estudio se identificaron especies biotecnológicamente importantes como *A. pullulans*, *M. guilliermondii* y *H. uvarum*. Concluyendo así que el mango y el pomorroso ofrecen microambientes que permiten un crecimiento satisfactorio de numerosos microorganismos.

Aranda-Caraball y colaboradores (2019) evaluaron el potencial de los azúcares fermentables en la pulpa de la pomarrosa (*Syzygium malaccense*), como fuente alternativa para la obtención de etanol utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, realizando

primeramente un análisis proximal para determinar el perfil bromatológico del fruto. Se realizó un análisis de varianza ANOVA sobre los resultados obtenidos para determinar si existe una diferencia significativa entre ellos y la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $p < 0.05$ ). Se encontró que la producción máxima de etanol se alcanzó a un pH inicial de 3 y una concentración de sustrato de 18 ° Brix, con un valor promedio de 0.328 g / g, y al final del período exponencial de los tratamientos 1 y 5, siendo estos los más altos, con datos de 18,7 y 13,3 células / ml, respectivamente.

### **1.3 Regional**

Los estudiantes del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad Surcolombiana Maicol Andrés Medina Agudelo y Eder Alberto Calderón Cano (2008), realizaron un estudio anatómico y fitoquímico del árbol de la pomarrosa, donde mediante el estudio anatómico e histoquímico se analizaron e identificaron algunos metabolitos secundarios del fruto. En el estudio fitoquímico se determinó la presencia de alcaloides, esteroides, flavonoides, saponinas y triterpenos en el exodermo, en la pulpa se encontraron los mismos metabolitos (a excepción de flavonoides) y antraquinonas, por último, en la semilla se encontraron esteroides, taninos y saponinas.

En el año 2008 también se realizó un proyecto en la Institución Educativa José Hilario López de Campoalegre en conjunto con el SENA (Castillo, 2008), titulado: “Pomorroso fruto dudoso”, en donde, mediante un estudio bromatológico y microbiológico tratan de desmitificar a dicha comunidad los prejuicios que tienen acerca del fruto, para ello elaboraron alimentos a base de la pomarrosa, dando solución así a la problemática de contaminación que se genera cuando los árboles están en temporada de cosecha. El estudio concluyó que no hay microorganismos patógenos en dicho fruto.

Las estudiantes del programa de Ingeniería Agrícola de la Universidad Surcolombiana, Nancy Vargas Robles y Leidy Gisela Tapia Useche (2009), realizaron un estudio fisicoquímico y fisiológico del fruto de la pomarrosa en donde determinaron diferentes propiedades físicas del fruto como el peso, forma, área superficial, redondez, esfericidad, volumen real, volumen aparente, peso específico real, peso específico aparente, resistencia a la penetración y porción comestible. Además, a partir del fruto se formularon tres mermeladas, dos de ellas con frutos del quinto estado de madurez (undécima semana en donde el fruto alcanza un color rojo intenso, atractivo y presenta características sensoriales aceptables para el consumidor) con cáscara y sin cáscara, y la tercera con frutos en el sexto estado de madurez (duodécima semana, en donde el color del fruto pasa a un tono más oscuro (morado) y menos lustroso) con cáscara. Su evaluación sensorial permite considerar este producto como una excelente alternativa de consumo para los habitantes de la ciudad de Neiva.

La estudiante del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad Surcolombiana Lizeth Caterine Trujillo Fierro (2014), realizó un estudio donde aisló y caracterizó levaduras presentes en el fruto de la pomarrosa en la comuna 1 de la ciudad de Neiva- Huila, donde encontró 20 morfotipos levaduriformes caracterizados del fruto de la pomarrosa. Identificó fenotípica y bioquímicamente 6 géneros: *Hanseniaspora spp.*, *Brettanomyces spp.*, *Candida spp.*, *Kloekera sp.*, *Turoloopsis sp.*, hongos dimórficos y 4 morfotipos a los que no se identificó el género. Concluyendo así que la pomarrosa ofrece un microambiente óptimo para los microorganismos especialmente a las levaduras.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Aspectos microbiológicos

#### 2.1.1 Biotecnología

Biotecnología es un término utilizado desde principios de la década de 1960. Describe una serie de procesos biológicos, pero su característica es que se ha industrializado en este siglo basándose en amplios conocimientos de bioquímica y microbiología. A lo largo del proceso industrial es fundamental el desarrollo del microorganismo participante, maximizando la producción del compuesto específico, en donde los más usados son los mohos, las bacterias y levaduras, siendo estas últimas las más relevantes en el sector industrial al poder transformar los azúcares en etanol y dióxido de carbono, así como en la industria de la panificación, como alimento animal y humano (Martínez, 2017).

#### 2.1.2 Generalidades de las levaduras

Hoy en día, la influencia de las levaduras en la producción de alimentos y bebidas ha superado con creces el concepto popular de utilizar levadura de cerveza para producir pan, cerveza y vino. En la industria alimentaria, las levaduras se utilizan como fuente para la obtención de vitaminas del complejo B, pigmentos, cofactores, extractos y producción de biomasa. Algunas levaduras tienen poderosas capacidades de control antifúngico, lo que ayuda a usarlas como agentes de control del deterioro de los alimentos. *Saccharomyces cerevisiae* se ha utilizado ampliamente como suplemento dietético para bovinos, cerdos y aves de corral, lo que ha resultado en un aumento del peso y tamaño de las muestras suplementarias (Vásquez, Castrillón & Monsalve, 2016).

Las levaduras muestran una gran diversidad en forma, tamaño y color. Se pueden observar extremos ovalados, cilíndricos, esféricos, puntiagudos, triangulares, curvos, filamentosos, esféricos o alargados. En las levaduras, el tamaño de las células varía mucho. Por ejemplo, se han informado levaduras tan pequeñas, cuya longitud varía de 1-3  $\mu\text{m}$  a 20-50  $\mu\text{m}$ . (Lagos, 2017).

### **2.1.3 Levadura Freddo**

Oenoferm Freddo es una levadura deshidratada que se utiliza especialmente para inocular jugo de uva frío por encima de 8° C, preservando el aroma (aproximadamente 13°C a 17° C). En *Saccharomyces cerevisiae* (var. Bayanus) cepa LW 317-30, a pesar de estar bajas temperaturas, esta posee un alto rendimiento de fermentación. (Erbslöh, 202).

### **2.1.4 Características fisiológicas de las levaduras**

#### **2.1.4.1 Temperatura**

Para el crecimiento óptimo de las levaduras es necesaria una temperatura de 28°C, debido a que estos microorganismos son mesófilos y su destrucción empieza sobre los 28°C. Sin embargo, esto varía según su especie y hábitat, ya que existen levaduras que pueden crecer a temperaturas máximas de 40°C a 55°C durante el día y temperaturas mínimas de 5°C a 10°C en la noche. Estas levaduras por lo general se encuentran en las superficies de hojas expuestas a dichas temperaturas (Hereida y Kwok, 2015).

#### **2.1.4.2 Composición química**

Las levaduras, y específicamente las levaduras de cerveza están compuestas principalmente por un 75% de agua, un 45% de compuestos nitrogenados, 35% de glucógeno;

grasas, esteroides, ergosterina, aminoácidos esenciales y vitaminas del complejo B (Vicuña, 2019).

#### **2.1.4.3 Nutrición**

Para llevar a cabo su crecimiento necesitan fuentes de carbono orgánico y nitrógeno mineral u orgánico. Algunas, además necesitan varias vitaminas (tiamina, biotina, inositol, ácido pantoténico, etc.) y otros factores de crecimiento (Villamil & Zapata, 1999)

Todas las levaduras son capaces de utilizar nitrógeno en forma de ion amonio, los cuales pueden ser aportados en el medio por el cloruro amónico, el nitrato amónico, el fosfato amónico (Bouix & Leveau, 2000). La capacidad de utilizar diferentes compuestos es una de las características que se usa para distinguir entre las diferentes especies (García-Martos *et al.*, 2002).

#### **2.1.4.4 Oxígeno**

Se desarrollan mejor en condiciones aerobias, es decir en presencia del oxígeno, donde utilizan carbohidratos para la producción de biomasa y CO<sub>2</sub>. Sin embargo, cuando no hay oxígeno o este disminuye, cambian de metabolismo anaerobio a fermentativo, que se traduce en la formación de menor cantidad de biomasa y producción de alcohol. (Uribe (2017), citado por Trujillo (2014)).

#### **2.1.4.5 pH**

Puede variar entre 4.5 a 6.5 (óptimo), aunque existen especies que resisten pH más ácidos de 2.0 y 3.0 más alcalinos hasta 8.0. Hereida y Kwok en el 2015 menciona que los ácidos orgánicos influyen en la sensibilidad de la levadura, y su capacidad para metabolizarlos depende mucho del pH, ya que deben ser metabolizados hasta llegar a su eliminación.

### **2.1.5 Ecología**

Las levaduras son hongos unicelulares no filamentosos, generalmente esféricos o elípticos; se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, se encuentran a menudo en frutos y hojas; aunque la mayoría de ellas crecen mejor cuando el contenido de humedad es alto. Sin embargo, crecen mejor que la mayoría de las bacterias en sustratos que contienen altas concentraciones de solutos como carbohidratos o cloruro de sodio (Ambrocio, 2018).

### **2.1.6 Reproducción**

#### **2.1.6.1 Asexual**

Se caracterizan por tener reproducción asexualmente sea esta por gemación o fisión binaria. La reproducción asexual por yemas sucede cuando algunos organismos unicelulares y multicelulares forman una especie de brote en el borde y finalmente se separan y producen nuevos organismos genéticamente similares. (Medica, 2001).

#### **2.1.6.2 Sexual**

Se da a través de la formación de esporas sexuales (ascospora o basidiospora) que depende del tipo de célula especializada donde se formen (asca o una basidia). La mayoría de las levaduras son ascosporas, que pueden reproducirse mediante la fusión de dos células vegetativas compatibles produciendo un ciclo diploide. Una vez liberadas las ascosporas, estas germinan y se reproducen asexualmente produciendo un ciclo haploide (García, 2004).

### **2.1.7 Caracterización**

Tradicionalmente, combinar características fisiológicas y morfológicas, incluyendo patrones de crecimiento en medios específicos, ha sido la base de la identificación de levaduras (Miescher, Leischtfeld, y Gantenbein-Demarchi, 2016). Actualmente, el sistema

de identificación de levaduras a nivel de especie que ofrece mayor fiabilidad es la secuenciación de la región LSU. Cuando se encuentra una identidad igual o superior al 99% con secuencias depositadas en bases de datos como Genbank o Mycobank, una levadura es identificada a nivel taxonómico de especie (Kurtzman *et al.*, 2015).

### **2.1.8 Fermentación alcohólica**

La fermentación anaeróbica es el proceso de convertir el azúcar (principalmente glucosa y fructosa) en etanol y dióxido de carbono. Este proceso lo llevan a cabo levaduras y determinadas bacterias (Maturano, *et al.*, 2019). La fermentación alcohólica es un proceso con un tiempo de operación prolongado, ya que por sus características biológicas existen muchas variables y parámetros de operación que afectarán su desarrollo, como la concentración de azúcar, temperatura, pH, concentración de células viables, cepas utilizadas, etc. La obtención de etanol por vía fermentativa constituye un paso intermedio, pero crítico, en la producción de bebidas alcohólicas (de la Maza L, de Cárdenas Z & Ones P. 2019).

#### **2.1.8.1 Equipos fermentadores**

El equipo de fermentación debe estar diseñado con materiales estériles (acero inoxidable) para brindar condiciones y requisitos de seguridad en el proceso del biorreactor, así como condiciones de control, como pH, temperatura y agitación, para brindar una actividad biológica exitosa y un ambiente controlado. Algunos aspectos principales son los que debe de tener el diseño del biorreactor como lo son: modo de operación y condiciones de esterilidad. Estos sistemas están clasificados en discontinuo (Batch), alimentado (Feed Batch), continuo y enzimático (Ruiz-Leza *et al.*, 2007). En la Figura 1 se observa un fermentador empleado a nivel industrial.

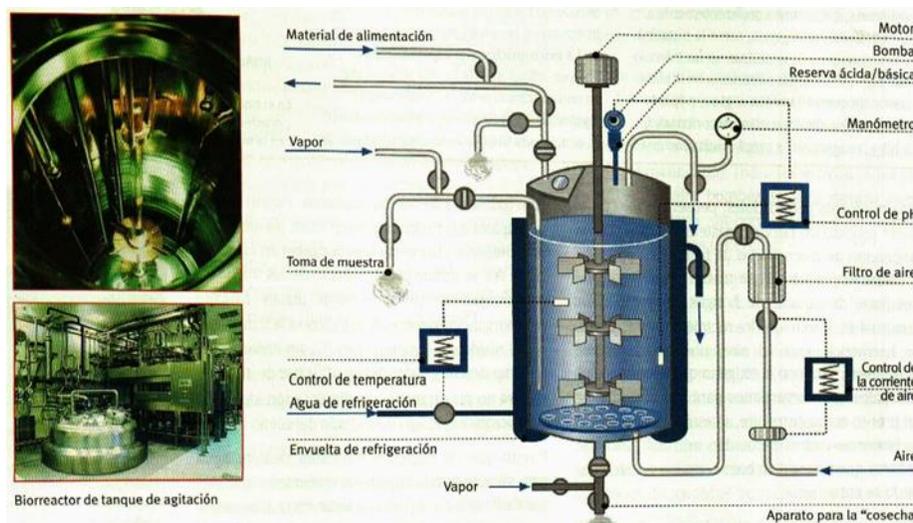


Figura 1. Biorreactor con sus partes. Tomado de Morantes (2018).

## 2.2 Área de estudio

La ciudad de Neiva se encuentra ubicada entre las cordilleras Central y Oriental, en una planicie sobre la margen oriental del río Magdalena, cruzada por los Ríos Las Ceibas y el Río del Oro, con una extensión total de 1557.06 km<sup>2</sup> y una altura de 442 msnm.

Este municipio no es solo el área urbana, debido a que dentro de sus límites hay otros centros poblados de primer Nivel (Urbanos): San Luís, Fortalecillas, Vegalarga, Guacirco, San Antonio de Anaconia y Caguán; y de segundo Nivel (Rurales): San Francisco, El Venado, Órganos, Piedra Marcada, Pradera, El Colegio, Aipecito, Peñas Blancas, Chapinero, El Cedral, Palacios, El Triunfo, La Mata y Cedralito.

Se encuentra distribuida en 21 sectores en la zona rural, 8 corregimientos con 61 veredas, 377 sectores en la zona urbana distribuidos en 10 comunas con 117 barrios. Cada distrito está asociado a un núcleo poblado rural, que es el centro de actividades económicas, culturales, sociales y políticas de la población aledaña. (Tomado de la página oficial de la Alcaldía Municipal).

### 2.3 Características de la pomarrosa (*Syzygium malaccense*)

Es un árbol de crecimiento rápido, que alcanza entre 12 y 18 m cuando está completamente desarrollado. Tiene un tronco erecto y una corona piramidal o cilíndrica. Sus hojas perennes son opuestas, pecioladas cortas, elípticas lanceoladas u oblanceoladas, miden unos 15-45 cm de largo y 9-20 cm de ancho. Las flores son abundantes, ligeramente fragantes y nacen en la parte superior del tronco y a lo largo de las porciones sin hojas de las ramas maduras. Las flores crecen en racimos de tallos cortos de 2-8 cm y son de color rosa a rojo oscuro (Rodríguez, de Oliveira Silva & de Brito, 2018).

#### 2.3.1 Clasificación taxonómica

La Pomarrosa, de la familia de las myrtaceas y nombre científico *Syzygium malaccense*, se ha extendido a las regiones caribeñas de América, desde la colonización inglesa, razón por la que se le considera una planta invasora. El género *Syzygium* es uno de los más variados dentro de esta familia (Tabla 1) (Arango, 2020).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del fruto de *Syzygium malaccense* (L). Merr. & L.M Perry (Pazmiño, 2017).

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Rosidae
<b>Orden</b>	Myrtales
<b>Familia</b>	Myrtaceae
<b>Subfamilia</b>	Myrtoideae
<b>Tribu</b>	Syzygieae
<b>Género</b>	<i>Syzygium</i>
<b>Especie</b>	<i>syzygium malaccense</i>

#### 2.3.2 Características del fruto y valor nutricional

La fruta es oblonga, ovoide o en forma de campana. Varía de 5 a 10 cm de largo y de 2 a 8 cm de ancho en su parte más ancha. La piel es de color rojo y lisa. La fruta presenta una

pulpa blanca y jugosa, con un sabor dulce que se asemeja al sabor de la uva verde. Tiene una sola semilla de color marrón claro y casi redonda de unos 2 cm de diámetro. Cada fruto pesa alrededor de 39 a 2 g. La mayor parte del peso se refiere a la carne de la fruta (30 a 2 g), seguida de la semilla (7 a 1 g) y la piel (3 a 1 g) (Rodríguez, de Oliveira Silva & de Brito, 2018). No son una fuente importante de ninguna vitamina en particular, pero tienen una cantidad regular de vitaminas B1 y B2 en comparación con otras frutas comunes. También es importante en su composición la presencia de calcio, fósforo, hierro, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina A (Tabla 2).

Tabla 2. Valor nutricional en 100 g del fruto *Syzygium malaccense*. (Cambie, 1994) citado por (García & Murayari, 2019).

<b>Humedad (g)</b>	93,91
<b>Proteína Totales (g)</b>	0.65
<b>Grasas totales (g)</b>	0.35
<b>Cenizas totales (g)</b>	0.35
<b>Vitamina C (mg)</b>	1.67
<b>Energía (Kcal)</b>	23.39
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	5.00
<b>Sólidos totales (g)</b>	6.09
<b>pH (25° C)</b>	4.56

### 2.3.3 Características sensoriales

Los frutos maduros presentan una fragancia a rosa, su sabor se ha descrito como crujiente, acuoso, terroso, insípido y ligeramente dulce. En la mayoría de los casos, su sabor se asemeja al de las uvas verdes. Algunas variedades son astringentes con un regusto ligeramente amargo. La textura de una manzana malaya madura es similar a la textura de las peras. Algunas frutas son más esponjosas que otras. La decoloración del color rojo brillante de la piel aumenta con el tiempo de almacenamiento y la decoloración es más pronunciada en las frutas almacenadas a la luz (Rodríguez, de Oliveira Silva & de Brito, 2018).

## **2.4 Bebidas Fermentadas**

El etanol es el componente principal de las bebidas alcohólicas que presentan un sabor especial, que comúnmente no se encuentra relacionado con este, sino a otras sustancias de la fuente, específicas o agregadas (Oña T, 2020). El Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC, 2000), a través de la NTC 708 establece los requisitos y ensayos que deben cumplir los vinos de frutas, definiéndolos como un producto que se obtiene mediante la fermentación alcohólica normal de zumos de frutas frescas y sanas, sometidos bajo las mismas prácticas de elaboración del vino de uva.

### **2.4.1 Vino**

El vino es la bebida que se obtiene de la fermentación alcohólica total o parcial, del zumo de uvas maduras. Este proceso implica la fermentación alcohólica del mosto o jugo de fruta o de uva a través del metabolismo de la levadura (Maceda, 2016).

#### **2.4.1.1 Defectos del vino**

Se consideran como las desviaciones en la composición del vino que se encuentran abiertas a correcciones. Dentro de la normatividad colombiana, se definen los vinos de frutas defectuosos, como aquellos que contienen alteraciones en su estructura que pueden atribuirse a la ausencia o abundancia de componentes naturales, así como afectaciones por fenómenos físicos o químicos que se presentan sin la presencia de un organismo.

##### **2.4.1.1.1 Defectos naturales**

De acuerdo con Acuña (2009), dentro de estos defectos se encuentran:

- Vinos pobres en etanol: Vinos que presentan un contenido de etanol menor a 12 °GL, correspondiente a un 12% de alcohol en relación con el volumen. Son

considerados como vinos de poca fuerza, cuyo defecto puede presentarse momento después del proceso de embotellado.

- Vinos con escasa acidez fija: Vinos susceptibles a sufrir enfermedades, en donde la acidez fija normal presenta un sabor fresco con excelente bouquet y color fijo, que se adquiere de las quiebras de color, así como de cualquier enfermedad a nivel microbiano; los ácidos presentes en la bebida actúan como precipitantes que ayudan con la clarificación de la misma.
- Vinos con excesiva acidez fija: Estos diferentes ácidos le confieren un sabor ácido poco idóneo al vino.
- Vinos con mucho o poco color: Para los primeros, se emplea una decoloración por medio de filtración con carbón vegetal. En relación con el aumento del color, se hacen adiciones de caramelos, que generan uniformidad del color sin modificarlo.
- Vinos con mucho o con poco extracto: Los primeros provienen generalmente de futas maduras o aquellas que han sido sometidas a procesos de extracción con altas temperaturas; los vinos que presentan poco extracto proceden de frutas con poca acidez y contenido de azúcar.
- Vinos muy o poco astringentes: La alta astringencia se atribuye a un gran contenido de taninos presentes en las semillas y escobajo de las frutas, lo que genera que sea muy áspero para el paladar.

#### **2.4.1.1.2 Defectos adquiridos**

De acuerdo con Acuña (2009), dentro de estos defectos se encuentran:

- Vinos muy dulces: Aquellos vinos producto de una fermentación deficiente como consecuencia de la materia prima empleada, la falta de aire o de agitación, que generan poca producción de alcohol.
- Vinos con sabores extraños: Producto obtenido por una mala selección de la materia prima o por el uso de instrumentos viejos o mal curados.
- Quiebra parda: Se produce cuando un vino mal elaborado se expone a la intemperie, presentando modificaciones en su color y transparencia en los primeros dos días, lo que genera una pérdida del bouquet.
- Quiebra férrica: Se presenta un delgado velo blanco o gris blanquecino que enturbia la bebida, como consecuencia del contacto con materiales de hierro o su tiempo en el prensado.
- Quiebra cúprica: Defecto generado por las reacciones entre los compuestos cúpricos insolubles provenientes de utensilios de cobre que entran en contacto con la bebida, lo que produce un enturbiamiento no deseable, que desaparece cuando el vino se deja en contacto con el aire.
- Quiebra negra: Es un defecto característico del mosto que toma un color verde o negro azulado al entrar en contacto con el aire.
- Olor a ácido sulfhídrico: generado durante la fermentación por la reducción del azufre de las levaduras hasta ácido sulfhídrico y otros compuestos volátiles.
- Sabor a moho: Generado por el contacto del vino con cubas enmohecidas y mal curadas.

- Sabor a madera: Sabor característicos de vinos depositados en cubas nuevas que han sido mal curadas, en donde los taninos confieren a la bebida un sabor áspero y extraño.
- Sabor a corcho: Se genera al hacer uso de corchos en mal estado durante el proceso de embotellado y almacenado, generalmente por la presencia de mohos.

#### **2.4.1.2 Enfermedades del vino**

De acuerdo con la normatividad colombiana, estas enfermedades se presentan como desviaciones en la composición del vino que no presentan correcciones, provocadas principalmente por acción de bacterias, levaduras y otros hongos. Estas alteraciones son tan importantes en el deterioro de la bebida, que la hacen incomedible.

La presentación de estas enfermedades se puede prevenir al hacer una limpieza adecuada de los materiales empleados, así como del lugar de elaboración del vino. Dentro de las enfermedades descritas por Acuña (2009), se encuentran:

- Florecido del vino o formación de telillas: las levaduras que se encuentran en la superficie del vino generan telillas rugosas de coloración blanco grisáceo que puede tener hasta 1 cm de espesor. Dichas levaduras del género *Candida* (Mycoderma), *Pichia*, y *Hansenula* (Willia) pueden oxidar el alcohol y los ácidos orgánicos.
- Avinagramiento o acetificación: Dentro de estas enfermedades, las bacterias oxidan el alcohol del mosto hasta ácido acético al pasarlo por acetaldehído; en este proceso el calor favorece de manera significativa. Dentro de estos microorganismos, el género *Acetobacter* son Gram negativas, catalasa-

positivas, aerobias estrictas, células corrientes elipsoidales y con flagelos peritricos móviles.

- **Picado láctico:** Generado por bacterias ácido lácticas que producen un enturbiamiento lechoso justo después del proceso de fermentación, generalmente en vinos elaborados con frutas pobres en acidez.
- **Arratonado del vino:** Es una enfermedad característica en vinos de frutas y en pocos vinos de uvas, en donde predomina la producción de un olor a orina de ratón junto con un sabor desagradable como consecuencia de bacterias lácticas.
- **Reblandecimiento:** El vino se presenta como una bebida espesa y viscosa que no lo hace fluir de manera burbujeante sino en forma de chorro denso, esto debido a la formación de polisacáridos en vinos jóvenes de poca acidez que se dejaron en contacto con el aire
- **Amargor del vino tinto:** Enfermedad característica de vinos tintos, los cuales pierden su color limpio seguido de un sabor amargo fuerte, en donde las bacterias, mohos y levaduras afectan el alto contenido de taninos.
- **Descomposición del ácido tartárico:** Se produce un aumento considerable del contenido de ácidos volátiles que se degradan hasta formar ácido tartárico y glicerol en los vinos tintos pobres en pigmentos, lo que se conoce como un vuelco o la tourne que hacen de la bebida no apta para el consumo.

#### **2.4.1.3 Adulteración en vinos**

Generalmente, los procesos de adulteración más frecuentes son el aguado y la aplicación de colorantes que brindan uniformidad a la bebida. En los vinos, es común

encontrar la adición de sustancias de menor valor económico como dietilenglicol y metanol; este último empleado para aumentar el nivel de alcohol resulta ser perjudicial para la salud en bajas dosis, lo que produce ceguera, lesiones permanentes, y algunos casos, la muerte del consumidor. El dietilenglicol es una sustancia soluble en agua y alcohol, lo que la hace difícil de detectar por medio de análisis químicos, convirtiéndolo en una sustancia más adecuada que el azúcar para la mejora de las bebidas alcohólicas.

#### **2.4.2 Vinos de frutas**

Un vino de fruta se cataloga como el resultado del proceso de la fermentación alcohólica común de los mostos de frutas frescas y sanas diferentes a la uva. Los mostos son concentrados de frutas que fueron sometidos a las mismas prácticas que los vinos de uva, cuya graduación alcohólica mínima es de 6 grados alcoholímetros (Ley de normatividades de bebidas alcohólicas. Decreto 1686, 2012). Durante el proceso de fermentación, el zumo sufrirá muchos cambios controlables y dependiendo de la fruta utilizada, existen algunos parámetros importantes que deben ser aceptados por el consumidor final, como el color. (Petračić-Tominac et al., 2013), aroma (Koppel, Anderson & Chambers, 2015; Molina et al., 2009) y el sabor distintivo, más otros como sus propiedades funcionales.

Según el Instituto Colombiano de Normas Técnica (ICONTEC), define a través de la NTC 708, los parámetros específicos de los vinos de frutas, estableciendo una serie de requisitos que permiten determinar las características de vinos procedentes de frutos diferentes a la uva, teniendo en cuenta la heterogeneidad físico-química y biodiversidad de los frutos producidos en Colombia (Tabla 3).

Tabla 3. Requisitos específicos de los vinos de frutas según la NTC 708 (2000).

Requisitos	Valores	
	Minino	Máximo
Contenido del alcohol (grados alcoholimétricos a 20 °C)	6	-
Acidez total (ácido tartárico g/dm <sup>3</sup> ) (libre de SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> y ácido sórbico)	3,5	10
Acidez volátil (ácido acético g/dm <sup>3</sup> ) (libre de SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> y ácido sórbico)	-	1,2
Metanol (mg/dm <sup>3</sup> )	-	1000
Azúcares totales previa inversión (glucosa g/dm <sup>3</sup> )		
-Seco	0	15
-Semiseco	15,1	50
-Dulce	50,1	-
Anhídrido sulfuroso total (mg/dm <sup>3</sup> )	-	350
Ácido sórbico o sus sales de sodio o potasio (ácido sórbico mg/dm <sup>3</sup> )	-	150
Hierro expresado como Fe en mg/dm <sup>3</sup>	-	8
Cobre expresado como CU en mg/dm <sup>3</sup>	-	1
pH	2,8	4
Colorantes artificiales	Negativo	-

En la industria, este tipo de vino no es muy utilizado porque el más consumido es el vino de uva. Sin embargo, a nivel artesanal se puede intentar hacer este tipo de bebida con el menor equipamiento, y tratar de aplicar los principios básicos de la tecnología del vino para conseguir un vino de frutas de muy alta calidad. También es importante tener en cuenta que existe muy poca información específica sobre los efectos de cada fruta y los diferentes compuestos de la fruta en el producto final. A excepción de las uvas, casi todas las frutas (bayas) no contienen suficiente azúcar o demasiado ácido, por lo que se puede obtener vino

de alta calidad de la pulpa o el jugo, y se debe agregar azúcar antes de la fermentación. Los países con una gran producción de vino de frutas son: Francia, Alemania, Reino Unido, Austria, Suiza y Estados Unidos. En los mercados de Centroamérica, Norteamérica y Sudamérica, el vino de frutas es una alternativa, formada y originada a partir del crecimiento de empresas productoras locales (Acuña, 2009).

#### **2.4.2.1 Clasificación de los vinos de frutas**

La NTC 708 cataloga los vinos de frutas según sus características en: vino generoso, espumoso natural, vino espumoso, aperitivo, burbujeante. Según el color en blanco, tinto o rosado, según su contenido de azúcar como seco (contenido de sacarosa menor a 5g/L), semiseco (contenido de sacarosa entre 5g/L y 15g/L) y dulces (contenido de sacarosa mayor a 50g/L). Según sus características son vino de frutas generoso o licoroso, espumoso natural, espumante, aperitivo o compuesto y quinado.

#### **2.4.2.2 Criterios generales para elaborar vino de fruta**

Ramírez (2019) menciona que las características de las materias primas son fundamentales para la elaboración del vino de frutas. Una de las características es la jugosidad. Dado que esto nos permite tener un buen desempeño, la producción de alcohol debe ser dulce, y la acidez puede asegurar el desarrollo y aroma de los vinos. La levadura, que también mantiene su atractivo cuando se diluye. La siguiente es una descripción breve o general del proceso de elaboración de cualquier vino de frutas. El proceso comprende las siguientes operaciones (Acuña, 2009):

- **Recepción:** Hace referencia al recibo de materia prima para el proceso y se establece su peso inicial.

- Selección: La materia prima se examina para que se encuentre sin picaduras de insectos o plagas, de males mecánicos o de otras deficiencias de calidad.
- Lavado: Se hace para descartar tierra y materiales extraños como rocas y ajenos a la materia prima. El lavado podría ser manual o mecánico. En el lavado por inmersión la materia prima se dispone en una cinta transportadora para moverlos por medio del tanque, dichos productos son, por naturaleza, muchísimo más densos que el agua y se hundirán una vez que se colocan en el tanque con agua.
- Troceado o estrujado: Se realiza dependiendo de la materia prima, la cual se corta o se estruje para que el proceso de fermentación sea un poco más veloz. Esto además beneficia que los nutrientes queden en contacto con la levadura.
- Fermentación: Luego se elabora el mosto con mezcla de la materia prima acondicionada, azúcar y levadura de vinificación. La preparación del vino se concreta por medio de la acción de las levaduras, que convierten los azúcares del mosto en el alcohol del vino junto con otros compuestos.
- Trasiego: Se basa en dividir el vino de los sedimentos, levaduras y otras partículas enturbiadoras. El vino se trasiega a recipientes limpios. En el trasiego se debería tener la precaución de no arrastrar los sedimentos.
- Filtración: Operación que se apoya en dividir el precipitado creado por la acción de las sustancias clarificantes y se efectúa su operación mediante diversos tipos de filtros como lo son el de tela, celulosa o porcelana.
- Embotellado: El proceso de crianza culmina con el embotellado. El vino debería disponer de una determinada maduración y resistir a la acción del aire;

no debería ser aún viejo; sin embargo, tampoco conviene que sea bastante chico.

## **2.5 Análisis sensorial**

### **2.5.1 Perfil sensorial**

El análisis sensorial es muy útil, es un método directo, estandarizado y muy sensible. Este tipo de análisis brinda información valiosa, que permite comprender las características de los alimentos de manera más integral en base a parámetros sensoriales, mejorando así el proceso de preparación para satisfacer las necesidades de los consumidores potenciales. (Gonzales et al., 2008). Buelvas & Serna en 2018 mencionan que las características sensoriales de los alimentos y su correlación con las físicas y químicas son necesarias para definir qué entienden las características sensoriales, también determina si satisface las necesidades de los consumidores y comprende los atributos sensoriales relacionados con su aceptabilidad.

### **2.5.2 Aceptación sensorial**

Es importante considerar la aceptación o desagrado y/o preferencia de su grupo de consumidores objetivo. Hacerlo puede optimizar la posibilidad de lograr resultados positivos, especialmente en beneficio de productores, procesadores y consumidores (González et al. 2008). La preferencia de alimentos es un proceso dinámico en el que la relación entre alimentos y personas cambia de un grupo social a otro, incluso aceptación entre consumidores de un mismo grupo o entre consumidores, de una época a otra. La aceptación humana de cada alimento depende de sus características físicas y químicas y otras características, que están determinadas por la composición, fórmula, preparación y

condiciones de almacenamiento de las materias primas. González et al (2008) menciona que todas estas características se traducen en atributos sensoriales (aroma, sabor, textura y apariencia) que inciden en la aceptación final del producto. De igual forma, las respuestas de los consumidores están influenciadas por muchos factores, como su estado físico, condiciones psicológicas y culturales, sus sensaciones previas (agradables o desagradables) al ingerir este alimento y su tendencia económica a conseguirlo o no.

## **2.6 Parámetros fisicoquímicos de vinos**

### **2.6.1 Variación de los sólidos solubles (Grados Brix)**

Los sólidos solubles se miden comúnmente por reflectometría. Su unidad de medida es °Brix. Esta unidad indica la cantidad de sólidos disueltos en porcentaje de azúcares contenidos en el fruto, los cuales componen entre el 75 – 85% de los SST (Sólidos Solubles Totales), en la mayoría de los frutos (Magwaza y Opara, 2015). Los SST lo componen ácidos, azúcares, fenoles, minerales, pigmentos, proteínas y vitaminas disueltas en el fruto (Magwaza y Opara, 2015). Debido a que los °Brix constituyen la mayor parte de los SST, los °Brix se han generalizado y aceptado como medida de los SST.

### **2.6.2 Medición de color**

Las propiedades organolépticas como sabor o color en las frutas se atribuyen a metabolitos secundarios como los polifenoles. El cambio de color se ha considerado un indicador práctico de la madurez de diferentes frutas (Franco et al., 2017). En la pomarrosa, el fruto alcanza un color oscuro (morado) y menos lustroso, en la duodécima semana, indicando el estado óptimo de maduración (Vargas y Tapia, 2009).

Según Chuchuca et al., 2012 la calidad del vino es determinada por el consumidor a simple vista apreciando un atributo como el color, debido a que ciertos compuestos llamados antocianinas, que son pigmentos colorantes exclusivos de las uvas, y su tono parecen depender del medio (rojo en medios ácidos, azul en medios neutros o alcalinos). Sin embargo, algunas sustancias llamadas taninos suelen ser incoloras o de color amarillo claro y determinan importantes características sensoriales como el amargor, la astringencia y la estabilidad del color (Sepúlveda 2009).

### **2.6.3 pH**

Se hace medición de la concentración de iones de hidrógeno en el vino. El pH del vino tiene un efecto notable en la calidad del producto final, influyendo en su estabilidad química, microbiana y sensorial (Ponce et al. 2018).

### **2.6.4 Acidez**

De acuerdo a Tenorio et al., 2019 la acidez se debe a la presencia de los ácidos orgánicos presentes en la uva como ácido tartárico, málico y cítrico.

### **2.6.5 Grado alcohólico**

Es una expresión del volumen de alcohol contenido en un producto de 100 volúmenes medido a una temperatura de 20°C. Es una medida de concentración por porcentaje de volumen (Busto 2013).

### **2.6.6 Reología**

La reología es una ciencia que realiza el estudio de la deformación y el flujo de materiales, en el campo de los alimentos tiene una amplia gama de aplicaciones en la aceptabilidad, procesamiento, manipulación, así como en la transformación de materiales. A

pesar de esto, los materiales con propiedades biológicas (como los alimentos) son complejos en estructura y reología, debido a que son mezclas de sólidos y líquidos. Por tanto, la investigación en este campo se centra principalmente en la deformación y el flujo de materiales, especialmente en el espacio de transición sólido-fluido, tratando de definir la relación entre la tensión que actúa sobre el material y la deformación o flujo que se produce. Muchas pruebas reológicas implican aplicar fuerza a un material midiendo su flujo o cambio de forma.

Muchas propiedades de la textura que los humanos comienzan a percibir al ingerir alimentos son fundamentalmente reológicas, por ejemplo, lo cremoso, jugoso, blando, crujiente, duro, voluminoso, etc. En algunas ocasiones, la estabilidad y apariencia de los alimentos suele depender de las propiedades reológicas de sus ingredientes, como emulsiones y pastas. Del mismo modo, el flujo de alimentos por medio de las tuberías o la facilidad de envasado se ve muy afectado por la reología (Velásquez, 2006). Por tanto, el campo de la reología se extiende desde la mecánica de fluidos newtoniana hasta la elasticidad de Hooke.

La industria alimentaria necesita cada vez más comprender las propiedades reológicas de los alimentos fluidos dentro de los cálculos que involucran procesos de ingeniería como filtración, intercambio de calor, bombeo, clarificación, así como la determinación de la función de los ingredientes en el desarrollo de nuevos productos; control de calidad intermedio o final de los productos; evaluación de texturas y la correlación con datos de análisis sensorial; diseño y evaluación de equipos de proceso, etc. (Velásquez, 2006).

#### **2.6.6.1 Reometría**

La reometría describe métodos e instrumentos de medición que permiten obtener datos reológicos de los materiales, y así determinar la relación cuantitativa y cualitativa entre

la deformación y la tensión mecánica y sus derivados. Una aplicación clásica de la reometría está relacionada con la medición de la viscosidad (Ramírez, 2006).

- Reómetro: instrumento que mide el historial de esfuerzos y la deformación de materiales cuya relación constitutiva se desconoce.
- Viscosímetro: Es un caso especial de reómetro, solo mide la función de corte estático de la viscosidad.

#### **2.6.6.2 Viscosidad**

La viscosidad es una propiedad reológica de importancia a nivel de alimentos líquidos que logra afectar el bombeo, la filtración, la clarificación y otros procesos. Se presenta como una característica de calidad importante con influencia en el sabor de los alimentos líquidos, cambiando otras sensaciones orales como la salinidad, el dulzor, el amargor, el sabor y la astringencia (Hollowood, Linfort & Taylor, 2002).

La viscosidad que presentan los alimentos líquidos puede medirse objetivamente con un viscosímetro o evaluarse subjetivamente por un equipo capacitado. Esta última se define como la viscosidad percibida, que generalmente se evalúa en la cavidad bucal por la presión requerida para que los alimentos líquidos fluyan entre la superficie superior de la lengua y el paladar, así como la fuerza necesaria para extraer líquido de una cuchara sobre la lengua (Szczeniak, 2002). El sabor del vino es una especie de sensación táctil, que incluye astringencia, grosor, untuosidad, etc. Aunque el sabor se considera una parte importante de la calidad del vino, ha recibido relativamente poca atención en la literatura de investigación, especialmente en comparación con los aromas y otros sabores, aunque se ha estudiado una amplia gama de líquidos y alimentos líquidos en términos de sus características gustativas (Forde & Delahunty, 2002).

Jackson (2009) definió el cuerpo como una sensación táctil causada principalmente por la presencia de alcohol, afectada de manera directa por el azúcar, la glicerina (alta concentración) y los fenoles. El cuerpo completo es una percepción positiva del peso en la boca; acuoso es una percepción negativa o la falta de un cuerpo adecuado. La viscosidad es probablemente la característica más relevante de un vino, ya que afecta a la consistencia en boca. El vino de postre se considera un vino con cuerpo, principalmente porque el azúcar residual aumenta la viscosidad, en este sentido, las muestras de baja viscosidad tienden a esparcirse más rápido y se ingieren más rápido, al igual que el agua, caracterizadas como vinos ligeros, acuosos o finos.

Por otro lado, las muestras con una viscosidad superior, presentan una fluidez con mayor dificultad y un mayor tiempo de permanencia en la boca. A pesar de esto, estas diferencias se consideran de diversos orígenes y de menor cuidado, por lo que la mayoría de catadores profesionales ignoran este parámetro y no lo tienen en cuenta dentro de las competencias de vinos, a diferencia de acidez total que si es considerada.

### **2.6.6.3 Variación de la viscosidad con la velocidad de deformación o cizalla**

Un gran número de fluidos de importancia a nivel industrial, exhiben desviaciones de la ley de Newton porque su viscosidad es una función de la velocidad de cizalla aplicada; la diferencia básica entre el comportamiento newtoniano y no newtoniano es la longitud de las moléculas de fluido, por lo que aquellos fluidos con moléculas pequeñas (agua, metanol, etanol, etc.) exhiben un comportamiento newtoniano en comparación con aquellos que presentan moléculas de mayor tamaño (soluciones poliméricas, polímeros fundidos, etc.). En general, dentro de cualquier fluido no newtoniano, la viscosidad depende de la velocidad de

cizallamiento, logrando una clasificación dentro de los diferentes tipos de fluidos que se pueden encontrar desde el punto de vista reológico (Ramírez, 2006).

## **2.7 Clasificación de fluidos**

Las propiedades reológicas de los fluidos son uno de los estándares básicos para el desarrollo de productos en el campo industrial. Por lo general, estos determinan las características funcionales de determinadas sustancias e intervienen en el diseño de operaciones básicas como el control de calidad, manipulación (comportamiento mecánico), bombeo, mezclado y envasado, almacenamiento y estabilidad física, e incluso durante el consumo (textura). Las propiedades se definen en términos de la relación entre la fuerza o sistema de fuerza externa y su respuesta (deformación o flujo). Cuando se somete a un sistema de fuerza externa, todos los fluidos se deformarán más o menos. Este sistema se representa matemáticamente por el esfuerzo cortante  $\tau_{xy}$ , y la respuesta dinámica del fluido se cuantifica mediante la velocidad de deformación  $\gamma$  (Ramírez, 2006).

### **2.7.1 Fluidos newtonianos**

Un fluido que obedece a la ley de viscosidad de Newton se llama fluido newtoniano. En estos fluidos, existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante  $\tau_{yz}$  y el gradiente de velocidad  $dv_z/dy$  (velocidad cortante). Esto define la viscosidad  $\mu$  de manera constante e independiente de la velocidad de corte. Se presenta un deslizamiento relativo de los elementos fluidos a medida que circulan entre sí es proporcional al esfuerzo cortante sobre el fluido (Ramírez, 2006).

## **2.7.2 Fluidos no newtonianos**

La mayoría de productos agrícolas, incluidos alimentos como mantequilla, azúcar, jarabe, miel y aderezos para ensaladas, presentan una relación no lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte, siendo denominados como fluidos no newtonianos. En estos, la relación entre  $\tau_{yz}$  y  $dv_z/dy$  no es lineal, es decir, la viscosidad  $\mu$  no permanece constante, sino que es función de la velocidad de corte, como es el caso de pastas, lechadas, polímeros y emulsiones.

### **2.7.2.1 Fluidos independientes del tiempo de aplicación**

Estos fluidos se pueden clasificar dependiendo de si tienen o no esfuerzo umbral, es decir, si necesitan un mínimo valor de esfuerzo cortante para que el fluido se ponga en movimiento.

#### **2.7.2.1.1 Fluidos sin esfuerzo umbral**

##### **2.7.2.1.1.1 Fluidos pseudoplásticos**

Este tipo de fluido se caracteriza porque su viscosidad y esfuerzo cortante disminuyen a medida que aumenta la velocidad de deformación, como es el caso de la ketchup, mostaza, ciertas pinturas, suspensiones de arcilla a base de agua, etc.

##### **2.7.2.1.1.2 Fluidos dilatantes**

La viscosidad de estas suspensiones aumenta con el aumento de la velocidad de deformación, es decir, el esfuerzo cortante aumenta con el aumento de la velocidad de deformación. Esta dilatación se produce debido a la fase dispersa del fluido. En el fluido, se produce la acumulación de partículas, sin dejar casi ningún espacio en la fase continua.

##### **2.7.2.1.2 Fluidos con esfuerzo umbral (viscoplásticos)**

Presentan un comportamiento de sólido antes de superar el esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral), y a partir del cual se comporta como un líquido, esto debido a la interacción entre las partículas suspendidas en ellos, formando una capa llamada solvatación. Constan de dos fases, y la fase dispersa consta de sólidos y burbujas distribuidos en la fase continua. En estos fluidos, las fuerzas de Van der Waals y los enlaces de hidrógeno crean una atracción mutua entre las partículas, y la formación de una fuerza repulsiva debido a potenciales de la misma polaridad (Ramírez, 2006).

### **2.7.2.2 Fluidos dependientes del tiempo de aplicación**

#### **2.7.2.2.1 Fluidos Tixotrópicos**

Presentan un cambio en su estructura interna cuando se aplica presión, rompiendo las largas cadenas que componen sus moléculas. Una vez que el fluido se somete a un estado de corte (esfuerzo de corte), solo puede recuperar su viscosidad inicial después de un período de reposo. La viscosidad presenta una disminución cuando se aplica una fuerza y luego aumenta nuevamente cuando la fuerza se detiene por acción del retraso en su reconstrucción estructural y adaptación a los cambios.

#### **2.7.2.2.2 Fluidos reopéticos**

En estos fluidos, la viscosidad presenta un aumento en relación con el tiempo y la velocidad de deformación aplicada, presentando una histéresis inversa como consecuencia a la formación de enlaces intermoleculares formados por acción de la fuerza aplicada, y por ende un aumento de la viscosidad, caso contrario de lo que pasaría si hubiera un cese en la aplicación de fuerza.

### **2.7.2.3 Fluidos viscoelásticos**

Presentan propiedades viscosas y elásticas debido a la presencia de moléculas largas y flexibles o de partículas líquidas o sólidas dispersas dentro del líquido, siendo el caso de la nata, la gelatina, los helados, etc. (Ramírez, 2006).

### **2.8 Ley de potencia**

Hace referencia al modelo matemático más empleado para realizar caracterización reológica, al relacionar la fuerza de cizallamiento y la variación del gradiente de cizalla (Andrade et al., 2009). Presenta grandes aplicaciones en las diversas investigaciones debido al ajuste adecuado con los datos de tipo experimental, y su simpleza que permite grandes adaptaciones tecnológicas (Ortega et al., 2015).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los productos biotecnológicos que se obtienen a partir de microorganismos tienen una influencia sobre los diferentes sectores de interés comercial como lo son alimentos, bebidas, químicos, enzimas industriales, productos farmacéuticos, agro y medio ambiente. Uno de los microorganismos más utilizados son las levaduras, que se encuentran distribuidas ampliamente en la naturaleza, principalmente en aquellos hábitats donde hay azúcares, por ejemplo, frutas, corteza de árboles y flores; viviendo algunas especies en simbiosis con animales como insectos y siendo otras patógenas (Villamil 1999, citado por Uribe 2007); observando una diversidad de procesos metabólicos de levaduras, así como de las diferentes tecnologías desarrolladas a partir de ellas (Loray, 2002), siendo estos microorganismos los primeros en ser empleados como fuente de proteína (Suárez, Garrido y Guevara, 2016) y por su capacidad asociada a la fermentación, teniendo en cuenta que durante mucho tiempo se ignoró su naturaleza.

Las levaduras que se encuentran en los frutos, al poseer múltiples mecanismos de adaptación que han desarrollado, pueden ser utilizadas en varios campos industriales y biotecnológicos (producción de etanol), por resistir condiciones de osmolaridad extrema, como las que se presentan en los frutos (Uribe 2007). La producción de bebidas fermentadas se basa en el proceso de fermentación alcohólica, en el que intervienen las levaduras como factor importante en dicho proceso, ya que como se ha mencionado, además del etanol, también producen alcoholes superiores y enzimas extracelulares, así como precursores aromáticos y compuestos de alto peso molecular, que constituyen o participan en el aroma característico de los productos refinados y reposados.

La pomarrosa (*Syzygium malaccense*) pese a ser una de las especies arbóreas más abundantes en la ciudad de Neiva y de conocerse sus características fisicoquímicas, su fruto no se exporta ni se comercializa a nivel nacional y local, aunque las condiciones climáticas sean óptimas para su crecimiento y desarrollo en dos periodos importantes del año (Trujillo, 2014), evidenciando así la pérdida de una gran cantidad de biomasa que contribuiría a la economía y a la posibilidad de obtención de energía renovable.

Por otro lado, son muy pocos los estudios realizados a nivel microbiológico para el fruto de la pomarrosa, ya que, en comparación con otras frutas de la región, los reportes de la carga microbiana y en particular de levaduras para este fruto del neotrópico, son limitados. Esta baja demanda de investigaciones con la especie ha limitado su importancia a unos pocos usos a nivel alimenticio por la industria pastelera y en la producción de mermeladas de tipo artesanal. Se destaca entonces, que, en la mayoría de los casos, los microorganismos encontrados en las frutas y en sus exudados son utilizados en la producción de alimentos, licores, y en avances biotecnológicos y control biológico. Sin embargo, aún se desconoce el potencial de las levaduras como principales causantes de enfermedades en personas, y otros animales. Es decir, que se hace necesario, reconocer el comportamiento de este tipo de microorganismos, ya que, como se ha sabido en estudios como el de las levaduras, estas pueden causar grandes pérdidas económicas cuando atacan cultivos, siendo las frutas como la pomarrosa un medio óptimo para que en estas se lleve a cabo su propagación.

El inicio de la microbiología de alimentos estaba dado por los aportes de varios científicos, al establecer la relación directa entre las enfermedades y la ingesta de alimentos debido a la presencia de microorganismos (Trujillo, 2014). Lo anterior ha generado un proceso de estigmatización por parte de los habitantes de la ciudad, al relacionar el fruto de

la pomarrosa con un alto grado de contaminación, portador de organismos como gusanos que al ser ingeridos causan afecciones en el organismo, logrando que cada vez sea más difícil que las personas investiguen y conozcan la potencialidad de los frutos para alojar microorganismos, que en su mayoría presentan propiedades beneficiosas para el mejoramiento de la calidad de vida de la población en general.

Para el 2009 había 9.852 árboles de pomarrosa sembrados en la ciudad de Neiva (Vargas y Tapia, 2009) y 1501 árboles sembrados en la comuna 1 (Trujillo, 2014), lo que nos proporciona una cantidad de árboles abundante para poder tomar la muestra. Teniendo en cuenta lo anterior y con la poca información existente de estudios realizados, se busca aprovechar el potencial biotecnológico de un fruto poco usado como lo es la pomarrosa, en la producción de una bebida alcohólica artesanal (vino) óptima para su consumo. Planteando la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el potencial fermentativo de *Saccharomyces cerevisiae* (var. *bayanus*) (Freddo) en el jugo de pomarrosa (*Syzygium malaccense*) y su nivel de aceptación por parte de consumidores no habituales en la ciudad de Neiva-Huila?

## 4 OBJETIVO

### 4.1 General

Evaluar el potencial biotecnológico de la fruta de la pomarrosa (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M Perry) de la ciudad de Neiva-Huila para la producción de vino.

### 4.2 Específicos

- 4.2.1 Evaluar el potencial fermentativo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (var. bayanus) en el jugo de pomarrosa (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M Perry).
- 4.2.2 Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente el vino de pomarrosa (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M Perry).
- 4.2.3 Realizar el análisis sensorial para el vino de pomarrosa (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M Perry).

## 5. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de bebidas alcohólicas es una práctica antigua de la cual no se conoce con exactitud su origen, ni la implicación e importancia de los microorganismos en un momento dado. Estas bebidas ocupan el primer lugar en volumen de producción dentro de las empresas biotecnológicas. De ahí que, en uno de sus trabajos, Pasteur mostró que las fermentaciones son “procesos vitales” que desempeñan una función de importancia fisiológica fundamental para la vida de muchas células (Stanier et al., 1996). Se presume, que el consumo moderado de las bebidas fermentadas (especialmente el vino) se asocia a menor mortalidad por enfermedad cardiovascular, cerebrovascular y de manera general en personas con edades entre los 30 y 79 años (Gronbaek et al., 1995).

Colombia es uno de los países con mayor variedad de frutas en el mundo. Gracias a su diversidad geográfica y diferentes clases de suelo y climas, permite que 51.220 especies de plantas florezcan, segundo en número después de Brasil. Al menos 150 especies frutales son originarias de Colombia y otras 50 están aclimatadas procedentes de África, Asia, Eurasia y Australia (Contreras-Calderón et al., 2011). A pesar de ser considerado un país tropical, las frutas consideradas como exóticas, no son aprovechadas en su totalidad por el poco conocimiento sobre su existencia, tal es el caso de la pomarroja.

Las frutas exhiben un récord excepcionalmente bueno desde el punto de vista de la salud pública, lo cual se atribuye principalmente a los mecanismos de defensa naturales que muchas de ellas poseen. Entre éstos pueden mencionarse una piel gruesa y sustancias antimicrobianas naturales que contribuyen a la acidez de frutas y hortalizas, y que generalmente mantienen el pH de esta en valores menores a 4,6. Estas presentan los nutrientes y condiciones necesarias para que microorganismos como levaduras y algunas

bacterias lácticas se desarrollen de buena manera, como lo son su bajo pH y la naturaleza del ácido orgánico. Las levaduras son agentes secundarios de deterioro, ya que, al estar en gran cantidad sobre la superficie de las frutas frescas, carecen de los mecanismos adecuados para invadir tejidos de las plantas.

La procedencia de la fruta y sus condiciones de crecimiento determinan el microbiota del producto, el deterioro postcosecha, los patógenos que pueden causar enfermedad durante el crecimiento, así como su incidencia en humanos y demás animales. Durante la temporada de cosecha se presentan grandes pérdidas del fruto de la pomarrosa, esto debido a la gran altura que pueden alcanzar los árboles, que dificulta la recolección de este, así como la piel fina y delicada que posee el fruto, lo que lo obliga a ser recogido con la mano y ser tratado con cuidado.

Uno de los principales compuestos en la industria es el etanol, que es producto de la fermentación microbiana de los azúcares. Comparado con los combustibles fósiles comúnmente utilizados como gasolina, es una fuente de energía más rentable y por lo tanto tiene una mayor importancia dentro de la industria. El carbón natural se utiliza para aumentar el octanaje de la gasolina y reducir el consumo de este combustible porque se puede mezclar entre un 10% y un 25%, o se puede reemplazar por completo. (Vásquez & Dacosta, 2007).

Uno de los inconvenientes que presentan los derivados del petróleo es la grave contaminación que éstos generan por el plomo y óxidos de carbono que provoca su combustión. El uso de bioetanol reduce la contaminación que provoca toda la cadena de producción del petróleo, siendo aprovechado por varios países para disminuir el uso de estos combustibles, reduciendo el impacto ambiental producido y la dependencia energética hacia estos compuestos. (Constante, 2015). Según la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2006)

citado por Vásquez & Dacosta (2007), el potencial de esta fuente de energía es tan grande, que podría sustituir un 25% de la gasolina utilizada como combustible en el año 2025.

El bajo interés por conocer, cultivar y proteger una de las especies frutales de la ciudad de Neiva, la cual ha sido olvidada por la falta de información de esta misma, nos impulsa a dar a conocer a la comunidad neivana información referente a este fruto, entre ellos su potencial biotecnológico, pretendiendo incentivar al cultivo para la obtención del mismo y su aprovechamiento, así como su disposición en los diferentes periodos del año, teniendo en cuenta que los árboles que se encuentran en zonas urbanas cumplen varios propósitos fundamentales asegurando la existencia biótica y con ellos, la prestación de unos servicios ecosistémicos, sociales y culturales.

Los neivanos atribuyen al fruto de la pomarrosa enfermedades y malestares cuando es ingerida, a causa de los microorganismos que la residen. Aunque no existen estudios hasta el momento que corroboren este tipo de hipótesis, es posible que las ocasiones en que se han reportado estas enfermedades, obedezcan a la toma del fruto desde el suelo, presentado una contaminación no propia de este y no aplicando el debido lavado al momento de ser consumido. Esta propuesta de investigación busca desarrollar actividades vinculadas a reconocer la capacidad fermentativa del fruto *Syzygium malaccense* a partir de elaboración de una bebida fermentada de manera artesanal.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Enfoque de investigación

Para este trabajo se hace uso del método científico fundamentado en la relación entre el ser y pensar, materia y conciencia, objeto y sujeto. Esto se realiza por medio de pasos que permiten en primera medida reconocer la existencia de un problema dentro de una situación que representa una necesidad para el ser humano. Posterior a ello, se realiza una búsqueda, recolección y análisis de la información disponible hasta el momento, totalmente independiente del juicio previo que se tiene. A partir de esto, se realiza la formulación de hipótesis o conjeturas que brindan una solución de manera aparentemente lógica en relación con el análisis anterior; hipótesis que es sometida a una contrastación por medio de diversos métodos que permitan una exclusión o disminución de errores en los resultados obtenidos y su posterior comunicación a la comunidad en general (Herrera & Sacasas, 2010).

### 6.2 Localización geográfica

Este trabajo fue desarrollado dentro de las instalaciones de la Universidad Surcolombiana (Colombia, Huila, Neiva), específicamente en los laboratorios de Microbiología, Bromatología y Análisis Sensorial de Alimentos de la Facultad de Ingeniería. Esta ciudad cuenta con una extensión total de 1557.06 km<sup>2</sup> y una altura de 442 msnm, y una temperatura que oscila alrededor de los 27,7 °C. El vino fue elaborado bajo unas condiciones de temperatura de 26,2 °C y humedad relativa de 62%.

### 6.3 Proceso de fermentación

#### 6.3.1 Obtención de materia prima

El fruto de la pomarrosa fue obtenido en la comuna 3 de la ciudad de Neiva, específicamente en cercanía del Parque Leesburg, entre calles 19 y 17 que comprenden cerca





Figura 3. Conservación materia prima.

### 6.3.3 Preparación del Jugo de Pomarrosa

Se realizaron cortes manuales a los frutos y se procesaron en una licuadora hasta homogeneizar, obteniendo 8 litros de jugo que fue diluido con agua (Brisa) hasta completar un volumen de 12 litros y una consistencia adecuada.

### 6.3.4 Chaptalización y Fermentación

Se adicionaron 4,5 Kg de azúcar (Manuelita, Colombia) para obtener una solución a 21,16 °Brix, con un pH inicial de 3,9. Este azúcar añadido se calcula mediante la siguiente ecuación 1:

$$\text{Azúcar añadida} = \frac{p_j (\text{°Bd} - \text{°Ba})}{100 - \text{°Bd}} \quad (1) \text{ (Pájaro-Escobar, Benedetti y Garcia-Zapateiro, 2018)}$$

En donde: P<sub>j</sub>= peso del jugo. °Bd= Grados Brix deseados. °Ba= Grados Brix actuales.

Se emplearon 2 tanques de fermentación en acero inoxidable (Figura 4), que presentan una capacidad de 10 litros cada uno, dichos tanques se encuentran sellados herméticamente, formados por dos capas de acero inoxidable que permite un control de temperatura y un eficaz de la levadura. La pulpa de fruta chaptalizada se inoculó con 4

gramos de la cepa específica para vinos blancos *Saccharomyces Cerevisiae* (Var. Bayanus) Freddo (específica para vinos claros), activada en un baño maría a una temperatura de 37 °C empleando de igual manera 4 gramos de VitaDrive, suplemento nutricional para las levaduras. Se dejó fermentar por un periodo de 29 días.



Figura 4. Fermentación en tanques de acero inoxidable.

### 6.3.5 Clarificación

Se trasvasó el contenido de cada tanque de vino a tanques plásticos previamente esterilizados (Figura 5). Se usó bentonita de grado alimentario (FOSSIL, POWERW2, USA), la cual se debe hidratar previamente por lo menos 48 horas antes de su incorporación, para ello, se usaron dos vasos de cristal, cada uno con un volumen de 50 mL de jugo de pomarrosa a los cuales se les adicionó 6 gramos de bentonita y con ayuda de un homogeneizador magnético se mezcló hasta lograrlo. Debido a que no hay metodologías estandarizadas para la clarificación con bentonita en vinos de frutas, esta se dejó en contacto con el jugo de la pomarrosa durante 15 días.



Figura 5. Proceso de clarificación.

### 6.3.6 Filtrado y embotellado

La bebida fermentada se filtró con un liencillo esterilizado (Figura 6). Para el embotellado, se emplearon botellas de color ámbar con una capacidad de 750 mL cada una, previamente lavadas y esterilizadas. Se ubicaron las botellas en posición horizontal, de manera que quedarán ligeramente inclinadas, lo que permitió que el líquido se mantuviera en contacto con el corcho generando un ambiente hermético al interior de la botella.



Figura 6. Filtración con lienzo.

### 6.3.7 Crianza en botella

Las botellas se almacenaron inclinadas durante un periodo de 38 días, en un lugar con baja incidencia de luz, a una temperatura de 4 °C (Figura 7), asegurándose de que el corcho se encontrase en contacto con el vino para evitar la filtración de oxígeno al interior de la botella a causa de la matriz porosa del corcho.



Figura 7. Crianza en botella.

#### **6.4 Análisis fisicoquímico**

Cada uno de los parámetros fueron realizados por duplicado.

##### **6.4.1 Potencial de Hidrogeniones (pH)**

Se determinó usando el procedimiento establecido por la NTC (2015), con ayuda de un potenciómetro digital (OHAUS, Starter 3100) previamente calibrado, al inicio, durante y al final del proceso de fermentación y nuevamente al vino madurado.

##### **6.4.2 Porcentaje de acidez titulable medido en ácido cítrico**

Este parámetro se valoró como la cantidad de una sustancia presente en la solución en cuestión por medio de la adición de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1 N, que permite determinar de manera porcentual la presencia de ácido cítrico de acuerdo al método oficial AOAC 942.15 (Oviedo-Arbeláez, 2018).

### 6.4.3 Sólidos solubles °Brix

El contenido de sólidos solubles fue medido en °Brix conforme al método oficial adaptado de la AOAC 932.12 y a lo establecido por Jiménez-Vera (2019) usando un refractómetro digital (ATAGO, PR-201 ALPHA, USA.)

### 6.4.4 Cuantificación del color

El color se midió usando un colorímetro digital (KONICA MINOLTA, CR-410, JAPÓN) a través del espacio Cie-Lab con base a las coordenadas  $L^*a^*b^*$ , en donde la coordenada cromática  $a^*$  presenta una variación de rojo cuando el valor es positivo a verde cuando el valor es negativo. La coordenada cromática  $b^*$  es amarilla cuando el valor es positivo y azul cuando este es negativo. Por último, el parámetro  $L^*$  hace referencia a la luminosidad; dependiendo de la ubicación de los parámetros mencionados anteriormente, le da al color un tono más claro, hasta alcanzar el blanco ( $L^* = 100$ ), o un color más oscuro hasta el negro ( $L^* = 0$ ). Los parámetros de  $c^*$  (Chroma) (Ecuación 2),  $H^*$  (tono) (Ecuación 3) y la diferencia de color  $\Delta E$  (Ecuación 4) se calculan en función de coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$  (Oviedo-Arbeláez, 2018).

$$c^* = \{(a^*)^2 + (b^*)^2\}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

$$\Delta E = ((L - 35)^2 + (a^* - 9)^2 + (b^* - 29)^2)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

### 6.4.5 Viscosidad

El parámetro de viscosidad se determinó por medio de un reómetro (BROOKFIELD, METEK DV2T EXTRA, USA). Las mediciones para cada tanque se realizaron a temperatura de 30°C contraladas con ayuda de un baño termostático (Brookfield, TC 250). Las mediciones se tomaron con ayuda del programa Rheocalc T 1.2.19 proporcionado por el

proveedor del reómetro. Para determinar la viscosidad (cP), esfuerzo cortante (dyn/cm<sup>2</sup>) y tasa de deformación (1/s) se estableció una metodología de trabajo de recolección de datos multi punto, con intervalos de tiempo entre dato de 2 segundos e intervalos de tiempo entre cambio de revoluciones de 30 segundos. Las revoluciones y el tamaño de la aguja, se ajustaron de acuerdo a las características de cada fluido y como condición base para validar la metodología se estableció un valor mínimo de torque de 10% y máximo del 100%. Los valores de esfuerzo cortante y tasa de deformación se modelaron y ajustaron de acuerdo al modelo reológico para fluidos de ley de potencia (ecuación 5) que se describe a continuación:

$$\tau = K\gamma^n \quad (5)$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante para el modelo a evaluar (Pa).

K= índice de consistencia.

$\gamma$  = Taza de deformación o gradiente de velocidad (1/s).

n= índice de comportamiento a flujo

#### **6.4.6 Contenido y porcentaje de alcohol**

Se determinó el contenido de alcohol a dos muestras de la bebida por medio de destilación directa empleando un Soxhlet de acuerdo al procedimiento descrito en la norma GTC-4, para una muestra de 100 ml de vino en un balón volumétrico aforado con temperaturas controladas entre 75 y 80 °C. Se determinó el grado de alcohol mediante la ecuación de Gay Lussac (°GL) (Ecuación 7) y se contrastó obteniendo la densidad de la muestra usando un hidrómetro (VINOFORM 3 ESCALAS, BÉLGICA), obteniendo el porcentaje de alcohol por medios volumétricos (ABV) (Ecuación 6) usando la densidad y temperatura del líquido.

$$ABV = \frac{\text{starting SG} - \text{final SG}}{7.36} \quad (6)$$

Ecuación de Gay Lussac

$$^{\circ}\text{GL} = \frac{\text{Volumen de alcohol} * 100}{\text{Volumen del vino}} \quad (7)$$

### 6.5 Análisis microbiológico

La presencia de levaduras se observó a través de la siembra en profundidad en el medio selectivo para levaduras (CONDA PRONADISA, POTATO DEXTROSE AGAR EUROPEAN PHARMACOPEIA USP, ESPAÑA), para lo cual se prepararon y realizaron diluciones seriadas en agua de peptona (MERCK KGAA, AGUA DE PEPTONA TAMPONADA ISO 6579, ALEMANIA) como se muestra en la Figura 8 realizando el conteo de crecimiento de la levadura en placa a las 48 horas después de haber sido incubadas a 30 °C, determinando la cantidad de unidades formadoras de colonia por mililitro (ufc.ml<sup>-1</sup>) presentes en cada muestra.

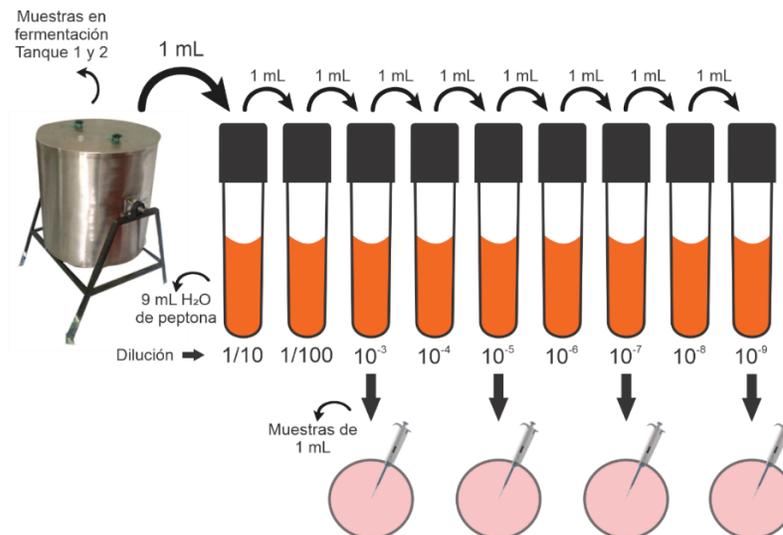


Figura 8. Diluciones seriadas.

De las unidades formadoras de colonias se extrae una porción y se procedió a realizar tinción Gram como lo muestra la Figura 9. Observando en un microscopio la morfología de las colonias.

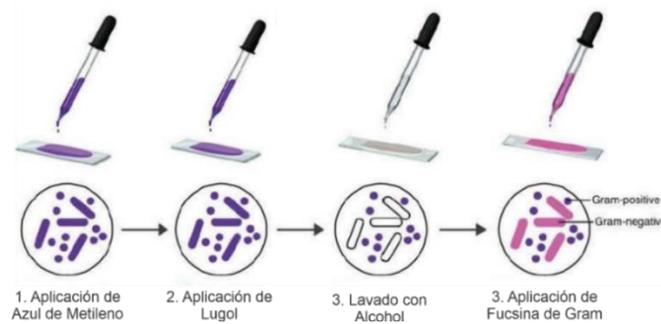


Figura 9. Tinción de Gram.

## 6.6 Conservación de levaduras

Las levaduras nativas presentes en el fruto de pomarrosa fueron aisladas y conservadas en crioviales para posibles investigaciones venideras.

## 6.7 Análisis sensorial

Esta actividad se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos perteneciente a la facultad de ingeniería de la universidad Surcolombiana de la ciudad de Neiva (Huila), donde se contó con la participación de 30 consumidores no entrenados, que cataron, compararon y maridaron el vino de pomarrosa, frente un vino comercial Cabernet Sauvignon y un vino artesanal de ciruela elaborado en la Universidad Surcolombiana bajo las mismas condiciones del vino de pomarrosa, con alimentos como queso holandés, butifarra y durazno. Los consumidores evaluaron los atributos de la bebida tanto a nivel solitario como maridado, a través de una escala hedónica con una puntuación desde 1 (No

me gusta mucho) hasta 5 (Me gusta mucho), teniendo en cuenta atributos como el color, limpidez, apariencia, aroma, dulzor, acidez, astringencia, grado de alcohol, persistencia y finalmente una impresión general. Ver Anexo.

### **6.8 Análisis estadístico**

Se llevó a cabo un análisis de varianza simple (ANOVA) teniendo como variables los parámetros fisicoquímicos en relación con el tiempo y tanque empleado, usando para ello el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI-Versión 16.1.18, con un nivel de significancia de 0,05. ( $p < 0,05$ ).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Rendimiento de la materia prima

Se obtuvieron 12,5 Kilogramos (Kg) de pomarrosa de los cuales se extrajeron 10,2 Kg de pulpa y 2,13 Kg de residuos (Semilla).

### 7.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica

En la Tabla 4 se encuentran consignados los datos promedio obtenidos de cada parámetro evaluado, en donde el pH y los sólidos solubles presentaron diferencias estadísticamente significativas en relación con las desviaciones estándar durante el proceso de fermentación y maduración con  $p < 0,05$  y un nivel de confianza del 95%.

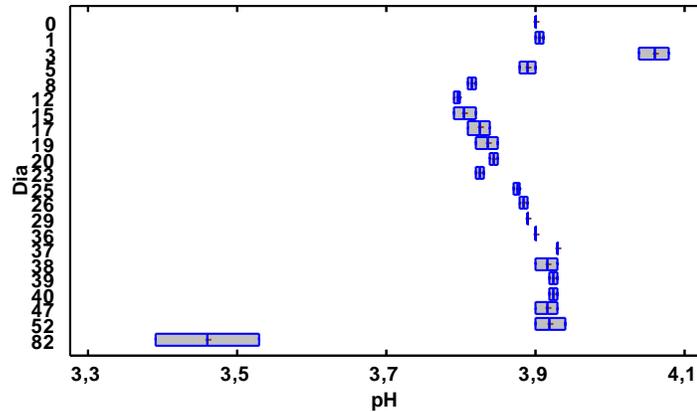
Tabla 4. Análisis estadístico de parámetros fisicoquímicos de vino de pomarrosa.

<b>Día</b>	<b>pH</b>	<b>Sólidos Solubles (°Brix)</b>	<b>Acidez (%)</b>
0	3,9±0 <sup>fg</sup>	7,03±0 <sup>a</sup>	0,92±0,13 <sup>a</sup>
1	3,90±0,1 <sup>fg</sup>	21,2±0 <sup>l</sup>	1,01±0,07 <sup>ab</sup>
3	4,06±0,02 <sup>h</sup>	21,2±0 <sup>l</sup>	1,07±0,11 <sup>abc</sup>
5	3,89±0,01 <sup>efg</sup>	20,02±0,35 <sup>k</sup>	1,31±0,22 <sup>abcd</sup>
8	3,81±0,1 <sup>b</sup>	18,1±0,46 <sup>j</sup>	1,47±0,09 <sup>abcdef</sup>
12	3,79±0,1 <sup>b</sup>	15,6±0,14 <sup>i</sup>	1,63±0,04 <sup>bcdefg</sup> <sub>h</sub>
15	3,80±0,02 <sup>b</sup>	13,73±0 <sup>h</sup>	1,60±0,09 <sup>bcdefg</sup>
17	3,82±0,02 <sup>bc</sup>	12,72±0,35 <sup>g</sup>	1,6±0 <sup>bcdefg</sup>
19	3,83±0,02 <sup>bcd</sup>	11,85±0,16 <sup>f</sup>	1,63±0,1 <sup>bcdefgh</sup>
20	3,84±0,1 <sup>bcde</sup>	11,5±0,28 <sup>f</sup>	2,01±0,31 <sup>fgghi</sup>
23	3,82±0,1 <sup>bc</sup>	10,18±0,12 <sup>e</sup>	1,89±0,22 <sup>defghi</sup>
25	3,87±0,1 <sup>cdef</sup>	9,95±0,07 <sup>de</sup>	1,95±0,22 <sup>efghi</sup>
26	3,88±0,1 <sup>defg</sup>	9,51±0,02 <sup>d</sup>	2,21±0,04 <sup>ghi</sup>
29	3,89±0 <sup>efg</sup>	8,9±0,14 <sup>c</sup>	2,24±0,09 <sup>hi</sup>
36	3,9±0 <sup>fg</sup>	8,1±0 <sup>b</sup>	2,27±0,04 <sup>i</sup>
37	3,93±0 <sup>g</sup>	8,15±0,07 <sup>b</sup>	2,31±0 <sup>i</sup>
38	3,91±0,02 <sup>fg</sup>	8,0±0,28 <sup>b</sup>	2,31±0 <sup>i</sup>
39	3,92±0,01 <sup>fg</sup>	8,0±0 <sup>b</sup>	1,76±0,86 <sup>defghi</sup>
40	3,92±0,01 <sup>fg</sup>	8,05±0,07 <sup>b</sup>	1,37±0,31 <sup>abcde</sup>
47	3,915±0,02 <sup>fg</sup>	7,35±0,07 <sup>a</sup>	1,58±0,74 <sup>bcdefg</sup>
52	3,92±0,02 <sup>fg</sup>	7,3±0,28 <sup>a</sup>	1,64±0,50 <sup>cdefgh</sup>
82	3,46±0,09 <sup>a</sup>	8,05±0,49 <sup>b</sup>	2,05±0,07 <sup>fgghi</sup>

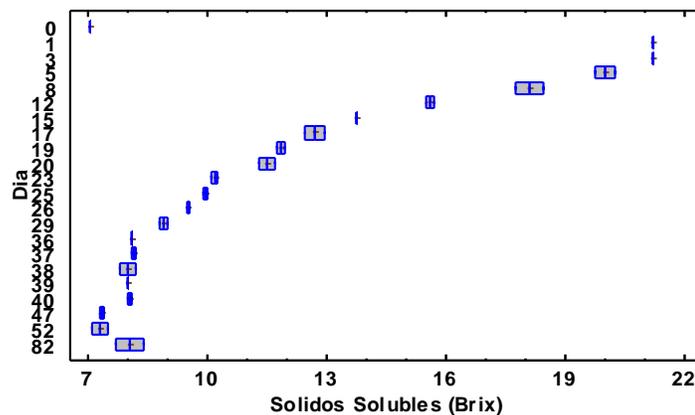
---

Vino de pomarrosa, n=22, u=sd, las letras diferentes en una misma columna son el equivalente a diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

---



Gráfica 1. Análisis de varianza pH-Día.



Gráfica 2. Análisis de varianza ° Brix-Día.

De acuerdo con diversos autores, el proceso de la fermentación alcohólica requiere de la participación de microorganismos como levaduras, que llevan a cabo la transformación de azúcares en productos como dióxido de carbono y alcohol, bajo condiciones estrictas de anaerobiosis; para la valoración de dicho proceso se emplean pequeños orificios que den salida a la producción de los gases generados a partir de esta transformación bioquímica, que den como resultado una estabilidad de los sólidos solubles (Oviedo-Arbeláez, 2018). Sumado

a esto, los datos obtenidos en este trabajo describen una relación inversa entre los parámetros de pH y sólidos solubles, presentando un aumento en el primero y una disminución en el segundo con el tiempo de fermentación de la bebida alcohólica, lo que genera un aumento en el grado de alcohol (Oré et al., 2019).

De este modo, a medida que los sólidos solubles presentan una disminución a causa de la transformación de los azúcares que se realiza por medio de las levaduras, se presenta de manera inversa un aumento en el pH de la bebida como consecuencia de una menor presencia de gas carbónico en el proceso. Los sólidos solubles obtenidos de 7,5 en la fase final presentan una cercanía a lo registrado por Oviedo-Arbeláez (2018), en la elaboración de vino de mora con una concentración de sólidos solubles de 6,93 °Brix; otros autores como Oré et al. (2019) obtuvieron bebidas alcohólicas con 5 °Brix para una muestra fermentada durante 21 días y Jiménez-Ochoa (2018) con 11,35 °Brix.

Generalmente, el efecto más importante que se le confiere al vino durante el almacenamiento es la desacidificación, por lo que el pH ácido del ácido málico que es menor que el ácido láctico, ya que la fermentación de tipo maloláctica (FML) tiende a incrementar notoriamente durante el proceso de almacenamiento, provocando que el vino adquiera un sabor suave y estable al gusto. Es necesario tener en cuenta, que todas estas variaciones son benéficas en la mayoría de los casos para los vinos tintos por lo que están en una relación intrínseca entre la temperatura, acidez, pH, estado de maduración de la fruta, componente nutricional de la fruta, entre otras (Igea, 2017).

Una posible FML podría ocasionar una degradación en la mayoría de las antocianinas por presencia de bacterias ácido lácticas (Nogales, 2018). Diversos autores como Wei et al (2019), Pájaro et al (2018) y Girón et al (2019) reportaron en

sus investigaciones en la elaboración de vinos de frutas, valores de pH del vino madurado de 3,53; 3,07 y 3,78 respectivamente, valores muy cercanos al 3,9 obtenido en esta investigación.

Al realizar la clarificación, se observó como los valores de pH disminuyeron contrario a lo que sucedió con la acidez titulable, que presentó un aumento; de acuerdo a lo reportado por Aleixandre (2010), dentro de las desventajas que presenta el uso de la bentonita está la disminución de la acidez y el aumento del pH en el vino. Esto se puede relacionar con el intercambio a nivel iónico que se lleva a cabo entre las especies básicas presentes en la bebida alcohólica y que hacen contacto con el agente clarificante, lo que genera una retención en los espacios intercristalinos específicos de su estructura molecular, de este modo, a mayor cantidad de bentonita agregada, la presencia de dichas especies disminuye, trayendo consigo una disminución del pH de la bebida (Carrión, 2018).

Durante la fermentación, en los sólidos solubles se observa un descenso considerable gracias a la transformación de azúcares en etanol y CO<sub>2</sub> (Días, Duarte, & Schwan, 2017). Así mismo, Quino & Rodríguez (2017) establecen que la levadura marca su ruta de crecimiento dependiendo del contenido de azúcares presentes; es un sistema cerrado y de crecimiento exponencial, la curva de crecimiento se divide en cuatro fases: Fase de latencia, fase exponencial, fase estacionaria y fase de senescencia. Los valores obtenidos de pH y sólidos solubles se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTC 708 (Tabla 3).

### **7.3 Variación de color durante el proceso de fermentación**

Los resultados en relación con la medición de color durante el proceso de fermentación y maduración del vino de pomarrosa (Tabla 5), evidencian una constancia en los valores del parámetro de luminosidad los primeros 40 días del proceso, tornando la bebida

más oscura, lo cual puede atribuirse con la reducción de la concentración de los compuestos fenólicos (taninos y antocianinas) durante el transcurso del tiempo. Dichos compuestos presentan una influencia directa sobre la variación de color, así como en otras características a nivel sensorial (Pérez et al., 2018).

Al hacer adición de azúcar comercial en la pulpa de la fruta, se genera un aumento en los sólidos solubles iniciales y de este modo se hace aprovechamiento del sustrato para la producción de etanol durante el proceso fermentativo, de manera conjunta, esto produce un aumento en el contenido de compuestos fenólicos en relación con la composición de la fruta empleada, que presenta propiedades antioxidantes naturales, generando una posible oxidación de la bebida durante el proceso fermentativo y de maduración (Čakar et al., 2019).

Generalmente, los taninos y antocianinas brindan la coloración del vino, siendo pigmentos naturales que se encuentran presentes en todas las partes de la planta, así como en los frutos maduros con tonalidades rojas o violetas, que a su vez brindan atributos de amargor, astringencia, empleados para analizar la capacidad de envejecimiento del vino (Oviedo-Arbeláez, 2018); aunque puede generarse un blanqueo por la acción de distintos agentes y reacciones de tipo redox (Arriola & Tapia, 2017). Es importante resaltar el papel del agente clarificante, así como otros factores de luminosidad, color del recipiente de almacenamiento e incluso la temperatura que pueden afectar de manera directa el color de la bebida (Arriola & Tapia, 2017), generando pérdidas de color en algunas ocasiones por acción conjunta de la bentonita, proteínas y antocianinas (Gómez-Plaza et al., 2000), siendo importante este parámetro al momento de la elaboración de este tipo de bebidas.

Sumado a esto, se ha encontrado que el agente clarificante como la bentonita, logra absorber las enzimas que causan una degradación del color en los vinos (Gutiérrez et al,

2018), generando un cambio poco perceptible al ojo humano, lo que nos sugiere que el fenómeno de variación de la tonalidad encontrada no fue generado por este agente.

Tabla 5. Caracterización del color vino de pomarrosa durante la fase de fermentación y maduración.

Día	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	C*	H
0	38,73±0 <sup>b</sup>	22,08±0 <sup>cd</sup>	8,75±0 <sup>ab</sup>	-55,98±0 <sup>a</sup>	22,52±0 <sup>d</sup>	5,17±0 <sup>ab</sup>	60,56±0 <sup>e</sup>	23,74±0 <sup>efg</sup>	0,377±0 <sup>a</sup>
1	63,33±17,28 <sup>d</sup>	15,84±9,49 <sup>b</sup>	16,09±3,03 <sup>d</sup>	-31,38±17,27 <sup>c</sup>	16,29±9,49 <sup>cd</sup>	12,51±3,02 <sup>d</sup>	37,61±19,53 <sup>b</sup>	22,84±8,72 <sup>defg</sup>	0,835±0,22 <sup>cd</sup>
3	42,41±2,02 <sup>b</sup>	23,12±2,67 <sup>d</sup>	11,04±1,26 <sup>bc</sup>	-52,3±2,02 <sup>a</sup>	18,56±4,39 <sup>cd</sup>	7,46±1,27 <sup>abc</sup>	56,11±0,26 <sup>de</sup>	25,67±1,86 <sup>fg</sup>	0,44±0,089 <sup>a</sup>
5	44,34±3,42 <sup>b</sup>	18,12±1,38 <sup>bcd</sup>	10,02±1,25 <sup>bc</sup>	-50,36±3,42 <sup>a</sup>	18,56±1,38 <sup>cd</sup>	6,48±1,32 <sup>abc</sup>	54,24±3,75 <sup>de</sup>	20,74±0,60 <sup>def</sup>	0,50±0,085 <sup>a</sup>
8	45,79±0,35 <sup>b</sup>	18,01±0,63 <sup>bcd</sup>	8,64±2,42 <sup>ab</sup>	-48,92±0,35 <sup>a</sup>	18,45±0,64 <sup>cd</sup>	5,055±2,42 <sup>ab</sup>	52,56±0,79 <sup>cde</sup>	20,02±1,62 <sup>def</sup>	0,44±0,095 <sup>a</sup>
12	80,34±0,03 <sup>e</sup>	4,27±0 <sup>a</sup>	12,73±0,03 <sup>cd</sup>	-14,77±0,57 <sup>d</sup>	4,66±0,063 <sup>a</sup>	9,24±0,10 <sup>cd</sup>	17,47±0,29 <sup>a</sup>	13,42±0,03 <sup>b</sup>	1,24±0,00 <sup>f</sup>
15	46,32±1,06 <sup>b</sup>	18,12±0,54 <sup>bcd</sup>	9,25±0,40 <sup>abc</sup>	-48,39±1,06 <sup>a</sup>	18,57±0,55 <sup>cd</sup>	5,69±0,41 <sup>abc</sup>	52,14±1,23 <sup>cde</sup>	20,36±0,67 <sup>def</sup>	0,47±0,005 <sup>a</sup>
17	45,97±1,13 <sup>b</sup>	18,21±0,45 <sup>bcd</sup>	10,04±0,90 <sup>bc</sup>	-48,74±1,12 <sup>a</sup>	18,66±0,45 <sup>cd</sup>	6,45±0,90 <sup>abc</sup>	52,59±0,99 <sup>cde</sup>	20,81±0,03 <sup>def</sup>	0,50±0,04 <sup>a</sup>
19	46,48±1,68 <sup>b</sup>	16,45±0,43 <sup>bc</sup>	8,15±0,47 <sup>ab</sup>	-48,23±1,67 <sup>a</sup>	16,89±0,43 <sup>cd</sup>	4,56±0,47 <sup>a</sup>	51,31±1,39 <sup>cde</sup>	18,36±0,59 <sup>bcd</sup>	0,46±0,01 <sup>a</sup>
20									
23	48,51±1,63 <sup>b</sup>	16,26±1,20 <sup>bc</sup>	9,67±0,16 <sup>bc</sup>	-46,19±1,63 <sup>a</sup>	16,7±1,20 <sup>cd</sup>	6,08±0,16 <sup>abc</sup>	49,5±1,90 <sup>bcd</sup>	18,36±0,25 <sup>bcd</sup>	0,53±0,04 <sup>a</sup>
25	46,20±0,71 <sup>b</sup>	15,89±0,86 <sup>bc</sup>	9,16±0,98 <sup>abc</sup>	-48,51±0,72 <sup>a</sup>	16,33±0,86 <sup>cd</sup>	5,57±0,98 <sup>abc</sup>	51,49±0,84 <sup>cde</sup>	17,72±0,62 <sup>bcd</sup>	0,52±0,0 <sup>a</sup>
26									
29	45,15±2,61 <sup>b</sup>	15,0±0,97 <sup>b</sup>	9,42±0,38 <sup>bc</sup>	-49,56±2,61 <sup>a</sup>	15,44±0,98 <sup>c</sup>	5,83±0,38 <sup>abc</sup>	52,24±2,72 <sup>cde</sup>	17,72±0,62 <sup>bcd</sup>	0,56±0,047 <sup>ab</sup>
36									
37									
38									
39	49,12±1,95 <sup>b</sup>	14,38±0,23 <sup>b</sup>	7,61±0,98 <sup>ab</sup>	-45,59±1,95 <sup>a</sup>	14,83±0,22 <sup>c</sup>	4,02±0,98 <sup>a</sup>	48,12±1,68 <sup>bcd</sup>	16,28±0,66 <sup>bc</sup>	0,48±0,04 <sup>a</sup>
40	49,94±0,09 <sup>bc</sup>	12,7±0,05 <sup>b</sup>	7,97±0,63 <sup>ab</sup>	-46,43±2,43 <sup>a</sup>	13,14±0,05 <sup>bc</sup>	4,38±0,64 <sup>a</sup>	48,46±2,29 <sup>bcd</sup>	14,99±0,29 <sup>bc</sup>	0,56±0,03 <sup>ab</sup>
47	3,5±4,94 <sup>a</sup>	4,5±4,94 <sup>a</sup>	5,5±4,94 <sup>a</sup>	6,5±4,94 <sup>c</sup>	7,5±4,94 <sup>ab</sup>	8,5±4,94 <sup>bc</sup>	9,5±4,94 <sup>a</sup>	7,13±6,93 <sup>a</sup>	0,97±0,18 <sup>de</sup>
52	60,92±10,81 <sup>cd</sup>	12,37±4,38 <sup>b</sup>	23,88±3,35 <sup>e</sup>	-33,79±10,81 <sup>b</sup>	12,81±4,38 <sup>bc</sup>	20,29±3,35 <sup>e</sup>	41,91±8,44 <sup>bc</sup>	27,17±0,95 <sup>g</sup>	1,08±0,20 <sup>ef</sup>
82	41,19±6,63 <sup>b</sup>	12,36±0,89 <sup>b</sup>	11,41±0,16 <sup>bc</sup>	-52,05±6,63 <sup>a</sup>	12,82±0,90 <sup>bc</sup>	7,80±0,16 <sup>abc</sup>	54,20±6,13 <sup>de</sup>	16,83±0,77 <sup>bc</sup>	0,74±0,02 <sup>bc</sup>

Tratamiento vino de pomarrosa, n=22, u=sd, las letras diferentes en una misma columna son el equivalente a diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)

En conjunto estas coordenadas dieron como resultado un color rosado en la bebida final; color diferente al observado durante la fase inicial en donde se mantuvo presente una coloración semejante a la pulpa de guayaba. Al realizar un análisis de varianza se encontraron diferencias significativas en relación con el parámetro a\* y  $\Delta a$  (Tabla 5) en relación con la desviación estándar presentada para cada uno de los días y con una confianza del 95%. Durante el tiempo de fermentación se observa como estos valores se mantienen en una tonalidad cercana al rojo, aunque se presentan algunas reducciones de los parámetros que posicionan la tonalidad dentro del espacio rojo con cercanías al verde, que puede atribuirse

a una oxidación de las antocianinas presentes en el fruto de pomarrosa. En relación con el parámetro  $b^*$  y  $\Delta b$  se observó un comportamiento similar y diferencias significativas con una tonalidad anaranjada. Cuando se presentan valores menores a 50 en el parámetro  $L^*$  así como variaciones en  $a^*$  se presentan cambios en los valores de pH que afectan de manera directa el color de la bebida (Wei et al., 2019).

Por otro lado, las medidas de croma y tono presentaron variaciones en sus valores, disminuyendo de manera notoria como se evidencia en la Tabla 5, referenciando a un color poco vivido ( $C^*$ ) y con ángulos menores que indican coloraciones de rojo (H). Cuando estos datos se encuentran por encima de 50, se hace referencia a colores vividos (Casassa & Sari, 2006), en contraste con lo observado en este trabajo, en donde los valores indican una tonalidad opaca y en cercanía al rojo al encontrarse por debajo de esta cifra. En relación con la diferencia de color ( $\Delta E$ ), estudios como el de Chaparro et al (2015) indican que los valores ubicados por encima de 2,7 y 3,5 representa características de color en la bebida, siendo mejor percibidas por el ojo humano.

Tabla 6. Análisis estadístico de parámetros fisicoquímicos en relación con el tratamiento aplicado.

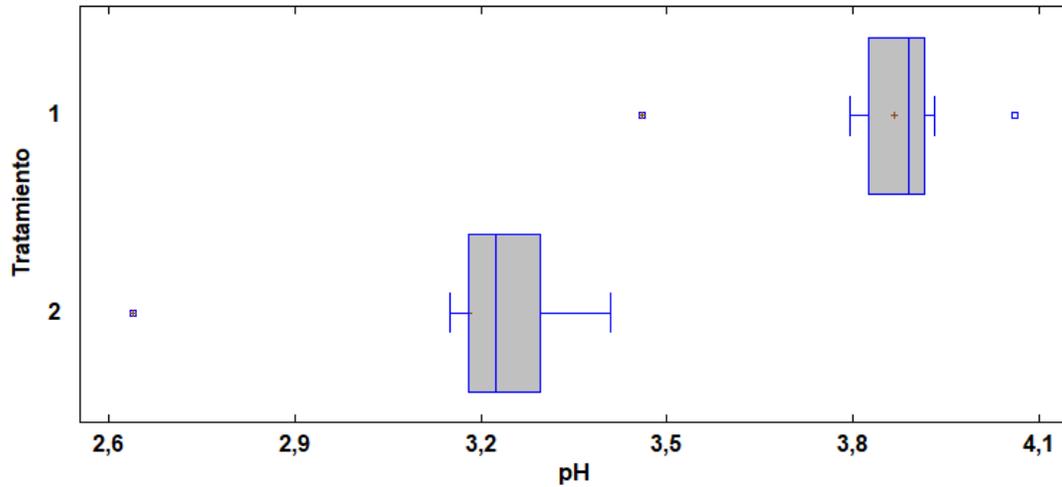
Tratamiento	pH	Sólidos Solubles (°Brix)	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
1	3,86±0,10 <sup>b</sup>	11,56±4,72 <sup>c</sup>	46,95±15,03 <sup>e</sup>	15,15±5,02 <sup>g</sup>	10,55±4,13 <sup>h</sup>	-42,04±15,94 <sup>j</sup>	15,45±4,34 <sup>l</sup>	7,36±3,93 <sup>m</sup>	46,47±13,51 <sup>n</sup>
2	3,18 ±0,23 <sup>a</sup>	14,76±7,24 <sup>c</sup>	35,57±4,04 <sup>d</sup>	6,74±0,40 <sup>f</sup>	9,97±3,67 <sup>h</sup>	-55,00±4,04 <sup>i</sup>	6,99±0,39 <sup>k</sup>	8,40±3,67 <sup>m</sup>	56,20±3,70 <sup>n</sup>

Tratamiento 1 vino de pomarrosa, tratamiento 2 vino de curuba, n=22, u=sd, las letras diferentes en una misma columna son el equivalente a diferencias estadísticamente significativas (p<0,05). Tratamiento 2 corresponde a valores registrados por Soto, Charry & Amorocho (2021)

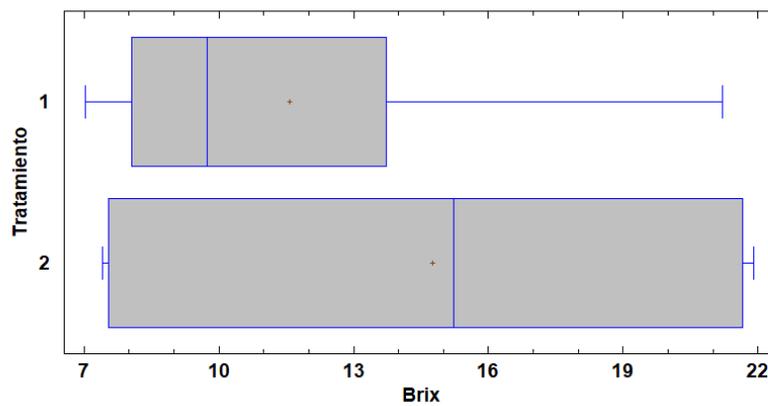
En relación con la conservación y la crianza en botella, generalmente esta concentración de antocianinas disminuye cuando reacciona con compuestos fenólicos, generando un cambio en la coloración al presentar una variación de tonalidades rojo-azulado (vinos jóvenes) a tonos marrones-rojos (vinos maduros) (Atanasova et al., 2002). En este estudio se emplearon botellas de color oscuro para realizar la crianza de la bebida,

evidenciando un comportamiento similar de los parámetros de color evaluados registrados por Oviedo et al (2018) y Soto, Charry & Amorocho (2021), donde estuvieron presentes aumentos de la coordenada  $a^*$  y reducciones significativas de las coordenadas  $b^*$  y  $L^*$  durante el tiempo de fermentación. Otro estudio como el de Jiménez et al (2018), evidenció un aumento de la coordenada  $a^*$  y  $b^*$ , diferencia que puede atribuirse al uso de diferentes productos para chaptalizar, debido a que los dos primeros emplearon azúcar de tipo comercial, diferente a la miel empleada por el tercer estudio. Es importante destacar que en estos trabajos se emplearon botellas de color ámbar y claro, que de manera general no exponen una diferencia significativa en el color de la bebida resultante por acción del color de envase empleado, resaltando que este último no representa un factor clave al momento de evaluar la calidad final de este parámetro.

Sumado a lo anterior, se puede atribuir que las variaciones de color se presentaron durante el proceso de fermentación, en donde por acción de un intercambio catiónico a nivel de la composición de la pomarrosa y de la cantidad agregada de bentonita que, hasta la fecha, no existe un protocolo estándar en la elaboración de vino de esta fruta, pudo generar una pérdida de pigmentos como antocianinas, oxidación y una posible pérdida en el color de la bebida durante el proceso de maduración en botella, esto a su vez genera la formación de flóculos y material orgánico dentro de la misma, que obligan a realizar más de un filtrado (Soto, Charry & Amorocho, 2021).



Gráfica 3. Análisis de varianza para pH-Tratamiento aplicado.



Gráfica 4. Análisis de varianza para ° Brix-Tratamiento aplicado.

## 7.4 Viscosidad

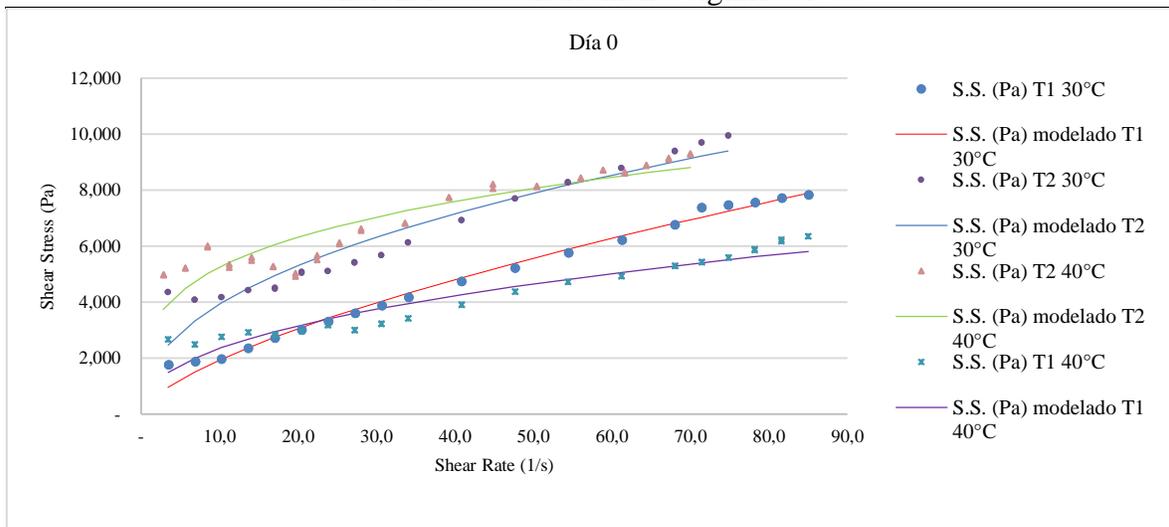
Los resultados obtenidos tras modelar los valores de viscosidad, esfuerzo cortante, índice de consistencia y ajuste  $R^2$  se graficaron (Gráfica 5 -18) y organizaron en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados ajustados al modelo reológico de ley de potencia para el tanque 1 y 2 a 30°C y 40°C.

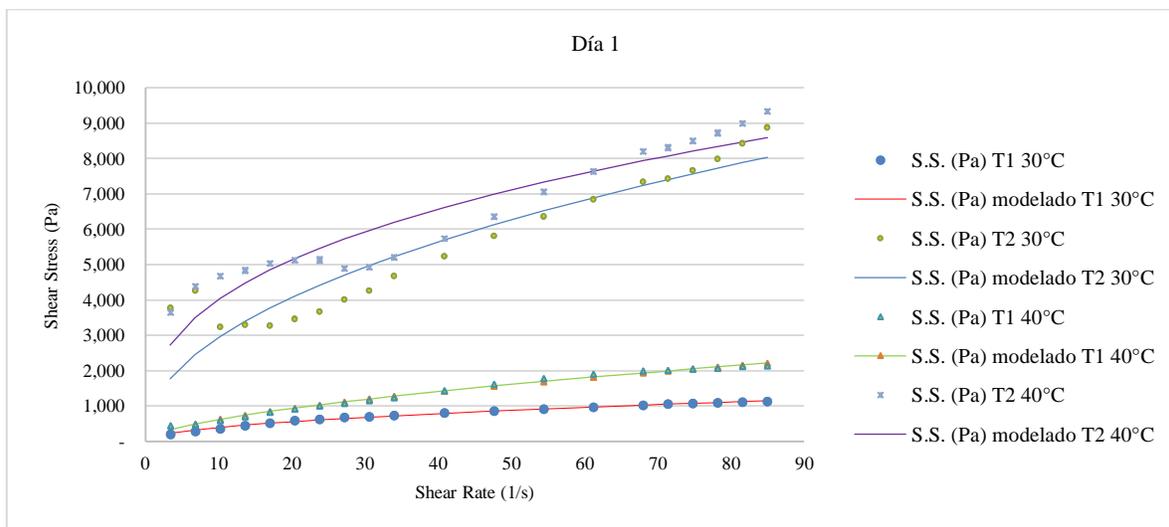
Días	k	n	$R^2$	Viscosidad
0	$1,4 \pm 1,05^{abc}$	$0,45 \pm 0,17^{cde}$	$0,91 \pm 0,06^{bc}$	$0,23 \pm 0,27^d$
1	$0,76 \pm 0,79^{ab}$	$0,49 \pm 0,11^{de}$	$0,93 \pm 0,08^{bc}$	$0,14 \pm 0,2^{ab}$
3	$0,58 \pm 0,33^a$	$0,37 \pm 0,17^{acde}$	$0,85 \pm 0,2^{bc}$	$0,09 \pm 0,09^a$
5	$0,6 \pm 0,38^a$	$0,5 \pm 0,06^{de}$	$0,96 \pm 0,05^c$	$0,13 \pm 0,14^{ab}$
8	$1,01 \pm 0,99^{abc}$	$0,49 \pm 0,19^{de}$	$0,96 \pm 0,03^c$	$0,15 \pm 0,17^{bc}$

12	4,05±3,36 <sup>d</sup>	0,1±0,11 <sup>a</sup>	0,45±0,52 <sup>a</sup>	0,33±0,59 <sup>e</sup>
15	0,31±0,12 <sup>a</sup>	0,51±0,08 <sup>de</sup>	0,98±0,03 <sup>c</sup>	0,07±0,07 <sup>a</sup>
17	3,22±3,02 <sup>bcd</sup>	0,32±0,22 <sup>acd</sup>	0,87±0,12 <sup>bc</sup>	0,24±0,4 <sup>d</sup>
19	2,55±1,73 <sup>abcd</sup>	0,23±0,07 <sup>ab</sup>	0,78±0,13 <sup>bc</sup>	0,23±0,3 <sup>d</sup>
23	1,97±3,16 <sup>abcd</sup>	0,38±0,21 <sup>acde</sup>	0,9±0,04 <sup>bc</sup>	0,21±0,4 <sup>cd</sup>
26	3,4±0,22 <sup>cd</sup>	0,24±0,03 <sup>abc</sup>	0,87±0,05 <sup>bc</sup>	0,35±0,37 <sup>e</sup>
29	4,13±2,58 <sup>d</sup>	0,23±0,24 <sup>ab</sup>	0,69±0,37 <sup>ab</sup>	0,34±0,4 <sup>e</sup>
40	0,3±0,11 <sup>a</sup>	0,59±0,1 <sup>e</sup>	0,97±0,02 <sup>c</sup>	0,09±0,07 <sup>ab</sup>
52	0,61±0,44 <sup>a</sup>	0,5±0,2 <sup>de</sup>	0,95±0,04 <sup>c</sup>	0,1±0,09 <sup>ab</sup>

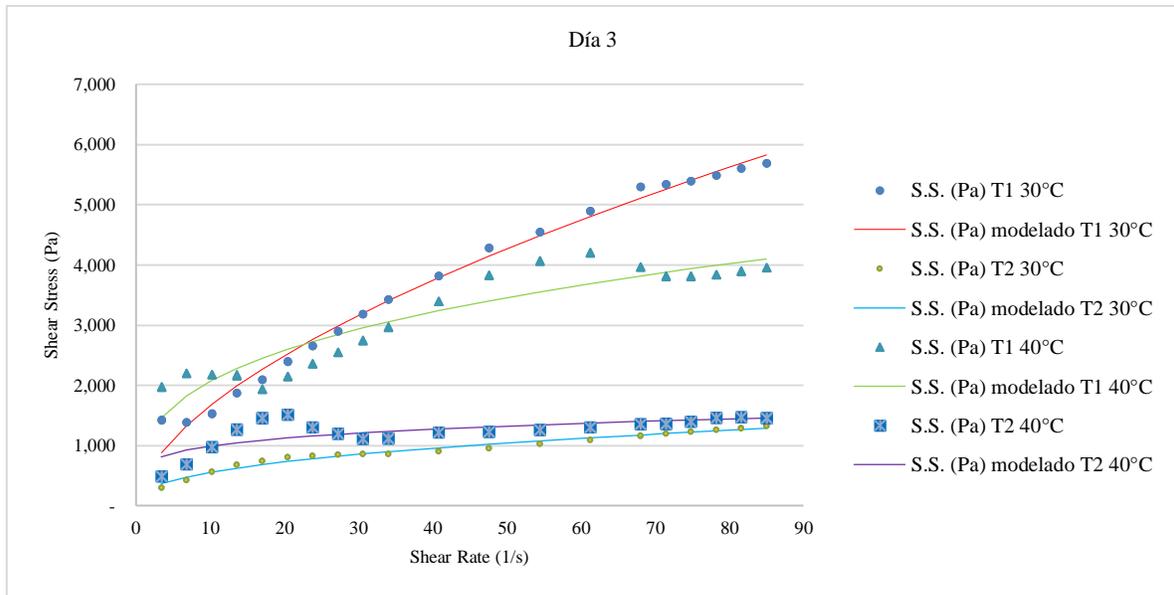
k, n, R<sup>2</sup>: n=56, promedio±Des. estandar. Letras diferentes entre columnas hacen referencia a muestras con diferencias estadísticamente significativas; Viscosidad: n=2240, promedio±desvesta, Letras diferentes entre columnas hacen referencia a muestras con diferencias estadísticamente significativas.



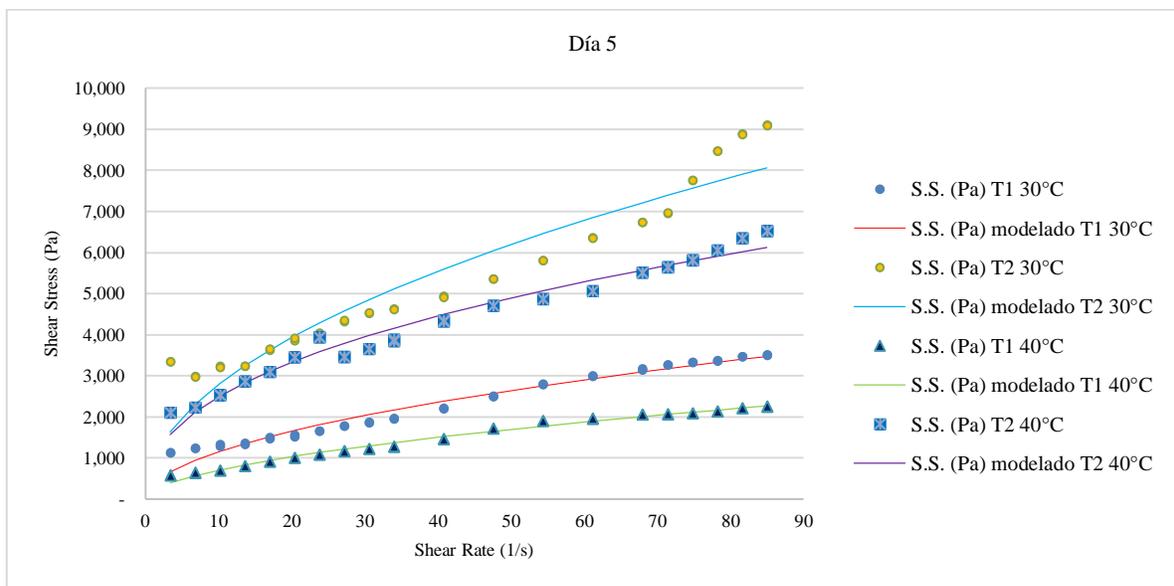
Gráfica 5. Modelación de viscosidad día 0.



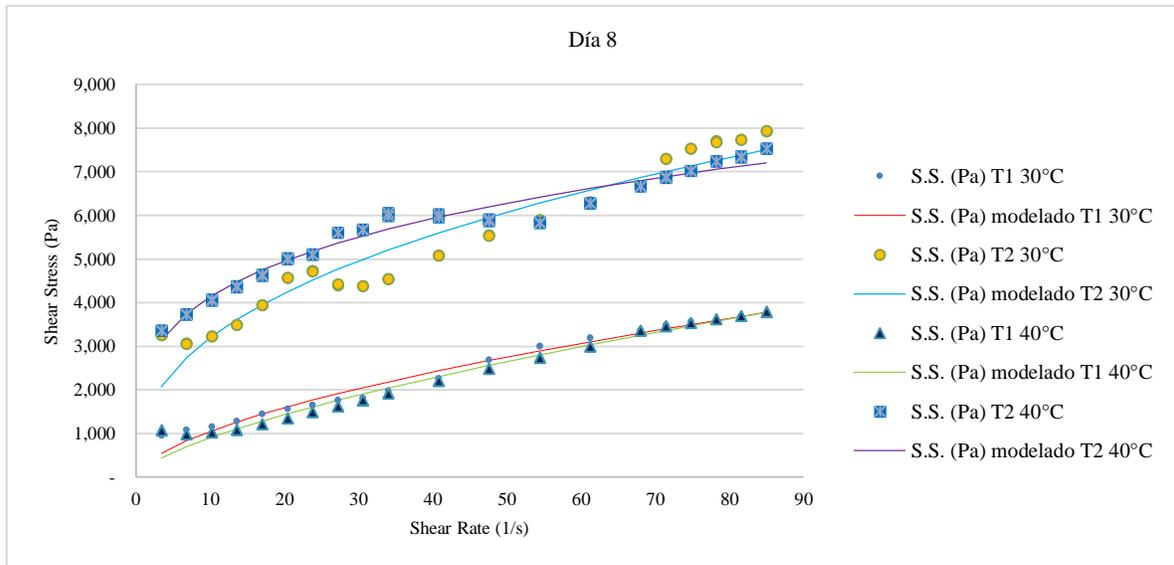
Gráfica 6. Modelación de viscosidad día 1.



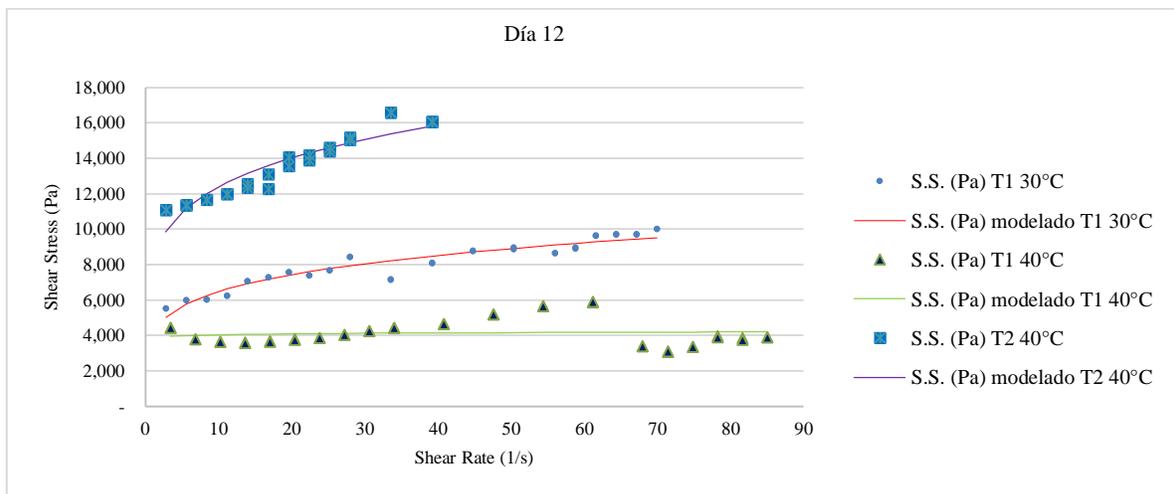
Gráfica 7. Modelación de viscosidad día 3.



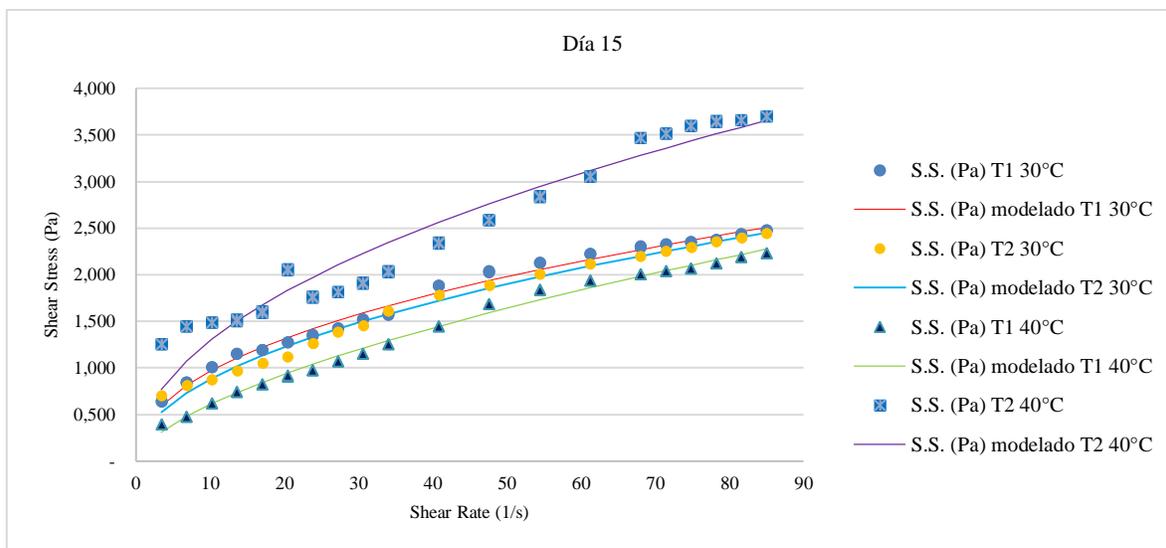
Gráfica 8. Modelación de viscosidad día 5.



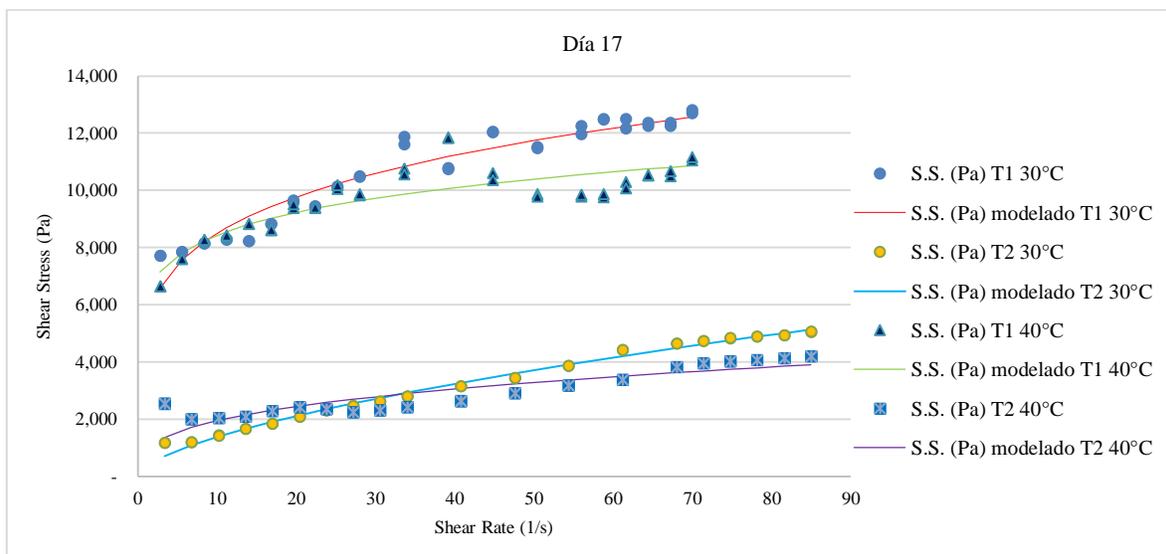
Gráfica 9. Modelación de viscosidad día 8.



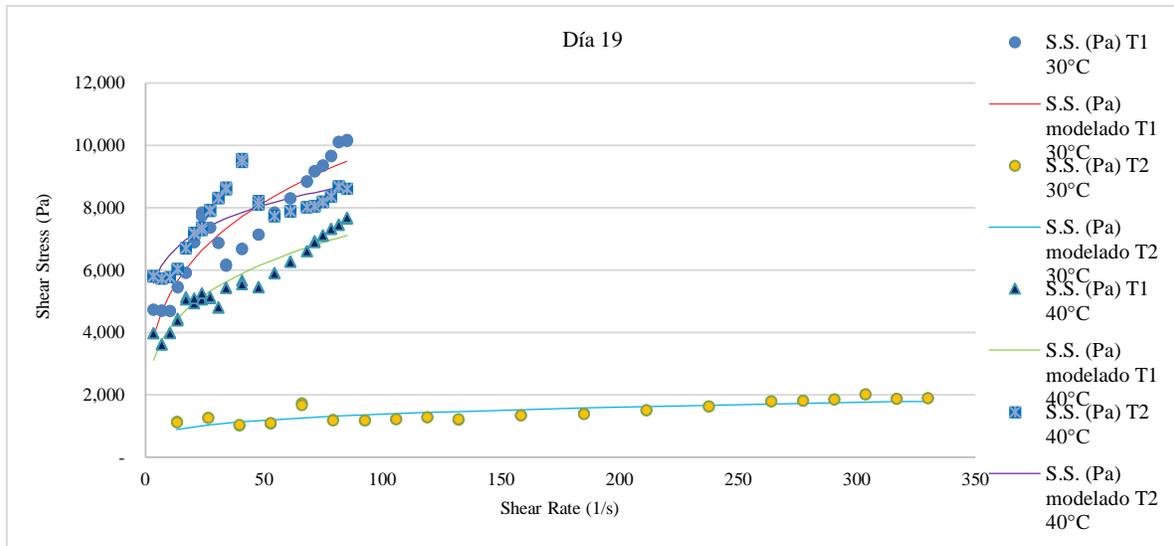
Gráfica 10. Modelación de viscosidad día 12.



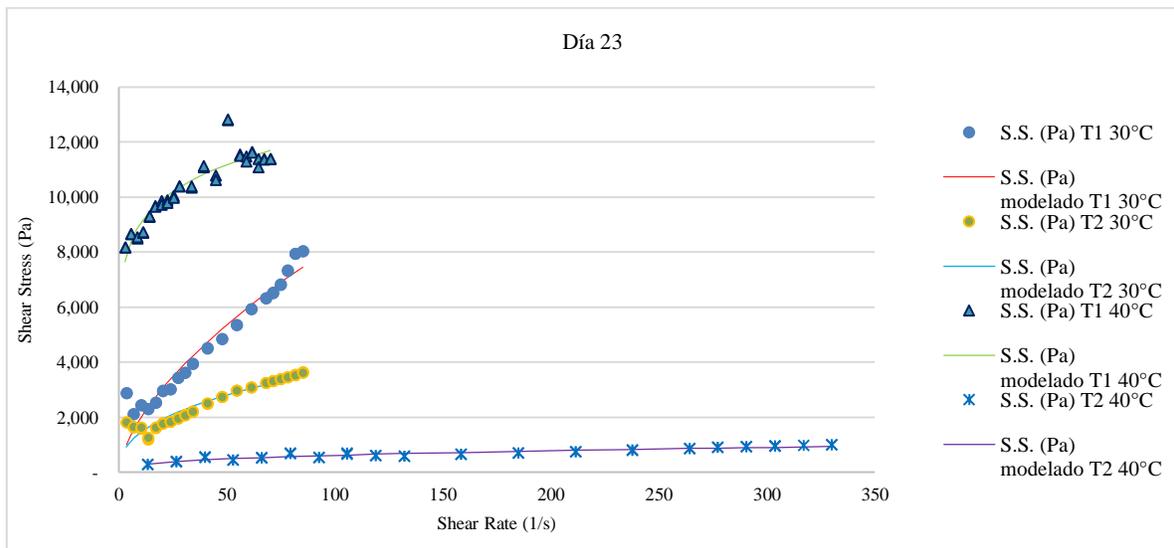
Gráfica 11. Modelación de viscosidad día 15.



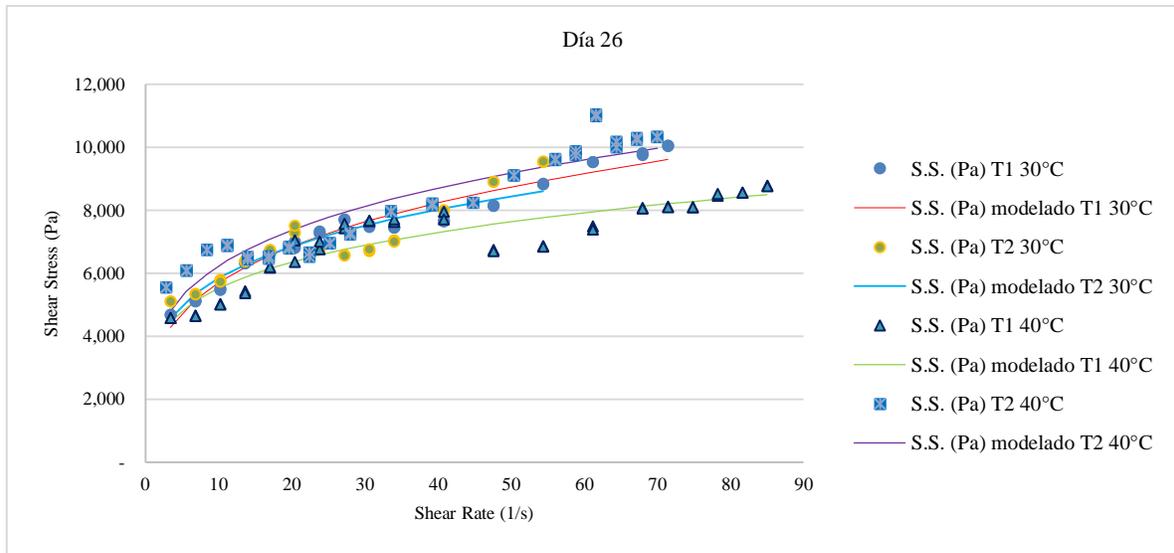
Gráfica 12. Modelación de viscosidad día 17.



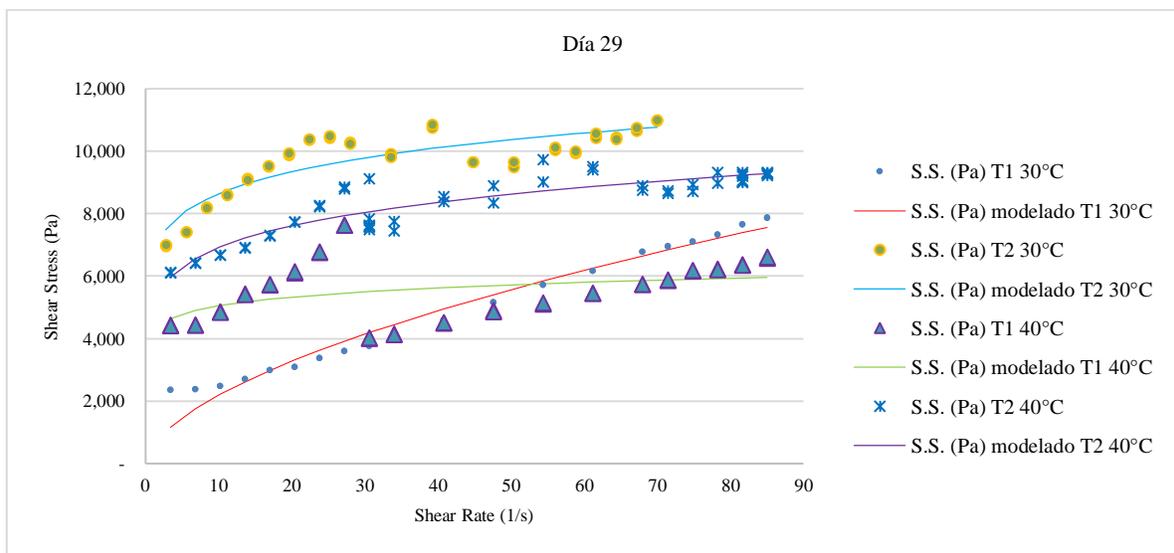
Gráfica 13. Modelación de viscosidad día 19.



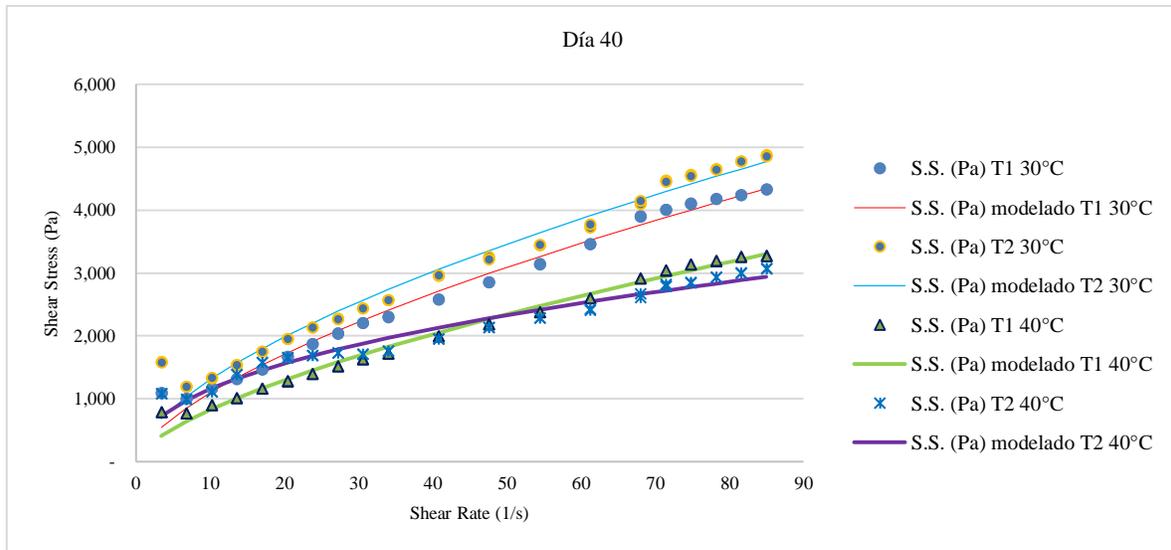
Gráfica 14. Modelación de viscosidad día 23.



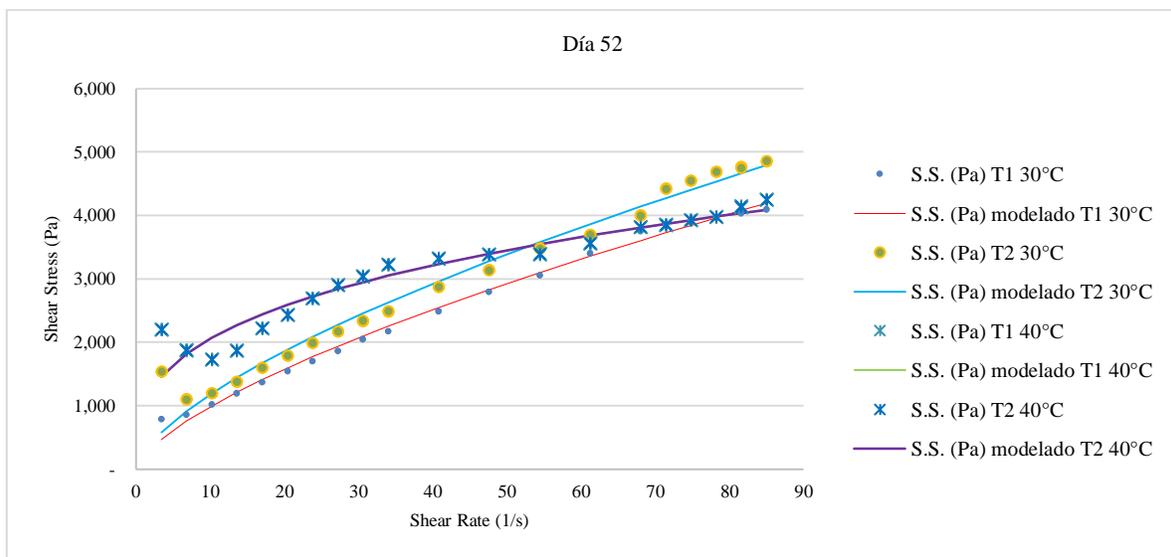
Gráfica 15. Modelación de viscosidad día 26.



Gráfica 16. Modelación de viscosidad día 29.



Gráfica 17. Modelación de viscosidad día 40.



Gráfica 18. Modelación de viscosidad día 52.

Aunque la mayoría de catadores profesionales ignoran la viscosidad (Jackson, 2009), existen investigaciones sobre esta y la densidad del vino en relación con el cuerpo del mismo. Estos parámetros (viscosidad y densidad) son medidas diferentes, pero a menudo se confunden. Ambas propiedades describen las características de un fluido, pero no existe relación entre ellas, un líquido que es denso no necesariamente tiene que ser viscoso y

viceversa. Físicamente, la viscosidad es una medida de la fricción interna dentro de una muestra y su resistencia al cizallamiento.

El vino presenta un comportamiento de flujo independiente del tiempo y de la velocidad, por lo que se considera newtoniano, como ocurre con el mosto o el agua (Rao, 2014). Hasta ahora, las propiedades reológicas (flujo) del vino están poco investigadas y se han basado en la comprensión de la viscosidad y densidad y en la probable relación con la percepción del cuerpo del vino. Según Neto et al., (2015) para medir la viscosidad de fluidos newtonianos como el vino, un solo punto de medición es suficiente, porque la viscosidad de la bebida puede considerarse constante en una amplia gama de velocidades de cizallamiento. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo evidenciar inicialmente que el comportamiento del vino de pomarrosa no es el común para fluidos newtonianos, sino que se ajusta a fluidos pseudoplásticos logrando ser ajustado al modelo de ley de potencia, proceder que no es muy común en este tipo de bebidas.

Ahora bien, en las gráficas se puede apreciar que el comportamiento de la viscosidad desde el día 0 hasta el día 12 fue estable, aunque si se encontró un comportamiento atípico. Al aumentar la temperatura la bebida deberá tener una tendencia a ser menos viscosa, del mismo modo al aumentar las revoluciones de la aguja durante la medición, el esfuerzo cortante tiende a aumentar; sin embargo, al observar las gráficas del día 0 al día 12, se evidencia un comportamiento que se encuentra dentro del rango; lo cual es atípico, ya que el esfuerzo cortante junto con la tasa de deformación debe ser similares entre temperaturas y no entre tanques.

A primera vista, esta diferencia puede estar relacionada con aspectos microbiológicos durante la fermentación. En la mayoría de las gráficas se aprecia que se requirió de más esfuerzo cortante para evaluar la viscosidad en las muestras del Tanque 2 en comparación

con el Tanque 1, este comportamiento puede estar relacionado con el letargo durante el crecimiento y adaptación de las levaduras en la primera etapa del periodo de fermentación, evidenciando una alta producción de CO<sub>2</sub> y etanol en el Tanque 1 en comparación con el Tanque 2 donde el proceso fue más lento. Esto se traduce en una concentración más alta de jugo en el Tanque 2 en comparación con el Tanque 1 donde las levaduras consumieron y transformaron los azúcares presentes en el jugo para la producción de etanol y por ende una reducción en la viscosidad de la muestra.

Yanniotis y et al., (2007) utilizando un viscosímetro de bola descendente, observaron que el etanol y el extracto seco del vino, son los constituyentes que afectan principalmente la viscosidad de este, pero para el vino de pomarrosa, se observó que el tratamiento posee un contenido de alcohol del 16%, en consecuencia, aunque el proceso de fermentación haya tenido comportamientos diferentes a través del tiempo, la producción de etanol fue la misma y por ende, se puede establecer que este componente no fue un factor clave en el comportamiento de la viscosidad de la bebida a través del tiempo.

Según Rao (1977) y López et al (1989), citado por Košmerl et al (2000), los vinos con menor concentración de azúcar reductor tienen una viscosidad significativamente menor, adicional a esto, la viscosidad del vino disminuye al aumentar la temperatura. También encontraron que el efecto de la temperatura es más fuerte en muestras con mayor densidad y mayor concentración de azúcar reductor, por ende, sugieren que la viscosidad decrece con la disminución de la densidad. En la literatura se encuentra que la densidad y la viscosidad de los vinos dependen de la temperatura y disminuyen de forma no lineal al aumentar la temperatura de 20 ° C a 50 ° C. Adicional a esto, la viscosidad aparente debería disminuir a medida que aumenta la velocidad de cizallamiento. Lo interesante de este estudio es que el comportamiento del vino de pomarrosa no ha estado dentro de los estándares tradicionales,

ya que, al realizar la revisión del comportamiento de la viscosidad, se encontró que esta aumenta a mayores valores de temperatura de 30°C a 40 °C, siendo contradictoria a lo encontrado en los estudios realizados por Rao y López, pero a la vez se pudo apreciar que la viscosidad aparente si disminuía cuando se aumentaba a través del tiempo la velocidad de cizalla.

Las características reológicas se describieron ajustando la velocidad de cizallamiento y el esfuerzo de cizallamiento a la ecuación de la ley de potencia y los resultados se mostraron en la Tabla 7. Cuando se consideró el comportamiento, los resultados revelaron claramente que la concentración más alta de viscosidad está relacionada con valores más alto en el coeficiente de consistencia, K. Se aprecia que el valor de K aumentó de 1,4 a 4,05 desde el día 0 al día 12 cuando la viscosidad varió de 0,23 a 0,33 para los mismos días. Al mismo tiempo, el valor n disminuye de 0,45 a 0,1 para los mismos días. Esto atestiguó que la bebida se comporta como un fluido no newtoniano (pseudoplástico modelo de ley de potencia) a medida que aumenta la concentración de la muestra durante el proceso de fermentación, esta concentración puede ser concebida ya sea por un aumento en la carga microbiana del medio o por acción de los procesos de fermentación alcohólica que se desarrollan al interior de los tanques. Para el segundo caso, se recuerda que los procesos de fermentación alcohólica conglomeran procesos de biorreacción que permiten degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. La conversión se representa mediante una transformación simple con una secuencia de transformaciones para degradar la glucosa hasta obtener dos moléculas de alcohol y dos moléculas de dióxido de carbono, y al mismo tiempo la levadura utiliza la glucosa, así como nutrientes adicionales para reproducirse. Esta reproducción se traduce en un aumento en la viscosidad por el aumento de la carga microbiológica de la muestra y por la producción de alcohol y desdoblamiento de azúcares. Para evaluar estas transformaciones,

se usa el rendimiento biomasa/producto que es la cantidad de levadura producida por cantidad de substrato consumido y el rendimiento producto/ substrato que es la cantidad de producto sintetizado por cantidad de substrato consumido.

Con la ayuda del análisis estadístico, se encontró que el valor K del tratamiento probado se ajusta al modelo de ley de potencia con un ajuste de más de 0.9 en la mayoría de las mediciones. Este valor da confianza de acuerdo a la metodología aplicada.

Autores como Feng *et al* (2019) evaluaron el impacto de la sacarosa en la concentración y la viscosidad de muestras de vino de orujo de arándano. Los datos obtenidos en ese trabajo mostraron que hay una tendencia creciente significativa en el valor de K, pero una tendencia débil al aumento en el valor de n. Este comportamiento es similar al del vino de pomarrosa, como se puede apreciar en la Tabla 7. Ahora bien, Feng, atribuye este comportamiento al aumento de la sacarosa en las soluciones de un 0% en peso a 20% en peso adicional a esto las amplitudes resultantes del adelgazamiento por cizallamiento se debilitaron gradualmente a medida que aumentaba la concentración de sacarosa. Al final del cizallamiento, el aumento de la concentración de sacarosa de la solución condujo a un aumento de la viscosidad final. Para el caso de las muestras de pomarrosa, la afirmación de Feng no se puede homologar como un comportamiento similar, debido a que no se realizó un estudio que permitiera identificar si hubo un incremento o reducción de sacarosa, pero se puede suponer que al presentarse un proceso de fermentación alcohólica, el contenido de sacarosa de la muestra inicialmente es mayor y esta va disminuyendo conforme las levaduras van consumiendo azúcares, evidenciando un aumento considerable por acción del incremento de la carga microbiología del medio, pero a su vez una reducción notable en la viscosidad de las muestras al final de los procesos de fermentación, por el consumo de todos aquellos azúcares y demás compuestos de interés para las levaduras del medio.

Aunque si se evidencio una reducci3n en el esfuerzo cortante para las 3ltimas dos gr3ficas, esta no se puede atribuir al aumento en la concentraci3n de sacarosa, pero si puede tener relaci3n con el proceso de clarificaci3n del medio, que permiti3 retirar parte de la carga microbiol3gica contenida y fl3culos de material org3nico generado por acci3n de la bentonita usada como clarificante, reduciendo la concentraci3n del medio y por ende la viscosidad del mismo.

Seg3n los principios reol3gicos, si la constante reol3gica de  $n$  es mayor que 1, el tipo de reolog3a de la muestra se considerar3 como un fluido en expansi3n, y si  $n < 1$ , se decidir3 un fluido pseudopl3stico para el tipo de reolog3a, y si  $n = 1$ , el tipo de reolog3a es un fluido newtoniano.

Como se muestra en la Tabla 7, los datos reol3gicos de los vinos altamente ajustados a la ecuaci3n de la ley de potencia, y el valor promedio de  $R^2$  es mayor que 0.9 (valor m3ximo 0.97) y todas las constantes reol3gicas de  $n$  son menores que 1, lo que indica que las muestras tratadas son todos fluidos pseudopl3sticos que no sufren afectaci3n por acci3n de la temperatura ya que no se evidenciaron cambios significativos al aumentar la temperatura de 30°C a 40°C. Debido que la viscosidad es una caracter3stica medible de manera objetiva con un viscos3metro, comprender los factores que afectan la viscosidad del vino presenta un valor pr3ctico para optimizar su cuerpo. Aunque la evidencia de los productores de vino y los escritores de vinos indica que el glicerol, el etanol y especialmente el az3car son los componentes principales del sabor general del vino blanco o del vino tinto, no se han realizado investigaciones b3sicas sobre la contribuci3n de cada uno de estos componentes qu3micos (Yanniotis y et al., 2007).

### **7.5 Crecimiento microbiológico**

En la primera etapa, correspondiente a los días 1 al 8 (Tabla 7) no se observa un crecimiento exponencial de las levaduras, esto debido a que apenas se están adaptando al sustrato en el cual se encuentran. En el proceso de fermentación de cada fruta, la glucosa y fructosa presente en el medio se transforman en CO<sub>2</sub> y alcohol (Clark et al., 2009) y como resultado disminuyen los sólidos solubles; después se tiene una tendencia constante con variaciones significativas, posiblemente por la acción antiséptica que genera el alcohol producido, limitando así el crecimiento de la población de levaduras. Además, según Blouin & Peynaud (2004) en las últimas etapas del proceso, el contenido de azúcar varía muy poco mientras que el contenido aromático aumenta considerablemente, esto se debe principalmente a que la cantidad de azúcares presentes en el medio genera una limitación para el proceso fermentativo (Aguilar et al., 2015). A medida que transcurre el tiempo del proceso, la cantidad de levaduras presentes va en aumento debido a las óptimas condiciones que presenta el medio, en donde la caída de los sólidos solubles se hace más notoria en ambos tanques; es importante resaltar el hecho de una observación mayor en la producción de CO<sub>2</sub> en el Tanque 2 en relación con el Tanque 1, que se podría atribuir con un mayor crecimiento microbiológico o posibles escapes del gas por otro orificio, que puso afectar de igual manera el crecimiento de levaduras a pesar de encontrarse bajo el mismo tratamiento.

La caracterización morfológica de las colonias realizada en el agar PDA, permitió evidenciar que presentaban formas circulares, blanquecinas, cremosas y una superficie brillante (Figura 10), y a nivel microscópico por medio de la tinción de gram permitió identificar células circulares, elípticas u ovoides con un núcleo diferenciado (Ver anexo) (Walteros, 2020).

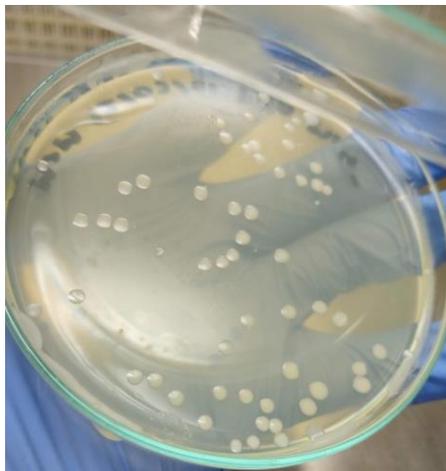


Figura 10. Morfología de colonias

Tabla 8. Crecimiento *Sacharomyces cerevisiae* var Bayanus Freddo en el proceso

<b>Día</b>	<b>Levadura (Log10)</b>
1	3,30±0,12
3	3,20±0,26
5	3,14±0,30
8	2,83±0,40
10	5,12±1,07
12	4,50±1,27
15	4,37±0,24
17	4,30±0,59
19	4,34±0,97
22	4,28±0,81
24	5,20±0,21
26	5,00±0,11
29	4,28±0,81
31	4,28±0,81
33	4,28±0,81
36	4,28±0,81
38	4,28±0,81
43	4,28±0,81
45	4,28±0,81
47	4,28±0,81

Vino de pomarrosa, n=20, u=sd

### 7.6 Prueba de catalasa y oxidasa

Las diferentes colonias encontradas en el proceso de conteo poseen la enzima catalasa, la cual es responsable de descomponer el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en agua y

oxígeno (dando positiva), de esta forma es como ciertos microorganismos se protegen del efecto tóxico del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Por otro lado, también se observa que el microorganismo no posee proteínas citocromo c dando negativa la prueba de oxidasa (Uribe, 2020).

Tabla 9. Prueba de catalasa y oxidasa.

Prueba	Cepa																								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
Catalasa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Oxidasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 7.7 Análisis sensorial

Las Tablas 10-13 muestran los datos experimentales relacionados con la evaluación por parte de los consumidores de los vinos de pomarrosa, ciruela y comercial.

Tabla 10. Valoración promedio individual de los vinos.

Acompañamiento	Atributo	Valoración del vino		
		Pomarrosa	Ciruela	Comercial (Santa Helena)
Solitario	Color	3,6±0,2	2,9±0,1	4,3±0,1
	Limpidez	3,4±0,3	2,9±0,1	4,3±0,2
	Apariencia	3,6±0,3	3,0±0,2	4,2±0,1
	Aroma	3,7±0,2	3,3±0,2	3,9±0,1
	Dulzor	3,4±0,1	3,2±0,2	3,1±0,1
	Acidez	3,6±0,1	3,1±0,1	3,3±0,1
	Astringencia	3,5±0,1	3,3±0,1	3,0±0,1
	Grado de alcohol	4,1±0,1	3,2±1,0	3,7±1,0
	Persistencia	3,7±0,1	3,2±0,1	3,6±0,1
	Armonía/Impresión general	3,8±0,1	3,1±0,1	3,6±0,1

Tabla 11. Valoración de vinos maridados con queso holandés.

Acompañamiento	Atributo	Valoración del vino		
		Pomarrosa	Ciruela	Comercial (Santa Helena)
Queso	Dulzor	3,2±0,05	2,8±0,1	3,1±0,1
	Acidez	3,3±0,1	3,0±0,1	3,2±0,1
	Astringencia	3,3±0,1	2,8±0,1	3,1±01

Grado de alcohol	3,8±0,1	3,2±0,1	3,5±0,1
Persistencia	3,5±0,1	2,9±0,1	3,3±0,1
Armonía/Impresión general	3,6±0,1	3,0±0,1	3,5±0,1

Tabla 12. Valoración de vinos maridados con butifarra.

Acompañamiento	Atributo	Valoración del vino		
		Pomarrosa	Ciruela	Comercial (Santa Helena)
Butifarra	Dulzor	2,9±0,1	2,8±0,1	2,6±0,3
	Acidez	3,0±0,1	2,8±0,1	3,0±0,1
	Astringencia	3,0±0,1	2,8±0,3	2,9±0,3
	Grado de alcohol	3,4±0,1	3,2±0,1	3,2±0,3
	Persistencia	3,2±0,1	3,2±0,1	3,3±0,1
	Armonía/Impresión general	3,2±0,1	2,9±0,2	3,1±0,2

Tabla 13. Valoración de vinos maridados con durazno.

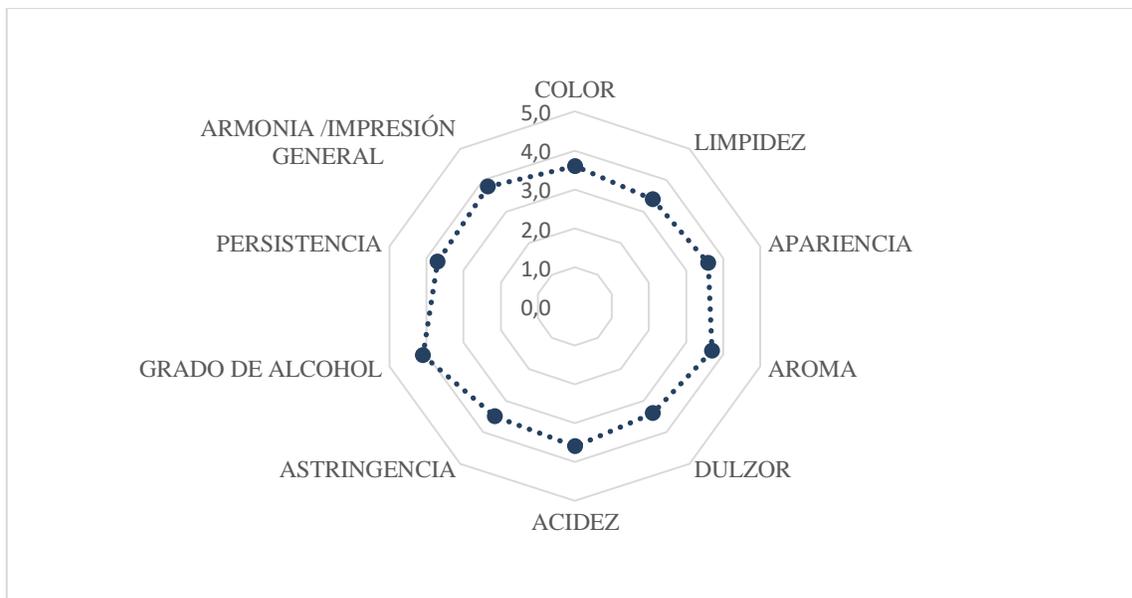
Acompañamiento	Atributo	Valoración del vino		
		Pomarrosa	Ciruela	Comercial (Santa Helena)
Durazno	Dulzor	3,6±0,2	3,4±0,1	3,4±0,1
	Acidez	3,6±0,2	3,2±0,1	3,2±0,2
	Astringencia	3,3±0,2	3,0±0,1	3,2±0,1
	Grado de alcohol	3,6±0,1	3,2±0,1	3,5±0,2
	Persistencia	3,5±0,2	3,1±0,1	3,4±0,1
	Armonía/Impresión general	3,6±0,1	3,2±0,1	3,4±0,1

En esta fase se evaluaron características del vino como el color, aroma y sabor que presentó la bebida al final de la fase de fermentación, que dependen de manera directa del estado de maduración en la que se encontraba la materia prima inicialmente, así como de la cepa de levadura inoculada y el agente clarificante. Con base a esto, los consumidores no experimentados reportaron una mejor valoración del vino de pomarrosa para el atributo de grado de alcohol, seguido del aroma y persistencia, que permitieron degustar la bebida de

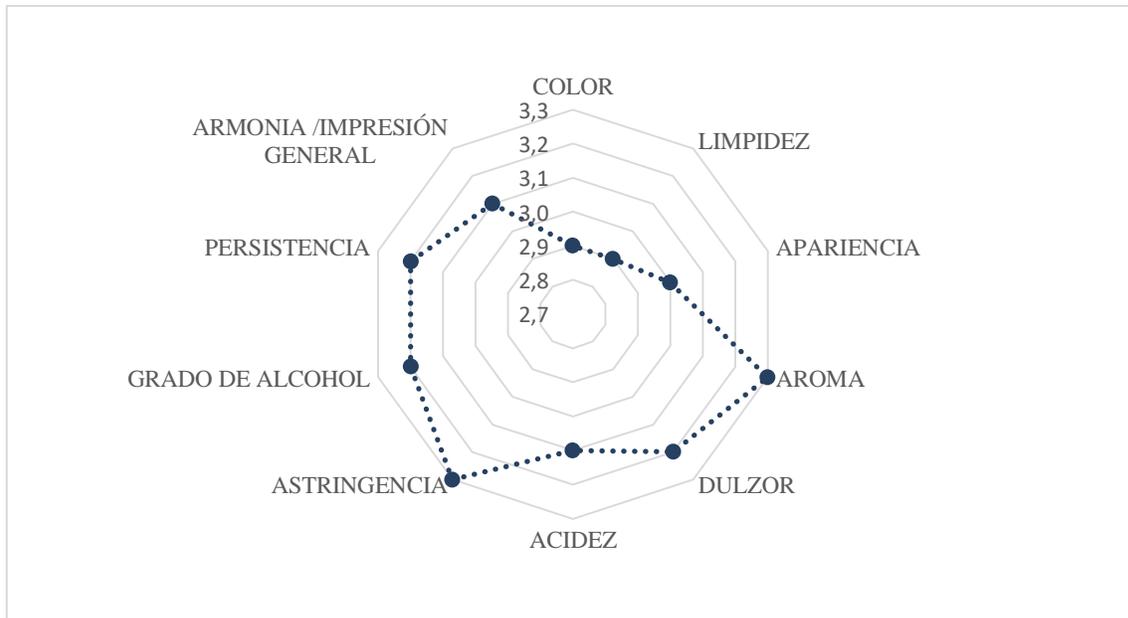
manera agradable al paladar, acompañado de un aroma característico y duradero. Este perfil sensorial puede relacionarse con características de vinos rosados que presentan una intensidad aromática media-alta en donde se destacan los aromas del proceso fermentativo en grado de alcohol, y a nivel gustativo en conjunto con la acidez (Fraco et al., 2018).

Se reportó una menor valoración para los atributos de limpidez, astringencia y dulzor, causada normalmente por el grado de madurez de la fruta, en la cual se presentaron frutos inmaduros que generan rastros de manchas y astringencia. De manera general, los consumidores caracterizan a la bebida como un vino de tipo seco, en donde las partículas suspendidas y astringencia no generan una buena impresión en comparación con un vino de tipo comercial.

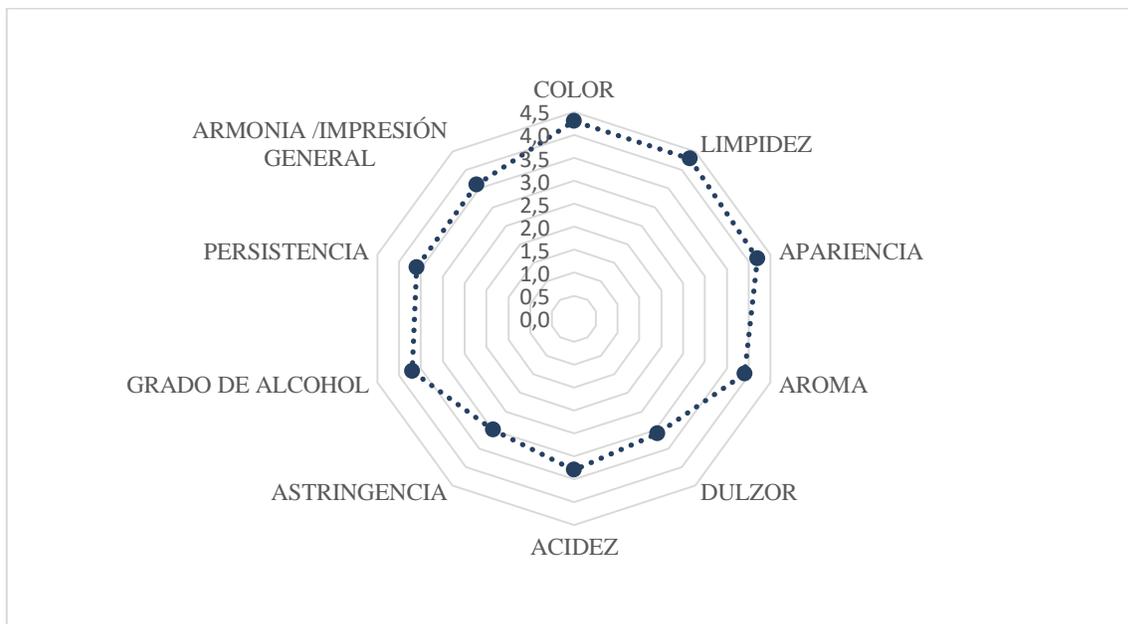
Al momento del maridaje, los alimentos mejor evaluados fueron el queso y durazno con valoraciones de 3,4.



Gráfica 19. Valoración general vino de pomarrosa.



Gráfica 20. Valoración general vino de ciruela.



Gráfica 21. Valoración general vino comercial (Santa Helena).

### 7.8 Porcentaje de alcohol

El resultado obtenido fue una bebida con un porcentaje de alcohol de 16% para cada tanque con una muestra de 250 ml de vino, clasificado como un vino seco de acuerdo a lo

establecido por la Norma Técnica Colombiana NTC 708. Otros trabajos como el de Čakar et al. (2019); Girón et al (2019) y Granados et al (2013) obtuvieron porcentajes de alcohol de 9,91%, 9,77% y 11,3% respectivamente, siendo este último el valor más cercano al registrado en esta investigación. El presente trabajo muestra que la fruta de Pomarrosa podría también emplearse en la producción de bioetanol.

## 8. CONCLUSIONES

El vino de pomarrosa elaborado a partir de la adición de levadura específica para vinos blancos *Saccharomyces cerevisiae* (Var. bayanus) presentó un pH  $3,86 \pm 0,10$ , comportándose como un fluido no newtoniano pseudoplástico, un contenido de sólidos solubles de  $11,56 \pm 4,72$  °Brix y un contenido de alcohol del 16%, clasificándolo como un vino rosado, seco recomendado para maridar con queso holandés y durazno (valoración de 3,4 en escala hedónica). Los consumidores no experimentados reportaron una mejor valoración del vino de pomarrosa para el atributo de grado de alcohol, seguido del aroma y persistencia.

Los parámetros evaluados permitieron evaluar y estandarizar los procedimientos para la obtención del vino de pomarrosa, por medio del cual se garantizará la obtención de una bebida similar al momento de reproducirla, lo que contribuye con el desarrollo de futuras investigaciones que aporten en la mejora de los atributos poco agradables en relación con el maridaje. El alto porcentaje de alcohol obtenido evidencia que el fruto de Pomarrosa puede ser de interés en la producción de bioetanol.

## 9. RECOMENDACIONES

Es importante llevar a cabo investigaciones que pretendan brindar una identificación a nivel de especie, de las levaduras aisladas en este estudio mediante técnicas de biología molecular, que aporten un conocimiento específico de los microorganismos presentes en el proceso, para así realizar procedimientos en pro del potencial biotecnológico.

Es importante evaluar el papel de la temperatura dentro y fuera de los tanques de fermentación, así mismo de los demás factores externos como la humedad, que de manera indirecta puedan influir sobre los procesos metabólicos de las levaduras y finalmente, sobre la aceptación de los consumidores sobre el producto. De igual manera, realizar estudios en relación con el grado de madurez del fruto en base con la fermentación.

. Evaluar las alteraciones o enfermedades de los vinos.

Aun en literatura no se encuentran valores ideales de bentonita para ser usados en la clarificación de bebidas fermentadas o vinos de frutas, por lo cual, los resultados obtenidos en la evaluación del color en la elaboración del vino de curuba, son relevantes para ajustar una cantidad de bentonita ideal que permita garantizar una clarificación adecuada, en un corto tiempo y que no afecte el color y sabor de la bebida final.

## 10. REFERENCIAS

Acuña, H. (2009). Evaluación del comportamiento de tres enzimas comerciales en la fermentación y clarificación del mosto de fruto de corozo Bratis minor para obtener vino de fruta. Universidad de la Salle, tesis de grado. Bogotá.

Aguilar, J., Espinoza, M., Cabanillas, J., Ávila, I., García, A., Julca, J., ... & Linares, G. (2015). Evaluación de la cinética de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* utilizando un medio de cultivo a base de melaza de caña y suero lácteo. *Agroindustrial Science*, 5(1), 37-47.

Alcaldía de Neiva. Información del municipio. Obtenido de <https://www.alcaldianeiva.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Aleixandre, J. L., & Aleixandre, J. L. (2010). Manual de vinos y bebidas. Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicación. Valencia.

Ambrocio, J. A. (2018). *Ecología de levaduras asociadas a la taberna, bebida extraída de la palma de coyol (Acrocomia aculeata (Jacq.) lodd. ex mart)* (Master's thesis, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas).

Andrade, R. D., Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., Restan, L. E., & Peña, R. E. (2009). Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(4), 599-612.

Aranda-Caraball J., Garcia-Acosta L., Jimenez J. A. y Lopez L. G. (2019). Análisis del potencial de azúcares fermentables en pomarrosa (*Syzygium Malaccense*) para la producción de etanol. Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.

Arango, P. A. (2020). Semillero de investigación y desarrollo de competencias investigativas. Un proyecto sobre la *Syzygium malaccense*-pomarrosa.

Arriola, A. & Tapia, M. L. (2017). Análisis de oxidaciones controladas en mostos y vinos. [Tesis posgrado en procesos enológicos]. San Rafael, Mendoza (Argentina): Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas. 109 p.

Atanasova, V., Fulcrand, H., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2002). Effect of oxygenation on polyphenol changes occurring in the course of wine-making. *Analytica Chimica Acta*, 458(1), 15-27. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)01617-8](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)01617-8)

Barea, D. J. (1951). *Biología Aplicada* (2 ed.). Costa Rica: EUNED.

Blouin, J., & Peynaud, E. (2004). *Enología práctica: Conocimiento y elaboración del vino: conocimiento y elaboración del vino*. Mundi-Prensa Libros.

Bouix, M., & Leveau, J. (2000). *Microbiología industrial: los microorganismos de interés industrial*. España: Acribia.

Buelvas, E. A., & Serna, M. C. (2018). Determinación del perfil sensorial y caracterización fisicoquímica del vino de marañón (*anacardium occidentale*) producido artesanalmente en el municipio de chinú (córdoba). Tesis Ingeniero de Alimentos, Universidad de Córdoba, Berástegui.

Busto, F. (2013). Análisis químico y sensorial de vinos tintos. Tesis Ingeniero técnico agrícola, Universidad de la Rioja, Logroño.

Cajamar. (septiembre de 2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. recuperado el 16 de diciembre de 2019, de <http://chilorg.chil.me/download-doc/86426>.

Čakar, U., Petrović, A., Pejin, B., Čakar, M., Živković, M., Vajs, V., & Đorđević, B. (2019). Fruit as a substrate for a wine: A case study of selected berry and drupe fruit wines. Elsevier, 244, *Scientia Horticulturae*. p. 42-49. Doi:10.1016/j.scienta.2018.09.020.

Carrión, C. V., Barraqueta, S. G., Mendoza Zurita, G. X., & Lara Freire, M. L. (2018). Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del vino usando distintos niveles de bentonita. *Ciencia Digital*, 2(4.2.), 68-87. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2.202>

Casassa, F., & Sari, S. (2006). Aplicación del Sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. *Revista de Enología*, 3(1), p. 1-16.

Castillo, J. C. (2008). El Pomorroso. recuperado el 21 de 01 de 2020, de [http://pomorrososano.blogspot.com/2008\\_07\\_01\\_archive.html](http://pomorrososano.blogspot.com/2008_07_01_archive.html)

Chaparro, D. C., Maldonado Celis, M. E., Urango, L. A., & RojanoI, B. A. (2015). Propiedades quimiopreventivas de *Passiflora mollissima* (Kunth) LH Bailey (curuba larga) contra cáncer colorrectal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(1), 62-74.

Chatterjee, S. y Mohan, SV (2020). Fermentación de levadura hacia biodiesel: maximización de la recuperación de recursos mediante la integración con la producción de biohidrógeno en el marco de la biorrefinería. *Biomasa y bioenergía*, 142, 105747.

Chuchuca, G., Dick, A. & Peñafiel, J. (2012). Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos. Tesis Ingeniero de Alimentos, Escuela superior politécnica del litoral, Ecuador, Guayaquil.

Clark, D. P., Martinko, J. M., Madigan, M. T., & Dunlap, P. V. (2009). *Brock, Biología de los microorganismos, duodécima edición*. Pearson; p. 829-831.

Constante, G. K. (2015). Determinación de la osmotolerancia de nueve cepas de levaduras aisladas de frutos de mora para la aplicación industrial en procesos de fermentación alcohólica (Bachelor's thesis).

Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and

seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food research international*, 44(7), 2047-2053.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>

de la Maza, L. L., de Cárdenas, L. Z., & Ones, O. P. (2019). Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2), 11-19.

Dias, D.R., Duarte, W.F. & Schwan, R.F. (2017). Methods of evaluation of fruit wines. Elsevier, In *Science and Technology of Fruit Wine Production.*, p. 227-252. Doi:

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800850-8.00005-3>.

Erbsloeh. (26 de Enero de 2021). erbsloeh. Obtenido de [https://erbsloeh.com/fileadmin/user\\_upload/pdf/Wine/technical\\_data\\_sheet/ES/oenoferm\\_freddo\\_f3-technical\\_data\\_sheet-spanish-erbsloeh.pdf](https://erbsloeh.com/fileadmin/user_upload/pdf/Wine/technical_data_sheet/ES/oenoferm_freddo_f3-technical_data_sheet-spanish-erbsloeh.pdf)

Feng, L., Zhou, Y., Ashaolu, T. J., Ye, F., & Zhao, G. (2019). Physicochemical and rheological characterization of pectin-rich fraction from blueberry (*Vaccinium ashei*) wine pomace. *International journal of biological macromolecules*, 128, 629-637.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.166>

Forde, C. G., & Delahunty, C. M. (2002). Examination of chemical irritation and textural influence on food preferences in two age cohorts using complex food systems. *Food Quality and Preference*, 13(7-8), 571-581. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00036-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00036-8)

Franco, A., C.S. Contreras, J. Carranza y J. Carranza, Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Non-Native Wine Grapes Grown in Zacatecas, Mexico, ISSN: 1405-3195, *Agrociencia*, 51(6), 661-671 (2017)

Franco, E., Pavon, A., Gogorcena, Y., López, R., Andreu, J., Usón, J. J., & Herrero, E. (2018). Parrel, vinífera aragonesa de la depresión del Ebro. Adaptación a terroir semiáridos

de cultivo. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 50, p. 01045). EDP Sciences.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001045>

Funiber, I. F. (s.f). Base de Datos Internacional de Composicion de Alimentos. Recuperado el 25 de 03 de 2019, de <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/POMAROSA-4>

García, G, & Murayari, W. (2019). Evaluación de antioxidantes, capacidad oxidativa y elaboración de mermelada ligh a partir de *Syzygium malaccense* (pomarroza) en planta piloto FIA Unap Iquitos 2016. 1–167.

García, V. (s.f). Introducción a la microbiología (2 ed.). EUNED.

García-Martos, P., Márquez, A., & Gené, J. (2002). Infecciones humanas por levaduras negras Del género *Exophiala*. *Rev Iberoam Micol*, 19, 72-79.

Girón, J. M., Hernandez, B.R., Rodas, A.L.A., Montaña, J.C.H., & Burbano, J.H. (2019). Physicochemical, microbiological and sensory characterization of liquor obtained from atemoya fruit (*Annona cherimolax Annona squamosa*). *Scientia et technica*, 24(4). p. 636-642. Doi: <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.21501>.

Gómez-Plaza, E., Gil-Muñoz, R., López-Roca, J. M., De La Hera-Orts, M. L., & Martínez-Cultíllas, A. (2000). Effect of the addition of bentonite and polyvinylpolypyrrolidone on the colour and long-term stability of red wines. *Journal of Wine Research*, 11(3), 223-231. <https://doi.org/10.1080/713684236>

González, M., García, A. & Sánchez-Palomo, E. (2008). Evaluación de la opinión de los consumidores sobre distintos alimentos mediterráneos, proyecto de investigación, Universidad de Castilla – La Mancha, Ciudad Real.

Granados, C., Torrenegra, M. E., Acevedo, D., & Romero, P. (2013). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del aperitivo vínico de lulo (*Solanum quitoense*

L.). *Información tecnológica*, 24(6), 35-40. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000600006>

Gronbaek, M., Deis, A., Sorensen, T. I., Becker, U., Schnohr, P., & Jensen, G. (1995). Mortality associated with moderate intakes of wine, beer, or spirits. *Bmj*, 310(6988), 1165-1169. <https://doi.org/10.1136/bmj.310.6988.1165>

Gutiérrez, C. V. C., Rojas, S. G. B., Zurita, G. X. M., & Freire, M. L. L. (2018). Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del vino usando distintos niveles de bentonita. *Ciencia Digital*, 2(4.2.), p. 68-87. Doi: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..202>

Herrera, J. A., & Sacasas, J. A. F. (2010). El método clínico y el método científico. *Medisur*, 8(5), 12-20.

Hollowood, T. A., Linforth, R. S. y Taylor, A. J. (2002). El efecto de la viscosidad en la percepción del sabor. *Sentidos químicos*, 27 (7), 583-591. <https://doi.org/10.1093/chemse/27.7.583>

Igea, E. (2017). Determinación de algunos parámetros físicoquímicos y seguimiento multivariante de la fermentación maloláctica en vinos. (Tesis de maestría ciencia y Tecnología de Los Alimentos). Burgos (España): Universidad de burgos, Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 29 p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. (2005). Bebidas alcohólicas. Vinos de frutas. Quinta actualización. Santafé de Bogotá: ICONTEC. (NTC 708).

Jackson, R. S. (2009). *Wine tasting: a professional handbook*: Academic Press.

Jiménez-Ochoa, P. J., Palmezano, E. O., & Cruz, C. M. A. (2018). Evaluación de la fermentación alcohólica del mosto de uva Isabella (*Vitis labrusca*). *Ingeniería y Región*, (20), 2-8. Doi: 10.25054/22161325.1911.

Jiménez-Vera, R. (2019). Jugo de betabel (*Beta vulgaris* L.) y panela fermentados con *Saccharomyces bayanus*. In *Crescendo*, 9(3). p. 367-378

Koppel, K., Anderson, E. L., & Chambers IV, E. (2015). Influence of processing on pomegranate (*Punica granatum* L.) juice flavor and aroma. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(5), 1066-1071.

Košmerl, T., Abramovič, H., & Klofutar, C. (2000). The rheological properties of Slovenian wines. *Journal of Food Engineering*, 46(3), 165-171. Doi [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00079-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00079-0)

Kurtzman, C. P., Quintilla, M., Kolečka, A., Theelen, B., Robert, V., & Boekhout, T. (2015). Advances in yeast systematics and phylogeny and their use as predictors of biotechnologically important metabolic pathways. *FEMS Yeast Research*, 15 (6): doi: <http://dx.doi.org/10.1093/femsyr/fov050>

Lagos Narváez, J. F. (2017). Identificación y caracterización de levaduras fermentadoras de cacao (*Theobroma cacao*) provenientes de centros de acopio de dos localidades del Ecuador (Bachelor's thesis, PUCE).

Lim, T. (2012). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants* (Vol. 3). New York: Springer.

Loray, M. A. (2002). Estudio y mejoramiento genético de levaduras osmotolerantes (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

Maceda Rubio, A. (2016). El vino y el sistema de protección de su origen y calidad. *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, 99-100.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V., & Clark, D. P. (2009). *Brock. Biología de los microorganismos (duodécima ed.)*. madrid, españa): pearson educación, s.a.

Magwaza, L.S., & Opara U.L. (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—A review. *Sci. Hort.* 184:179–192.

Martínez, Y. (2017). Importancia de los microorganismos en la industria alimentaria: producción de enzimas, fermentación y conservación de alimentos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. *Bebidas alcohólicas. Vinos de frutas. Quinta actualización*. Bogotá D. C. ICONTEC (NTC 708), 2000.

Maturano, Y. P, Mestre, MV, Kuchen, B., Toro, ME, Mercado, LA, Vazquez, F. y Combina, M. (2019). Optimización de factores relevantes para la fermentación: una estrategia para reducir el etanol en vino tinto mediante cultivo secuencial de levaduras nativas. *Revista internacional de microbiología alimentaria*, 289, 40-48.

Medica, L. (2001). Reproducción asexual clónica. Un dilema ético. *Rev Cubana Med*, 40(1), 3-9.

Medina, M & Calderón, E (2008). Estudio anatómico del pomorroso (*Syzygium malaccense* (L). Merr. & L. M Perry) y fitoquímico preliminar de su fruto en la comuna 1 de la ciudad de Neiva-Huila-Colombia. Universidad Surcolombiana Neiva.

Miescher Schwenninger, S., Freimüller Leischtfeld, S. y Gantenbein-Demarchi, C. (2016). High-throughput identification of the microbial biodiversity of cocoa bean fermentation by MALDI-TOF MS. *Letters in Applied Microbiology*.  
<https://doi.org/10.1111/lam.12621>

Molina, A. M., Guadalupe, V., Varela, C., Swiegers, J. H., Pretorius, I. S., & Agosin, E. (2009). Differential synthesis of fermentative aroma compounds of two related commercial wine yeast strains. *Food Chemistry*, *117*(2), 189-195.

Morantes, M. I. (2018). Evaluación de una fermentación alcohólica de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) con levadura de vinificación para la obtención de vino de tubérculo.

Neto, F. S., de Castilhos, M. B., Telis, V. R., & Telis-Romero, J. (2015). Effect of ethanol, dry extract and reducing sugars on density and viscosity of Brazilian red wines. *J Sci Food Agric*, *95*(7), 1421-1427

Nogales, J. M. R. (2018). Estrategias biotecnológicas para mejorar la gestión de la fermentación maloláctica en vinos. *ACTA/CL: revista de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos de Castilla y León*, (65), 27-31.

Norma técnica colombiana (NTC). (2015). NTC 440: Norma Colombiana sobre Productos alimenticios: Métodos de ensayo. Bogotá (Colombia), 25 p.

Oña Cundulle, T. F. (2020). Evaluación del aprovechamiento del rechazo de banano (*Musa paradisiaca*) para la obtención de una bebida alcohólica tipo vodka (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).

Oré, F., De la Cruz, R., Montalvo, J., & Muñoz, K. (2019). Evaluación de la aceptabilidad y contenido de alcohol del vino de oca (*Oxalis tuberosa*) de cinco variedades. *Journal of Agro-industry Sciences*, *1*(2), 39-43. Doi: <https://doi.org/10.17268/jais.2019.005>.

Ortega, F. A., Salcedo, E., Arrieta, R., & Torres, R. (2015). Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins. *Revista Ion*, *28*(2), 79-92. <https://doi.org/10.18273/revion.v28n2-2015007>

Oviedo-Arbeláez, M., Lozano-Vera, J., & Amorocho-Cruz, C. M. (2018). Physicochemical and microbiological characterization of blackberry (*Rubus glaucus* Benth) wine, El Hobo (Huila). *Dyna*, 85(207), 107-112. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.72957>

Pájaro-Escobar, H. A., Benedetti, J., & García-Zapateiro, L. A. (2018). Caracterización Fisicoquímica y Microbiológica de un Vino de Frutas a base de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Información tecnológica*, 29(5), 123-130. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000500123>

Parra, C. (2014). Sinopsis de la familia Myrtaceae y clave para la identificación de los géneros nativos e introducidos en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(148), 261-277. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.128>

Pazmiño, J. A. (2017). Estudio de la Pomarroza malaya (*Syzygium Malaccense*) y su aplicación en la Pastelería (Vol. 01) [Universidad de Guayaquil].

Pérez, D., Capaldi, C., Mercado, L., Malizia, A., & Sari, S. (2018). Efecto combinado de cepa de levadura y Terroir en vinos Malbec de Mendoza. *Memorias XII Congreso Internacional Terroir*. In E3S Web of Conferences. Zaragoza (España): Universidad Politécnica de Madrid. p. 02005-02011 Doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185002005>.

Petravić-Tominac, V., Mesihović, A., Mujadžić, S., Lisičar, J., Oros, D., Velić, D., ... & Petrović, Z. (2013). Production of blackberry wine by microfermentation using commercial yeasts Fermol Rouge® and Fermol Mediterranée®. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 78(1), 49-55.

Ponce, F., Mirabal-Gallardo, Y., Versari, A., & Laurie, V. F. (2018). El uso de resinas de intercambio catiónico en vinos: Efectos sobre el pH, la estabilidad tartárica, y el contenido de metales. *Ciencia e investigación agraria*, 45(1), 82-92.)

Puerta, G. I. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Diciembre de 2010. Recuperado el 08 de 03 de 2020, de Avances Tecnicos Cenicafé: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>. <https://doi.org/10.38141/10783/2013>

Quino, J. S. & Rodríguez, A. J. (2017). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en diferentes tiempos de fermentación alcohólica en zumo de naranja (*Citrus Sinensis*). (Tesis de pregrado Ingeniería Agrícola). Neiva, Huila (Colombia): Universidad Surcolombiana, Facultad de ingeniería. 89 p.

Ramírez, A. H. (2019). Elaboración de vino de plátano maduro (*Musa paradisiaca*) variedad Harton en diferentes diluciones en Pucallpa.

Ramírez, J. S. (2006). Introducción a la reología de los alimentos. ReCiTeIA.

Rao, M. A. (2014). Rheology of fluid, semisolid, and solid foods. Boston, M.A. : Springer U.S

Rodrigues, S., de Oliveira Silva, E., & de Brito, E. S. (Eds.). (2018). Exotic fruits reference guide. Academic Press.

Röhm, J. K.-H. (2005). Bioquímica: texto y atlas (3 ed.). Madrid, España: Médica Panamericana.

Ruíz-Leza, H. A., Rodríguez-Jasso, R. M., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar, C. N. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista Mexicana de ingeniería química*, 6(1), 33-40.

Sarmiento, A., & Herrera, J. (2003). Obtención y caracterización de un banco de levaduras con potencial aplicación probiótica. Trabajo de grado (Microbiología Industrial).

Pontificia Universidad Javeriana. Bogota. P, 103. Stanier, R. Y., Ingraham, J. L., Wheelis, M. L., &

Sepúlveda, A. (2009). Características de vinos tintos pinot noir, producidos con cepas autóctonas de *Saccharomyces cerevisiae* aisladas del Valle del Maule. Tesis Ingeniero de Alimentos, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Soto, J; Charry S. & Amorocho C. (2021). Evaluación del comportamiento del color del vino artesanal de curuba “Son del Alba”. *Ingeniería y Región*, 26, 4-19. <https://doi.org/10.25054/22161325.2915>

Stanier, R., Ingraham, J., Wheelis, M., y Painter, P. (1996). Microbiología (2 ed.). España: REVERTE.

Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50(1), 20-28.

Szczesniak, AS (2002). La textura es una propiedad sensorial. *Calidad y preferencia alimentaria* , 13 (4), 215-225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)

Tenorio, M., Mateos-Aparicio, I., De Prádena, J., García, M., Pérez, M., Redondo, A., Villanueva, M. & Zapata, M. (2014). El vino y su análisis. Proyecto de innovación, Universidad Complutense de Madrid, España.

Trujillo, L. C. (2014). Aislamiento y caracterización de levaduras presentes en el fruto del *syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry (pomorroso) en la comuna 1 de la ciudad de Neiva- Huila. neiva: Universidad Surcolombiana. <https://doi.org/10.25054/22161325.707>

Uribe, J. E. (2020). Determinación de *Yersinia ruckeri* aisladas de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en una piscigranja de Chachapoyas–Amazonas.

Uribe, L (2007). Caracterización fisiológica de levaduras aisladas de la filosfera de la mora: Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Usman, R. L. (2012). Aislamiento, identificación molecular y caracterización parcial de levaduras asociadas a la pulpa de los frutos de mango (*Mangifera indica*) y pomaroso (*Syzygium malaccense*). (u. d. valle, ed.)

Vargas, N., & Tapia, L. G. (2009). Caracterización fisicoquímica y fisiológica del pomaroso (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry).

Vásquez, J. A., Castrillón, M. R., & Monsalve, Z. I. (2016). Actualización en caracterización molecular de levaduras de interés industrial. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 129-139.

Vázquez, H. J., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 249-259. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2007.08n4.020>

Velásquez, H. J. (2006). Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. *Ingeniería Agrícola*.

Vicuña, G. (2019). Elaboración De Una Bebida Artesanal De Baja Graduación Alcohólica A Base De La Miel De Abeja (*Apis Mellífera*) Y Fruta Capulí (*Prunus Salicifolia*) Trabajo de grado. *Escuela Politécnica de Chimborazo. Gastronomía. Riobamba-Ecuador*.

Villamil, Y., & Zapata, Y. (1999). Caracterización de levaduras fermentadoras aisladas de frutas en descomposición con potencial aplicación productora de etanol. Trabajo de Grado (Microbiología Industrial): Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Villarreal B., J., & Espinoza O, B. (2019). Evaluación del proceso fermentativo de la mandarina king (*Citrus nobilis* L.) Aplicando bentonita, albumina y pectinasa para su clarificación. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 496-506.

Vinces, P. E. (2014). Procesamiento del fruto *syzygium malaccense* (manzana malaya) para obtener nectar y bebida de tipo nutricional. Obtenido de Guayaquil-Ecuador.

Walteros Pinzón, C. D. (2020). Caracterización de cepas de levadura colombiana *Saccharomyces cerevisiae* para su potencial uso en la producción de cerveza" Colombian Ale" (Bachelor's thesis, Uniandes).

Wei, J., Zhang, Y., Yuan, Y., Dai, L., & Yue, T. (2019). Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-*Saccharomyces* species. Elsevier, 79, Food Microbiology. p. 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.008>

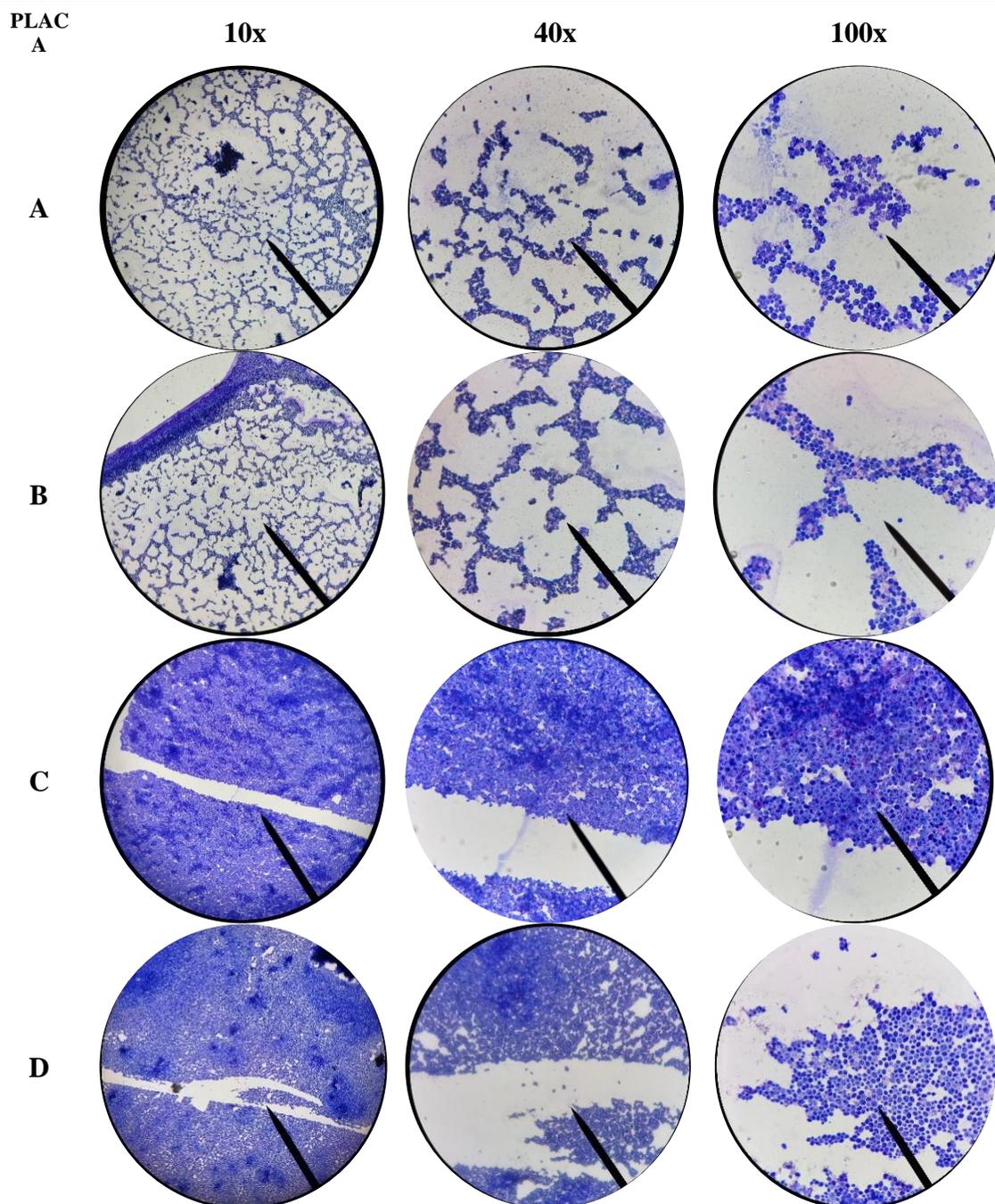
Yanniotis, S., Kotseridis, G., Orfanidou, A., & Petraki, A. (2007). Effect of ethanol, dry extract 877 and glycerol on the viscosity of wine. Journal of Food Engineering, 81(2), 399-403.

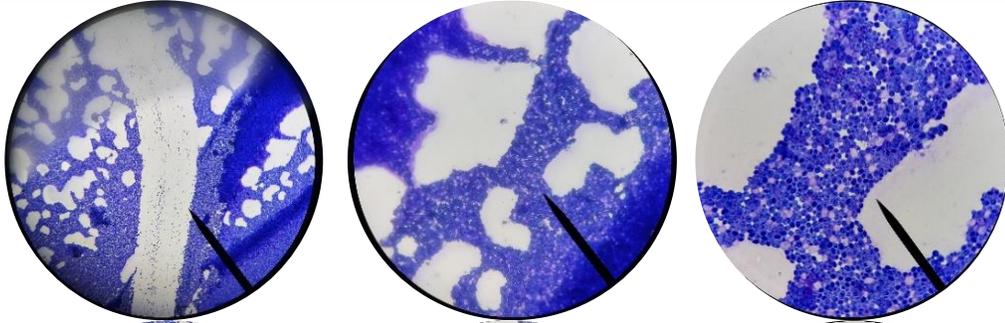
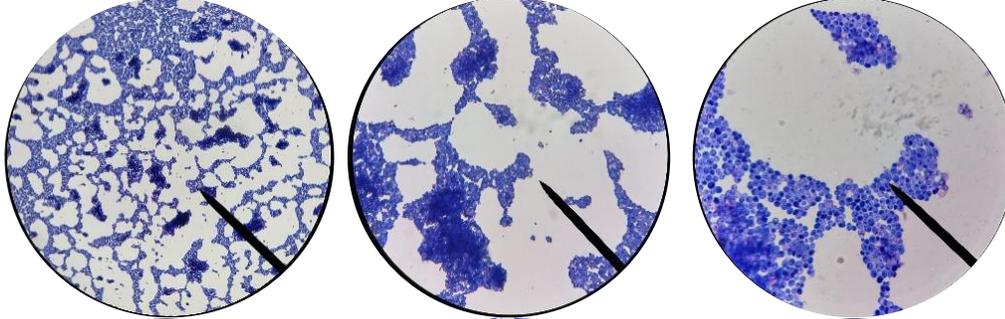
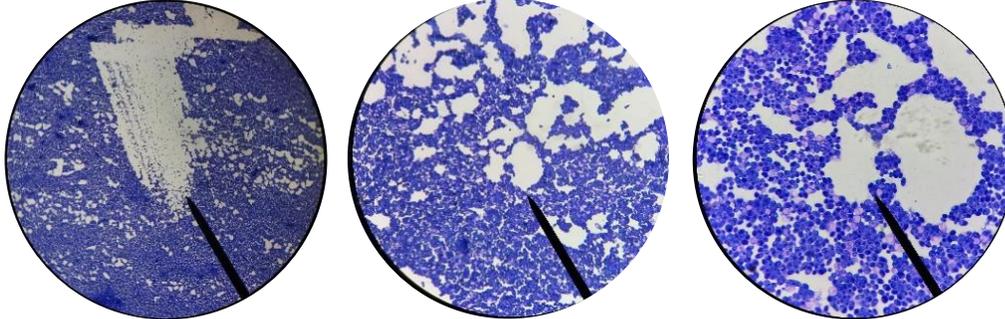
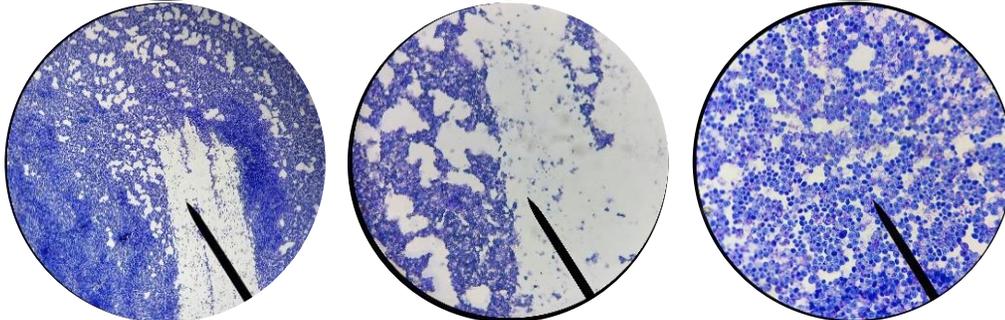
## 11. ANEXOS

FORMATO DE ANÁLISIS SENSORIAL PARA VINO DE POMORROSO						
FECHA:						
CATADOR:						
NOMBRE DEL PRODUCTO:	VINO DE POMORROSA					
<b>ESCALA HEDÓNICA PARA CALIFICAR</b> 1: NO ME GUSTA MUCHO; 2: NO ME GUSTA; 3: ME AGRADA; 4: ME GUSTA, 5: ME GUSTA MUCHO						
VINO EN SOLITARIO						
PERCEPCIÓN	DESCRIPTOR	1	2	3	4	5
PERCEPCIÓN VISUAL	COLOR					
	LIMPIDEZ					
	APARIENCIA					
PERCEPCIÓN OLFATORIA	AROMA					
PERCEPCIÓN GUSTATIVA	DULZOR					
	ACIDEZ					
	ASTRINGENCIA					
	GRADO DE ALCOHOL					
	PERSISTENCIA					
	ARMONIA /IMPRESIÓN GENERAL					
COMENTARIOS:						

ESCALA HEDÓNICA PARA CALIFICAR						
1: NO ME GUSTA MUCHO; 2: NO ME GUSTA; 3: ME AGRADA; 4: ME GUSTA, 5: ME GUSTA MUCHO						
VINO MARIDADO CON QUESO						
PERCEPCIÓN	DESCRIPTOR	1	2	3	4	5
PERCEPCIÓN GUSTATIVA	DULZOR					
	ACIDEZ					
	ASTRINGENCIA					
	GRADO DE ALCOHOL					
	PERSISTENCIA					
	ARMONIA /IMPRESIÓN GENERAL					
COMENTARIOS:						

## AUMENTO



**E****F****G****H****I**