

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

**“Efecto del extracto de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) en las características fisicoquímicas, sensoriales y actividad antioxidante del hidromiel artesanal”**

---

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL

**Autores:**

Bach. Granados Navarro, Ramón Alonso

Bach. Moncada Diestra, Fernando

**Asesora:**

Dra. Paucar Menacho, Luz María

ORCID: 0000-0001-5349-6167

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2024**

## CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado: “EFECTO DEL EXTRACTO DE YACÓN (*Smallanthus Sonchifolius*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL HIDROMIEL ARTESANAL”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: **GRANADOS NAVARRO RAMÓN ALONSO** y **MONCADA DIESTRA FERNANDO**, ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor.



---

**Dra. Luz María Paucar Menacho**

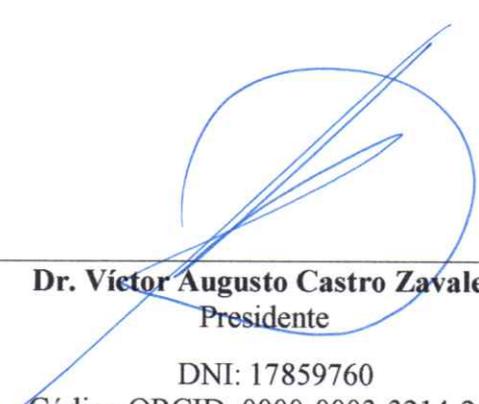
Asesora

DNI:08099817

ORCID: 0000-0001-5349-6167

**HOJA AVAL DE JURADO EVALUADOR**

El presente trabajo de tesis titulado: “EFECTO DEL EXTRACTO DE YACÓN (*Smallanthus Sonchifolius*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL HIDROMIEL ARTESANAL”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: **GRANADOS NAVARRO RAMÓN ALONSO** y **MONCADA DIESTRA FERNANDO**, teniendo como asesora a la Dra. Luz María Paucar Menacho, designada mediante resolución decanal N° 406-2019-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 05 de junio del 2024, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N°197-2024-UNS-CFI.



**Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**  
Presidente

DNI: 17859760

Código ORCID: 0000-0003-3214-2698

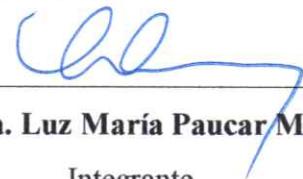


**Dr. Williams E. Castillo Martínez**

Secretario

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009



**Dra. Luz María Paucar Menacho**

Integrante

DNI: 08099817

Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 15:00 horas del día cinco de junio del dos mil veinticuatro, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 197-2024-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaletaa** (Presidente)
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** (Secretario)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

**“EFECTO DEL EXTRACTO DE YACÓN (*Smallanthus Sonchifolius*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL HIDROMIEL ARTESANAL”**, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **GRANADOS NAVARRO RAMÓN ALONSO**
- **MONCADA DIESTRA FERNANDO**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**.

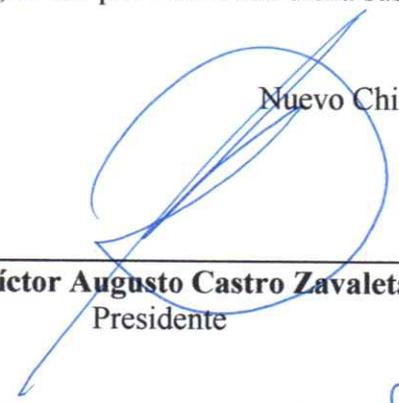
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	PROMEDIO VIGESIMAL	CONDICIÓN
<b>GRANADOS NAVARRO RAMÓN ALONSO</b>	<b>18</b>	<b>BUENO</b>

Siendo las 16:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 05 de junio del 2024.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Williams E. Castillo Martínez**  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Luz María Paucar Menacho**  
Integrante

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 15:00 horas del día cinco de junio del dos mil veinticuatro, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 197-2024-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** (Secretario)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

**“EFECTO DEL EXTRACTO DE YACÓN (*Smallanthus Sonchifolius*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL HIDROMIEL ARTESANAL”**, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **GRANADOS NAVARRO RAMÓN ALONSO**
- **MONCADA DIESTRA FERNANDO**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**.

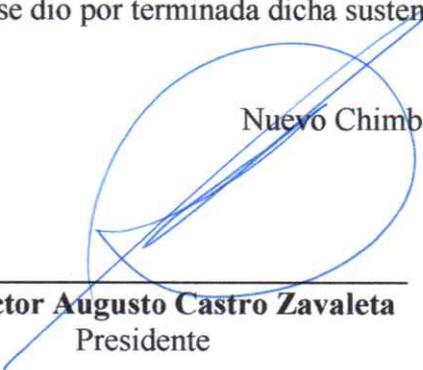
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	PROMEDIO VIGESIMAL	CONDICIÓN
<b>MONCADA DIESTRA FERNANDO</b>	<b>18</b>	<b>BUENO</b>

Siendo las 16:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 05 de junio del 2024.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Williams E. Castillo Martínez**  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Luz María Paucar Menacho**  
Integrante

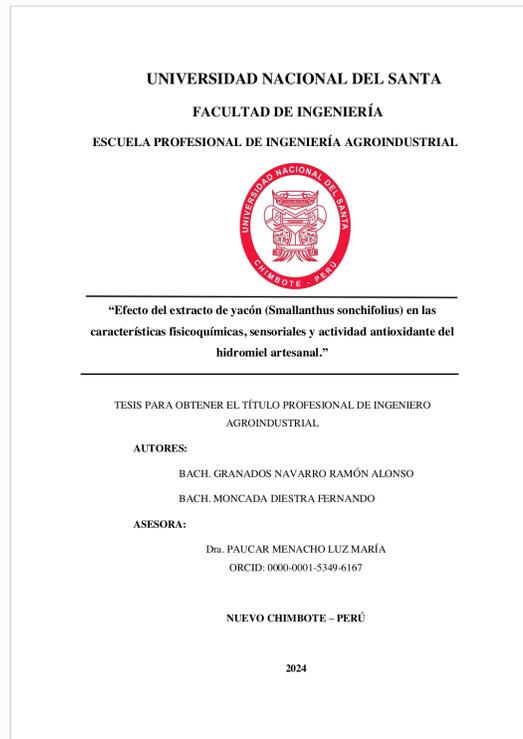


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Granados - Moncada**  
Título del ejercicio: **GRANADOS - MONCADA**  
Título de la entrega: **MONCADA Y GRANADO -TESIS PREGRADO.pdf**  
Nombre del archivo: **MONCADA\_Y\_GRANADO\_-TESIS\_PREGRADO.pdf**  
Tamaño del archivo: **3.2M**  
Total páginas: **128**  
Total de palabras: **27,463**  
Total de caracteres: **148,681**  
Fecha de entrega: **22-mar.-2024 08:16p. m. (UTC-0500)**  
Identificador de la entrega... **2328369153**



# MONCADA Y GRANADO -TESIS PREGRADO.pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	9%
2	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://ri.ujat.mx">ri.ujat.mx</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
5	<a href="http://hemeroteca.unad.edu.co">hemeroteca.unad.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://edoc.pub">edoc.pub</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1%

## **DEDICATORIA**

*A DIOS, por estar ahí para mí en cada paso de mi camino en la universidad y ser una fortaleza en mi día a día y darme la fuerza que necesito para seguir adelante. Gracias por escucharme y ser mi guía, a lo largo mi carrera, dándome sabiduría y sobre todo mucha paciencia todos los días y superando los obstáculos que enfrenté.*

*A mi madre, EDITH quien con su sacrificio, amor y comprensión me ha apoyado en el trayecto de mi vida, para lograr mis metas, a mi madre por siempre mi corazón y agradecimiento.*

*A mis padrinos, SILVIA, PETER Y JENNY por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, por sus consejos, paciencia y amor, que me motivaron a seguir adelante en la realización de mis metas, gracias por siempre alentarme a continuar.*

**FERNANDO MONCADA DIESTRA**

## **DEDICATORIA**

*Agradezco eternamente a Dios, por brindarme fortaleza necesaria para poder alcanzar esta meta tan anhelada y superar todos los obstáculos que tuve. Gracias por darme vida y salud, sobre todo darme la oportunidad de dar un paso importante en mi formación profesional.*

*A mis padres, Lorenzo Granados y Gloria Navarro, quienes son mi ejemplo de sacrificio, amor y comprensión. Porque siempre me han apoyado en el trayecto de mi vida, para lograr mis metas, con ellos siempre mi corazón e infinito agradecimiento.*

*A mis hermanos, quienes son mi mejor ejemplo de superación personal y profesional. Porque de ellos recibí su apoyo incondicional para terminar mi carrera y afrontar las adversidades.*

**RAMÓN ALONSO GRANADOS NAVARRO**

## **AGRADECIMIENTO**

*Expresamos nuestro sincero agradecimiento ante todo a Dios por permitirnos llegar a este punto importante de nuestras vidas y de nuestra carrera profesional. Cada paso logrado es un triunfo.*

*Agradecemos a la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, especialmente a la Facultad de Ingeniería agroindustrial, a todos los docentes y personal que la conforma por brindarnos los ambientes y conocimientos necesarios durante esta etapa de nuestro desarrollo profesional.*

*Agradecemos a nuestra asesora la Dra. Luz María Paucar Menacho, por su tiempo, paciencia y contribución durante el inicio, desarrollo y culminación de este informe.*

*Agradecemos a los técnicos de laboratorio por su experiencia, conocimiento, sabiduría brindada y sobre todo su apoyo durante todo el tiempo que duró la realización de nuestra investigación y finalización de nuestro proyecto hasta la culminación de nuestro informe final.*

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XV</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. YACÓN (SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS) .....</b>	<b>19</b>
2.1.1. Generalidades del yacón .....	19
2.1.2. Aspectos antioxidantes del yacón .....	19
2.1.3. Actividad antioxidante del yacón.....	19
2.1.4. Composición del yacón.....	20
2.1.5. Beneficios del yacón. ....	21
<b>2.2. MIEL DE ABEJA.....</b>	<b>21</b>
2.2.1. Generalidades de la miel.....	22
2.2.2. Tipos de miel .....	23
2.2.3. Propiedades nutricionales de la miel.....	23
2.2.4. Parámetros fisicoquímicos de la calidad de la miel.....	25
<b>2.3. HIDROMIEL .....</b>	<b>27</b>
2.3.1. Origen del Hidromel .....	27
2.3.2. Ingredientes utilizados en la elaboración de hidromiel .....	27
2.3.3. Clasificación de hidromiel. ....	29
2.3.4. Bases para la elaboración de hidromiel.....	30
2.3.5. Factores en el proceso de la elaboración de una bebida alcohólica .....	32
2.3.6. Caracterización sensorial del hidromiel .....	33
2.3.7. Propiedades del hidromiel.....	35
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS .....</b>	<b>36</b>
3.2.1. Materia prima .....	36
3.2.2. Insumos .....	37
3.2.3. Reactivos .....	37
3.2.4. Equipos.....	37
3.2.5. Instrumentos .....	38
3.2.6. Materiales de vidrio y otros .....	38

	Pág.
3.2.7. Materiales de proceso .....	39
<b>3.3. MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
3.3.1. Desarrollo general:.....	39
3.3.1.1. Diagrama de flujo por etapas en la elaboración del hidromiel.....	40
3.3.1.2. Manejo específico del experimento.....	41
3.3.1.3. Diagrama de flujo por etapas para la obtención de extracto de yacón.....	43
3.3.1.4. Descripción del proceso de obtención de extracto de yacón) .....	44
3.3.2. Métodos de análisis: .....	45
3.3.2.1. Determinación de sólidos solubles .....	45
3.3.2.2. Determinación de la Acidez .....	45
3.3.2.3. Potencial hidrógeno (pH) .....	47
3.3.2.4. Polifenoles Totales .....	47
3.3.2.5. Actividad antioxidante - DPPH.....	50
3.3.2.6. Grado alcohólico .....	51
3.3.2.7. Evaluación sensorial.....	51
3.3.3. Diseño experimental: .....	51
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>54</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	54
4.1.1. Yacón .....	54
4.1.2. Miel de abeja .....	55
4.2. SEGUIMIENTO DE LAS VARIACIONES FISCOQUÍMICAS EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN.....	57
4.2.1. Seguimiento del pH .....	57
4.2.2. Seguimiento de los °Brix .....	59
4.2.3. Seguimiento de la Acidez (expresado en Ac. Tartárico g/l) .....	61
4.2.4. Análisis fisicoquímico de hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	63
4.2.4.1. Análisis de pH de hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	63
4.2.4.2. Análisis de BRIX del hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	67
4.2.4.3. Análisis de Acidez (expresado en Ac. Tartárico g/l) de hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	70
4.2.4.4. Análisis de Polifenoles Totales del hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	74
4.2.4.5. Análisis de Capacidad Antioxidantes del hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	78

	Pág.
4.2.4.6. Análisis de Grados alcohólicos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	82
<b>4.3. ANÁLISIS SENSORIAL DEL HIDROMIEL ARTESANAL .....</b>	<b>86</b>
4.3.1. Olor.....	88
4.3.2. Sabor.....	90
4.3.3. Color.....	93
4.3.4. Apariencia general .....	95
4.3.5. Intención de consumo .....	98
4.3.6. Muestra preferida.....	99
4.3.7. Estimación de vida útil .....	101
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>103</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>108</b>
ANEXO 1.BALANCE DE MATERIA .....	108
ANEXO 2.DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	109
ANEXO 3.CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	118
ANEXO 4.ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LAS MUESTRAS .....	120
ANEXO 5.ENVASADO DEL HIDROMIEL.....	125
ANEXO 6.ANÁLISIS SENSORIAL DEL HIDROMIEL. ....	127

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Composición química proximal del yacón. ....	20
<b>Tabla 2.</b> Composición nutricional de la miel de abeja en 100 gramos .....	24
<b>Tabla 3.</b> Parámetros fisicoquímicos de la calidad de la miel de abeja .....	25
<b>Tabla 4.</b> Lecturas de densidad según tipo de hidromiel.....	30
<b>Tabla 5.</b> Concentración de soluciones para curva estándar de Polifenoles. ....	48
<b>Tabla 6.</b> Diseño experimental – Variable independiente. ....	52
<b>Tabla 7.</b> Plan de experimentación. ....	53
<b>Tabla 8.</b> Características fisicoquímicas del extracto de yacón.....	54
<b>Tabla 9.</b> Características fisicoquímicas de la miel de abeja.....	56
<b>Tabla 10.</b> Valores del seguimiento de las variaciones del pH en la etapa de fermentación de los 3 tratamientos y muestra control. ....	57
<b>Tabla 11.</b> Seguimiento de las variaciones de los °Brix en la etapa de fermentación de los 3 tratamientos y muestra control .....	59
<b>Tabla 12.</b> Seguimiento de las variaciones de la Acidez (expresado en Ac. Tartárico g/l) en la etapa de fermentación de los 3 tratamientos y muestra control. ....	61
<b>Tabla 13.</b> Análisis de pH de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	63
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza de pH de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	64
<b>Tabla 15.</b> Prueba de tukey HSD para pH de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	64
<b>Tabla 16.</b> Análisis de °Brix de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	67
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza de °Brix de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	67
<b>Tabla 18.</b> Prueba de Tukey HSD para °Brix de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.....	68
<b>Tabla 19.</b> Análisis de Acidez (expresado en ac. Tartárico g/l) del hidromiel artesanal de los tratamientos con extracto de yacón.....	70
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza de Acidez (expresado en ac. Tartárico g/l) de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	71
<b>Tabla 21.</b> Prueba de Tukey HSD para Acidez (expresado en ac. Tartárico g/l) de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	71

<b>Tabla 22.</b> Análisis de Polifenoles Totales de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón .....	74
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza de Polifenoles totales de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	75
<b>Tabla 24.</b> Prueba de Tukey HSD para Contenido de polifenoles de los tratamientos totales de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	76
<b>Tabla 25.</b> Análisis de Capacidad Antioxidante (DPPH) de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	78
<b>Tabla 26.</b> Análisis de varianza de Capacidad antioxidante de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón .....	79
<b>Tabla 27.</b> Prueba de tukey HSD para Capacidad antioxidante de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón .....	80
<b>Tabla 28.</b> Análisis de Grados alcohólicos de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón .....	82
<b>Tabla 29.</b> Análisis de varianza de Grados alcohólicos de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón .....	83
<b>Tabla 30.</b> Prueba de Tukey HSD para Grados alcohólicos de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	84
<b>Tabla 31.</b> Promedios de los panelistas evaluados $\pm$ DE. ....	86
<b>Tabla 32.</b> Promedios con respecto al olor.....	88
<b>Tabla 33.</b> Análisis de varianza (ANOVA) con respecto al olor .....	88
<b>Tabla 34.</b> Prueba de tukey HSD con respecto al olor .....	89
<b>Tabla 35.</b> Tabla de promedios para el sabor. ....	90
<b>Tabla 36.</b> Análisis de varianza para el sabor.....	91
<b>Tabla 37.</b> Prueba de tukey HSD para el sabor .....	91
<b>Tabla 38.</b> Valores promedio para el color.....	93
<b>Tabla 39.</b> Análisis de varianza para el color .....	93
<b>Tabla 40.</b> Prueba de Tukey HSD para el color .....	94
<b>Tabla 41.</b> Valores promedio para el atributo Apariencia General .....	95
<b>Tabla 42.</b> Análisis de varianza para el atributo de apariencia general en el hidromiel artesanal con extracto de yacón .....	96
<b>Tabla 43.</b> Prueba de Tukey HSD para apariencia general de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón. ....	97

	Pág.
<b>Tabla 44.</b> Intensión de consumo de los panelistas .....	98
<b>Tabla 45.</b> Valoración de la muestra preferida elegida por los panelistas. ....	100
<b>Tabla 46.</b> Concentración de soluciones para curva estándar de Polifenoles. ....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Procedimiento elaboración de hidromiel con adición de yacón. ....	40
<b>Figura 2.</b> Procedimiento de obtención del extracto de yacón. ....	43
<b>Figura 3.</b> Procedimiento para la preparación de la muestra para la determinación de polifenoles totales .....	49
<b>Figura 4.</b> Seguimiento del pH de los 3 tratamientos y muestra control. ....	58
<b>Figura 5.</b> Seguimiento de los °Brix de los 3 tratamientos y muestra control. ....	60
<b>Figura 6.</b> Seguimiento de la Acidez de los 3 tratamientos y muestra control. ....	62
<b>Figura 7.</b> Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto al pH. ....	66
<b>Figura 8.</b> Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto a los °Brix. ....	69
<b>Figura 9.</b> Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto al contenido de Polifenoles totales. ....	77
<b>Figura 10.</b> Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto a la Capacidad antioxidante. ....	81
<b>Figura 11.</b> Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto a los Grados alcohólicos. ....	85
<b>Figura 12.</b> Gráfico de barras del nivel de aceptabilidad según las características sensoriales de la muestra control y los tratamientos .....	87
<b>Figura 13.</b> Gráfica de medias – prueba Tukey HSD con respecto al olor. ....	89
<b>Figura 14.</b> Gráfica de medias – prueba Tukey HSD con respecto al sabor .....	92
<b>Figura 15.</b> Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto al color .....	94
<b>Figura 16.</b> Gráfico de medias – prueba Tukey HSD con respecto a la apariencia general .....	97
<b>Figura 17.</b> Cantidad de personas con intención de consumir el producto. ....	99
<b>Figura 18.</b> Muestra de hidromiel artesanal preferida. ....	100
<b>Figura 19.</b> Balance de materia .....	108
<b>Figura 20.</b> Procedimiento para preparación de muestra para determinación de polifenoles totales. ....	114
<b>Figura 21.</b> Escala de valor para el análisis sensorial. ....	117
<b>Figura 22.</b> Pesado de la miel de abeja .....	118
<b>Figura 23.</b> Pesado del yacón. ....	118
<b>Figura 24.</b> Preparación del extracto de yacón .....	119
<b>Figura 25.</b> Pasteurización del mosto del hidromiel .....	119
<b>Figura 26.</b> Llenado del mosto en los recipientes. ....	119
<b>Figura 27.</b> Medición de los °Bx .....	120
<b>Figura 28.</b> Medición de pH .....	120

	Pág.
<b>Figura 29.</b> Determinación de acidez .....	120
<b>Figura 30.</b> Determinación de los grados alcohólicos usando el método de destilación en el rotavapor.....	121
<b>Figura 31.</b> Trasvasado del hidromiel.....	121
<b>Figura 32.</b> Residuos sedimentados del hidromiel.....	121
<b>Figura 33.</b> Determinación de capacidad antioxidante, pesado de las muestras.....	122
<b>Figura 34.</b> Baño ultrasónico.....	122
<b>Figura 35.</b> Centrifugado de las muestras en los tubos de ensayo. ....	122
<b>Figura 36.</b> Lectura a una absorbancia de 515 nm.....	123
<b>Figura 37.</b> Determinación de polifenoles totales, pesado de las muestras. ....	123
<b>Figura 38.</b> Centrifugado.....	123
<b>Figura 39.</b> Preparación de foling, ácido gálico y carbonato de calcio .....	124
<b>Figura 40.</b> Lectura de las muestras a una absorbancia de 515 nm.....	124
<b>Figura 41.</b> Sanitizado de envases y chapas para el hidromiel artesanal.....	125
<b>Figura 42.</b> Secado de envases y chapas para el hidromiel.....	125
<b>Figura 43.</b> Llenado de envases de hidromiel.....	126
<b>Figura 44.</b> Enchapado y almacenamiento del hidromiel. ....	126
<b>Figura 45.</b> Hoja de encuesta sensorial con escala hedónica 9 puntos para el hidromiel .....	127
<b>Figura 46.</b> Panelistas durante la evaluación sensorial del hidromiel. ....	128

## INDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO 1.</b> Balance de materia.....	108
<b>ANEXO 2.</b> Descripción de los métodos de análisis.....	109
<b>ANEXO 3.</b> Caracterización de la materia prima.....	118
<b>ANEXO 4.</b> Análisis fisicoquímico de las muestras .....	120
<b>ANEXO 5.</b> Envasado del hidromiel .....	125
<b>ANEXO 6.</b> Análisis sensorial del hidromiel.....	127

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se elaboró una bebida que tiene como base agua, miel y levadura, llamada “hidromiel”, y se aplicó el diseño DCA (diseño completamente al azar), el cual consta de una muestra control ( C ) y 3 tratamientos (T1,T2,T3) con diferentes concentraciones de extracto de yacón (*smallanthus sonchifolius*), cuyas concentraciones son de: 5%(v/v), 10% (v/v) y 15%(v/v), para evaluar el efecto que tiene el extracto de yacón en el hidromiel artesanal sobre su capacidad antioxidante, características fisicoquímicas y características sensoriales.

En la primera etapa de la investigación se caracterizó las materias primas; el yacón que contiene:  $0.357 \pm 0.0386$  % de Acidez,  $7.016 \pm 0.076$  °Brix,  $6.44 \pm 0.105$  pH; la miel contiene:  $44.0 \pm 1.0$  meq Ac /kg miel de Acidez,  $79.16 \pm 0.964$  °Brix,  $3.32 \pm 0.075$  pH.

En la segunda etapa, se evaluó los 3 tratamientos, así como la muestra control (C), donde se obtuvo las siguientes: características fisicoquímicas, de la muestra control (C): pH de  $3.390 \pm 0.0173$ ,  $10.50 \pm 0.10$  °Brix,  $8.894 \pm 0.0443$  g/l de Acidez (expresado en ac. tartárico g/l),  $8.53 \pm 0.46$  °GL); del T1: pH de  $3.533 \pm 0.0058$ ,  $7.20 \pm 0.10$  °Brix,  $12.579 \pm 0.2120$  g/l de Acidez (expresado en ac. tartárico g/l),  $9.17 \pm 0.29$  °GL; del T2: pH de  $3.633 \pm 0.0306$ ,  $6.667 \pm 0.1155$  °Brix,  $12.954 \pm 0.0788$  g/l de Acidez (expresado en ac. tartárico g/l),  $10.17 \pm 0.29$  °GL) y T3: pH de  $3.537 \pm 0.0115$ ,  $6.500 \pm 0.2646$  °Brix,  $14.233 \pm 0.0831$  g/l de Acidez (expresado en ac. tartárico g/l),  $11 \pm 0.5$  °GL). La capacidad antioxidante y polifenoles totales de la muestra control ( C ) ( $25.3258 \pm 0.5911$  UMOL ET/100 ml,  $1.1641 \pm 0.0154$  mgGAE/100g), T1 ( $43.3218 \pm 1.7805$  UMOL ET/100 ml,  $1.2537 \pm 0.1112$  mgGAE/100g), T2 ( $58.9597 \pm 3.0268$  UMOL ET/100 ml,  $1.5618 \pm 0.0518$  mgGAE/100g) y T3 ( $153.2579 \pm 10.6921$  UMOL ET/100 ml,  $1.7401 \pm 0.0953$  mgGAE/100g), siendo el tratamiento T3 (extracto de yacón al 15%) el que mayor influencia, por el extracto de yacón, ha tenido en su capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales. Sensorialmente se realizó una evaluación usando una prueba hedónica con escala de nueve puntos a 50 panelistas no entrenador, donde la muestra más aceptada, preferida por ellos fue la muestra control debido a que el yacón no aportó un sabor agradable a los tratamientos T1, T2 y T3. Los atributos de color, olor y apariencia general no tuvieron diferencia significativa.

Palabras claves: hidromiel, yacón, características fisicoquímicas, características sensoriales.

## ABSTRACT

In this research work, a beverage based on water, honey and yeast “mead” was elaborated, and the DCA design (completely randomized design) was applied, which consists of a control sample (C) and 3 treatments (T1, T2, T3) with different concentrations of yacon extract (*smallanthus sonchifolius*), whose concentrations are 5% (v/v), 10% (v/v) and 15% (v/v), to evaluate the effect of yacon in artisanal mead on its antioxidant capacity, physicochemical characteristics and sensory characteristics of mead.

In the first stage of the research, the raw materials were characterized: yacon containing:  $0.357 \pm 0.0386$  % acidity,  $7.016 \pm 0.076$  °Brix,  $6.44 \pm 0.105$  pH; honey containing:  $44.0 \pm 1.0$  meq Ac /kg honey acidity,  $79.16 \pm 0.964$  °Brix,  $3.32 \pm 0.075$  pH.

In the second stage, the 3 treatments were evaluated as well as the control sample (C), where the following physicochemical characteristics were obtained: physicochemical characteristics of the control sample (C) (pH of  $3.390 \pm 0.0115$ ,  $9.17 \pm 0.29$  °GL), of T2 (pH:  $3.633 \pm 0.0306$ ,  $6.667 \pm 0.1155$  °Brix,  $12.954 \pm 0.0788$  g/l Acidity (expressed in g/l tartaric ac.),  $10.17 \pm 0.29$  °GL) and T3 (pH:  $3.537 \pm 0.0115$ ,  $6.500 \pm 0.2646$  °Brix,  $14.233 \pm 0.0831$  g/l of Acidity (expressed in g/l tartaric ac.),  $11 \pm 0.5$  °GL); Antioxidant capacity and total polyphenols of the control sample (C) ( $25.3258 \pm 0.5911$  UMOL ET/100 ml,  $1.1641 \pm 0.0154$  mgGAE/100g), T1 ( $43.3218 \pm 1.7805$  UMOL ET/100 ml,  $1.2537 \pm 0.1112$  mgGAE/100g), T2 ( $58.9597 \pm 3.0268$  UMOL ET/100 ml,  $1.5618 \pm 0.0518$  mgGAE/100g) and T3 ( $153.2579 \pm 10.6921$  UMOL ET/100 ml,  $1.7401 \pm 0.0953$  mgGAE/100g), with the T3 treatment (15% yacon extract) having the greatest influence, due to the yacon extract, on its antioxidant capacity and total polyphenol content.

Sensory evaluation was carried out using a hedonic test which is a nine-point scale to 50 panelists, where the most accepted sample was the control sample because yacon did not provide a pleasant taste to treatments T1, T2 and T3. The attributes of color, smell and general appearance had no significant difference.

Keywords: mead, yacon, physicochemical characteristics, sensory characteristics.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Según informe de la ONU, programa para el medio ambiente (2022) las abejas son en cierta medida un beneficio económico para los habitantes, ya que el producto de la colmena se vende y deja un beneficio social, por lo tanto, mejora la población, haciéndose acreedor de una determinada capacidad de autoestima que en gran medida han olvidado intentos de inmigración. Además, por el valor nutricional de sus productos, contribuye a la dieta local y es esencialmente un proyecto que tiene un impacto positivo significativo en el medio ambiente a través de sus actividades de efecto polinizador. Es justo por este motivo que se deben buscar medidas para mejorar y expandir la producción con valor agregado para la miel obtenida. Sin duda, lograr estos aspectos ayudará a los productores a mejorar la situación en la que viven ellos y sus familias. La FAO señala que gran porcentaje de cultivar alimentos a nivel mundial es debido al trabajo que realizan las abejas y demás insectos mediante la polinización.

La apicultura en el Perú es considerada una alternativa sustentable, desarrollada instintivamente por la población como complemento a la economía rural, donde aún queda mucho trabajo por hacer.

Para explicar sobre la situación de los productores peruanos de miel, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri) (2021), manifiesta que en todo el territorio nacional hay más de 40 000 productores, ellos han dedicado su vida a la crianza de abejas. Estos aguerridos apicultores laboran en más de 300 000 colmenas estratégicamente distribuidas. En un informe de la revista AgroPerú del año 2022, se menciona que, en el distrito de Nepeña, especialmente en la parte del valle hablar de apicultura es hablar de una actividad que va tomando gran realce debido al crecimiento y acogida que está teniendo.

Solo dos productores de miel era la cantidad que laboraba hace algunos años en el 2019, pero actualmente podemos contar el número que alcanzan y se demuestra que ha incrementado a un aproximado 15 apicultores. Se confirmó que ellos trabajan con más de 70 colmenas. Estos apicultores son de los caseríos de Carap, Antaracá y Ocshapampa. De la misma manera se vino

expandingo esto a más apicultores de las localidades cercanas como Moro, San Jacinto (AGROPERÚ 2021). Al año 2022 el Valle de Nepeña en Áncash cuenta con más de 100 colmenas, es por ello que el Servicio para el Desarrollo Integral Rural (SEDIR) promueve la apicultura como una fuente importante de ingresos económicos. (AGROPERÚ 2022).

El yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) es una planta doméstica, crece en los andes y de consumo en Sudamérica, considerada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como un alimento novedoso y dietético cuyos valores nutricionales lo hacen un alimento potencialmente perfecto para los diabéticos y para personas en dieta. Almacena principalmente fructooligosacáridos (FOS), un tipo de azúcar especial con atributos enormemente beneficiosos para la salud humana. Los FOS no son digeridos directamente por el organismo, esto significa que son azúcares que tienen pocas calorías y no elevan el nivel de glucosa en la sangre.

Generar productos nuevos es una ardua tarea, pero el desarrollo de productos con valor agregado en el campo de las bebidas alcohólicas, en este caso de las bebidas tipo fermentación, abre un interesante mundo de posibilidades y de investigación. Una nueva rama de estudio se verá en el hidromiel con un excelente ambiente de desarrollo potencial y comercial. Añadido a esto mejorará la apicultura y por ende la situación actual de todos los que involucre, partiendo desde el apicultor, las abejas y obviamente la economía regional del lugar. (Chávez y Carrera, 2014).

Natividad et al. (2015), menciona que esta bebida alcohólica que lleva por nombre hidromiel o también llamada vino de miel, es el resultado de una combinación fermentada llamada mosto, que consiste principalmente en mezclar miel de abeja, agua y levadura (como ingredientes principales) que se fermentan. En la fermentación se producirán grados alcohólicos por efecto de la levadura que transforma el azúcar presente del mosto en alcohol. Esta bebida es una mezcla hidroalcohólica de agradable sabor y delicioso aroma, que ha sido apreciado en las épocas antiguas gracias a su valor nutricional y beneficios que aporta a la salud del hombre. Si a la preparación del hidromiel miel se le añaden materias primas como zumo de frutas y hierbas, el valor nutricional y las propiedades funcionales del producto se verán mejoradas, por

lo que es interesante conocer de antemano sus propiedades a la hora de añadir materias primas.

El diseño experimental usado en esta investigación es un DCA (Diseño Completamente al Azar). Teniendo 3 tratamientos y una muestra control por triplicado. En donde además se analizaron los resultados obtenidos con la ayuda del software STAT GRAPHICS 2016. La presente investigación de tesis buscó darle un aprovechamiento a los recursos que son la miel y el extracto de yacón (propios de nuestra localidad), combinándolos para elaborar esta bebida deliciosa llamada hidromiel. Las personas que consuman el hidromiel, además de su sabor único, obtendrán los beneficios que las materias primas y en conjunto poseen, especialmente en aumentar su capacidad inmunológica, combatir infecciones, desintoxicar el cuerpo, además que es una bebida que no causa resaca gracias a la ausencia de lípidos.

Planteándonos la siguiente interrogante: ¿cuáles serían los efectos sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y sobre la actividad antioxidante de una bebida elaborada artesanalmente a partir de la mezcla de agua y miel (hidromiel), cuando se le adiciona extracto de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en diferentes concentraciones, comparándola con la muestra control? Para poder dar solución a la pregunta en cuestión se determinó como objetivo general el elaborar una bebida a base de miel, agua (hidromiel de manera artesanal) y extracto de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) con características tanto fisicoquímicas como sensoriales aceptables y como objetivos específicos incluye formular diluciones apropiadas de miel, agua y extracto de yacón, así evaluar la aceptabilidad sensorial del hidromiel con extracto de yacón agregado, evaluar los parámetros del proceso de producción del hidromiel y adicionalmente evaluar el efecto del extracto de yacón sobre la capacidad antioxidante, y sus características fisicoquímicas del hidromiel.

La hipótesis planteada fue que el uso del extracto de yacón contribuye a aumentar la actividad antioxidante, características fisicoquímicas y sensoriales del hidromiel artesanal al ser añadido en la concentración de 15% (v/v) en comparación con respecto a la muestra control.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*)**

#### **2.1.1. Generalidades del yacón**

El lugar de procedencia natural del yacón es la zona de los Andes comprendida entre los 800 y 2800 m.s.n.m. En el Perú, el yacón se puede sembrar durante todo el año, sobre todo en lugares con riego y sin ocurrencia de heladas (Manrique et al., 2012). La clasificación taxonómica del yacón es la siguiente; sub reino eucariontes, reino plantae; filo tracofito; superclase angiosperma; clase dicotelidónea; orden asterales; familia asteraceae (compositae); especie sonchifolius; nombres comunes que se mencionan para el yacón son los siguientes llacon, aricama, jicama.

#### **2.1.2. Aspectos antioxidantes del yacón**

El yacón es un producto con potencial para el tratamiento de la diabetes, ya que tanto en las raíces como en las hojas se ha encontrado una acción hipoglicemiante y antioxidante.

La acción terapéutica que posee el yacón podría deberse en parte, a su capacidad para captar radicales libres derivados del oxígeno (ROS) que están involucrados en muchas enfermedades.

En términos generales, la raíz tuberosa del yacón recién cosechada contiene entre 50 y 70% de fructooligosacáridos (FOS) y acumulan, además, compuestos fenólicos derivados del ácido cafeico. Por otro lado, las hojas del yacón contienen sólo trazas de FOS y han sido identificados sesquiterpenos, lactonas y flavonoides (Lock y Rojas, 2005).

Valentona 2017 (como se citó en Arnoa et al. 2012) Está documentado que las propiedades antioxidantes en hojas y raíces de yacón se relacionan con la presencia de los ácidos clorogénico, ferúlico y cafeico.

#### **2.1.3. Actividad antioxidante del yacón**

El yacón siendo una raíz tuberosa, es rica en agua, fructooligosacáridos y compuestos fenólicos.

Ribeiro et al. (2016) comenta que en el estudio de los niveles de fenólicos totales, taninos, ácidos fenólicos y actividad antioxidante del yacón, se puede

encontrar mayor concentración de fenoles y taninos totales en la cáscara del yacón y en la pulpa de yacón se destaca como principal fuente de ácidos fenólicos, principalmente al ácido cafeico y clorogénico. El término ácido clorogénico se refiere a una familia de ésteres polifenólicos relacionados, incluidos los ácidos hidroxicinámicos (ácido cafeico, ácido ferúlico) con ácido químic. Así mismo el ácido cafeico es un compuesto orgánico que se clasifica como un ácido hidroxicinámico. Este contiene grupos funciones fenólicos y acrílico, por lo cual el ácido cafeico es un antioxidante in vitro.

#### 2.1.4. Composición del yacón

La raíz de yacón fresca se compone principalmente de agua y carbohidratos. Contienen entre un 10% y un 14% de materia seca, de los cuales aproximadamente un 90% son carbohidratos, entre un 50% y un 70% son fructooligosacáridos, es decir los fructooligosacáridos son aproximadamente un 10% del peso fresco, ósea un 70% a 80% de materia seca, el resto de carbohidratos son azúcares como fructosa, glucosa y sacarosa (Choque et al., 2013).

**Tabla 1.**

*Composición química proximal del yacón.*

(%) Características	Mascatto et al., (2009)	Ribeiro (2013)	Choque Delgado et al. (2012)
Humedad (%)	7.49	8.09	8.02
Proteína (%)	6.48	4.5	2.45
Lípidos (%)	0.31	0.67	0.87
Cenizas (%)	3.56	2.88	2.53
Fibra insoluble (%)	ND	11.79	3.46
Carbohidratos (%)	82.16	ND	86.13

Fuente: adaptado de (Mascatto et al., 2009); (Ribeiro, 2013); (Choque delgado et al., 2012)

Se evaluaron treinta y cinco productos de yacón y se encontró que tenían un contenido de materia seca de 7,5% a 19,1%, contenido de azúcares reductores de 19,7% a 75,9%, contenido de sacarosa de 2% a 16,8% y contenido de Fructooligosacáridos varios en base seca del 6,4% al 65% (Campo et al., 2012). La raíz fresca de yacón tenía un contenido de materia seca de aproximadamente el 8%, 7,5 °Brix y un pH de 6-6,5. El contenido de Fructooligosacáridos es de 24-35 g/100 g de yacón en base seca y el

contenido de fructosa libre es de 16-23 g/100 g de yacón en base seca. Además, cada 100 gramos de yacón base seca contienen 10,4 gramos de fibra dietaria, de los cuales 8,7 gramos son insolubles y 1,7 gramos son solubles (Castro et al., 2017).

#### **2.1.5. Beneficios del yacón.**

Debido a su alto contenido en fructooligosacáridos, se ha demostrado que el yacón tiene importantes propiedades prebióticas. Estos compuestos son resistentes a las enzimas del tracto gastrointestinal superior y solo pueden ser hidrolizados y fermentados por bacterias del colon. Los fructooligosacáridos estimulan el crecimiento de estos microorganismos y tienen un efecto positivo en el sistema intestinal, mientras que el yacón y una mezcla de lactobacillus casi pueden reducir el desarrollo del cáncer de colon inducido químicamente.

Estudios fitoquímicos de raíces y hojas de yacón han demostrado que contienen polifenoles, ácido clorogénico, ácido ferúlico, ácido cafeico y flavonoides con propiedades antioxidantes, analizado esto es recomendable para la prevención y tratamiento de diabetes, obesidad y otras enfermedades, cáncer, hipertensión, arteriosclerosis.

#### **2.2.Miel de abeja**

La miel es una solución sobresaturada de azúcares, estos azúcares tienen proporción del 80-90% de la composición total de la solución; los cuales la fructosa y glucosa son los azúcares que más abundan en la composición; el contenido de disacáridos en la composición total, como son sacarosa y maltosa se encuentran de 5-10 %p/p, donde también se pueden sumar algunos carbohidratos como son el turanosa, isomaltosa, maltulosa y maltosa.

Uno de los factores de la composición total de la miel de mucha importancia es la humedad, el cual se encuentra en una proporción de 17 a 20 % de la composición total de la miel. Este factor composicional afecta a la composición restante de la miel, las cuales son comprendidas por componentes que poseen menor proporción como son los minerales,

vitaminas, fenoles y ácidos; donde estos últimos a pesar de comprender una pequeña parte de la composición de la miel (0.5%), son determinantes en la clasificación según su origen botánico y en su aporte en las propiedades físicoquímicas (propiedades funcionales) de la miel; debido a que la acidez asociada es uno de los factores que ayuda a la determinación del sabor como también en el equilibrio frente a diversos microorganismos y mantenimiento de las múltiples reacciones químicas, factores importantes en la actividad antibacteriana y antioxidante de la miel (OJEC, 2012).

Por otro parte en cuanto a las propiedades funcionales atribuidas a la miel, se considera tanto la actividad antioxidante como también la actividad antibacteriana, vinculadas con el contenido de ácidos y compuestos fenólicos asociados, así como con el nivel de peróxido de hidrogeno y componentes como lisozima, ácidos fenólicos y flavonoides. Estos últimos compuestos brindan una acción contra bacterias gram positivas y gram negativas, según la respuesta antagónica que presenta la miel frente a la actividad patógena de agentes como: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*.

La acción antibacteriana de estos últimos compuestos no ha sido comprobada frente a levaduras y hongos, debido a que es común hallar mieles fermentadas naturalmente, proceso a la cual se debe especialmente al aumento en la humedad, lo cual además de apresurar la cristalización, también cambia la actividad acuosa y la presión osmótica beneficiando el crecimiento de diferentes levaduras, que normalmente conllevan la producción de alcohol y ácidos orgánicos como el acético, succínico y hasta láctico, lo cual estos compuestos altera las propiedades físicoquímicas y sensoriales de la miel.

### **2.2.1. Generalidades de la miel**

Este un producto pegajoso y a la vez dulce que las abejas lo obtienen al extraer el néctar de las flores, son las abejas obreras las que llevan la miel a la colmena. Luego, la cosecha de miel se almacena en la colmena y se deja madurar para usarla como alimento de respaldo (Root, 2015).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI, 2015) Las abejas pertenecen al orden Hymenoptera, uno de los órdenes de insectos más grandes, con alrededor de 200.000 especies.

Este orden incluye abejorros, hormigas, abejas y avispas. Esta especie fue traída al Perú por expediciones españolas, y posteriormente desde otras partes del mundo, por las abejas melíferas (*Apis mellifera*).

### 2.2.2. Tipos de miel

La miel se puede clasificar según diferentes criterios. Por eso, siempre es conveniente hablar de “miel” antes de “hidromiel”, porque, aunque todas son producidas por el trabajo de las abejas, existen infinidad de variedades y diferencias entre ellas. Según su origen podemos encontrar dos tipos de miel: miel vegetal y miel animal. Las mieles derivadas de animales también llamados melaza son de secreciones de insectos, pero no se venden porque no cumplen con las condiciones necesarias para el consumo humana por falta de nutrientes (Paco y Montano, 2018).

**Miel de origen vegetal (miel y mieladas).** Proviene de flores y árboles y se clasifican en:

- **Monoflorales.** En estas mieles predomina 51% de néctar de una sola especie de flor de la que derivan su nombre y principales características. También se cree que sus propiedades medicinales dependen de las flores.
- **Multiflorales.** Son mieles obtenidas del néctar de distintos tipos de flores, ninguna de las cuales es dominante. En estos casos, la designación se basa en el lugar de recogida (prado, bosque, etc.).
- **Mieles de mielada.** No provienen del néctar de la flor, proviene de secreciones localizada en otras partes de la planta o bajo la influencia de algunos insectos.

### 2.2.3. Propiedades nutricionales de la miel

Los diferentes tipos de miel se distinguen por su origen botánico y geográfico y sus métodos de producción. El rango de su

composición natural de sus más de 180 componentes determina los valores exactos de los componentes. El contenido de humedad es del 17-20%, el contenido de carbohidratos es del 75-80%, el contenido de proteínas es del 0,3% y el contenido de cenizas es del 0,2%.

**Tabla 2.**

*Composición nutricional de la miel de abeja en 100 gramos*

Componente	Cantidad
Agua (g)	14,1
Proteínas (g)	-
Grasas totales	-
Carbohidratos totales(g)	85,6
Fibra dietaria (g)	0,2
Carbohidratos disponibles (g)	85,4
Cenizas (g)	0,3
Calcio (mg)	26
Potasio (mg)	-
Hierro (mg)	0,40
Fosforo (mg)	10
Sodio (mg)	-
Zinc (mg)	0,22
vitamina C (mg)	1,30

Fuente: Adaptado de tablas peruanas (INS, 2017)

De los 20 carbohidratos distintos de fácil digestión que posee, tiene un 38% de fructosa y 31% de glucosa, seguida de maltosa y sacarosa. Los altos niveles de enzimas son importantes desde el punto de vista nutricional hablando y también fisiológicamente. Las enzimas contribuyen a la digestión y se consideran esenciales para las propiedades antisépticas de la miel. Además de la amilasa y la sacarosa, se valora especialmente la glucosidasa.

Esta enzima descompone la glucosa en ácido glucurónico y peróxido de hidrógeno, una sustancia que mata las bacterias. El color está relacionado con el contenido de nitrógeno. El sabor depende de diferentes flores o melaza. (Siedentopp, 2018).

#### 2.2.4. Parámetros fisicoquímicos de la calidad de la miel

**Tabla 3.**

*Parámetros fisicoquímicos de la calidad de la miel de abeja*

<b>Parámetro</b>	<b>Valores permisibles</b>
Sólidos insolubles (%m/m)	$\leq 0,1$ para miel diferente a la prensada $\leq 0,5$ para miel diferente a la prensada $\leq 20$
Contenido de humedad (%m/m)	$\leq 21$ para mieles de origen tropical
Contenido de azúcar reductor, calculado como azúcar invertido (%m/m)	$\geq 45$ (miel de mielato) $\geq 60$ (miel floral)
Contenido aparente de sacarosa (%m/m)	$\leq 5$ $\leq 10$ mieles de origen tropical
Contenido de sustancias minerales (cenizas)(%m/m)	$\leq 0,6$
Conductividad eléctrica (mS/cm)	$\leq 0,8$
Acidez libre (meq/1000g)	$\leq 50$
Índice de diastasa (escala Schade)	$\geq 8$ $\leq 40$
Hidroximetilfurfural (HMF) (mg/Kg)	$\leq 60$ para mieles de origen tropical
Determinación de metales pesados (Cu, Cr, Pb, Hg)	Los límites máximos permitidos serán los establecidos por el ministerio de la protección social

Fuente: Codex Alimentarius (2022).

- Calidad de la miel

Controlar la calidad de la miel garantiza que no ha sufrido modificación alguna, lo cual es importante para garantizar la seguridad de los consumidores. Los límites de la composición de un producto natural como la miel los determina la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (Codex alimentarius, 2022).

El Codex alimentarius y la Comisión Internacional de la Miel (IHC) han estandarizado una serie parámetros fisicoquímicos que debe cumplir la miel para ser alimento que se considere de calidad, estos parámetros son su composición fisicoquímica de la miel, y algunos de ellos son indicadores para poder determinar si la miel ha sido adulterada o tuvo una mala manipulación.

- Acidez libre de pH

Aunque diversos consejos reguladores y autoridades sanitarias no establecen límites de pH, de 3,2 a 4,5 se determinó que es un rango estandarizado. En la miel, la acidez inhibe la proliferación de ciertos microorganismos, ya que el pH de crecimiento óptimo para la gran mayoría de estos está entre 7,2 y 7,4 (Da silva, 2016). La acidez libre está relacionada con la descomposición de la miel, caracterizado por la existencia de ácidos orgánicos que están total armonía con lactonas y algunos sulfatos, fosfatos, y cloruros (iones inorgánicos).

- Humedad

La humedad es uno de los factores esenciales para la preservación de la miel, llegando a obtener su valor los 15g/100g. Hasta 21 g/100 g dependiendo del origen de la planta, condiciones climáticas, grado de madurez, métodos procesamiento y del almacenamiento. Es un factor que dependen de otras propiedades, tales como es la viscosidad y cristalización, así mismo también del color, sabor, gravedad específica y solubilidad (Escudero, 2013).

- Cenizas

Las cenizas son un parámetro también de calidad de la miel y estima la cantidad de minerales presentes en ella. La cantidad de minerales que puede contener está íntimamente relacionada con la contaminación del ambiente donde se produce la miel, así como con el posible origen de donde proviene, ya que influye en gran medida de la clase de suelo en el que crece la flora de la que dependen las abejas (Karabagias, 2014)

## **2.3.Hidromiel**

### **2.3.1. Origen del Hidromiel**

Según la definición del diccionario de la RAE (Real Academia Española), la palabra “hidromiel” es de género masculino; sin embargo, casi siempre se expresan de “La hidromiel” en femenino. (Rasmia 2018). Este término será expresado por nosotros según la RAE como el hidromiel (masculino).

Al mezclar agua y miel se obtiene una bebida fermentada por nombre hidromiel, su origen data de hace 7000 años (Barriga, 2010). Existe evidencias del hidromiel en las civilizaciones egipcia, china, iraní, persia e india. Esta bebida era considerada el néctar de los dioses, ya que tenía efectos mágicos y curativos. Se encontró que también era usada en ceremonias y rituales (Romero 2012).

Los cambios tanto en las condiciones de trabajo como en la forma de la elaboración determinan no solo la efectividad del proceso sino la calidad del producto final. Drástica modificación en la temperatura del proceso varía el desarrollo del hidromiel.

### **2.3.2. Ingredientes utilizados en la elaboración de hidromiel**

Las producciones del hidromiel artesanal existen tres ingredientes principales; miel abeja de distintas flores, una levadura que pueda producir la fermentación, y agua potable con diversas calidades organolépticas

(Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, 2014).

También se necesitan y requieren otros adjuntos, como los sustratos conocidos como nutrientes para las levaduras para que pueden generar la fermentación, bacterias que generan una fermentación maloláctica.

**a) Miel**

La miel es una sustancia dulce natural producida por abejas a partir del néctar de las plantas, de secreciones de partes vivas de éstas o de excreciones de insectos succionadores de plantas, que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas reúnen, transforman y mezclan con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, guardan y dejan en el panal para que madure y añeje (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014)

**b) Levadura**

Levadura es un término general para varios hongos, incluidas bacterias patógenas de plantas y animales, así como especies que no solo son inofensivas, sino también muy útiles. De hecho, las levaduras conforman el microbiota, y ciertas especies de levaduras del género *Saccharomyces* son capaces de realizar procesos de fermentación, propiedad que se utiliza desde hace muchos años en la producción de pan y bebidas alcohólicas. La *Saccharomyces* es el tipo de levadura más explotada comercialmente, de todas las especies que hay; *Saccharomyces cerevisiae* se utiliza con mayor frecuencia porque ayuda en tres procesos industriales principales; industrias de bebidas alcohólicas como producción de cerveza y vino, industria de panificación y producción de biomasa, potenciadores y saborizantes (Gonzales y Valenzuela, 2015).

### c) Agua

El agua es un componente utilizado en la creación y manufactura de productos consumibles (productos alimenticios). El agua utilizada para preparar los productos debe ser segura para el consumo humano, la fuente de agua debe ser confiable, si existen tanques u otros sistemas de almacenamiento de agua, deben someterse a procesos periódicos de limpieza y desinfección, al menos dos veces al año y después de cualquier tipo de mantenimiento del sistema de almacenamiento. Si el agua proviene de otras fuentes como pozos, es muy recomendable realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos para conocer las características del recurso e implementar medidas de control que garanticen su seguridad (Rubiano y Del pilar, 2019).

#### 2.3.3. Clasificación de hidromiel.

Con la denominación de la hidromiel o Aguamiel, se entiende que es una bebida alcohólica fermentada, elaborada a partir de la miel diluida en agua potable

Con la denominación de hidromiel compuesta o hidromiel de frutas, se entiende que es un producto obtenido de la fermentación de la miel diluida en agua potable y levadura, adicionado extracto o zumo de frutas.

Pueden clasificarse de acuerdo con la dulzura residual que este puede poseer en:

- **Seco:** Tipo de hidromiel robustamente fuerte y se toma frecuentemente como agregado, aperitivo o acompañamiento y es caracterizada por un contenido bajo de miel (azúcar).
- **Semidulce:** Es la combinación entre un hidromiel seco y uno dulce, este tipo de hidromiel se puede consumir acompañando en general todo tipo de comidas.
- **Dulce:** Este tipo de hidromiel, se desarrolla a partir del mosto el cual se caracteriza por tener un elevado contenido de miel (azúcar), no obstante,

puede proporcionar un elevado contenido de azúcares residuales, que de por sí pueden dar un sabor placentero al gusto (Código Alimentario Argentino, 2018).

**Tabla 4.**

*Lecturas de densidad según tipo de hidromiel.*

TIPO DE HIDROMIEL	CARACTERISTICAS	DENSIDAD (gr/ml)
Hidromiel	Seca	0.999-1.006
Hidromiel	Semiseca	1.006-1.1015
Hidromiel	Dulce	1.012-1.020

Adoptado de (Guía de MAGP 2016)

#### 2.3.4. Bases para la elaboración de hidromiel

##### - Preparación del mosto

Para elaborar el mosto se debe mezclar agua y miel, inicialmente se debe verter agua en un recipiente y calentamos (el recipiente se recomienda que sea de acero inoxidable), para luego añadirla a la miel. Al finalizar se deberá agitar la mezcla para facilitar la disolución de la misma. La proporción de miel utilizada en el mosto no debe ser demasiado alta, ya que la cantidad más adecuada es 25 a 30 kg de miel mezclada con agua necesaria para obtener 100 litros de producto. Cuando necesitas una bebida dulce, necesitas hasta 40 kilogramos de miel. Concretamente se puede decir que con 25 kg de miel diluidos en 83 litros de agua se pueden obtener unos 100 litros de miel seca. Se obtuvieron de 10° a 11°GL (Andrade y Rivadeneira, 2010).

##### - Esterilización del mosto

Lo primero en esta etapa es llevar el mosto a ebullición. Una vez ahí mantener a esa temperatura durante 7 a 10 minutos para matar las bacterias

de la miel. Aparecerá espuma durante la esterilización, esto se deberá a las impurezas que contiene la miel. La espuma será retirada con mucho cuidado usando una espumadera o filtro y volver a lavarla para evitar su reintroducción, ya que el mosto seguirá produciendo más espuma a medida que avance el proceso de esterilización. Al eliminar la espuma, la miel se volverá más transparente y clara, eliminando la necesidad de un procesamiento fino una vez finalizado el proceso de fermentación.

Se debe tener en cuenta que después pasar el tiempo de hervor del mosto, este se retira del fuego y también se añade la cantidad de agua perdida al ser expuesta a temperaturas elevadas (Bertello, 2014).

- **Ajuste del mosto (Corrección de azúcar)**

Se realizan ajustes o correcciones al mosto cuando no se alcanza la concentración de azúcar requerida para producir miel con un grado alcohólico aceptable, sin pensar que un buen vino debe tener una graduación alcohólica de 13 a 14° GL o más. Es una idea sensata. El valor °GL del vino blanco de mesa debe ser de al menos 11°. Se puede alcanzar una concentración razonable si la concentración de azúcar por cada 100 gramos de azúcar/ml de líquido es inferior al 18% (concentración de azúcar con Fehling).

Cuando el mosto empieza a calentarse, se debe hacer el endulzamiento, es decir se debe realizar al comienzo de la fermentación. El mosto con un Brix de 10° tiene un contenido de azúcar alrededor del 10%, teniendo en cuenta que 2°Brix da 1°GL, se deben realizar los ajustes o correcciones necesarias para lograr el contenido alcohólico deseado del vino.

La densidad de la miel es de aproximadamente 14,20°. Por cada 25 gramos de miel diluidos en 1 litro de agua (densidad 1000°), su densidad aumenta 10°. Por cada 10° de aumento en la concentración del jugo, la cantidad total de productos de fermentación aumenta en 1°.

### 2.3.5. Factores en el proceso de la elaboración de una bebida alcohólica

#### - **Temperatura**

Estándar el cual condiciona la cinética fermentativa de la levadura y los parámetros de la fermentación. El rango de temperatura varía según el tipo de vino. Generalmente, el rango de temperatura es de 14 a 18 °C para el vino blanco o rosado, de 22 a 26 °C para el vino tinto joven y de 22 a 26 °C para el vino tinto envejecido en barrica. El rango de temperatura es de 26 a 30 °C. Las temperaturas inferiores a 10°C pueden ralentizar demasiado la cinética de fermentación. Por el contrario, temperaturas superiores a 30°C pueden hacer que la levadura se vuelva hiperactiva y pierda gran parte de su potencial aromático, provocando problemas con la reducción del vino.

#### - **pH**

Ese factor tiene importancia en el desarrollo de la levadura. Un rango de pH de 4,5 a 6,5 es óptimo donde crece la levadura, pero puede estar bajo un pH mínimo permitido de 2 y pH máximo de 8. En pH ácido, el proceso de fermentación de la levadura dura más y el mosto está aislado de posible contaminación o ataques de bacterias. (Recalde, 2010)

Así mismo el pH óptimo, que debe tener el mosto para el hidromiel artesanal debe ubicarse en un rango de 3,1 a 3,6; para el hidromiel de postre el pH debe estar en un rango desde 3,4 a 3,8. (Recalde, 2010)

#### - **Acidez Total**

La acidez total del hidromiel estará representada por la suma de todos los ácidos presentes en él. Se determina llevando el hidromiel hasta un pH 7.0, por adición de solución de hidróxido de sodio. Los ácidos presentes y valorables en esta deliciosa bebida son esencialmente el tartárico, málico, láctico, succínico, acético, etc. Generalmente, la acidez del hidromiel es menor de 3,3 g/l, esta medida se muestra en base al ácido predominante, en este caso el ácido tartárico.

- **Grados °Brix**

Lo sólidos solubles o grados °Brix del mosto de hidromiel debe ser de 16 a 20°Brix, debido a que, si esta concentración es más baja, el contenido de alcohol resultante será muy bajo, mientras que si hay un exceso de sólidos solubles no se producirá la fermentación, esto es porque la presión osmótica que actúa sobre las levaduras es alta y les impide actuar sobre el azúcar produciendo la fermentación (Macías, 2014).

### 2.3.6. Caracterización sensorial del hidromiel

Tomado de la “Guía de estilos del hidromiel 2021” (Gordón y England, 2021)  
A continuación, se dan a conocer las generalidades del hidromiel en características organolépticas y fisicoquímicas.

- **Aroma.**

El aroma del hidromiel a miel variará dependiendo del dulzor y en función a la posible intensidad del hidromiel. Los hidromieles más robustos o también más dulces pueden llegar a poseer un aroma más fuerte a miel en comparación a otras versiones que pueden ser muy secas o muy suaves.

La oxidación es el principal inconveniente de una gran cantidad de hidromieles, y a menudo se manifiesta como un fuerte olor o jerez de melasa. La delicada naturaleza de la oxidación del hidromiel puede añadir complejidad en algunos casos, pero no cuando la oxidación le quita dicha característica al hidromiel. En hidromieles más dulces puede tener un aroma a miel más notable que otros tipos de hidromieles más secas. Dependiendo del tipo de miel tienen diversos problemas durante la fermentación que son diferentes entre sí, donde algunas de estos son más reconocibles que otras (por ejemplo, aguacate/palta, palmito). (Pérez et al. 2017).

- **Apariencia**

El tipo de color del hidromiel puede cambiar significativamente según el tipo y la variedad de la miel que se utilice para su elaboración, así también como cualquier otro tipo de insumo y/o ingrediente adicional que se pueda

emplear. Dependiendo de su lugar de origen, variedades, tipo de miel pueden llegar hacer casi transparentes, mientras que otras mieles su color puede llegar a ser de un color oscuro (marrón). Si no se declara una miel, se permite casi cualquier color, pero si se declara un tipo de miel, el color normalmente debería ser un indicador el tipo miel utilizada; así mismo es necesario tener en cuenta el tono, la pureza del color y sobre todo la saturación.

- **Sabor**

La intensidad del sabor del hidromiel dependerá de la cantidad de dulzor que tenga el hidromiel en referencia al contenido e intensidad miel. Las versiones robustas y a la vez dulces tendrá un sabor más fuerte a miel, en comparación a la versión más suave, así como también más seca. Los diferentes tipos de miel poseen diferentes fortalezas y propiedades que pueden llegar hacer más reconocibles que otras. Si se declaran los tipos de miel, el carácter de la variedad debe ser claro, aunque sea totalmente tenue. El hidromiel del tipo seca tendrá azúcar residual, el hidromiel del tipo dulce posee un dulzor notable o notorio, mientras que el hidromiel del tipo semi-seca posee un dulzor equilibrado. El dulzor residual nunca tiene un sabor empalagoso o almibarado que recuerde a la miel fermentada. La adición de un aditivo, ya sea un ácido o un tanino, debe realzar el sabor de la miel y equilibrar el sabor genera del hidromiel sin ser demasiado ácido o astringente.

- **Sensación en boca.**

Antes de calificar, preste atención al nivel de dulzor, intensidad y saturación indicados, así como a cualquier ingrediente que sea especial, este puede afectar al sabor en la boca. El cuerpo del hidromiel tiende a aumentar en hidromieles más fuerte y/o más dulce a veces y puede volverse bastante pesado, que el hidromiel sea demasiado flaco o demasiado aguado tampoco es deseable. La acidez natural suele estar presente.

## **-Impresión general**

De manera general, el hidromiel bien preparado tendrá un agradable equilibrio de sabores de los que destacan el dulzor, así como la acidez, también los taninos y sobre todo el alcohol y el sabor a miel. La intensidad, el dulzor y la edad afectan en gran medida la presentación general. Todos los ingredientes deben mezclarse completamente con otros ingredientes para que así el producto final obtenido este totalmente armonioso. Gordón (2021) menciona que estas características del hidromiel son las que la diferenciarán de otras bebidas como la cerveza o sidra.

### **2.3.7. Propiedades del hidromiel**

Una generosa proporción de sustancias dentro de las cuales están los minerales, las proteínas, las vitaminas, los antioxidantes y los azúcares hacen que el hidromiel sea rico y beneficioso, por consiguiente, lo hacen saludable para el cuerpo. Además, su contenido de bacterias y levaduras lo convierte en una de las bebidas probióticas más antiguas y más consumidas hace muchísimos años en la antigüedad. (López O. y Rangel J. 2017)

Las propiedades del hidromiel son:

- Aumenta la inmunidad: el hidromiel cumple con aumentar el sistema inmunológico contra los patógenos resistentes a los antibióticos.
- Combate infecciones: el hidromiel elaborada con miel fresca, en particular, contiene altos niveles de bacterias de ácido láctico, que proviene del estómago de las abejas. Esto atribuye a la miel propiedades para combatir las infecciones.
- Desintoxica el cuerpo: es un brebaje alcohólico lleno de antioxidantes, especialmente el hecho con miel oscura. Esto lo convierte en una fórmula ideal para reducir la inflamación crónica y la actividad de radicales libres cuando se consume con moderación.
- Por la ausencia de lípidos, no causa resaca ni dolores de cabeza, permite que el organismo procese rápido el alcohol. Por tal razón la bebida fue muy utilizado por los soldados romanos y también una de sus favoritas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.Lugar de ejecución**

La fase experimental de este estudio de investigación se ha realizado dentro de los ambientes y laboratorios de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote - Áncash, los cuáles fueron:

- Planta Piloto de la escuela de Ingeniería Agroindustrial.
- Laboratorio de Control de Calidad del IITA (Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial)
- Laboratorio de Diseño y Formulación de nuevos productos del IITA (Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial).
- Laboratorio de Bioproceso del IITA (Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial).

#### **3.2.Equipos, materiales y reactivos**

##### **3.2.1. Materia prima**

- Yacón 5.5 kg (procedente de la región Áncash, de la ciudad de Huaraz), obtenido en el mercado mayorista “La Perla” en la ciudad de Chimbote, en estado totalmente fresco sin la existencia de algún tipo de deterioro.
- Miel de abeja 5.2 kg (procedente de Pichiu, distrito de Pamparomas, provincia de Huaylas-Áncash), obtenido en el “Primer encuentro de apicultores del Valle de Nepeña 2023”, celebrado por SEDIR en el distrito de Moro.
- Agua de mesa UNS, un bidón de 20 litros, obtenida y fabricada en la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

### 3.2.2. Insumos

- Ácido cítrico
- Levadura Safale us-05 “Levure seche de haute fermentation” (*Saccharomyces cerevisiae*)

### 3.2.3. Reactivos

- Acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )
- Ácido Gálico  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$ )
- Agua destilada
- Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
- Fenolftaleína
- Folin Ciocalteu. (FRC). Marca Merck
- Folin Denis
- Hidróxido de sodio 0.1N ( $\text{NaOH}$ )
- Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )
- TROLOX (Acido – 6 – hidroxil – 2, 5, 7, 8 -tetrametilcroman - 2 carboxílico)
- TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina)

### 3.2.4. Equipos

- Agitador magnético Vortex V1 plus BOECCO. Alemania.
- Balanza analítica (0.1mg) de precisión de marca - Precisa, tipo de Modelo 220<sup>a</sup>, Serie:321LX, Rango: Max. 220 g. - min. 0,01g. e=0.001 g. Suiza.
- Centrífuga de marca Digicen 21 R, Orto Alresa, de España.
- Equipo baño María IKA HB10 digital, Alemania.
- Licuoextractora HR2826, marca Phillips. Países Bajos.
- Laptop Lenovo Core I5, China.

- Lector Multimodal, de marca Syner-gy H1, BioTek, Estados Unidos.
- Lavadora ultrasonido, marca Branson modelo 5800 serie CPXH-E, Estados Unidos.
- Mesas de acero inoxidable.
- pH-meter multiparámetro digital marca: Thermo Scientific.
- Refractómetro ATC, marca: Atago, Modelo: N-1 $\alpha$ .
- Refractómetro ATC, marca: Precisso, rango 0 a 90 %.
- Refrigeradora, marca Samsung Modelo: RT29K571JS8, Corea del Sur.
- Rotavapor, marca IKA, modelo: RV 10 digital V, Alemania.

### **3.2.5. Instrumentos**

- Micropipeta con rango de capacidad: 1000-5000  $\mu$ L, Marca: KACIL.
- Micropipeta con rango de capacidad: 2-20ul, Marca: WITOPET.
- Termómetro de mercurio de rango 0 a 100 °C.

### **3.2.6. Materiales de vidrio y otros**

- Bureta.
- Cubiertos.
- Cuchillos.
- Envase de polipropileno 500 ml.
- Espátula.
- Fiolas de capacidad (10, 25, 50, 100,250, 500 ml).
- Matraces Erlenmeyer con capacidad (50, 100,250 y 500 ml).
- Morteros.
- Ollas.
- Pipetas de capacidad (5 y 10 ml).
- Placas Petri.
- Probetas de capacidad (50,100 y 500 ml).
- Papel aluminio.

- Pinzas de madera y metal.
- Tubos de ensayos.
- Tabla de picar
- Varilla agitadora.
- Vasos precipitados de capacidad (50,100,250,500 y 1000 ml).

### **3.2.7. Materiales de proceso**

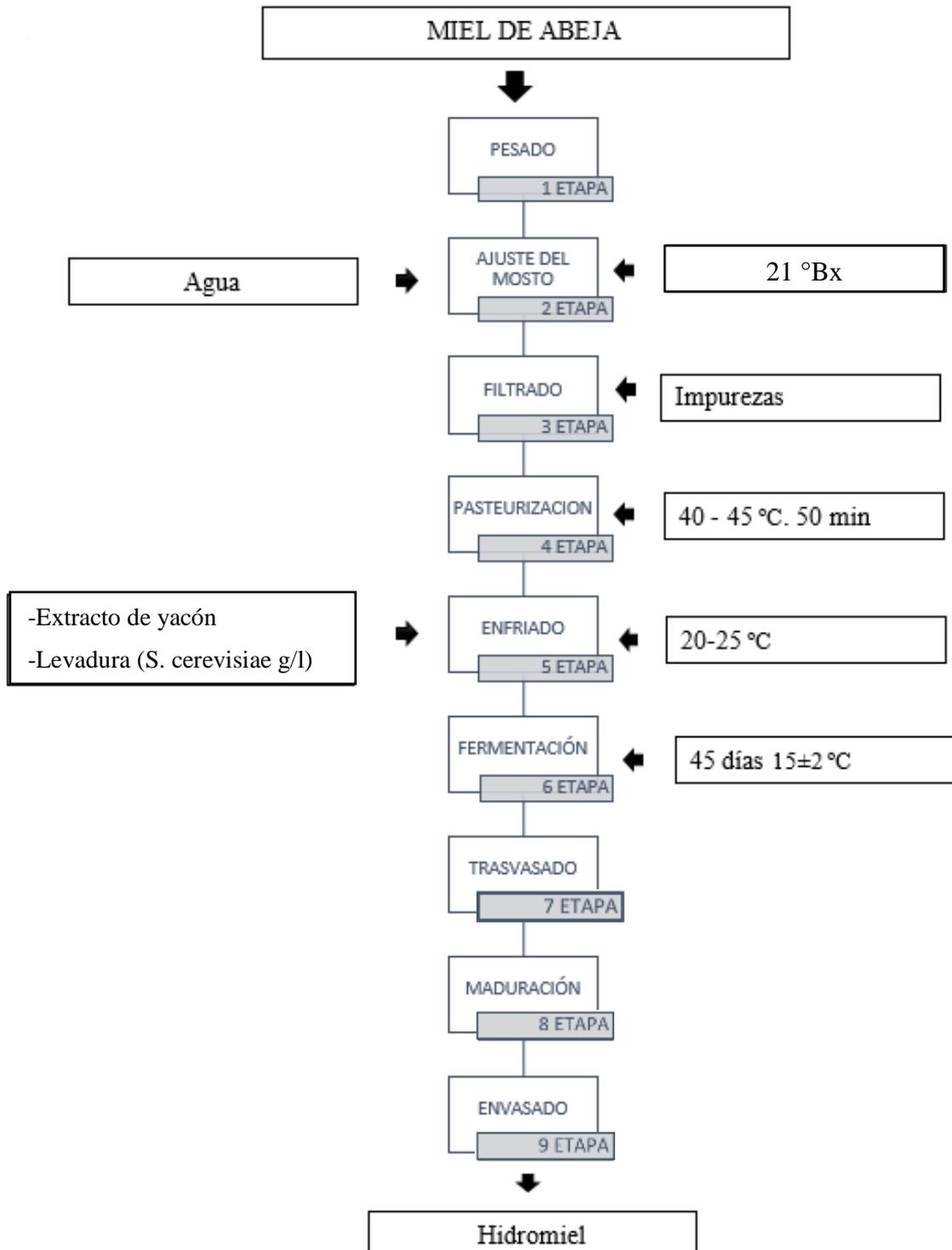
- Chapas para botella de vidrio, R&R cerveceros, Perú.
- Cuatro Botellones de vidrio transparentes de 4 litros
- Botellas para envasar color ámbar 32 unidades de 330 ml.
- Cuatro tapones de corcho de 2", genérico, Perú.
- Coladores, Rey, Perú.
- Enchapador manual para botellas.
- Papel toalla, Elite, Perú.

## **3.3.MÉTODOS**

### **3.3.1. Desarrollo general:**

Para evaluar el efecto del extracto de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en sus características fisicoquímicas, sensoriales y actividad antioxidante de hidromiel artesanal, primero se procedió a elaborar el hidromiel artesanal como se muestra en la figura 1, el cual se desarrolló en 3 tratamientos y una respectiva muestra control. Posteriormente se procedió a obtener el extracto de yacón descrito en la figura 2 teniendo muy en cuenta el pardeamiento rápido que este presentó.

### 3.3.1.1. Diagrama de flujo por etapas en la elaboración del hidromiel.



**Figura 1.** Procedimiento de elaboración del hidromiel artesanal con adición de extracto yacón.

### 3.3.1.2. Manejo específico del experimento

✓ **Materia prima.**

La miel es procedente de Pichiu, distrito de Pamparomas, obtenido en el “Primer encuentro de apicultores del Valle de Nepeña 2023”, celebrado por SEDIR en el distrito de Moro, una miel fresca y pura.

✓ **Pesado.**

La miel de abeja y el agua se pesaron conforme a los valores previamente calculados mediante balance de materia realizado en el Anexo 1, teniendo en cuenta la densidad de la miel, que se realizó en Anexo 1, para poder pesar cada uno de los insumos se usó una balanza digital de platos con una capacidad de 10 kilogramos.

✓ **Ajuste del mosto.**

Se ajustó el mosto a un contenido de 21 °Brix, mezclando 18.258 % de miel de abeja y 81,742 % de agua, cuyos valores fueron calculados de acuerdo al balance de materia en el Anexo 1.

✓ **Filtrado.**

Una vez alcanzado los 21° Brix en la solución madre “mosto” se procedió a filtrar, para esta etapa se utilizó una malla especial (tul) y un recipiente de material especial (acero inoxidable) que previamente se esterilizó. Se realizó este proceso con la finalidad de poder quitar toda impureza que pueda haber estado presente en el mosto.

✓ **Pasteurizado.**

Se realizó el calentamiento de la solución madre “mosto” a una temperatura promedio de 40 - 45 °C durante un periodo de 50 minutos, esto es con la finalidad de inactivar todo microorganismos ajenos a la fermentación.

✓ **Enfriado.**

A continuación, se dejó enfriar la solución madre “mosto” hasta una temperatura promedio de 20 - 25 °C, en la cual se añadió el extracto de yacón, este servirá como nutriente debido a las características que posee, por lo cual

permitirá el crecimiento y desarrollo de las levaduras. Las concentraciones añadidas

fueron:

- Muestra Control, 0% extracto de yacón
- Tratamiento 1, 5% (200 ml extracto de yacón)
- Tratamiento 2, 10% (400 ml extracto de yacón)
- Tratamiento 3, 15% (600 ml extracto de yacón)

✓ **Fermentación.**

El proceso de fermentación se realizó en recipientes que tiene una capacidad de 4 litros, donde se añade la levadura “inoculo” previamente pesado y se agita (levadura activa seca 2,3 g). Se realizó el control de °Brix, pH y acidez 2 veces por semana hasta culminar el proceso fermentación, misma que dura en promedio 45 días a una temperatura estándar de  $15\pm 2$  °C.

✓ **Trasvasado.**

En esta parte del procedimiento, la finalidad es poder quitar los sedimentos producidos durante el proceso de fermentación, permitiendo la clarificación del hidromiel y obteniendo así una bebida límpida sin residuo de levadura.

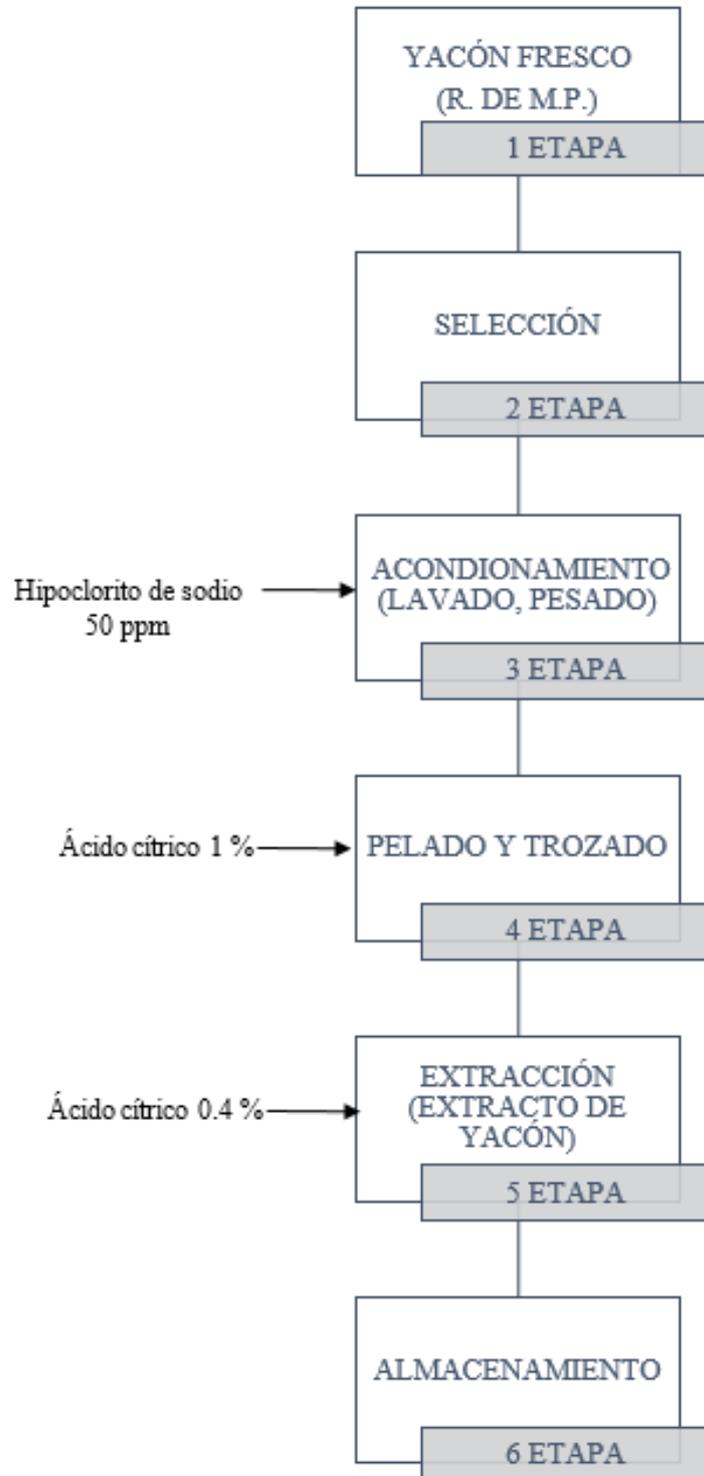
✓ **Maduración.**

Esta etapa se denomina maduración o guarda, etapa de transformaciones que tienen lugar entre el final de la fermentación y filtración del hidromiel previo al embotellado.

✓ **Envasado.**

Se realizó de forma manual, para lo cual se usó botellas con capacidad de 330 ml, de color oscuro, las mismas que antes de su utilización son previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio “Clorox”. Las botellas se llenarán dejando un espacio promedio de 4 cm<sup>3</sup> total de vacío y posteriormente son selladas con chapas metálicas características para estos envases, previamente también desinfectadas.

**3.3.1.3. Diagrama de flujo por etapas para la obtención de extracto de yacón.**



**Figura 2.** Procedimiento de obtención del extracto de yacón.

#### **3.3.1.4. Descripción del proceso de obtención de extracto de yacón)**

✓ **Recepción de materia prima**

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) que se usó en la presente investigación, es traído de la ciudad de Huaraz hacia el mercado La Perla, Chimbote-Áncash; y se recepcionó en la planta piloto de ingeniería agroindustrial de la UNS.

✓ **Selección**

En esta etapa se buscó apartar los yacones no aptos para la obtención del extracto. Se separaron productos con daños mecánicos, arrugamientos, manchas, ataque biológico y defectos fisiológicos.

✓ **Lavado y pesado**

Con el fin de remover la tierra bien impregnada en la superficie externa fue necesario el uso de esponja y escobilla para una buena remoción, todo en una solución de agua con hipoclorito de sodio a 50 ppm. El yacón se pesó para obtener un rendimiento en la materia prima.

✓ **Pelado y trozado**

Aquí, secuencialmente se peló el yacón con mucho cuidado utilizando un cuchillo. A medida que se pelaban las raíces, fueron trozados y puestos en un recipiente que contenía agua y ácido cítrico al 1% con el fin de retardar el pardeamiento.

✓ **Extracción**

Esta etapa se realizó con el uso de un extractor marca PHILLIPS para obtener el extracto de yacón, se le adicionó 0.4% de ácido cítrico para mejorar las condiciones y evitar el pardeamiento.

✓ **Almacenamiento**

Se almacena el extracto de yacón por un tiempo mínimo para agregarlo rápidamente a las muestras previamente elaboradas de hidromiel según las concentraciones de 5,10 y 15% v/v.

### 3.3.2. Métodos de análisis:

#### 3.3.2.1. Determinación de sólidos solubles

Se determinó según el método 923.12 de la A.O.A.C (2000) usando el refractómetro digital. Se depositaron 3 gotas de las muestras en el refractómetro y se procedió a lecturar.

#### 3.3.2.2. Determinación de la Acidez

La determinación de acidez para la materia prima se realizó mediante el método de acidez titulable siguiendo el método de la AOAC 942.15 (2002).

Tomar una muestra representativa del lote. Esta deberá tener características representativas, como tamaño y color.

- Utilizar el extractor para adquirir en su totalidad el extracto del yacón.
- Tomar 5 ml del extracto y colocar en el matraz Erlenmeyer de 10 ml.
- Luego añadir 2 gotas de Fenofltaleína.
- Titular el extracto con una solución de Na (OH) 0.1 N, hasta obtener el cambio de la muestra a un color Rojo Grosella, así mismo después se debe anotar el gasto del NaOH 0.1N.
- Se calcula la acidez según la siguiente formula:

$$\%Acidez = Gasto NaOH \times (0.1) \times K \times FC$$

Donde:

Gasto NaOH 0.1 N = ml de NaOH 0.1N gastada en la titulación

FC=Factor de corrección (1 para NaOH estandarizado)

K=Constante del ácido predominante en la muestra (0.067 el ácido málico, 75 peq. para el ácido tartárico)

- Se ejecuta por triplicado y se expresa el promedio.

Para la muestra de Miel se realizó mediante el método de AOAC- 962.19 para la Acidez libre de Miel, acidez lactona y total; de la siguiente manera:

### a) Principio

La miel posee ácidos orgánicos libres y también lactona. La lactona llega a generar los ácidos correspondientes cuando la miel se llega a alcalinizar, estableciendo una posible reserva potencial de acidez. La acidez libre se halla por valoración potenciométrica con alcali hasta un promedio de pH 8.50 y la acidez lactónica se determina por valoración de retroceso con la incorporación de un exceso también conocido de base.

### b) Materiales y equipos

- pH-metro equipados por electrodos de vidrio
- Agitador magnético
- Microbureta de 10 mililitros

### c) Reactivos

- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.05 N
- Solución de ácido clorhídrico (HCL) 0.05 N

### d) Procedimiento

Pesar exactamente 10 gramos de muestra “miel” en un vaso precipitado 100 ml y posteriormente disolverlo en 75 ml de agua destilada (agua exenta de dióxido de carbono). Sumergir el pH-metro en esta disolución, agitar con el agitador magnético a una velocidad constante y luego agregar la disolución de NaOH al 0.05 N con una microbureta de 10 ml. La adición se debe detener cuando el valor del pH logra llegar a un valor de 8.50. Adicionar enseguida con la ayuda de una pipeta 10 ml de la misma disolución, y sin perder el tiempo se debe valorar por retroceso con la disolución de HCl 0.05N con una la ayuda de una micro bureta de 10 ml hasta llegar a un pH promedio de 8.30.

### e) Cálculos

- Acidez libre (meq/kg) =  $\frac{(V_b - V_0) * 1000}{p}$
- Acidez lactónica (meq/kg) =  $\frac{(10N_b - V_a N_a) * 1000}{p}$
- Acidez total = Acidez libre + acidez lactónica

Siendo:

- $V_b$  = Volumen en ml, de base consumido para poder llegar a un pH promedio de 8.50

- $V_o$ = Volumen en ml, de base consumido por 75 ml de agua destilada para poder llegar a un pH 8.50.
- $V_a$ = Volumen en ml, de ácido consumido en la valoración por retroceso para llegar a un pH promedio de 8.30
- $N_b$ = Normalidad de la base
- $N_a$ = Normalidad del ácido
- $p$ = peso en gramos de la miel

### 3.3.2.3. Potencial hidrógeno (pH)

Se determinó según el método potenciométrico 981.12 de la A.O.A.C. (2000) usando pH-metro digital. Mediante medición directa a través de la inmersión del electrodo de pH en la solución de la muestra.

### 3.3.2.4. Polifenoles Totales

Los de polifenoles totales (PT) se determinó con el método de colorimétrico de Folin-Ciocalteu adaptadas para un ensayo en una placa de 96 pocillos por Nagaraj et al. (2022).

#### Preparación de reactivos

Se preparó ácido gálico a una concentración de 450  $\mu\text{g/ml}$ , pesando 0.225 gramos de ácido gálico en 50 ml de agua destilada, de igual manera se preparó carbonato de sodio al 20% (p/v) en una fiola de 20 ml, y por último se preparó el reactivo Folin Ciocalteu a una concentración 2N. Se preparó los reactivos para la extracción de las muestras, se preparó una solución de Metanol/Agua 50/50 (v/v), la cual se acidificó con hidróxido de cloro 2N hasta llegar a pH de 2, asimismo se preparó una solución acetona/agua 70/30 (v/v)

#### Preparación de la curva estándar

Se colocó 6 tubos eppendorf y se adicionó diferente cantidad de ácido gálico para preparar las diferentes concentraciones, se hace reaccionar con 100 microlitros de Folin Ciocalteu, dejar reaccionar 5 minutos para luego adicionar 50 microlitros. Pesar, aforar y agitar en el Ultrasonido. Luego centrifugar, separar el sobrenadante, adicionar colorante. Anotar la absorbancia 20' 4000 rpm. Sedimento 520 nm Ácido oxálico 0.4% (p/v) Muestra en gramos 2,4 DFIF 0.006% (p/v). 62 de la solución  $\text{Na}_2\text{CO}$  a todos

los tubos, para finalizar, se debe agregar el agua destilada, de esta misma manera se realizó un blanco donde solo tenía agua destilada y Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> como se muestra en la tabla.

**Tabla 5.** *Concentración de soluciones para curva estándar de Polifenoles.*

Patrones	Ácido gálico (ug/ml)	Ácido gálico (ug/ml)	Folin ciocalteu (ul)	Carbonato de sodio (ul)	Agua destilada (ul)	Total (ul)
1	7.2	20	100	50	1080	1200
2	14.4	40	100	50	1060	1200
3	21.6	60	100	50	1040	1200
4	28.8	80	100	50	1020	1200
5	36	100	100	50	1000	1200
6	Blk	0	100	50	1100	1200

Acabando de rellenar todos los tubos de microcentrífuga, se deja reaccionando las mezclas por un promedio 2 horas, por último, se adicionan a la microplaca que contiene 96 pocillos, adicionando 200 µl solución de cada tubo de microcentrífuga en cada uno de los pocillos de la microplaca siendo esto por triplicado, quedando todo listo para poder lecturar en el equipo multimodal, sincronizándola a una medida de abs a 765 nanómetros (nm). Para poder hallar la curva estándar de polifenoles totales, se debe restar la absorbancia del promedio de blanco (Blk) con la absorbancia de cada concentración de solución estándar. Así mismo se realiza una regresión lineal para determinar una ecuación que nos dio  $Y=0.0518X-0.0638$  con un coeficiente de  $R^2=0.9993$  con el cual la abs (Y) nos reporta los mg equivalentes de ácido gálico por ml de muestra (X) para poder medir el contenido fenólico de las muestras que se analizaran.

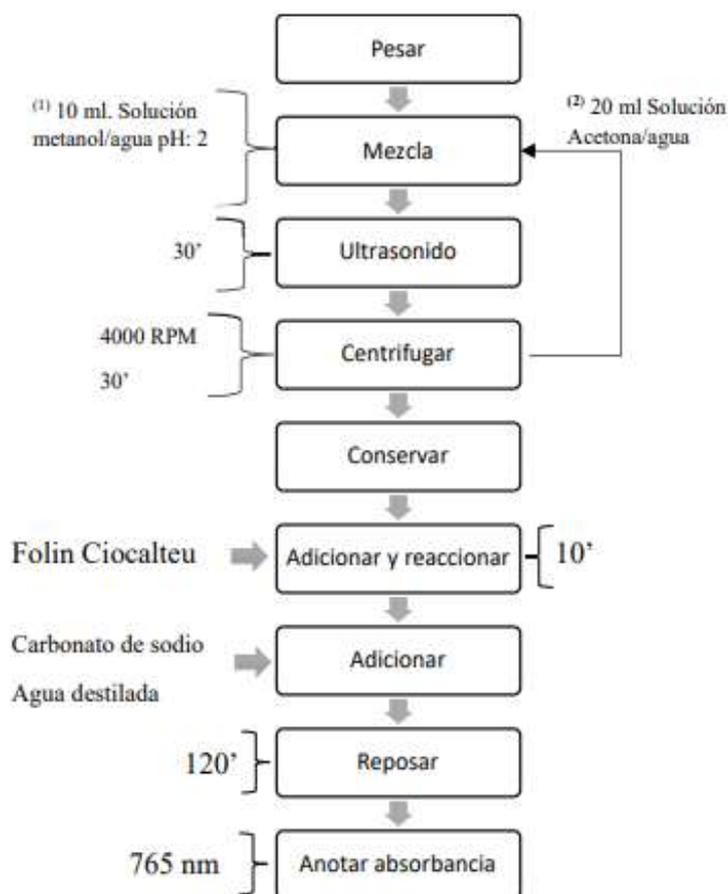
### **Preparación de la muestra**

Para la preparación de la muestra de hidromiel se trabajó con el diagrama que se encuentra en la figura 3. En un tubo cónico falcón se colocó 5 ml de la muestra de hidromiel, así mismo a cada tubo se le adicionó 10 ml de solución metanol/agua de pH 2, seguido se llevó a baño ultrasónico por un promedio de 30 minutos, pasado ese tiempo se centrifugo a 4000 RPM por un tiempo

promedio de 30 minutos, así mismo resultante el sobrenadante se llevó a refrigeración.

### Preparación de la muestra para lectura

Se diluyó la muestra extraída con agua destilada, de la muestra diluida se extrajo 800 microlitros y se hizo reaccionar con 100 microlitros del reactivo Folin Ciocalteu, se dejó reposar por 5 minutos, pasado este tiempo se adicionó 50 microlitros de carbonato de calcio y 300 microlitros de agua destilada. Se dejó reposar por 2 horas a temperatura ambiente y en un ambiente oscuro. Se extrajo una alícuota de 200 microlitros para lectura en el multimodal una absorbancia de 765 nanómetros. Estas lecturas de absorbancia se llevaron a la ecuación del estándar para obtener la cantidad de polifenoles totales presentes en las muestras en miligramos equivalentes de Acido Gálico por mililitros de muestra.



**Figura 3.** Procedimiento para la preparación de la muestra para la determinación de polifenoles totales

### 3.3.2.5. Actividad antioxidante - DPPH

Se halló la actividad antioxidante mediante el siguiente procedimiento:

#### Preparación de reactivos

- **Solución DPPH 1 mM:** En una fiola de vidrio de clase A eurolab de 50 mL, se añade 0.02 g de DPPH y se disuelve con metanol hasta que se disuelva el DPPH, para luego finalmente aforar toda la fiola con metanol. Esta solución se diluye hasta poder alcanzar a una absorbancia aproximadamente cercana de 0.800, con una lectura a 515 nanómetros (nm).
- **Solución madre de Trolox 1 mM:** En una fiola de vidrio de clase A eurolab 50 mL, se añade 0.0125 g de Trolox, y se disuelve con metanol hasta que se disuelva el Trolox, para luego finalmente aforar toda la fiola con metanol.

#### Preparación de curva de calibrado

Se prepara las concentraciones siguientes en tubos de ensayo: (5, 10, 25, 50, 100, 200, 400 y 500  $\mu\text{M}$ ). Para 500  $\mu\text{M}$ , se le adiciona 1 mililitro de la solución madre de Trolox 1 mM y también se le agrega 1 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$  (metanol). Para 400  $\mu\text{M}$ , se le agrega 1 mililitro de la solución madre de Trolox 1 mM y también se adiciona 1.5 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Para 200  $\mu\text{M}$ , se le adiciona 1 mililitro de la solución madre de Trolox 1 mM y también se le agrega 4 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Para 100  $\mu\text{M}$ , se le agrega 0.5 mililitro de la solución madre de Trolox 1 mM y también se le adiciona 4.5 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Para 50  $\mu\text{M}$ , se le adiciona 1 mililitro de la solución de Trolox de 100  $\mu\text{M}$  y también se le añade 1 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Para 25  $\mu\text{M}$  se agrega 1 mililitro de solución de Trolox de 50  $\mu\text{M}$  y también se le adiciona 1 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Para 10  $\mu\text{M}$ , se le adiciona 0.5 mililitro de la solución de Trolox de 100  $\mu\text{M}$  y también se le agrega 4.5 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Para 5  $\mu\text{M}$ , se le añade 1 mililitro de la solución de Trolox de 10  $\mu\text{M}$  y también se agrega 1 mililitro de  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

### **Preparación de muestras:**

Las muestras siguen un procedimiento totalmente análogo, cambiando solamente los 10 microlitros ( $\mu\text{l}$ ) por la muestra a analizar con 190 microlitros  $\mu\text{l}$  de DPPH en la microplaca que contiene 96 pocillos, para luego proceder a lectura a 515 nanómetros (nm).

### **3.3.2.6. Grado alcohólico**

Se determinó el grado alcohólico utilizando el Rotavapor – IKA para obtener una muestra destilada destilación pura de etanol y posterior medida con un alcoholímetro en escala Gay Lussac °GL.

### **3.3.2.7. Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial de la muestra control y los tres tratamientos se realizó a un grupo de 50 panelistas no entrenados mayores de edad, cuya población en cuestión fueron los alumnos y personal de la Universidad Nacional del Santa (UNS), con el objetivo de poder conocer el grado de aceptabilidad y satisfacción de cada una de las muestras de hidromiel obtenidas, se empleó por tal motivo una escala hedónica de nueve puntos. Las características que se evaluaron fueron sabor, color, olor y apariencia general.

Cabe resaltar que esta evaluación sensorial tiene alcance a solo la población de los panelistas escogidos ya que refleja el juicio solo de ellos y no de una muestra de población más grande o en general.

### **3.3.3. Diseño experimental:**

Se desarrollará un diseño completamente al azar (DCA), herramienta que tiene como objetivo probar o no, la existencia del efecto de un único factor con la aplicación de sus diversos tratamientos ( $\tau$ ) aplicados a  $j$  repeticiones sobre la unidad experimental. (Almeida, 2021). Por lo que el factor en estudio será el efecto del extracto de yacón en los diversos tratamientos.

**Tabla 6.***Diseño experimental – Variable independiente.*

<b>Variable Independiente</b>	<b>NIVELES</b>		
	<b>NIVEL BAJO</b>	<b>NIVEL CENTRAL</b>	<b>NIVEL ALTO</b>
EXTRACTO DE YACÓN % (V/V)	5	10	15

Se tomó el extracto de yacón en concentraciones de 5%(v/v), 10% (v/v) y 15%(v/v) el cual se realizó por triplicado cada concentración obteniendo un total de 9 tratamientos. Además, se realizó un tratamiento control (testigo) que solo contenía el hidromiel sin ninguna alteración en la composición. Cada ensayo se tomó de una muestra de una solución de 4 L de capacidad.

Según Almeida (2021) hace mención que en el caso de que la investigación se realice bajo iguales condiciones y se necesita saber si hay un efecto significativo estadístico o no, de un único factor con determinados niveles de aplicación (tratamientos), el Diseño Completamente al Azar (DCA) de todas es la mejor opción como herramienta que se puede llegar a utilizar. Partiendo de ello, se escoge este método ya que es el que más se ajusta al diseño experimental planteado.

**Tabla 7.***Plan de experimentación.*

---

<b>PLAN DE EXPERIMENTACION</b>									
<b>VARIABLES RESPUESTA</b>									
<b>ENSAYOS</b>	<b>REPETICIÓN</b>	<b>FACTOR EXTRACTO DE YACÓN % (V/V)</b>	<b>POLIFENOLES TOTALES</b>	<b>ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE</b>	<b>ACEPTABILIDAD SENSORIAL</b>	<b>Acidez</b>	<b>PH</b>	<b>BRIX</b>	<b>°GL</b>
1	1	5							
2	2	10							
3	3	15							
4	1	5							
5	2	10							
6	3	15							
7	1	5							
8	2	10							
9	3	15							
CONTROL	0	0							

---

### 5.2.4 Modelo estadístico DCA

Para el caso del presente modelo, se presenta la Ecuación 1.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = la respuesta obtenida a partir de la unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$  en la  $j$ -ésima repetición.

$\mu$  = promedio general del conjunto de datos de la muestra.

$\tau_i$  = el efecto del tratamiento  $i$ .

$\varepsilon_{ij}$  = el error aleatorio (residuo).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización de la materia prima

#### 4.1.1. Yacón

- a. Características fisicoquímicas del extracto de yacón

**Tabla 8.**

*Características fisicoquímicas del extracto de yacón.*

VARIABLES	YACÓN
Acidez (% ácido málico)	$0.357 \pm 0.0386$
°Brix	$7.016 \pm 0.076$
pH	$6.44 \pm 0.105$

\*Media de tres repeticiones  $\pm$  desviación estándar.

La acidez que se obtuvo fue de  $0.35 \pm 0.0386$  % de ácido málico, lo cual es coincide con lo reportado de Palomino y Ríos (2016) los cuales obtuvieron una acidez de 0.32% ácido málico, así mismo la acidez se asemeja a lo reportado por Salvatierra (2015) quien obtuvo una acidez promedio de 0.206%. Según Carvalho (2000), la diferencia del contenido de acidez puede ser influenciado por varios factores, entre los cuales son los ambientales, como las condiciones del clima, la clase de suelo, las prácticas culturales de dicha región y la madurez fisiológica.

El valor obtenido de sólidos solubles  $7.016 \pm 0.076$  °Brix, los cuales se encuentran dentro del rango reportados por Castro et al. (2017) que señala que la caracterización del yacón en fresco una vez cosechado, puede tener en promedio un rango de sólidos solubles de 4.85 a 7.67 °Brix que llegan a corresponder a la glucosa un 20.8%, la fructuosa un 34.3%, la sacarosa un 18.5% y FOS un 7.21%.

El pH del yacón obtenido fue de  $6.44 \pm 0.105$  este valor se encuentra dentro del rango reportado por Ramón (2007), quien halló un rango correspondiente de 6 a 6.5. en su investigación, así mismo también se encuentra en lo reportado por Castro et al. (2017). Los valores reportados en nuestro análisis también se encuentran dentro del rango de 4 a 7 obtenido el por investigaciones anteriores.

#### **4.1.2. Miel de abeja**

- a. Características fisicoquímicas de la miel de abeja.

**Tabla 9.***Características fisicoquímicas de la miel de abeja.*

<b>VARIABLES</b>	<b>MIEL</b>
Acidez (meq Ac/ kg miel)	44.0 ± 1.0
°Brix	79.16 ± 0.964
pH	3.32 ± 0.075

\*Media de tres repeticiones ± desviación estándar.

En promedio la acidez obtenida fue de  $44.0 \pm 1.0$  meq Ac/ kg miel, difiere con lo indicado de la NTP 209.174:2019, el cual nos indica que el valor máximo para la acidez que debe poseer la miel es de 40 meq/kg, así mismo esto es corroborado por Bazán y Mejía (2023) los cuales obtuvieron una acidez de 34.67 mEq/kg. En el Codex alimentarius (2022), señala en su investigación que una miel sin fermentar o también en una miel madura este parámetro y dependiendo de su origen botánico, debe ser menor a 50 mEq/kg (la acidez indica el grado de frescura de la miel), esto constata que el valor obtenido de la acidez de la miel en esta investigación se encuentra dentro de los parámetros de calidad que son de la miel según Bazán y Mejía.

El valor obtenido de solidos solubles es de  $79.16 \pm 0.964$  °Brix , esto se encuentra dentro del rango reportado por la NTP 209.172.2019 , en cual informa que los azúcares son los principales constituyentes de la miel, representan entre el 65 y 90% del total, el cual este parámetro de calidad influyen directamente en su sabor, se miden en grados°Brix, en caso contrario si la miel tuviera menos de 65% de azucares, se debe sospechar algún tipo de adulteración.

El valor obtenido del pH  $3.32 \pm 0.075$ , este valor se encuentra dentro del rango reportado por Godoy (2022) donde en su investigación reporta un rango promedio de pH entre 3.3 a 5.3, pero difiere de lo reportado por Bazán y Mejía (2023) que reporta un valor de pH 2.71; este valor cambiante depende de la ecorregión en donde se encuentre produzca la miel. Cabe mencionar que estos

valores no se encuentran dentro del rango aceptado por la National Honey Board (2007), la cual nos indica que el valor del pH para miel debe ser de 3.9 con un rango promedio típico de pH 3.4 a 6.1, (los bajos niveles de pH de la miel impiden la existencia y proliferación de microorganismo, así mismo esto posibilita la compatibilidad de la miel con otros productos en pH y acidez).

#### **4.2. Seguimiento de las variaciones fisicoquímicas en la etapa de fermentación**

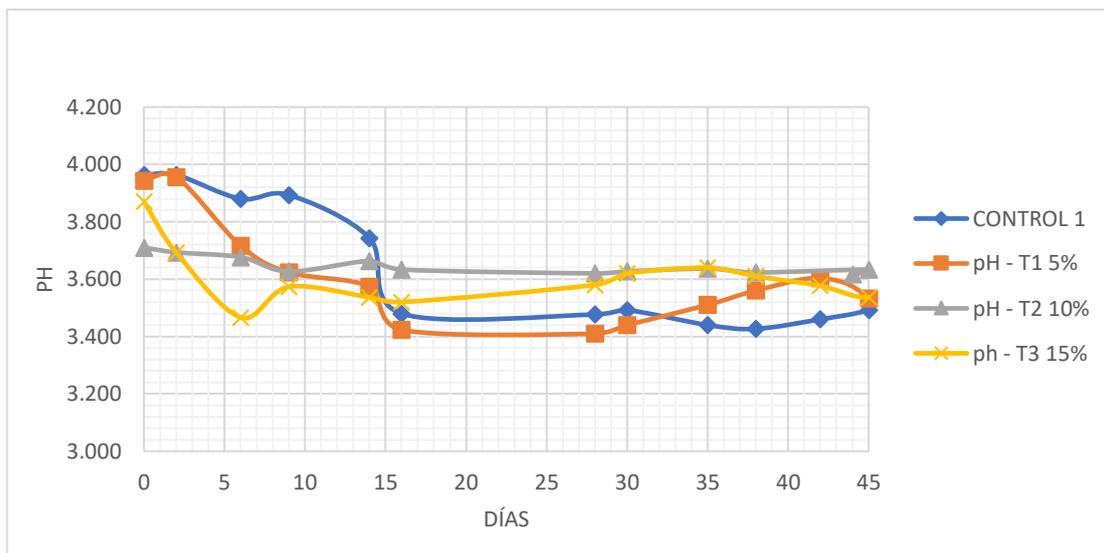
##### **4.2.1. Seguimiento del pH**

Seguimiento de las variaciones del pH en la etapa de fermentación, de los 3 tipos de tratamientos (T1 extracto yacón al 5%; T2 extracto yacón al 10%, T3 extracto yacón al 15%) y una muestra control.

**Tabla 10.**

*Valores del seguimiento de las variaciones del pH en la etapa de fermentación de los 3 tratamientos y muestra control.*

<b>DIA</b>	<b>pH</b>			
	<b>CONTROL 1</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
0	3.963	3.943	3.710	3.870
2	3.963	3.957	3.693	3.693
6	3.880	3.717	3.677	3.467
9	3.893	3.623	3.627	3.573
14	3.743	3.573	3.663	3.537
16	3.480	3.423	3.633	3.520
28	3.477	3.410	3.620	3.580
30	3.492	3.440	3.627	3.620
35	3.440	3.510	3.637	3.640
38	3.427	3.560	3.623	3.610
42	3.460	3.603	3.633	3.577
45	3.492	3.533	3.617	3.537



**Figura 4.** Seguimiento del pH de los 3 tratamientos y muestra control.

En el caso del presente estudio teniendo en cuenta que para la fase de fermentación comenzó con un pH entre 3.963 a 3.870, con el desarrollo de la etapa de fermentación el pH descenderá y se mantendrá en un rango óptimo de 2.8 a 3.8, el cual es un rango apropiado, totalmente determinado para bebidas de este tipo “tipo vino” (Chaves y carrera, 2017), así mismo en este rango se encuentra, lo reportado por Sangacha (2020) el cual obtuvo un valor de pH 3.5 durante la fermentación del hidromiel adicionándolo mora roja.

En la figura 4, disminuye el pH en los primeros días, esto se debe a la fermentación primaria que se logra desarrollar en esta etapa, en donde es elevada la actividad de la levadura.

Posteriormente llegará a un punto en donde el pH se mantendrá constante durante algunos días, esto se debe a que las manifestaciones de alcohol durante la fermentación empiezan a ser tóxicas para el crecimiento de la levadura y a su vez esto hace que se vuelva lenta la fermentación. Esta etapa cuando la fermentación se vuelve lenta es llamada fermentación secundaria. Finalmente, luego de pasar por la fermentación secundaria el pH comenzará ascender (Alvarado y Vásquez, 2010).

Dentro del rango descrito al no acidificarse el hidromiel en gran medida en el tiempo se desarrollarán menos sabores desagradables, los cuales llegan hacer

muy comunes en lo que localmente se llama “chicha de miel”. Finalmente, en la etapa de la maduración el hidromiel se comportará correctamente, pudiendo suavizar la acidez del producto. (Hott, 2015).

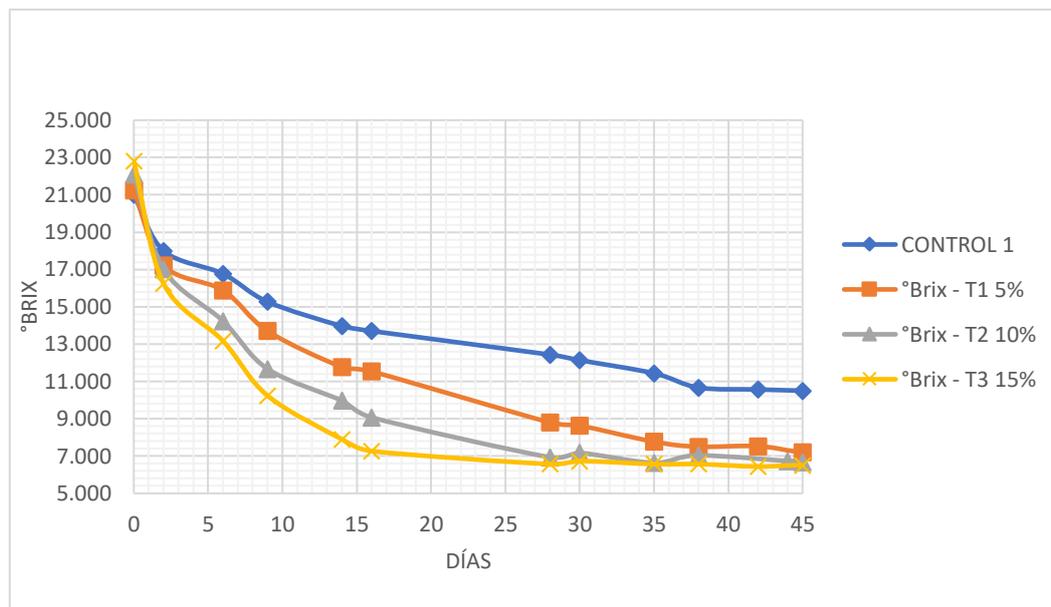
#### 4.2.2. Seguimiento de los °Brix

Seguimiento de las variaciones de los °Brix en la etapa de fermentación de los 3 tipos de tratamientos (T1 extracto yacón al 5%; T2 extracto yacón al 10%, T3 extracto yacón al 15%) y una muestra control.

**Tabla 11.**

*Seguimiento de las variaciones de los °Brix en la etapa de fermentación de los 3 tratamientos y muestra control*

DIA	°Brix			
	CONTROL 1	T1	T2	T3
0	21.000	21.230	22.110	22.800
2	18.000	17.231	17.020	16.250
6	16.767	15.833	14.236	13.167
9	15.267	13.700	11.667	10.233
14	13.967	11.767	9.967	7.900
16	13.700	11.533	9.067	7.267
28	12.433	8.800	6.933	6.567
30	12.133	8.633	7.167	6.733
35	11.433	7.767	6.633	6.567
38	10.667	7.500	7.033	6.567
42	10.567	7.533	6.667	6.533
45	10.500	7.200	6.653	6.500



**Figura 5.** Seguimiento de los °Brix de los 3 tratamientos y muestra control.

La cantidad de °Brix del mosto es proporcional durante el tiempo de fermentación cuando la levadura ha desarrollado su capacidad de procesar azúcares, indica un periodo rápido de adaptación.

En la figura 5 se muestra el cambio en los sólidos solubles durante la fermentación, comenzando la fermentación con un mosto de 21 y 22.8 °Brix. El grafico muestra que los °Brix disminuyen día por día a medida que avanza la fermentación. Esto es debido a que los azúcares del mosto son consumidos por las levaduras para su crecimiento exponencial que están experimentando en este período y también son transformados en etanol, en CO<sub>2</sub>, liberando sub productos como ácidos, entre otros los cuales son característicos del sabor, esto es corroborado por Tapiero et al. (2018), el cual en su investigación informa el descenso de los sólidos solubles en un rango de 10,1 a 10,5 °Brix durante la fermentación.

Deduciendo de esa manera que, al detenerse el descenso de la curva, significará que levadura ya no está consumiendo azúcares y por lo tanto la fermentación paró (Alvarado y Vásquez, 2010).

Por otra parte, a medida que pasa la etapa de fermentación, el índice de refracción se mantiene totalmente igual y no sigue bajando debido claramente

al desvío que hay en la mezcla etanol-agua, es decir que los grados °Brix se mantiene en un rango promedio o igual y ya no sigue bajando exponencialmente. Sin embargo, hay aún algunos sustratos (azúcares) que son sobrantes y que aún pueden estar disponibles, pero dicho el metabolismo en esta etapa es comúnmente llamado maduración (Hott, 2015).

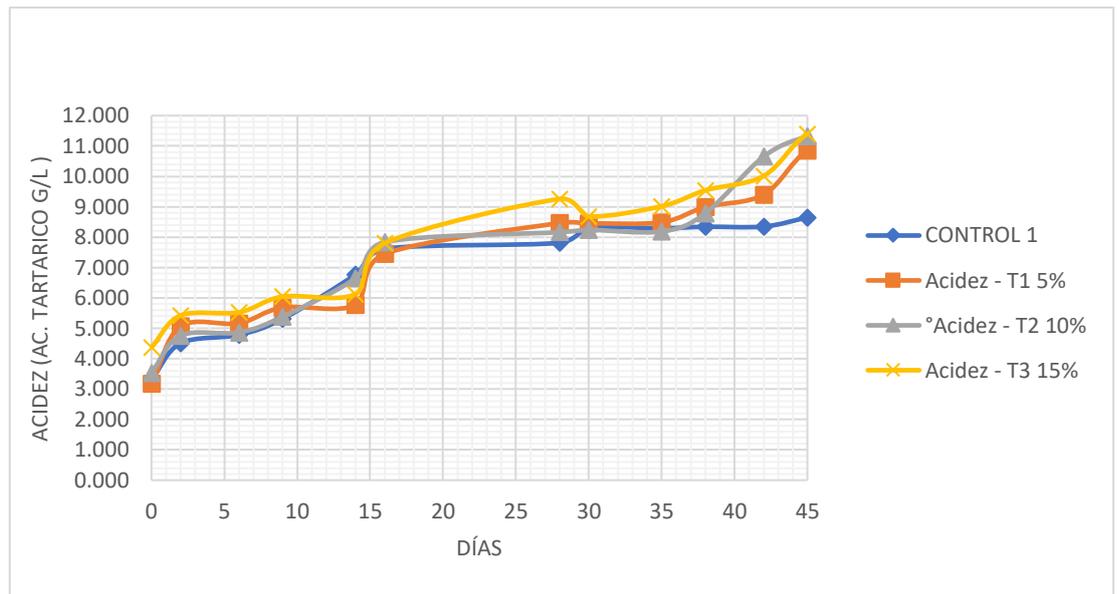
#### 4.2.3. Seguimiento de la Acidez (expresado en Ac. Tartárico g/l)

Seguimiento de las variaciones de la Acidez en la etapa de fermentación, de los 3 tres tratamientos (T1 extracto yacón al 5%; T2 extracto yacón al 10%, T3 extracto yacón al 15%) y una muestra control.

**Tabla 12.**

*Seguimiento de las variaciones de la Acidez (expresado en Ac. Tartárico g/l) en la etapa de fermentación de los 3 tratamientos y muestra control.*

DIA	ACIDEZ (expresado en Ac. Tartárico g/l)			
	CONTROL 1	T1	T2	T3
0	3.300	3.530	3.169	4.369
2	4.505	4.760	5.063	5.422
6	4.784	4.862	5.165	5.524
9	5.309	5.381	5.683	6.043
14	6.766	6.646	5.768	6.128
16	7.616	7.834	7.444	7.803
28	7.814	8.162	8.464	9.257
30	8.312	8.240	8.454	8.683
35	8.292	8.184	8.490	9.016
38	8.341	8.783	8.992	9.541
42	8.348	10.653	9.397	10.013
45	8.648	11.317	10.843	11.392



**Figura 6.** Seguimiento de la Acidez de los 3 tratamientos y muestra control.

En la Figura muestra la evolución de la acidez expresada en gramos de ácido tartárico por litro. En el caso del presente estudio teniendo en cuenta que para la fase de fermentación comenzó con una acidez entre 3.30 a 4.36 g/l expresado como ácido tartárico, según la NTE INEN 374 (2016) la acidez no debe ser menor de 3.5 g/l para este tipo de bebidas de tipo vino.

Así mismo en el hidromiel se observa que en los tratamientos donde fueron utilizados extracto de yacón, presentan un incremento de Acidez de T1 11.327 g/l; T2 10.943 g/l y T3 11.392 g/l, lo cual es superior a lo permitido según la NTC 708 (2023) que indica que para la exportación para este tipo de bebidas alcohólicas “vinos” la acidez no debe ser inferior a 3.5 g/l ni superior a 10 g/l expresada como ácido tartárico g/l, esto se debe a la sobre producción de ácido que hay en la etapa de fermentación según Andrade y Rivadeneira (2010), influenciado por el extracto de yacón . Así mismo teniendo en cuenta que el aumento de la acidez también puede deberse a la presencia de bacterias anaeróbicas y/o ácido acéticas; conduciendo a un deterioro de las propiedades sensoriales del producto. Así mismo esta acidez afectara la calidad del producto, especialmente durante las etapas de almacenamiento y maduración según Tapiero et al. (2017); esto es corroborado por Kawa et al. (2019) donde

en su investigación señala que la adición de diferentes aditivos entre frutas, hierbas y otros, logra tener un impacto significativo en el proceso de fermentación del hidromiel.

#### 4.2.4. Análisis fisicoquímico de hidromiel artesanal con extracto de yacón.

##### 4.2.4.1. Análisis de pH de hidromiel artesanal con extracto de yacón.

**Tabla 13.**

*Análisis de pH de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

Tratamiento	% Extracto de Yacón	pH
C	0%	3.390 ± 0.0173
T1	5%	3.533 ± 0.0058
T2	10%	3.633 ± 0.0306
T3	15%	3.537 ± 0.0115

En la tabla se presentan los resultados obtenidos de los análisis de pH realizados en los diferentes tratamientos y la muestra control ( C ) que tuvimos en la elaboración del hidromiel utilizando extracto de yacón, las cuales tuvimos parámetros óptimos de pH en cada uno de los diferentes tratamientos y excepto la muestra control ( C ) que oscilan entre 3.4 y 3.8, el cual es un rango óptimo para bebidas del tipo vino según lo reportado por Zangacha (2020), así mismo se observa que la utilización de extracto de yacón en la hidromiel realizó variaciones de pH , suavizando la acidez del producto y generando que el pH ascendiera durante su segunda fermentación (Alvarado y Vásquez, 2010).

Por otro lado, López y Rangel (2017), elaboraron hidromiel con frutos rojos, donde obtuvieron un rango de pH de 2.1 a 3.4, cuyo valor están cercanos a lo encontrado en nuestra investigación, mientras que Campos y Lapa (2014) que

elaboraron hidromiel con 2 tipos de aglutinantes con clarificantes naturales obtuvieron un pH 3.8 y 3.76, donde los resultados obtenidos en la investigación tampoco entrarían dentro de este rango.

**Tabla 14.**

*Análisis de varianza de pH de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0904667	3	0.0301556	86.16	0.0000
Intra grupos	0.0028	8	0.00035		
Total (Corr.)	0.0932667	11			

En la tabla se aprecia el análisis de varianza de pH de los tratamientos, de lo cual se realizó con los datos de los resultados obtenidos a fin de obtener una significación. De lo cual, se puede observar que los tratamientos influyen significativamente en el resultado del pH, debido a que se aprecia que el valor-P tiene un valor menor a 0.05, teniendo un valor de 0.0000. Lo cual se interpreta que, existe una diferencia estadística significativa entre un tratamiento y otro, así como también de la muestra control (C), con un nivel de confianza del 95.0%.

**Tabla 15.**

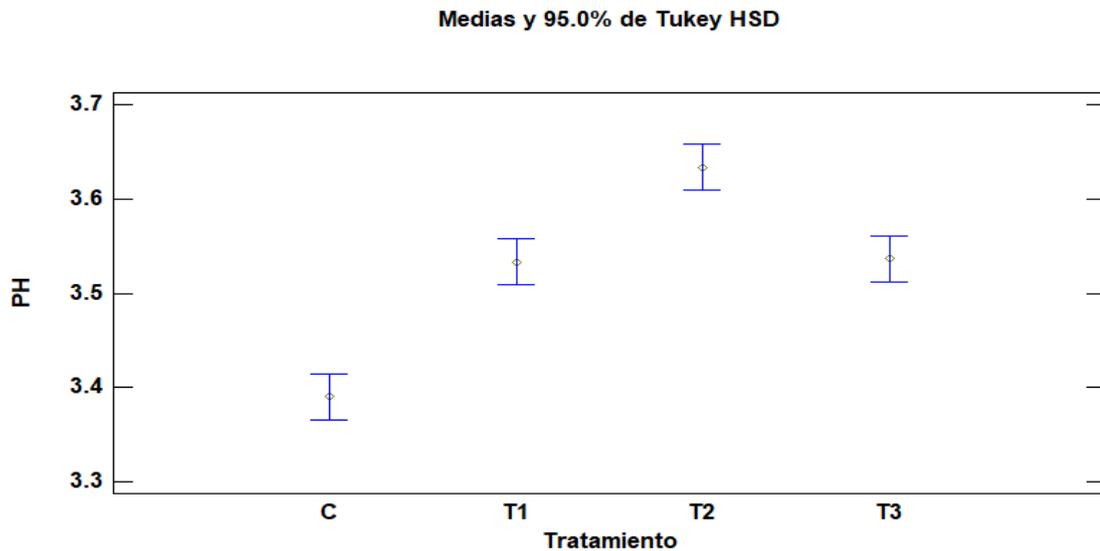
*Prueba de tukey HSD para pH de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
C	3	3.39	X
T1	3	3.5333	X
T2	3	3.5367	X
T3	3	3.633	X

Contraste	Sig	Diferencia	+/- Limites
C-T1	*	-0.143333	0.0488993
C-T2	*	-0.243333	0.0488993
C-T3	*	-0.146667	0.0488993
T1-T2	*	-0.1	0.0488993
T1-T3		0.00333333	0.0488993
T2-T3	*	0.0966667	0.0488993

\*Indica diferencia significativa

En la tabla se muestra una comparación múltiple mediante diferencia significativa (HSD) de Tukey para lograr saber que medias tienen diferencia significativa entre sí, con los tratamientos propuestos y la muestra control, puesto que se obtuvo un efecto significativo en el pH del hidromiel artesanal, según las tablas, los tratamientos T1 y T3 no presentan diferencia significativa entre sí. Además, al observar sus promedios, se puede notar que el tratamiento T3 (extracto de yacón al 15%) tiene estadísticamente un mayor pH, pero no difiere significativamente del tratamiento T1 (extracto de yacón al 5%). Sin embargo, ambos tratamientos son significativamente diferentes del tratamiento T2 (extracto de yacón al 10%) y de la muestra control (C). Según con el análisis de comparación múltiple entre grupos, se afirma que hay una diferencia significativa entre los tratamientos y la muestra control (C), excepto entre T1 (extracto de yacón al 5%) y T3 (extracto de yacón al 15%) con un nivel de confianza del 95.0%.



**Figura 7.** *Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto al pH.*

En la figura se muestra gráficamente los valores promedios de pH empleando el procedimiento de Tukey HSD, con el cual se corrobora que existe una diferencia estadísticamente significativa de los tratamientos con respecto a la muestra control (C), ya que estos intervalos no se traslapan en dirección vertical, indicando de tal forma que los tratamientos tienen un efecto significativo en el pH del hidromiel artesanal al añadirle el extracto de yacón, siendo el tratamiento T3 (extracto de yacón al 15%) quien tiene una mayor influencia en el pH que los otros tratamientos y en comparación de la muestra control (C).

Además, se observa que no hay una diferencia estadística significativa entre el tratamiento T1 (extracto de yacón al 5%) y T3 (extracto de yacón al 15%), ya que los intervalos se superponen verticalmente en el gráfico, lo que indica que no existe diferencia significativa en el pH del hidromiel artesanal con estos tratamientos.

#### 4.2.4.2. Análisis de °Brix del hidromiel artesanal con extracto de yacón

**Tabla 16.**

*Análisis de °Brix de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

Tratamiento	% Extracto de Yacón	°Brix
C	0%	10.500 ± 0.10
T1	5%	7.200 ± 0.10
T2	10%	6.667 ± 0.1155
T3	15%	6.500 ± 0.2646

\*Media de 3 repeticiones ± desviación estándar.

En la tabla se presentan los resultados obtenidos de los análisis de °Brix finales realizados en los diferentes tratamientos y la muestra control en la elaboración del hidromiel con extracto de yacón. Estos valores están entre 6.5 °Brix para T3 (tratamiento 3), el más bajo y 10.5 °Brix, el más alto, para C la muestra control. Considerando que iniciaron con 21°Bx, 21.23°Bx, 22.11°Brix y 22.8 °Brix para C, T1, T2 y T3 respectivamente. Esto valores están dentro de un rango optimo según Tapiero et al. (2018), el cual reporta en su investigación un descenso de los °Brix en un rango de 8.38 a 7.48 °Brix, en la elaboración de hidromiel.

**Tabla 17.**

*Análisis de varianza de °Brix de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razon-F	Valor-P
Entre grupos	31.79	3	10.5967	410.194	0.0000
Intra grupos	0.206667	8	0.0258333		
Total (Corr.)	31.9967	11			

En la tabla 17 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) de los °Brix de los diferentes tratamientos (T1, T2 y T3) y la muestra control (C). Se observó que los diversos tratamientos llegan a influenciar significativamente en el resultado de los °Brix, ya que se aprecia que el valor-P es menor a 0.05, teniendo un valor de 0.0000. De tal forma, se interpreta que, existe una significancia estadística entre un tratamiento y otro respecto a la muestra control (C), con un nivel de confianza del 95.0%.

**Tabla 18.**

*Prueba de Tukey HSD para °Brix de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

TRATAMIENTO	CASOS	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
T3	3	6.5	X
T2	3	6.67	X
T1	3	7.2	X
C	3	10.5	X

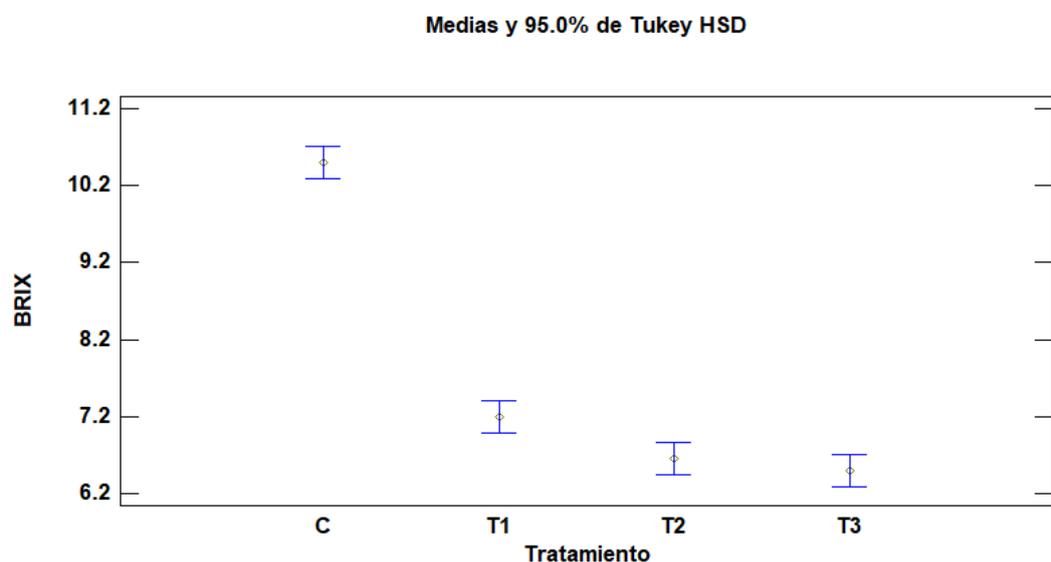
CONTRASTE	SIG	DIFERENCIA	+/- LIMITES
C-T1	*	3.3	0.420106
C-T2	*	3.833333	0.420106
C-T3	*	4.0	0.420106
T1-T2	*	0.533333	0.420106
T1-T3	*	0.7	0.420106
T2-T3		0.166667	0.420106

\*indica una diferencia significativa.

En la tabla se realiza una comparación múltiple mediante el procedimiento de diferencia significativa (HSD) de Tukey para determinar que medias son significativamente diferentes entre sí en relación con los tratamientos propuestos, ya que estas obtuvieron un efecto significativo de los °Brix del hidromiel artesanal, según las tablas, los tratamientos T2 y T3 presentan un grupo homogéneo según la ubicación de las X's en la columna.

Además, al observar los promedios, se puede notar que la muestra control tiene estadísticamente mayor °Brix, y difiere significativamente de los tratamientos T1, T2 y T3.

De acuerdo con el análisis de comparación entre grupos, se confirma que existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y la muestra control con un nivel de confianza del 95.0%.



**Figura 8.** Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto a los °Brix.

En esta Figura se muestran los valores medios de los °Brix empleando el procedimiento de Tukey HSD. Los tratamientos T2 y T3, presentan similitudes mientras que el tratamiento T1 y el Control al no haber solapamiento presentan diferencia significativa con respecto a las otras muestras con un nivel de significancia del 95%.

#### 4.2.4.3. Análisis de Acidez (expresado en Ac. Tartárico g/l) de hidromiel artesanal con extracto de yacón.

**Tabla 19.**

*Análisis de Acidez (expresado en ac. Tartárico g/l) del hidromiel artesanal de los tratamientos con extracto de yacón*

TRATAMIENTO	% EXTRACTO DE YACÓN	ACIDEZ (expresado en Ac. Tartárico g/l)
C	0%	8.894 ± 0.0443
T1	5%	12.579 ± 0.2120
T2	10%	12.954 ± 0.0788
T3	15%	14.233 ± 0.0831

\*Media de 3 repeticiones ± desviación estándar.

En la tabla se muestra los datos correspondientes a los análisis de Acidez que se realizaron en los diferentes tratamientos y la muestra control (C) que obtuvimos de la elaboración del hidromiel artesanal con extracto de yacón. Se observa que en los tratamientos donde fueron utilizados extracto de yacón, presentan una acidez mayor, esto es debido a la sobreproducción de ácido que puede generarse según Tapiero et al. (2017), así mismo Kawa et al (2019) en su investigación señala que al adicionar ciertas frutas y otros como el extracto yacón, influyen en las características fisicoquímicas, y pueden sobrepasar el límite máximo de acidez expresado como ácido tartárico de 10 g/l según la NTC 708 (2023), se observa que los diversos tratamientos llegan a influenciar en el resultado del Acidez. Mientras que Natividad et al. (2012) obtuvieron un hidromiel elaborado con camu camu y el rango en los que se hallaron la acidez fueron de 4.35 y 4.73 g/l expresado como ácido tartárico; donde nuestros valores obtenidos no entrarían dentro de su rango. Por otro lado, López y Rangel (2017) amplían el rango de acidez de 9.18 g/l a 9.94 g/l, por lo que, estos valores estarían más próximos a lo obtenido en nuestra investigación, esto se debe a la adición de frutos rojos que se utilizó en la elaboración de hidromiel donde influyo en el incremento en la acidez.

**Tabla 20.**

*Análisis de varianza de Acidez (expresado en ac. Tartárico g/l) de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	37.1478	3	12.3826	824.92	0.0000
Intra grupos	0.120085	8	0.0150106		
Total (Corr.)	37.2679	11			

En la tabla se muestra el ANOVA (análisis de varianza) de los diferentes tratamientos y la muestra control (C) de la Acidez, de lo cual se realizó con los datos de los resultados obtenidos a fin de obtener una significación. De lo cual, se observa que los diversos tratamientos llegan a influenciar significativamente en el resultado del Acidez, debido a que se aprecia que el valor-P tiene un valor menor a 0.05, teniendo un valor de 0.0000.

De tal forma, se logra interpretar que hay una diferencia estadística significancia entre los tratamientos (T1, T2 y T3) así como de la muestra control (C), teniendo un nivel de confianza del 95.0%.

**Tabla 21.** *Prueba de Tukey HSD para Acidez (expresado en ac. Tartárico g/l) de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>CASOS</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPOS HOMOGÉNEOS</b>
T2	3	8.89433	X
T3	3	12.5793	X
C	3	12.9537	X
T1	3	13.2333	X

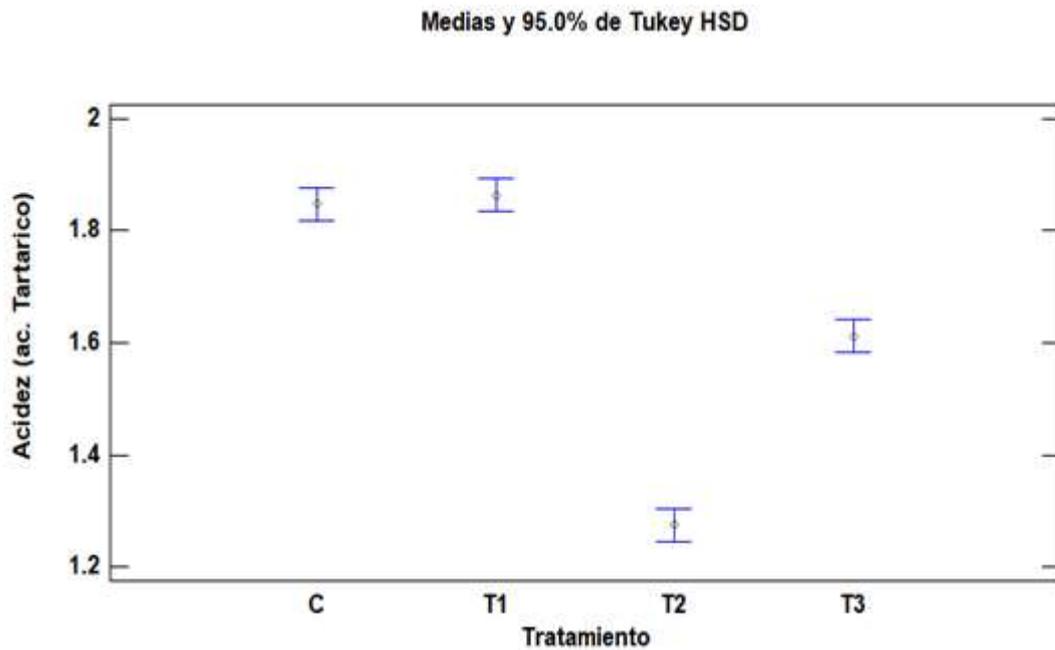
<b>Contraste</b>	<b>Sig</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Limites</b>
C-T1	*	-3.685	0.320234
C-T2	*	-4.05933	0.320234
C-T3	*	-4.339	0.320234
T1-T2	*	-0.374333	0.320234
T1-T3	*	-0.654	0.320234
T2-T3		-0.279667	0.320234

\*Indica diferencia significativa

En la tabla, se presenta el método de comparación múltiple, a fin de interpretar si existen significancia entre los tratamientos y la muestra control (C) con un 95% nivel de confianza.

Así mismo se realizó una comparación múltiple mediante el procedimiento de diferencia significativa (HSD) de Tukey para determinar que medias son significativamente diferentes entre sí, en relación con los tratamientos propuestos, en la Acidez (ácido tartárico g/l) del hidromiel artesanal, según la tabla, los tratamientos T2 (extracto de yacón al 10%) y T3(extracto de yacón al 15%) no presentan diferencia significativa entre sí, a pesar que se observa que T3 presenta un promedio mayor al T2.

Además, al observar sus promedios, se nota que el tratamiento T3 (extracto de yacón al 15%) tiene una mayor Acidez (ácido tartárico g/l), pero no difiere significativamente del tratamiento muestra control T2. Sin embargo, ambos tratamientos son significativamente diferentes del tratamiento T1 (extracto de yacón al 5%) y muestra control (C). Así mismo, se confirma que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y la muestra control (C), con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 8.** Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto a la Acidez (ac. tartárico g/l)

Tal cual se muestra en la Figura 8, se logra apreciar los valores de la Acidez (ácido tartárico g/l) empleando el procedimiento diferencia significativa de Tukey HSD, en el cual se logra corroborar que hay una diferencia estadísticamente significativa de los tratamientos T1 (extracto de yacón al 5%) y T2 (extracto de yacón al 10%) y T3 (extracto de yacón al 15%) con respecto a muestra control ( C ), ya que estos intervalos no se superponen entre si dirección vertical, indicando por ello que estos tratamientos con respecto a la muestra control, tienen un efecto estadísticamente significativo en la Acidez (ácido tartárico g/l) del hidromiel artesanal al añadirle el extracto de yacón, siendo el tratamiento T3 ( extracto de yacón al 15%) quien tiene una mayor influencia en Acidez (ácido tartárico g/l) que los otros tratamiento y en comparación de la muestra control ( C ).

Además, se logra observar que no hay una significativa diferencia entre el tratamiento T2(extracto de yacón al 10%) y T3(extracto de yacón al 15%), ya que estos se traslapan verticalmente como se puede observar en la figura.

#### 4.2.4.4. Análisis de Polifenoles Totales del hidromiel artesanal con extracto de yacón.

**Tabla 22.**

*Análisis de Polifenoles Totales de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón*

Tratamiento	% Extracto de yacón	POLIFENOLES TOTALES (mgGAE/100g)
C	0%	1.1641 ± 0.0154
T1	5%	1.2537 ± 0.1112
T2	10%	1.5618 ± 0.0518
T3	15%	1.7401 ± 0.0953

En la tabla se presentan los valores determinados del contenido de polifenoles totales de los diferentes tratamientos T1 (extracto yacón al 05%), T2 (extracto yacón al 10%) y T3 (extracto yacón al 15%) y la muestra control (C) que se obtuvieron en el producto final del hidromiel artesanal. Así mismo se logra interpretar que en los tratamientos que poseen un elevado contenido de extracto de yacón, también tiene una mayor concentración de polifenoles, en comparación con la muestra control (C). El Tratamiento T3 que contiene mayor concentración de extracto de yacón (15%), muestra una concentración de polifenoles totales más alta, con un valor de 1.7041 mgGAE/100g.

Los valores hallados en la determinación de polifenoles totales, indican que el extracto tiene influencia sobre la concentración de polifenoles totales, así mismo este incremento según lo informado por Kawa et al. (2019) en su investigación demuestra que el adicionar diferentes tipos de aditivos entre frutas, hiervas y otros, logra tener un impacto significativo en el proceso de fermentación y en sus propiedades fisicoquímicas del hidromiel, así como en su contenido de polifenoles totales donde obtuvo un incremento de 15.9

mgGAE/100ml. Esto es corroborado por Savie (2020) donde en su investigación elaboro hidromiel adicionándole jugo de mora “*Rubus fruticosus. L*”, pudo observar un aumento significativo de los polifenoles y la capacidad antioxidante.

**Tabla 23.**

*Análisis de varianza de Polifenoles totales de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

<b>FUENTE</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>GL</b>	<b>CUADRADO MEDIO</b>	<b>RAZON-F</b>	<b>VALOR-P</b>
Entre grupos	0.646111	3	0.21537	<b>35.36</b>	<b>0.0001</b>
Intra grupos	0.04873	8	0.00609125		
Total (Corr.)	0.694841	11			

En la tabla de arriba se aprecia el ANOVA (análisis de varianza) del contenido total de polifenoles totales de los diferentes tratamientos y la muestra control (C). Así mismo se puede observar e interpretar que los tratamientos llegan a influenciar significativamente en el contenido de polifenoles totales, esto es debido a que el valor P obtenido es inferior a 0.05, teniendo un valor de 0.0001 y se prueba la significancia estadística. Esto indica que el extracto de yacón, sobre el contenido de polifenoles totales del hidromiel artesanal, logra tener un efecto totalmente significativo estadísticamente. Así mismo también hay una diferencia significativa entre un tratamiento y otro, así como de la muestra control (C) obteniendo un nivel de confianza del 95.0%.

**Tabla 24.**

*Prueba de Tukey HSD para Contenido de polifenoles de los tratamientos totales de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>CASOS</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPOS HOMOGENEOS</b>
C	3	1.16412	X
T1	3	1.25372	X
T2	3	1.56184	X
T3	3	1.74019	X

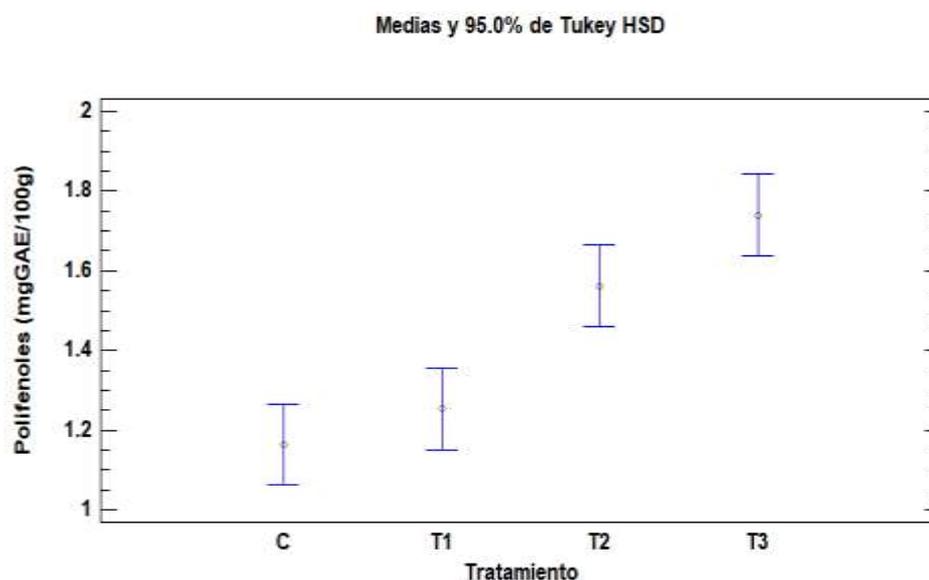
<b>CONTRASTE</b>	<b>SIG</b>	<b>DIFERENCIA</b>	<b>+/- LIMITES</b>
C-T1		-0.0895998	0.203996
C-T2	*	-0.397725	0.203996
C-T3	*	-0.576074	0.203996
T1-T2	*	-0.308125	0.203996
T1-T3	*	-0.486475	0.203996
T2-T3		-0.17835	0.203996

\*Indica diferencia significativa

En la Tabla se aprecia una comparación múltiple mediante diferencia significativamente honesta (HSD) de Tukey para lograr entender que medias tienen diferencia significativa entre sí, con los tratamientos propuestos y la muestra control (C). Según la tabla los tratamientos T2 (extracto de yacón al 10%) y T3 (extracto de yacón al 15%), no presenta diferencia significativa

entre sí, así como también el tratamiento T1 (extracto de yacón al 5%) y la muestra control (C) tampoco presentan una diferencia significativa.

Al observar los promedios, se puede notar que el tratamiento T2 (extracto de yacón al 10%) tiene un mayor contenido de polifenoles, pero no difiere significativamente del tratamiento T3 (extracto de yacón al 15%); así mismo tampoco hay una diferencia significativa entre el tratamiento T1 (extracto de yacón al 5%) y la muestra control (C), a pesar de que se observa que T1 contiene una mayor cantidad de polifenoles. Sin embargo, los tratamientos T2 (extracto de yacón al 10%) y T3 (extracto de yacón al 15%) son significativamente diferentes entre sí y de la muestra control (C). Se confirma que existe estadísticamente una diferencia significativa entre los tratamientos y la muestra control (C), excepto entre T1 y C, y entre T2 y T3; con un nivel de confianza de 95%.



**Figura 9.** Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto al contenido de Polifenoles totales.

En la Figura 9, se muestra los valores promedios de contenido de polifenoles totales, para lo cual se empleó el procedimiento de Tukey HSD, por medio del cual se logra observar y constatar de manera gráfica, que existen una diferencia significativa en los tratamientos T2 y T3, con respecto a la muestra control (C), debido a que estos intervalos no se traslapan en dirección

vertical, indicando que el contenido de extracto de yacón en estos tratamiento tiene un efecto significativo en el contenido de polifenoles totales del hidromiel artesanal, siendo T3 (extracto de yacón al 15%) el tratamiento que tiene más influencia sobre el contenido de polifenoles en la hidromiel artesanal, que los otros tratamientos y en comparación a la muestra control (C).

Así mismo también se puede observar que no hay significativamente una diferencia entre el tratamiento T1 (extracto de yacón al 5%) y muestra control ( C ), esto es debido a que los intervalos se traslapan verticalmente entre sí en la figura, lo cual indica que el extracto de yacón en el tratamiento T1(extracto de yacón al 5%) no influye significativamente, por tal motivo se interpreta que no hay significativamente una diferencia en el contenido de polifenoles totales del hidromiel artesanal entre este tratamiento y la muestra control ( C ). Se puede observar que tampoco hay una diferencia significativa entre T2(extracto de yacón al 10%) y T3(extracto de yacón al 15%), puesto que los intervalos se superponen verticalmente en la gráfica.

#### 4.2.4.5. Análisis de Capacidad Antioxidantes del hidromiel artesanal con extracto de yacón.

**Tabla 25.**

*Análisis de Capacidad Antioxidante (DPPH) de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

Tratamiento	% Extracto de yacón	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ( $\mu\text{mol ET}/100\text{ml}$ )
C	0%	25.32 $\pm$ 0.59
T1	5%	43.32 $\pm$ 1.78
T2	10%	58.95 $\pm$ 3.02
T3	15%	153.25 $\pm$ 10.69

En la tabla se muestra, los datos del análisis de la capacidad antioxidantes realizado a los diferentes tratamientos (T1, T2 y T3) y la muestra control (C), utilizando el método DPPH. En la tabla se logra visualizar la diferencia que

existe entre la capacidad antioxidante de los tratamientos y la muestra control (C), con lo cual se logra observar que en los tratamientos que poseen una mayor concentración de extracto de yacón tienen una mayor capacidad antioxidante, en comparación con la muestra control (C). El tratamiento T3 que contiene una mayor concentración de extracto de yacón al 15%, tiene la más elevada capacidad antioxidante de 153.2579 (UMOL ET/100ml).

Estos resultados hallados en el análisis de capacidad de antioxidante en los diferentes tratamientos, indican que el extracto de yacón tiene una influencia positiva sobre la capacidad antioxidante. Lo cual es respaldado por Dobrowolska et al. (2023) En su investigación “análisis químico de hidromiel seleccionadas producidas en Polonia” señala que a pesar que la miel presenta un potencial antioxidante, al utilizar un aditivo como jugo de frambuesa, jarabe de chokeberry entre otros en la producción de hidromiel, estos proporcionan una fuente adicional de antioxidantes al hidromiel, encontrando que la hidromiel elaborado con miel oscura y con fruta de frambuesa y rosa de mosqueta presenta una mayor capacidad antioxidante de  $6422 \pm 80$  umol/L  $Fe^{2+}$  por el método FRAP. en comparación de los 32 hidromieles muestreadas. Esto mismo también es corroborado por Kahoum et al. (2017) que indica que las propiedades antioxidantes, así como también su composición química de estas bebidas como el hidromiel, se atribuyen a los compuestos de la miel donde el mayor contenido de actividad antioxidantes se caracteriza por la miel oscura a diferencia de la miel clara, y principalmente se vienen determinadas por los aditivos utilizados en su fabricación.

**Tabla 26.**

*Análisis de varianza de Capacidad antioxidante de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón*

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razon-F	Valor-P
Entre grupos	29283.3	3	9761.09	307.43	0.0000
Intra grupos	254.005	8	31.7506		
Total (Corr.)	29537.3	11			

En la tabla se presenta el análisis de varianza (ANOVA) de la capacidad antioxidante, la cual se obtuvo de los datos de los diferentes tratamientos y la muestra control (C). En la tabla 26 se interpreta según el Valor-P, que los tratamientos llegan a influenciar estadísticamente de manera significativa en el contenido de capacidad antioxidante, esto es debido a que el Valor-P obtenido es inferior a 0.05. y se prueba la significancia estadística. Así mismo esto indica que el extracto de yacón tiene una influencia significativa sobre la capacidad antioxidante del hidromiel artesanal, con un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 27.**

*Prueba de tukey HSD para Capacidad antioxidante de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón*

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogeneos
C	3	25.3258	X
T1	3	43.3218	X
T2	3	58.9598	X
T3	3	153.258	X

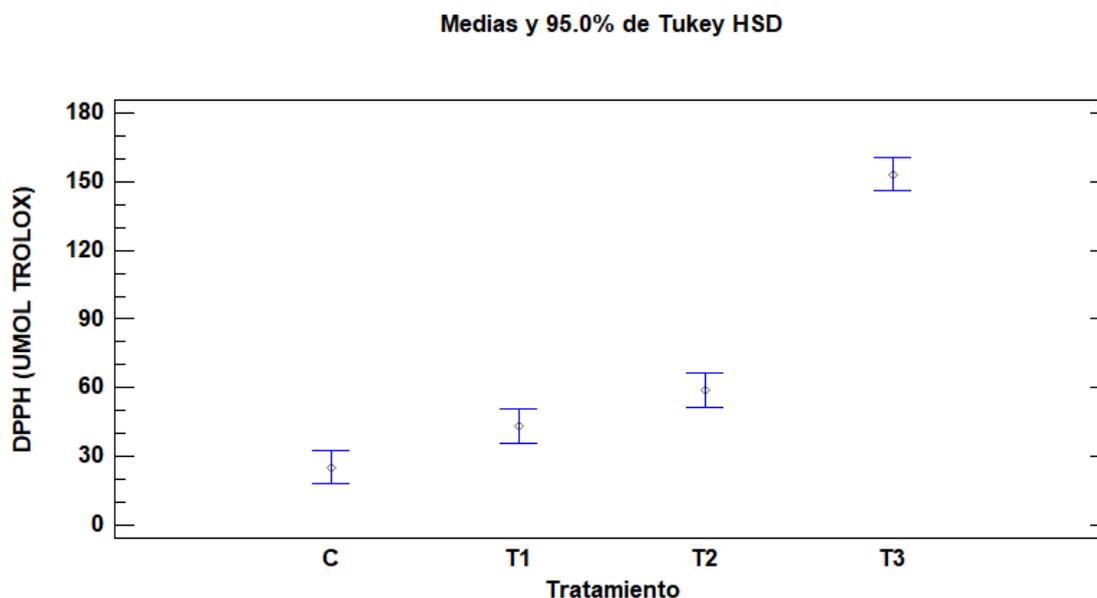
Contraste	Sig	Diferencia	+/- Limites
C-T1	*	-17.996	14.728
C-T2	*	-33.6339	14.728
C-T3	*	-127.932	14.728
T1-T2	*	-15.6379	14.728
T1-T3	*	-109.936	14.728
T2-T3	*	-94.2981	14.728

\* Indica una diferencia significativa

En la Tabla, se presenta el método de comparación múltiple utilizando el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey, a fin de interpretar si existe significancia entre los tratamientos y la muestra control (C). Los resultados confirman que los diferentes tratamientos y la muestra

control (C), presentan estadísticamente una diferencia significativa entre sí, con un nivel de confianza del 95%

Así mismo al observar los promedios de cada tratamiento, se puede notar que el tratamiento T3(extracto de yacón al 15%) contiene una mayor capacidad antioxidante en comparación con otros tratamientos y la muestra control (C).



**Figura 10.** *Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto a la Capacidad Antioxidante.*

Se muestra en la figura los valores determinados en el análisis de la capacidad antioxidante, usando el procedimiento Tukey HSD, por medio del cual se determina que hay una diferencia estadísticamente significativa entre todos los tratamientos y la muestra control (C), ya que estos intervalos no se superponen entre si verticalmente, lo cual se logra interpretar que el extracto de yacón si tiene un efecto estadísticamente significativo en la capacidad antioxidante del hidromiel. Siendo T3 (extracto de yacón al 15%) quien tiene una mayor influencia en la capacidad antioxidante que los otros tratamientos y en comparación a la muestra control (C).

#### 4.2.4.6. Análisis de Grados alcohólicos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.

**Tabla 28.**

*Análisis de Grados alcohólicos de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón*

TRATAMIENTO	% EXTRACTO DE YACON	Grados alcohólicos °GL (Gay Lussac)
C	0	8.53 ± 0.46
T1	5	9.17 ± 0.29
T2	10	10.1 ± 0.29
T3	15	11.0 ± 0.50

\*Media de tres repeticiones ± desviación estándar

La tabla presenta los valores de alcohol obtenidos al final del proceso de fermentación. Como se puede apreciar, en este trabajo se obtuvo que el tratamiento T3 contiene mayor cantidad de grado alcohólico 11.0 °GL mientras que las demás muestras presentan valores de: 8.53°GL para muestra control (C), 9.17°GL para T1 y 10.1°GL para T2.

Los valores hallados indican que el extracto de yacón tiene influencia sobre el contenido de grados alcohólicos, según lo informado por Kawa et al. (2019). En su investigación demuestra que el adicionar diferentes tipos de aditivos entre frutas, hiervas y otros, logra tener un impacto significativo en el proceso de fermentación. De acuerdo con Pereira et al. (2014) el hidromiel que resulta de la fermentación de la miel diluida, puede tener un contenido alcohólico que oscila entre el 8 y 18 °GL, por lo que los valores que obtuvimos están dentro del rango de otros estudios sobre el hidromiel. Mientras que Farfán B. et al. (2021) comenta en su trabajo de investigación sobre la empresa Bávaros SAC, ubicada en la ciudad de Lima, la cual se dedica a la comercialización de hidromiel bajo el nombre de “Valkiria”, ellos

producen hidromiel cítrico comercial con 7° GL (tiene como ingrediente adicional maracuyá).

El hidromiel es una bebida alcohólica esencialmente caracterizada por una graduación cercana a los 13 °GL. Así mismo las bebidas fermentadas del tipo cerveza o del tipo vino contienen entre 3 - 12 °GL. (Pereria et al. 2014)

**Tabla 29.**

*Análisis de varianza de Grados alcohólicos de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón*

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Entre grupos	10.6567	3	3.55222	22.25	0.0003
Intra grupos	1.26	8	0.1575		
Total (Corr.)	11.9167	11			

Procedemos a realizar el análisis de varianza para determinar si la diferencia entre los tratamientos respecto a la muestra control es significativa. En la Tabla 29 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) de los °GL (% vol. de alcohol) de los diferentes tratamientos y la muestra control. Se logra interpretar según el VALOR-P, el cual es 0.0003 y es menor a 0.05, que los tratamientos aplicados influyen estadísticamente de manera significativa en el porcentaje de volumen de alcohol (°GL) del producto final. Al ser el VALOR-P inferior se prueba la significancia estadística, es decir, que el extracto de yacón añadido en diferentes concentraciones influye significativamente sobre los °GL del hidromiel artesanal.

**Tabla 30.**

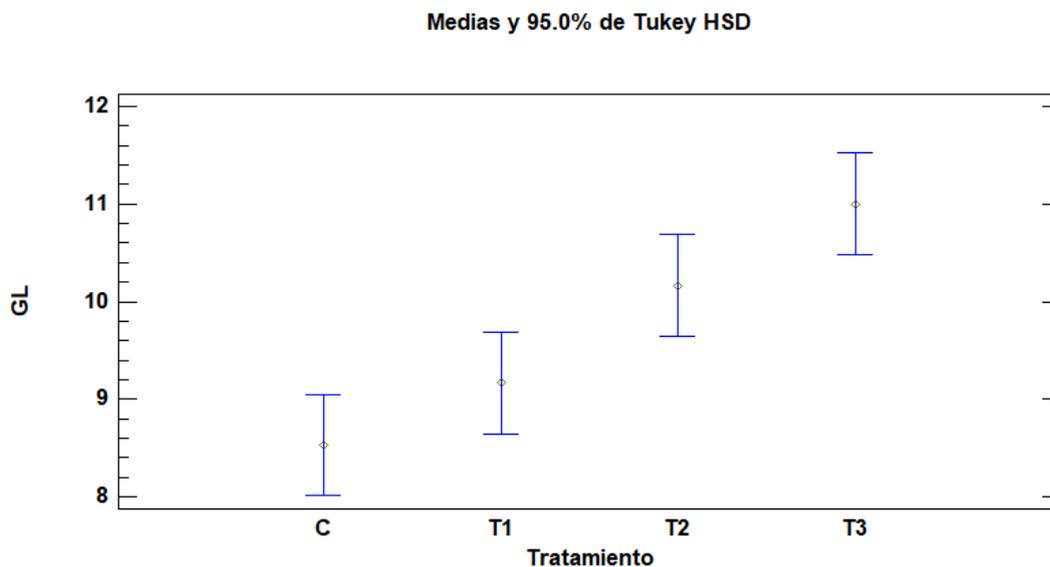
*Prueba de Tukey HSD para Grados alcohólicos de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

TRATAMIENTO	CASOS	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
T3	3	8.53333	X
T2	3	9.16667	XX
T1	3	10.1667	XX
C	3	11.0	X

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
C - T1		-0.633333	0.747233
C - T2	*	-1.63333	0.747233
C - T3	*	-2.46667	0.747233
T1 - T2		-1.0	0.747233
T1 - T3	*	-1.83333	0.747233
T2 - T3		-0.833333	0.747233

\* indica una diferencia significativa.

En la tabla se muestra una comparación múltiple realizado con el procedimiento de diferencia significativamente honesta (HSD) de Tukey, herramienta valiosa para el análisis comparativo, para lograr entender que medias tienen diferencia significativa entre los tratamientos propuestos y muestra control, puesto que el extracto de yacón tuvo un efecto significativo en el contenido de °GL del hidromiel artesanal. Se observa entonces que la diferencia de las medias está presente entre las muestras C con T2, C con T3 y T1 con T3 siendo estas significativas.



2

**Figura 11.** *Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto a los Grados alcohólicos.*

En la Figura 11 se muestra los valores medios del contenido de los °GL, para lo cual se empleó el procedimiento de Tukey HSD, con lo que se logra contemplar, que hay una significativa diferencia estadística en los tratamientos T2 y T3, con respecto a la muestra control (C), indicando que el contenido de extracto de yacón en estos tratamientos tiene un efecto significativo en el grado alcohólico, ya que no se traslapan verticalmente. Es el T3 (extracto de yacón al 15%) quien tiene una mayor influencia sobre el contenido de °GL en el hidromiel artesanal que los otros tratamientos y en comparación a la muestra control.

Así mismo también se puede observar que no hay diferencia significativa entre el tratamiento T1 (extracto de yacón al 5%) y muestra control (C), esto es debido a que los intervalos se traslapan verticalmente como se observa en la figura. Se puede observar que tampoco hay una diferencia significativa entre T2 (extracto de yacón al 10%) y T3 (extracto de yacón al 15%), puesto que los intervalos se superponen verticalmente en la gráfica. Como si sucede en la muestra control respecto al T2 y T3.

### 4.3. Análisis sensorial del Hidromiel artesanal

Se realizó una evaluación de aceptación sensorial aplicada a cincuenta panelistas mayores de edad no entrenados, los cuales son válidos en métodos más espontáneos como el método de forma de perfil libre entre otros (en el método de la prueba de escala hedónica se aceptan panelistas entrenados, semi-entrenados como no entrenados), los cuales no requieren una formación extensa o entrenamiento específico (Perrin et al., 2007).

Los datos resultantes reflejan el juicio y la aceptación del panelista según sus gustos, criterio y lo que perciba respecto a las muestras que se le presentaron; por lo que se trata de un análisis a nivel de laboratorio y no para fines de comercialización. Las valoraciones fueron desde un rango de Me disgusta muchísimo =, hasta Me gusta muchísimo = 9, asignándose un valor numérico para su posterior análisis e interpretación estadística (Anexo 6).

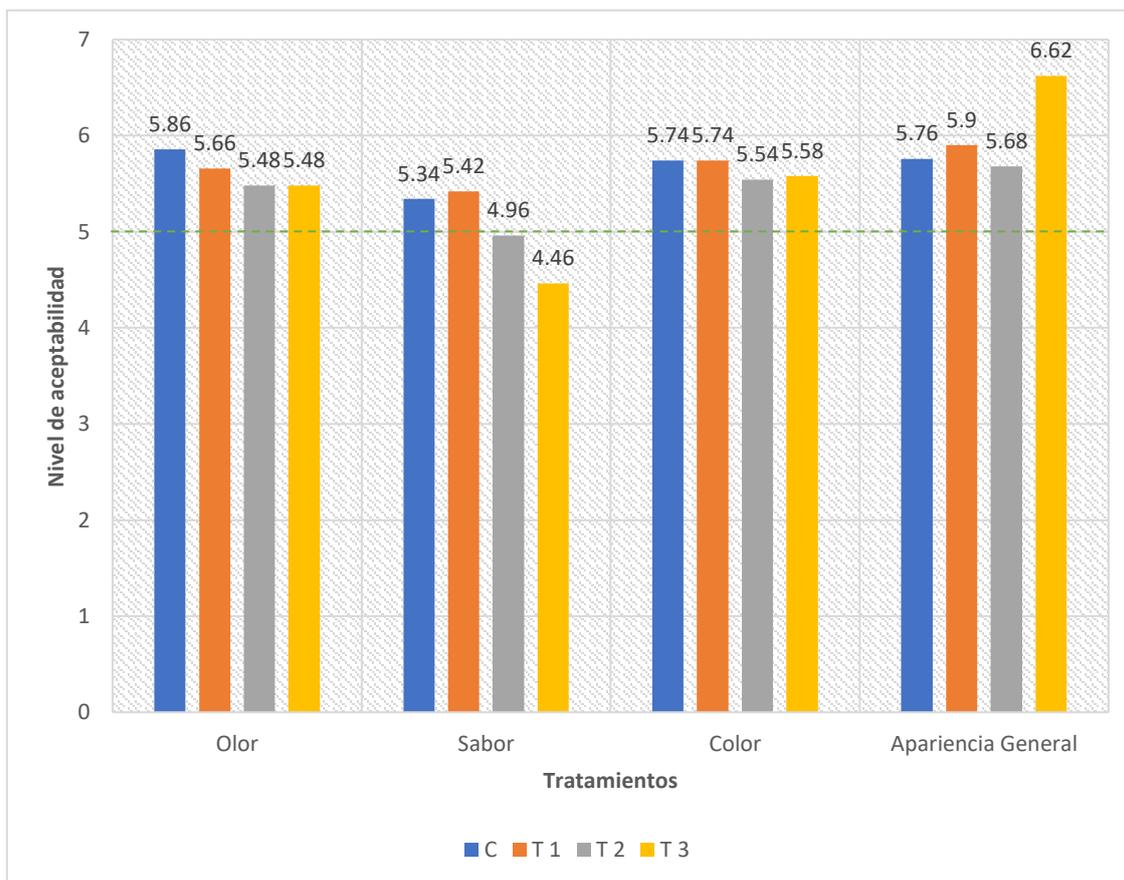
**Tabla 31.**

*Promedios de los panelistas evaluados  $\pm$  DE.*

<b>Muestras</b>	<b>% Extracto de yacón</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Color</b>	<b>Apariencia General</b>
<b>C</b>	0	5.86 $\pm$ 1.44	5.34 $\pm$ 1.76	5.74 $\pm$ 1.48	5.76 $\pm$ 1.44
<b>T 1</b>	5	5.66 $\pm$ 1.70	5.42 $\pm$ 1.82	5.74 $\pm$ 1.34	5.9 $\pm$ 1.15
<b>T 2</b>	10	5.48 $\pm$ 1.64	4.96 $\pm$ 2.18	5.54 $\pm$ 2.01	5.68 $\pm$ 1.91
<b>T 3</b>	15	5.48 $\pm$ 1.55	4.46 $\pm$ 1.76	5.58 $\pm$ 1.21	6.62 $\pm$ 1.29

\*Media de 50 panelistas  $\pm$  desviación estándar.

La tabla muestra la puntuación promedio  $\pm$  su desviación estándar obtenida para los tratamientos de hidromiel desarrollados que van desde la muestra Control, Tratamiento 1, Tratamiento 2 y Tratamiento 3 (0% de extracto de yacón añadido, hasta 5%, 10% y 15% respectivamente).



**Figura 12.** Gráfico de barras del nivel de aceptabilidad según las características sensoriales de la muestra control y los tratamientos

El gráfico de barras muestra que el tratamiento que más llamó la atención con respecto a la muestra Control fue el tratamiento T1 con un 5% de extracto de yacón añadido ya que obtiene los mayores valores promedios en los atributos de aceptabilidad sensorial. Con los datos obtenidos se procedió a realizar un análisis estadístico usando el software STATGRAPHICS CENTURION XVI, para determinar si las diferencias obtenidas son significativas entre los distintos tratamientos y la muestra control.

### 4.3.1. Olor

**Tabla 32.**

*Promedios con respecto al olor*

MUESTRAS	% EXTRACTO DE YACÓN	OLOR
C	0	5.86 ± 1.44
T 1	5	5.66 ± 1.70
T 2	10	5.48 ± 1.64
T 3	15	5.48 ± 1.55

\*Media de 50 panelistas ± desviación estándar.

Observamos que la mayor preferencia en cuanto a olor lo obtuvo el tratamiento C (Control), con un puntaje promedio de 5.86 seguido de cerca por el T2, mientras que los tratamientos T2 y T3 alcanzaron la menor puntuación con un promedio de 5.48 cada uno.

**Tabla 33.**

*Análisis de varianza (ANOVA) con respecto al olor*

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: MUESTRAS	4.92	3	1.64	1.04	0.3754
B: PANELISTAS	263.12	49	5.3698	3.42	0.0000
RESIDUOS	231.08	147	1.57197		
TOTAL (CORREGIDO)	499.12	199			

Los resultados de la tabla muestran el análisis de varianza (ANOVA) que permite determinar de forma estadística si la variabilidad de los puntajes dados por los panelistas para el olor es significativa o no, con un nivel de confianza del 95%. Al presentar un Valor-P mayor que 0.05, se refiere a que no resulta

estadísticamente significativo. Es decir, que las concentraciones de yacón añadidas al hidromiel artesanal no tienen un impacto influyente en el olor cuando los panelistas lo perciben.

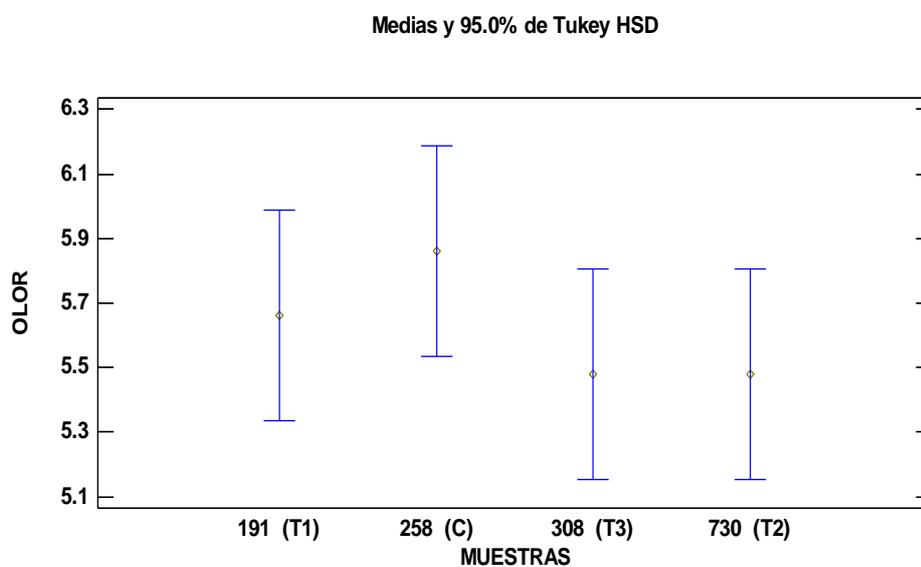
**Tabla 34.**

*Prueba de tukey HSD con respecto al olor*

MUESTRAS	CASOS	MEDIA LS	SIGMA LS	GRUPOS HOMOGÉNEOS
308 (T3)	50	5.48	0.177312	X
730 (T2)	50	5.48	0.177312	X
191 (T1)	50	5.66	0.177312	X
258 (C)	50	5.86	0.177312	X

La tabla muestra que ningún tratamiento muestra diferencia significativa uno de otro, al compartir las X's la misma columna se identifica un grupo homogéneo. En consecuencia, no hay una diferencia significativa estadísticamente entre los tratamientos y la muestra control.

**Figura 13.** *Gráfica de medias – prueba Tukey HSD con respecto al olor.*



En la gráfica de la figura 13 se puede observar que la muestra C (Control, que no contiene extracto de yacón añadido) es la bebida con mayor aceptación entre los panelistas en cuanto a la sensación del olor, mientras que las muestras T2 y T3 (con extracto de yacón del 10 y 15% respectivamente) son las que tienen un menor valor medio entre todos los tratamientos. Sin embargo, las diferencias no son significativas ya que los intervalos se traslapan verticalmente.

#### 4.3.2. Sabor

**Tabla 35.**

*Tabla de promedios para el sabor.*

MUESTRA	% EXTRACTO DE YACÓN	SABOR
C	0	5.34 ± 1.76
T1	5	5.42 ± 1.82
T2	10	4.96 ± 2.18
T3	15	4.46 ± 1.76

\*Media de 50 panelistas ± desviación estándar.

Obtuvimos un valor máximo promedio de 5.42 para el T1 mientras el puntaje mínimo promedio lo tiene el tratamiento 3 con un valor de 4.96. Los rangos de los valores promedios para la muestra C y T1 están cercanos a la mitad de la escala hedónica de nueve puntos evidenciando que no hay gusto ni disgusto respecto al hidromiel artesanal con extracto de yacón a excepción de las muestras T2 y T3 que obtuvieron un puntaje por debajo de 5 (4 = Me disgusta ligeramente), evidenciando que el yacón influyó en el sabor. Ahora procedimos a realizar el análisis de varianza para determinar si estas diferencias son significativas.

**Tabla 36.***Análisis de varianza para el sabor*

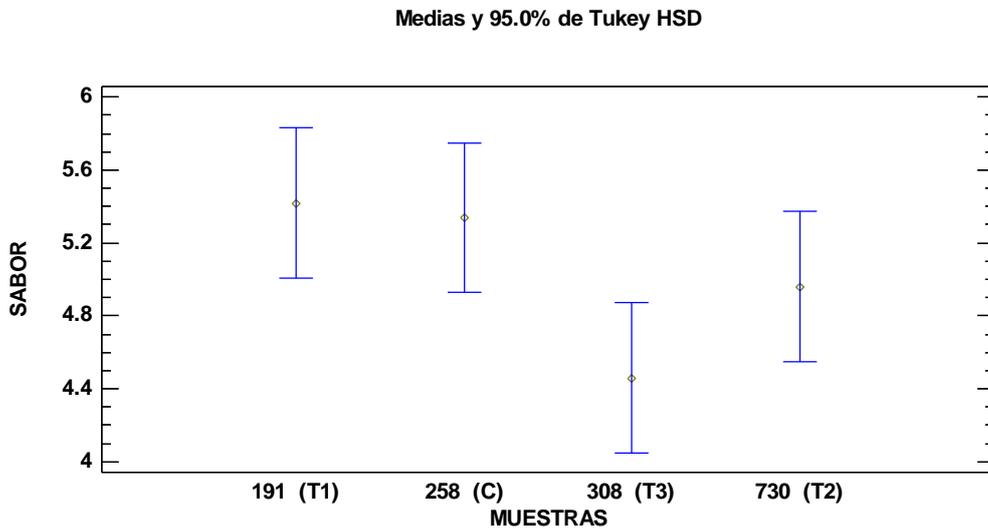
<b>FUENTE</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>GL</b>	<b>CUADRADO MEDIO</b>	<b>RAZÓN-F</b>	<b>VALOR-P</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: MUESTRAS	28.855	3	9.61833	3.84	0.0111
B: PANELISTAS	329.345	49	6.72133	2.68	0.0000
RESIDUOS	368.395	147	2.50609		
TOTAL	726.595	199			
<b>(CORREGIDO)</b>					

Los resultados de la tabla muestran el análisis de varianza (ANOVA) que permite determinar de forma estadística si la variabilidad de los puntajes dados por los panelistas para el sabor es significativa o no, con un nivel de confianza del 95%. Al presentar un Valor-P menor que 0.05, se refiere a que resulta estadísticamente significativo. Es decir, que las concentraciones de yacón añadidas al hidromiel artesanal si tuvieron un impacto significativo en el sabor cuando los panelistas lo percibieron.

**Tabla 37.***Prueba de tukey HSD para el sabor*

<b>MUESTRAS</b>	<b>CASOS</b>	<b>MEDIA LS</b>	<b>SIGMA LS</b>	<b>GRUPOS HOMOGÉNEOS</b>
308 (T3)	50	4.46	0.223879	X
730 (T2)	50	4.96	0.223879	XX
258 (C)	50	5.34	0.223879	X
191 (T1)	50	5.42	0.223879	X

La tabla muestra que los tratamientos muestran diferencia significativa uno de otro, al no compartir todas las X's la misma columna se identifica también un grupo no homogéneo. En consecuencia, hay una diferencia significativa estadísticamente entre los tratamientos y la muestra control. Esta diferencia la visualizamos en la siguiente gráfica.



**Figura 14.** Gráfica de medias – prueba Tukey HSD con respecto al sabor

En la gráfica se puede observar que T1 es el tratamiento con mayor aceptación entre los panelistas en cuanto a la sensación del sabor, mientras que la muestra T3 es la que tiene un menor valor medio. Existe una diferencia significativa respecto del T3 con las demás muestras siendo esta la muestra más significativa estadísticamente ya que no se traslapa verticalmente al compararla con la muestra C y el T1.

### 4.3.3. Color

**Tabla 38.**

*Valores promedio para el color*

MUESTRA	% EXTRACTO DE YACÓN	COLOR
C	0	5.74 ± 1.5
T1	5	5.74 ± 1.3
T2	10	5.54 ± 2
T3	15	5.58 ± 1.2

Se obtuvo un valor máximo promedio de 5.74 para la muestra C y la muestra T1 mientras el puntaje mínimo promedio lo tiene la muestra T2 con un valor de 5.54. Los rangos de los valores promedios de todas las muestras están cercanos a la mitad de la escala hedónica de nueve puntos evidenciando que no hay gusto ni disgusto respecto al hidromiel artesanal con extracto de yacón.

Según Ugas (2010): el hidromiel corresponde a una bebida que tiene una apariencia de color amarillo dorado con un ligero brillo y necesita pasar por un proceso de filtración para obtener un mejor producto.

**Tabla 39.**

*Análisis de varianza para el color*

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:MUESTRAS	1.66	3	0.553333	0.54	0.6549
B:PANELISTAS	315.5	49	6.43878	6.30	0.0000
RESIDUOS	150.34	147	1.02272		
TOTAL (CORREGIDO)	467.5	199			

Los resultados de la tabla muestran el análisis de varianza (ANOVA) que permite determinar de forma estadística si la variabilidad de los puntajes dados por los panelistas para el color del hidromiel artesanal es significativa, con un nivel de confianza del 95%. Al presentar un Valor-P mayor que 0.05, se refiere a que no resulta estadísticamente significativo. Es decir, que las concentraciones de yacón añadidas al hidromiel artesanal no tuvieron un impacto significativo en el color de la muestra C respecto a los tratamientos cuando los panelistas lo visualizaron.

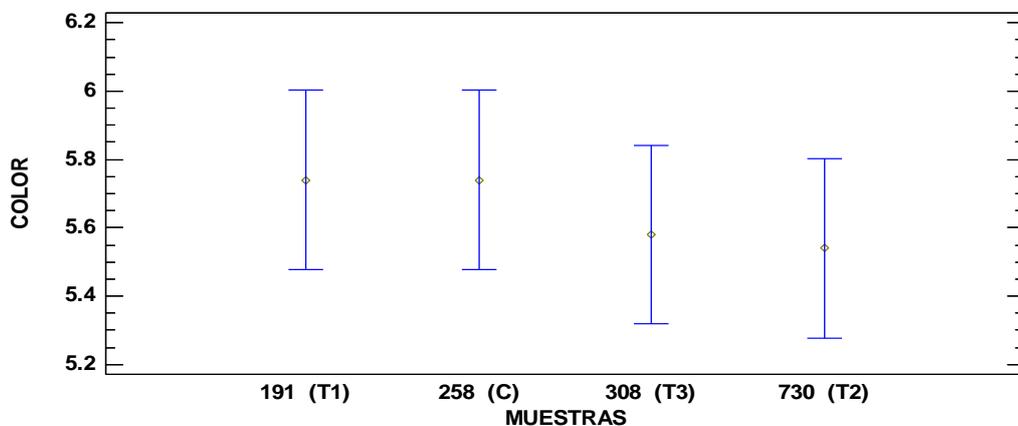
**Tabla 40.**

*Prueba de Tukey HSD para el color*

MUESTRAS	CASOS	MEDIA LS	SIGMA LS	GRUPOS HOMOGÉNEOS
730 (T2)	50	5.54	0.143019	X
308 (T3)	50	5.58	0.143019	X
258 (C)	50	5.74	0.143019	X
191 (T1)	50	5.74	0.143019	X

La tabla muestra que ningún tratamiento muestra diferencia significativa uno de otro, al compartir las X's la misma columna se identifica un grupo homogéneo. En consecuencia, no hay una diferencia significativa estadísticamente entre los tratamientos y la muestra control.

**Medias y 95.0% de Tukey HSD**



**Figura 15.** *Diferencia de medias – prueba Tukey HSD con respecto al color*

La gráfica de la figura 15 muestra que los valores medios se traslapan verticalmente por lo que no hay diferencia significativa entre los tratamientos y la muestra control. En el atributo sensorial de color no vamos a encontrar diferencia significativa ya que el hidromiel artesanal en los tres tratamientos y la muestra control, según el diagrama de bloques del proceso, pasan por un trasvasado el cual ayudará a eliminar sedimentos y cualquier otra sustancia producto de la fermentación. Dando una apariencia más clara cada vez que se realice un trasvase o filtración.

#### 4.3.4. Apariencia general

**Tabla 41.**

*Valores promedio para el atributo Apariencia General*

<b>Muestra</b>	<b>% Extracto de yacón</b>	<b>Apariencia General</b>
<b>C</b>	0	5.76 ± 1.44
<b>T1</b>	5	5.9 ± 1.15
<b>T2</b>	10	5.68 ± 1.91
<b>T3</b>	15	6.62 ± 1.29

\*Media de 50 panelistas ± desviación estándar.

La tabla muestra los valores promedios del atributo apariencia general de las muestras de hidromiel artesanal con extracto yacón. El mejor puntaje lo obtuvo la muestra T3 con un promedio de 6.62, considerándose entonces la de mejor aspecto general. Mientras el puntaje mínimo promedio lo tiene la muestra T2 con un valor de 5.68. Los rangos de los valores promedios de todas las muestras están cercanos a la mitad de la escala hedónica de nueve puntos evidenciando que no hay gusto ni disgusto respecto al hidromiel artesanal con extracto de yacón a excepción de la muestra T3 que supera los 6 puntos (Me gusta ligeramente) en la escala.

Un estudio realizado por Apablaza (2014) sobre hidromieles comerciales se demostró que en los hidromieles dulces se hace más difícil percibir defectos,

porque el dulce los enmascara, mientras que, en los hidromieles secos, los defectos son más notorios. En apariencia general, los evaluadores expresaron su juicio en base a características generales de cuerpo y aroma para definir una identidad, probablemente relacionado con el empleo de mieles con aroma poco intenso. De igual manera, notaron en la mayoría de las muestras tal vez un olor y sabor a levaduras y notas oxidadas ya que nuestro hidromiel resultó con un aspecto un poco semiseco.

**Tabla 42.**

*Análisis de varianza para el atributo de apariencia general en el hidromiel artesanal con extracto de yacón*

<b>FUENTE</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>GL</b>	<b>CUADRADO MEDIO</b>	<b>RAZÓN-F</b>	<b>VALOR-P</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:MUESTRAS	27.7	3	9.23333	0.69	0.5623
B:PANELISTAS	833.98	49	17.02	1.26	0.1452
RESIDUOS	1980.3	147	13.4714		
TOTAL (CORREGIDO)	2841.98	199			

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En la Tabla 42 se presentan los resultados del análisis estadístico de las muestras del hidromiel artesanal con extracto de yacón respecto a su aceptabilidad general. Se puede observar que tanto las formulaciones como los panelistas no influyen significativamente en este aspecto, ya que los valores-P son mayores a 0.05 (0.5623 para las Muestras y 0.1452 para los Panelistas) lo que indica que las formulaciones realizadas no tienen una influencia significativa en la aceptabilidad general percibida por los panelistas con un nivel de confianza del 95.0%.

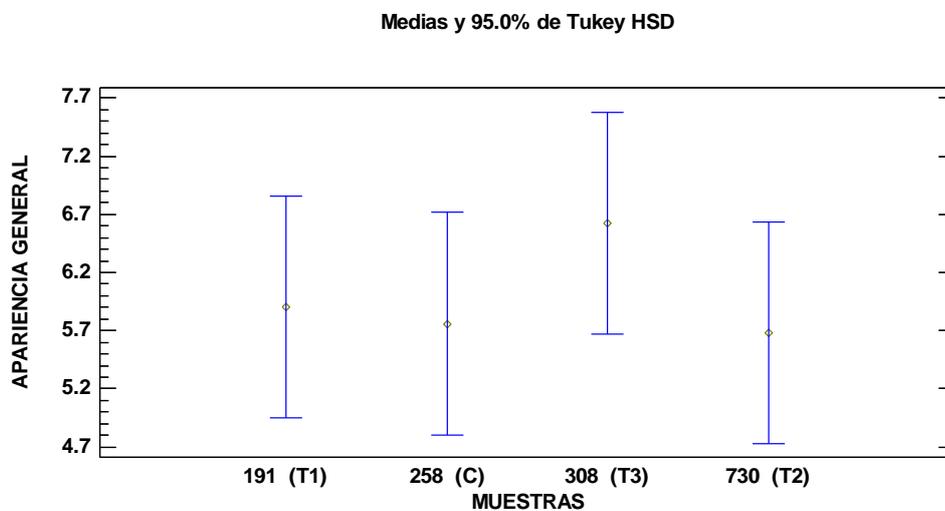
**Tabla 43.**

*Prueba de Tukey HSD para apariencia general de los tratamientos del hidromiel artesanal con extracto de yacón.*

MUESTRAS	CASOS	MEDIA LS	SIGMA LS	GRUPOS HOMOGÉNEOS
730 (T2)	50	5.68	0.519065	X
258 (C)	50	5.76	0.519065	X
191 (T1)	50	5.9	0.519065	X
308 (T3)	50	6.62	0.519065	X

La tabla muestra la aplicación del procedimiento de comparación múltiple mediante diferencia honestamente significativa de tukey (HSD) para poder determinar que medias son diferentes significativamente entre sí. Se puede observar un solo grupo homogéneo según la alineación de las X's en columnas. Todas las muestras comparten una misma columna de X's, por lo que se puede llegar a interpretar que no existe una diferencia estadísticamente significativa teniendo un nivel de confianza del 95%.

La mejor formulación en este apartado fue la muestra T3 (6.62), mientras que la menos preferida por los panelistas fue la muestra T2 (5.68). Se logra interpretar que las formulaciones que poseen un mayor contenido de extracto de yacón obtienen una mayor aceptabilidad general superior en comparación con aquellas con un menor contenido de extracto de yacón.



**Figura 16.** *Gráfico de medias – prueba Tukey HSD con respecto a la apariencia general*

En esta gráfica de medias de la figura 16, a un 95% de confianza, se observó que T3 (15% de extracto de yacón) es la muestra con mayor aceptación por los panelistas en cuanto a su apariencia general. Por otro lado, la muestra T2(10% de extracto de yacón) es la muestra con la menor media respecto a todos los tratamientos.

Además, en este caso, se puede notar que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, ya que los intervalos se traslapan verticalmente. Estos resultados indican que no existe una influencia significativa entre las formulaciones de extracto de yacón con respecto a la aceptabilidad general percibida por los panelistas que evaluaron las muestras.

#### 4.3.5. Intención de consumo

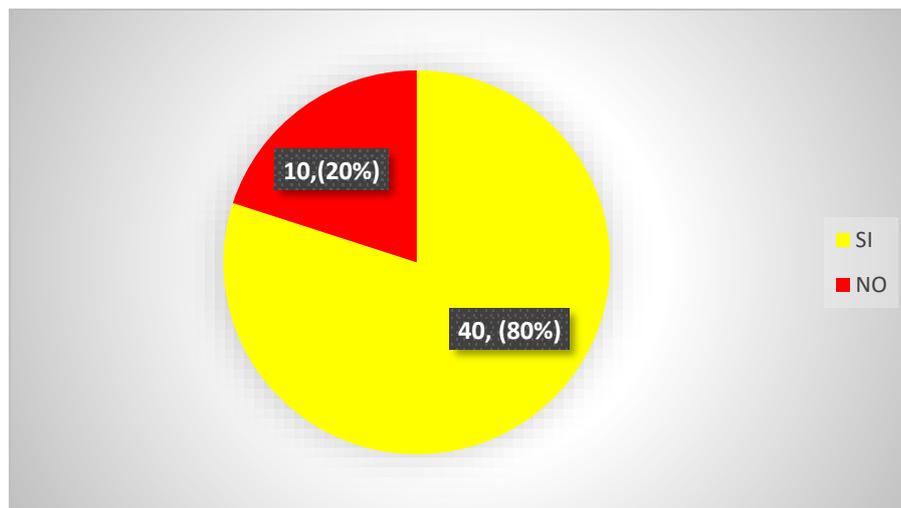
**Tabla 44.**

*Intención de consumo de los panelistas*

<b>CONSUMIRIAS ESTE PRODUCTO</b>	
SI	40
NO	10

\*Encuestados 50 panelistas no entrenados.

Se les hizo la pregunta a los panelistas si consumirían el hidromiel artesanal con extracto de yacón. La mayoría, a pesar de que percibían y olían el aroma y sabor de este tubérculo respondió que Sí consumiría esta bebida, agregando además que les gustaría tal vez con un poco más de dulzor, hasta otros con un poco de efervescencia. Blanco, J. (2016) menciona en su estudio sobre la elaboración de hidromiel con zumo de naranja que al añadir diversos tipos de frutos o especias ayudan a que mejoren tanto la calidad como las propiedades del hidromiel, también ayudan a que el consumidor se incline por beberla encontrando en algunos casos variados sabores agradables a su paladar.



**Figura 17.** *Cantidad de personas con intención de consumir el producto.*

Aquellos panelistas que votaron por un Si, fueron 40 personas las cuales representan un 80% de los entrevistados; mientras que el 20%, siendo 10 personas, manifestó que beber el hidromiel con extracto de yacón no está entre sus opciones, esto debido a que cada persona tiene gustos diferentes y no todas son amantes de sabores o bebidas fermentadas a las que no están acostumbradas. Lo mismo es aplicable en el vino de uva, ya que tiene distintas presentaciones: desde seco, sémico a dulce y en cada una de ellas gana diferente cantidad de bebedores.

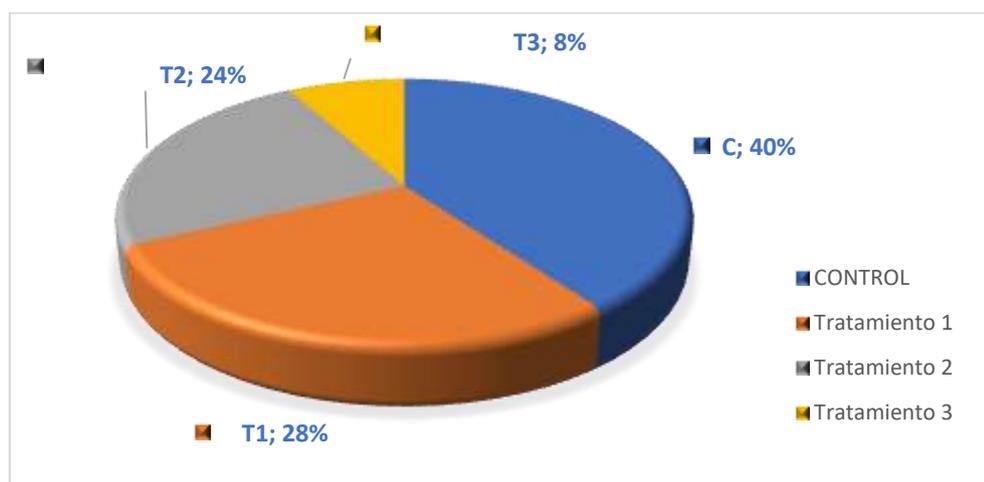
#### **4.3.6. Muestra preferida**

Así como se obtuvo la información si los panelistas tenían tendencia a consumir el producto o no, se les preguntó acerca de cuál sería de entre las cuatro muestras que se les presentó, su muestra preferida, arrojando la siguiente tabla.

**Tabla 45.** Valoración de la muestra preferida elegida por los panelistas.

Muestras	% Extracto de yacón	Cantidad de panelistas	Porcentaje %
C	0	20	40 %
T1	5	14	28%
T2	10	12	24%
T3	15	4	8%

La tabla representa numéricamente la cantidad de panelistas que eligieron las muestra control C como su favorita. Esto debido principalmente a que el yacón aportó sus propiedades para mejora fisicoquímicamente la bebida, pero no aportó un sabor agradable el cuál fue rápidamente detectado por los panelistas. Especialistas sugieren encarecidamente el uso de aditivos, frutas o especies en la elaboración del hidromiel para mejorar sus características organolépticas.



**Figura 18.** Muestra de hidromiel artesanal preferida

La gráfica muestra que la mayoría de los panelistas optaron por el tratamiento Control (C) como muestra que más les agradó. Esto se debe a que el yacón puede aportar significativamente en otros aspectos fisicoquímicos como pH, acidez, polifenoles, capacidad antioxidante, entre otros; pero en el tema de

olor y sabor no es agradable para la mayoría que lo prueba. Estudios con esta bebida sugieren para ello usar especies frutadas para macerar y mejorar los aspectos sensoriales del mismo.

#### **4.3.7. Estimación de vida útil**

El hidromiel a pesar de ser una bebida fermentada como el vino, no se considera que mientras más tiempo pasa mejora sus características por lo que la vida útil del hidromiel se encuentra estimada en hasta dos años después de elaborada, en situación de higiene y sometida a pasteurización adecuada. Si queremos conservar la estabilidad del producto como sus características organolépticas en el envase, precipitados y gasificación, lo recomendable es almacenarla a temperatura ambiente en un lugar fresco y seco.

Pérez et al. (2018) menciona que el hidromiel no se trata de un producto perecedero y manteniéndolo en un lugar adecuado no va a sufrir modificaciones en botella, aun así, él recomienda consumirla en un tiempo de un año desde la fecha de elaboración.

De la misma forma, para Basilio A. et al. (2021) el hidromiel artesanal (como el hidromiel que se elaboró en esta tesis), no es un vino de guarda. No mejora sus características con el paso del tiempo, por lo que debe ser consumido en una o como mucho, dos temporadas, para que esté en su mejor momento. Estaríamos hablando de uno o máximo dos años, por lo que concuerda con Pérez et al. (2018) en consumir el hidromiel cuando está en sus mejores características organolépticas de fabricación.

## **V. CONCLUSIONES**

- En este estudio logramos determinar la proporción de extracto de yacón que se debe utilizar en la elaboración de hidromiel artesanal, para tener un rendimiento significativo en las variables respuesta respecto a la muestra control. La investigación destacó la importancia de la interacción del extracto de yacón en la obtención de niveles deseados de polifenoles totales, capacidad antioxidante, % Vol. Alcohol (°GL) y aceptabilidad sensorial.
- Los resultados demostraron que el extracto de yacón al 15%, proporciona un hidromiel artesanal con un mayor contenido de polifenoles totales 1.7041 (mgGAE/100g), capacidad antioxidante 153.2579 (UMOLET/100ml), ofreciendo propiedades fisicoquímicas deseadas, como un pH de 3.537, una acidez del 1.6125 g/l, 6.5 de °Brix y 11.0 °GL, manteniéndose estos dentro de los parámetros óptimos de calidad establecidos. Sin embargo, se observó que la muestra control obtuvo una mayor aceptabilidad general en el análisis sensorial y dentro de los tratamientos fue mejor calificado el T1 (5% extracto de yacón). Estos resultados no solo contribuyen al conocimiento científico, sino que también ofrecen aplicaciones prácticas a la industria de bebidas fermentadas, usando alimentos nativos de la región como “aditivos o especias”, permitiendo la creación de productos con sabores nuevos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda investigar con otras materias primas que contengan un alto valor de aportes como la capacidad antioxidante, como es en el caso del aguaymanto, entre otros frutos nativos.
- Según el análisis sensorial obtenido, para darle características más aceptables al hidromiel artesanal se recomienda utilizar frutas o especias “aditivos” que ayuden a mejorar su sabor, desarrollando también un nuevo producto.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroperú Comunicaciones SRL, “Áncash: la apicultura, un negocio rentable y sostenible en Pamparomás”- Revista AGROPERÚ informa, noviembre 2021.
- Amerine, M., Berg, H., Cruess, W. The technology of wine making, AVI Publishing company 2017.
- Amma. American Mead Maker Association. 2013. The Journal of the American Mead Makers Association, Edición 1 and 2, invierno y primavera; 22p y 47p.
- Andrade & Rivadeneira 2010, Determinación de los parámetros óptimos en la elaboración de vino de miel de abeja, utilizando dos tipos de aglutinantes naturales, mucílago de cadillo negro (*Triumfetta lappula* L.) y mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*), como clarificantes. Ecuador.
- Anslow & Stadford (2016). "Comparison of the inhibitory action on *Saccharomyces cerevisiae* of weak acid preservatives, uncouplers and medium-chain fatty acids." *FEMS Microbiology Letters* 142: 53-58.
- Bebidas alcohólicas (vino de frutas). Bogotá: ICONTEC, 2000.
- Barriga, F.,(2010). Elaboración del vino claromiel a partir de miel de abeja y néctar de frutas en el sector Pomasqui “La Pampa”.
- Beeman, Julio. "Las maravillas de la colmena: hidromiel y Vinagre de miel". {en línea}. {4 enero de 2011} disponible en: <http://lafamiliapicola.blogspot.com.co/2011/01/las-maravillas-de-lacolmena-hidromiel.html>
- Beeman, Julio. "Las maravillas de la colmena: hidromiel y Vinagre de miel". {en línea}. Disponible en: <http://lafamiliapicola.blogspot.com.co/2013/01/las-maravillasde-la-colmena-hidromiel.html>
- Beer Judge And Certification Program (BJCP). 2015. Style Guidelines (Guía de estilos), for beer, mead & cider. 73p; <http://www.bjcp.org/>
- Blanco, J. (2016) Guía Hidromiel, licor miel final, Ministerio de Agricultura y Ganadería y Pesca, Argentina, publicado el 5 de noviembre del 2016.

- Boulton, CH. y Quian, D. 2015. *Brewing Yeast and Fermentation*, Blackwell Science, Oxford, Inglaterra. 644p. Ingles; ISBN 0-632-05475-1
- Briggs, D.; Boulton, CH.; Brookes, P. y Stevens, R. 2014. *Brewing Science and practice*, Woodhead publishing 1 edition, Cambridge, Inglaterra; 900p; ISBN 1-85573-490-7.
- Campos C. y Lapa E. 2014. "Determinación de los parámetros óptimos en la elaboración de hidromiel, utilizando dos tipos de aglutinantes naturales, como clarificantes". Tarma, Perú. p 192.
- Carvalho, C.M.; Meirinho, S.; Estevinho, M.L.F. y Choupina, A. 2016. Yeast species associated with honey: different identification methods. vol.59, n.225; p 103-113; ISSN 0004-0592.
- Cartwright, C.P., ROSE, A. H, Calderbank, J. y Keenan, M. H. 2019. *In the Yeasts*; Vol 3; 2da edición, Academic Press, Londres, Inglaterra.
- CHR Hansen. 2017. Maximize quality in Chardonnay, with viniflora; Ficha técnica, p.2 .
- Codex Alimentarius Commission Standards (2001), Composición e importancia de la humedad,
- Colciencias, Guía práctica para el control y evaluación de la calidad de la miel y el polen. Instituto de ciencia y tecnología de los alimentos. ICTA , 3º Edición (2018)
- Codex Alimentarius Stan, Vol12.2011, p.1.en([http://expomielmaipu.com.ar/blog/wp-content/uploads/2014/03/Guia\\_Hidromiel\\_Licor\\_Miel\\_FINAL14-11-2013.pdf](http://expomielmaipu.com.ar/blog/wp-content/uploads/2014/03/Guia_Hidromiel_Licor_Miel_FINAL14-11-2013.pdf))
- Elaboración del Vino" Artículo Cienc. Tecnol. Aliment. Vol. 2 Escuela
- Flanzy M. (2000), *Fundamentos Científicos y Tecnológicos*. Ediciones Mundi-Prensa. Francia
- Gómez, A. 2013a. Análisis sensorial de mieles: influencia de la composición y el procesado. *Vida Apícola*. (España). Edición 80: paginas 15-20.

- Gómez, A. 2013b. Conductividad eléctrica, acidez y tixotropía. *Vida Apícola* (España). Edición 77 (3): paginas 48-52.
- Gordon Strong; Kristen England. *Guía de estilos de hidromiel*, Edición 2021. Argentina, 2021. p.1-2.
- Gupta, J. K. y Sharma, R. 2014. Tecnología de producción y características de calidad de los vinos de hidromiel y miel-miel: una revisión, Universidad de Horticultura y Bosques, Nauni, Himachal Pradesh, India. 11p.
- Hills, (2005), *Degustar el vino*. Edit. Albatros. Buenos Aires – Argentina.
- Ibarra, B., Cortes, C., Botero, J. (2010). *Ingeniería de Tequilas*. Grupo de Investigación en ingeniería institucional. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Iglesias, A., Pascoal, A., Choupina, A., Carvalho, C., Feás, X. y Estevinho, L. (2014). Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production. *Molecules*. 19, 12577-12590.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICNTC), Normas Técnicas para bebidas fermentadas (NTC) 2022
- Íñiguez, M, Ortega, A.P., Rosales, A. Ayala, R. y Puras, P. 2013. Estudio de color de los vinos tintos de la D.O.C. de la Rioja, Estación enológica de Haro, La Rioja, España, p 167-186.
- Izaguirre, *Hidromiel* (2004). [Con acceso el 18-03-2017] Disponible en (<http://mitologias.readthedocs.io/en/latest/modules/mitologia/hidromiel.htm>)
- Kunze, W. 2006. *Tecnología para Cerveceros y Malteros*; VLB Berlín; Primera edición en español; 2006; 1075p.
- Leandro, *Tecnología de alimentos*. Edit. Zaragoza. (2013)
- López O., Rangel J. (2017) *Evaluación de la adición de un fruto rojo en la producción de una bebida fermentada a base de miel (hidromiel) en la empresa apiario los cítricos a nivel de laboratorio*. Fundación universidad de América. Bogotá 2017.

- Mendes-Ferreira, A., Cosme, F., Barbosa, C., Falco, V., Ines, A., Mendes-Faia, A. (2010). " Optimización de la miel-mead debe ser preparada y fermentada alcohólica por *Saccharomyces cerevisiae* para la producción. "Revista Internacional de Microbiología de Alimentos 144: 193-198.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), “Áncash: la apicultura, un negocio rentable y sostenible en Pamparomás”- Revista AGROPERÚ informa, noviembre 2021.
- Natividad A., Rojas R., Grimaldo S., Determinación de las propiedades funcionales y sensoriales del hidromiel elaborado con camu camu (*myrciaria dubia*) y aguaymanto (*Physalis peruviana*), 2015 p. 162
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. 2014. Boletín de Agricultura Familiar para América Latina y el Caribe - Abril a Junio <http://www.fao.org/americas/recursos/baf/2014-2/nuevos esquemas de producción comercialización y nutrición/es/>
- Organización De Las Naciones Unidas – ONU, “¿Por qué las abejas son esenciales para las personas y el planeta?”, Revista web: ONU programa para el medio ambiente, (mayo 2022). Disponible en:  
<https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/por-que-las-abejas-son-esenciales-para-las-personas-y-el-planeta>
- Pereira, A., Mendes-Ferreira, A., Estevinho, L. y Mendes-Faia, A. (2014). Mead production: fermentative performance of yeasts entrapped in different concentrations of alginate. *Journal of The Institute of Brewing*. 120, 4, 575-580.
- Pérez M., Greco M., Jiménez R., Sari S., y Fernández M. (2017). Prueba exploratoria para la elaboración de hidromieles en Mendoza. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Perrin, L., R. Symoneaux, J. Maitre, C. Asselin, F. Jourjon, and J. Pages. 2007. Comparison of conventional profiling by a trained tasting panel and free profiling by wine professionals. *Am. J. Enol. Vitic.* 58(4) 508-517.

- Petrova H. (2002). Estabilización proteica de vinos blancos mediante adsorción en columnas de relleno. Tesis para optar al título de Doctor en Ingeniería Química. España.
- Peynaud, E., Blouin, J. (2003) "Enología Práctica: Conocimiento y Elaboración
- Pierre Jean Prost; YVES Le Conte. Apicultura -Fabricación de hidromiel Cap 14 Sección 7. Francia, 2010.
- Rasmia, F.(2018) obtención de hidromiel. Blog. <https://www.hidromielrasmia.com/hidromiel-rasmia-en-la-hispania-de-los-vikingos-2018/>Obtenido de
- Rodríguez, F. (2005). "Las maravillas de la colmena: hidromiel y Vinagre de miel."
- Romero, C. (2012). Evaluación de la fermentación alcohólica para la producción de hidromiel. Universidad de Colombia, Bogotá. 2012.
- Sroka, P., Tuszynski, Tadeusz. (2007). "Changes in organic acids contenets during mead wrt fermetnation." Food Chemistry 104: 1250-1257.
- Strong, Gordon. "Guia de estilos de hidromiel". {en línea}. Disponible en: ([http://www.beergeeks.cl/wordpress/wpcontent/uploads/2016/07/2015\\_Guidelines\\_Mead\\_Espanol.pdf](http://www.beergeeks.cl/wordpress/wpcontent/uploads/2016/07/2015_Guidelines_Mead_Espanol.pdf))
- Universidad Autónoma de Chihuahua, elaboración de hidromiel (2014) Disponible en (<https://prezi.com/fv8ilofxsoyd/produccion-de-hidromiel/>) [Con acceso el 18-03-2017]
- Zoecklein, B., Fugelsang, K., Gump, B., Nury, F. (2001). Análisis y producción de vino. Zaragoza, España.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1. Balance de materia

#### ➤ Balance de materia (Solución madre)

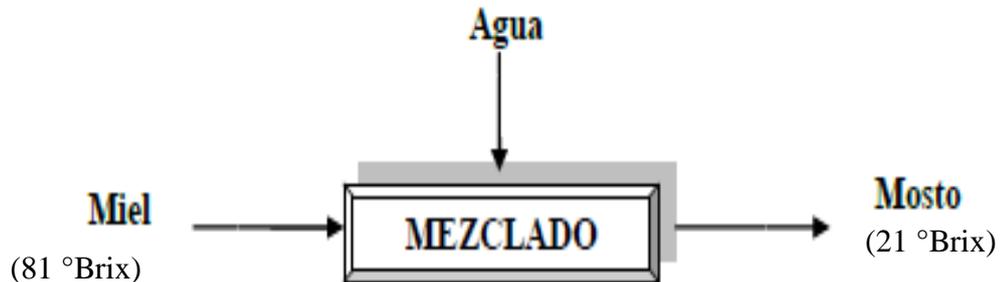


Figura 19. Balance de materia

#### Balance total: $A + B = C$

A= Miel kg

Densidad  $(MIEL)=1.420 \text{ kg/m}^3$

B= Agua litros

C= Mosto (hidromiel) =20 Litros

#### ➤ Balance para sólidos solubles:

$$A \times 0,81 + B \times 0,00 = C \times 0,21$$

$$0,81 \times A \text{ kg} = 0,21 \times 20 \text{ litros}$$

$$0,81 \times V_{(MIEL)} \times 1,420 = 0,21 \times 20 \text{ litros}$$

$$V_{(MIEL)} = 3,6515 \text{ litros}$$

$$A = 5,1851 \text{ kg miel (5,2 kg)}$$

#### Cantidad de agua: $B = C - A$

$$B = 20 \text{ litros} - A \text{ kg miel}$$

$$B = 20 \text{ litros} - (5,1851 \text{ kg miel} / (1,450 \text{ kg miel} / \text{litros}))$$

$$B = 20 \text{ litros} - 3,6515 \text{ litros}$$

$$B = 16,3484 \text{ litros de agua (16,4 litros)}$$

#### Cantidad de agua en porcentaje:

$$\text{Mosto} = 20 \text{ litros} \quad - \quad 100\%$$

$$\text{Agua} = 16,3484 \text{ litros} \quad - \quad x = \mathbf{81,742 \%}$$

#### Cantidad de miel de abeja en porcentaje:

$$\text{Miel} = (\text{mosto}) 100\% - 81,742\% (\text{agua})$$

$$\text{Miel} = \mathbf{18,258 \%}$$

Relación en base al porcentaje para obtener mosto calculado con un mosto a 21 °Brix:

$$\text{Agua} = \mathbf{81,742 \%}$$

$$\text{Miel} = \mathbf{18,258 \%}$$

## ANEXO 2. Descripción de los métodos de análisis

### ➤ Índice de refracción

Se calculará según el método 932.12 de la A.O.A.C. (2000). Usando un Refractómetro digital marca HANNA INSTRUMENTS modelo: HI96801.

Se medirá el índice de la refracción extracto de yacón, mosto y a todos los tratamientos de hidromiel obtenido.

### ➤ Determinación de Acidez

La determinación de acidez para la materia prima se realizó mediante el método de acidez titulable siguiendo el método de la AOAC 942.15 (2005) nos indica que debemos:

Tomar una muestra representativa del lote. Esta deberá tener características representativas, como tamaño y color.

- Utilizar el exprimidor para obtener todo el jugo de la fruta.
- Agitar el zumo para homogenizar.
- Tomar 5 ml del zumo y colocar en el matraz Erlenmeyer.
- Luego añadir 5 gotas de Fenoltaleína y 70 ml de agua destilada.
- Titular el zumo con Na(OH) 0.1 Normal, hasta obtener el cambio de color la solución a un Rojo Grosella, anotar el gasto del hidróxido de sodio.
- Se calcula el % de acidez de acuerdo a la siguiente formula:

$$\%Acidez = Gasto NaOH \times (0.1) \times K \times FC$$

Donde:

Gasto NaOH= ml de soda gastada en la titulación

FC=Factor de corrección de la soda (1 para NaOH estandarizado)

K=Constante del ácido predominante (0.067 para el ácido málico, 75 peq para el ácido tartárico)

- Se realiza el análisis por triplicado y se expresa el promedio.

Solo para la Miel se utilizó la Metodología AOAC- 962.19 Acidez libre de Miel, acidez lactona y total; de la siguiente manera:

### -Principio

La miel contiene ácidos orgánicos libres y lactona. Estas últimas originan los ácidos correspondientes cuando la miel se alcaliniza constituyendo una reserva potencial de acidez. La acidez libre se determina por valoración potenciométrica con alcalina hasta pH 8.50 y la acidez láctónica por valoración de retroceso tras la adición de un exceso conocido de base.

### -Materiales y equipos

- pH-metro equipados por electrodos de vidrio
- Agitador magnético
- Microbureta de 10 mililitros

### -Reactivos

- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.05 N
- Solución de ácido clorhídrico (HCL) 0.05 N

### -Procedimiento

Pesar 10 gramos de miel en un vaso precipitado de 100 ml y disolver en 75 ml de agua destilada exenta de dióxido de carbono. Sumergir en esta disolución el pH-metro, agitar con el agitador magnético y adicionar la disolución de hidróxido de sodio al 0.05 N con una microbureta de 10 ml a una velocidad de 5 ml/min. La adición se debe detener cuando el valor del pH llega a 8.50. Adicionar enseguida con una pipeta 10 ml de la misma disolución, y sin pérdida de tiempo valorar por retroceso con la disolución de ácido clorhídrico 0.05N con una micro bureta de 10 ml hasta un pH de 8.30.

### - Fórmulas para los cálculos

- Acidez libre (meq/kg) =  $\frac{(V_b - V_0) * 1000}{P}$
- Acidez láctónica (meq/kg) =  $\frac{(10N_b - V_a N_a) * 1000}{P}$
- Acidez total = Acidez libre + acidez láctónica

Siendo:

- $V_b$ = Volumen en mililitros, de base consumido para alcanzar pH 8.50
- $V_o$ = Volumen en mililitros, de base consumidos por 75 mililitros de agua destilada para alcanzar pH 8.50.
- $V_a$ = Volumen en mililitros, de ácido gastado en la valoración por retroceso para alcanzar pH 8.30
- $N_b$ = Normalidad de la base
- $N_a$ = Normalidad del ácido
- $P$ = peso en gramos, de la muestra

La medición de la acidez para el hidromiel según la AOAC 942.15 (2005). La acidez mide la cantidad de ácidos orgánicos que se encuentran en el hidromiel que contribuyen al aroma y sabor del hidromiel por ende su calidad.

- Tomar 100 ml de hidromiel y agitar hasta que no haya burbujas.
- Añadir 100 ml de agua destilada y agitar suavemente.
- Agregar 2-3 gotas de fenolftaleína.
- Titular agregando gota a gota el hidróxido de sodio 0.1 N hasta virar a un suave color rosa y anotar el volumen del gasto.

Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Acidez libre (g Ácido tartárico/L)} = \frac{V * C * 75}{v}$$

$V$ =Volumen de hidróxido gastado en ml.

$C$ =Concentración normal del hidróxido de sodio (0.1 N).

$V$ =Volumen de la muestra de hidromiel en ml.

#### ➤ **Potencial de hidrógeno**

Se calculará según el método 981.12 de la A.O.A.C. (2000), usando un Ph- metro digital marca HANNA INSTRUMENTS modelo: HI98107.

### ➤ Polifenoles totales

Los de polifenoles totales (PT) se determinó con el método de colorimétrico de Folin-Ciocalteu adaptadas para un ensayo en una placa de 96 pocillos por Nagaraj et al. (2022).

#### Preparación de reactivos

Se preparó ácido gálico a una concentración de 450 µg/ml, pesando 0.225 gramos de ácido gálico en 50 ml de agua destilada, de igual manera se preparó carbonato de sodio al 20% (p/v) en una fiola de 20 ml, y por último se preparó el reactivo Folin Ciocalteu a una concentración 2N. Se preparó los reactivos para la extracción de las muestras, se preparó una solución de Metanol/Agua 50/50 (v/v), la cual se acidifico con hidróxido de cloro 2N hasta llegar a pH de 2, asimismo se preparó una solución acetona/agua 70/30 (v/v)

#### Preparación de la curva estándar

Se colocó 6 tubos eppendorf y se adiciono diferente cantidad de ácido gálico a para preparar diferentes concentraciones, se hace reaccionar con 100 microlitros de Folin Ciocalteu, dejar reaccionar 5 minutos para luego adicionar 50 microlitros Pesar Aforar y agitar Ultrasonido Centrifugar Separar sobrenadante Adicionar colorante Anotar absorbancia 20' 4000 rpm Sedimento 520 nm Ácido oxálico 0.4% (p/v) Muestra en gramos 2,4 DFIF 0.006% (p/v). 62 de la solución carbonato de sodio a todos los tubos, por último, se adiciona el agua destilada, de igual manera se realizó un blanco que solo contenía agua destilada y carbonato de sodio como se muestra en la tabla.

**Tabla 46.** *Concentración de soluciones para curva estándar de Polifenoles.*

Patrones	Ácido gálico (ug/ml)	Ácido gálico (ug/ml)	Folin ciocalteu (ul)	Carbonato de sodio (ul)	Agua destilada (ul)	Total (ul)
1	7.2	20	100	50	1080	1200
2	14.4	40	100	50	1060	1200
3	21.6	60	100	50	1040	1200
4	28.8	80	100	50	1020	1200
5	36	100	100	50	1000	1200
6	BIK	0	100	50	1100	1200

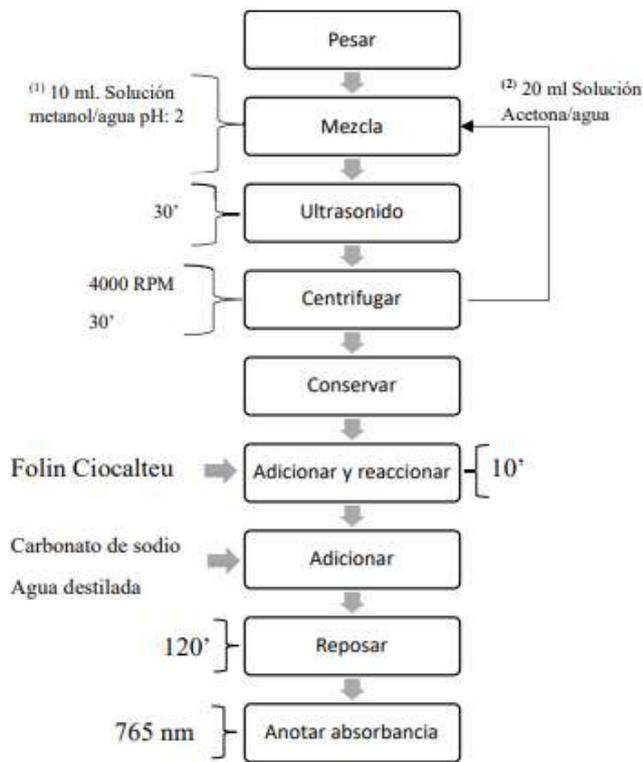
Terminado de llenar los tubos eppendorf se deja reaccionado las mezclas por dos horas por último agregan a la microplaca de 96 pocillos adicionando 200 microlitros de cada tubo en cada pocillo por triplicado quedando listo para lectura en el multimodal (Syner-gy H1, BioTek, EE. UU.) a una absorbancia a 765 nanómetros. Para determinar la curva estándar polifenoles totales, se resta la absorbancia del promedio de blanco (BLK) con la absorbancia de cada estándar. Se realiza una regresión lineal para determinar una ecuación la cual nos dio  $Y=0.053X-0.0365$  con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9997$  con el cual la absorbancia (Y) nos reporta los miligramos equivalentes de ácido gálico por mililitros de muestra (X) para medir el contenido fenólico total de las muestras de prueba.

### **Preparación de la muestra**

Para la preparación de la materia prima se trabajó con el diagrama descrito en la figura 3. En tubo de falcón se pesó 5 gramos de las muestras de zumo de Naranja, zumo de Limón y concentrado de Jengibre, a cada tubo se adiciono 10 mililitros de solución metanol/agua de pH 2, seguido se llevó a baño ultrasónico por 30 minutos, pasado ese tiempo se centrifugo a 4000 RPM (Digicen 21 R, Orto Alresa, España) por 30 minutos, el sobrenadante se llevó a refrigeración, el sedimento resultante se le agrego 20 mililitros de acetona/agua y se llevó nuevamente a ultrasonido y centrifuga bajo los mismos parámetros descritos anteriormente. El nuevo sobrenadante se mezcló con el que se quedó en refrigeración.

### **Preparación de la muestra para lectura**

Se diluyo la muestra extraída con agua destilada, de la muestra diluida se extrajo 800 microlitros y se hizo reaccionar con 100 microlitros del reactivo Folin Ciocalteu, se dejó reposar por 5 minutos, pasado este tiempo se adiciono 50 microlitros de carbonato de calcio y 300 microlitros de agua destilada. Se dejó reposar por 2 horas a temperatura ambiente y en un ambiente oscuro. Se extrajo una alícuota de 200 microlitros para lectura en el multimodal una absorbancia de 765 nanómetros.



**Figura 20.** Procedimiento para preparación de muestra para determinación de polifenoles totales.

Estas lecturas de absorbancia se llevaron a la ecuación del estándar para obtener la cantidad de polifenoles totales presentes en las muestras en miligramos equivalentes de Acido Gálico por mililitros de muestra.

#### ➤ Actividad antioxidante - DPPH

Se determinó la capacidad antioxidante mediante el siguiente procedimiento:

##### Preparación de reactivos

- **Solución DPPH 1 mM:** En una fiola de 50 mL, añadir 0.02 g de DPPH y disolver con metanol, finalmente aforar con metanol. Esta solución se diluye hasta llegar a una absorbancia cercana a 0.800, con lectura a 515 nm.

- **Solución madre de Trolox 1 mM:** En una fiola de 50 mL, añadir 0.0125 g de Trolox, disolver con metanol, finalmente aforar con metanol.

### **Preparación de curva de calibrado**

Se procederá a preparar las siguientes concentraciones en tubos de ensayo: (5, 10, 25, 50, 100, 200, 400 y 500  $\mu\text{M}$ ). Para 500  $\mu\text{M}$ , se añade 1 mL de solución madre de Trolox 1 mM y 1 mL de metanol. Para 400  $\mu\text{M}$ , se añade 1 mL de solución madre de Trolox 1 mM y 1.5 mL de metanol. Para 200  $\mu\text{M}$ , se añade 1 mL de solución madre de Trolox 1 mM y 4 mL de metanol. Para 100  $\mu\text{M}$ , se añade 0.5 mL de solución madre de Trolox 1 mM y 4.5 mL de metanol. Para 50  $\mu\text{M}$ , se añade 1 mL de solución de Trolox de 100  $\mu\text{M}$  y 1 mL de metanol. Para 25  $\mu\text{M}$ , se añade 1 mL de solución de Trolox de 50  $\mu\text{M}$  y 1 mL de metanol. Para 10  $\mu\text{M}$ , se añade 0.5 mL de solución de Trolox de 100  $\mu\text{M}$  y 4.5 mL de metanol. Para 5  $\mu\text{M}$ , se añade 1 mL de solución de Trolox de 10  $\mu\text{M}$  y 1 mL de metanol.

### **Preparación de muestras:**

Las muestras siguen un procedimiento análogo, cambiando únicamente los 10  $\mu\text{l}$  por la muestra a analizar con 190  $\mu\text{l}$  de DPPH en los pocillos de la microplaca, para luego proceder a lectura al espectrofotómetro a 515 nm.

### ➤ **Grado alcohólico**

Para cada tratamiento se determinará el grado alcohólico usando el método por destilación haciendo uso del equipo Rotavapor – IKA, así mismo se recoge el destilado, y la concentración alcohólica se obtiene mediante la medición de la densidad usando el densímetro, la aplicación se desarrolla de acuerdo con el reglamento oficial de la CEE 2676/90.

### **Obtención de la muestra para destilar:**

- Se retiran 250 ml de las muestras de hidromiel con cuidado de no contaminar la muestra.

### **Uso del rotavapor:**

- Previamente preparar el rotavapor para que vaya calentando el agua en baño del baño de María a la temperatura establecida. Se puede ir variando la temperatura en función de la presión de vacío usada para poder obtener el destilado.
- Los 250 ml de la muestra de hidromiel son vertidos dentro del émbolo del rotavapor.
- Configuramos el rotavapor a 40 rpm, con una presión inicial de 200 mbar (iremos variando la presión según nos convenga evitando que la muestra entre en ebullición) y a una temperatura de 70°C en el baño de María.
- El proceso de destilación habrá acabado en el momento que ya no salgan más vapores hacia el serpentín de condensación.

### **Medición del porcentaje de volumen de alcohol**

- Los ml de alcohol obtenidos de la ebullición en el rotavapor son vertidos en una fiola y aforamos con agua destilada hasta obtener de nuevo una solución con 250 ml.
- Volvimos a verter la solución en una probeta de 100 ml o más, adecuada que permita manipular el alcoholímetro.
- Para medir los grados alcohólicos usamos un densímetro para alcohol, el cual es un densímetro que tiene la escala graduada de los grados alcohólicos con la escala Gay Lussac, comúnmente se representa con las letras “°GL”, que es lo mismo que % Vol. Alcohol.
- Cabe destacar que este alcoholímetro se utiliza especialmente para muestras destiladas.

➤ **Evaluación sensorial**

Las muestras del hidromiel fueron evaluadas por 50 panelistas no entrenados, de ambos sexos y mayores de edad, correspondiente a los alumnos de la Universidad Nacional del Santa, con la finalidad de conocer el grado de aceptación de cada muestra de hidromiel. Se usará la encuesta mediante escalas hedónicas de 9 puntos y los datos analizados según en software Statgraphics para determinar si las diferencias son significativas.

Las características evaluadas fueron: sabor, color, olor y apariencia general, aspectos importantes en la calificación del hidromiel artesanal según el manual de jueces BJCP MANUAL DE COMPETICIÓN.

La prueba de aceptabilidad sensorial se llevó a cabo durante el día en los ambientes de Evaluación sensorial de la Planta Piloto Agroindustrial y en los interiores de la universidad Nacional Del Santa.

Los formatos de aceptabilidad sensorial se realizaron en base a una escala hedónica de 9 puntos, siendo las opciones de respuesta:

1= Me disgusta muchísimo
2=Me disgusta mucho
3=Me disgusta bastante
4=me disgusta ligeramente
5=No me gusta ni me disgusta
6=Me gusta ligeramente
7=Me gusta bastante
8= Me gusta mucho
9 = Me gusta muchísimo

**Figura 21.** Escala de valor para el análisis sensorial.

### ANEXO 3. Caracterización de la materia prima

#### Elaboración del hidromiel



**Figura 22.** *Pesado de la miel de abeja*



**Figura 23.** *Pesado del yacón.*



**Figura 24.** *Preparación del extracto de yacón*



**Figura 25.** *Pasteurización del mosto del hidromiel*



**Figura 26.** *Llenado del mosto en los recipientes.*

#### ANEXO 4. Análisis fisicoquímico de las muestras



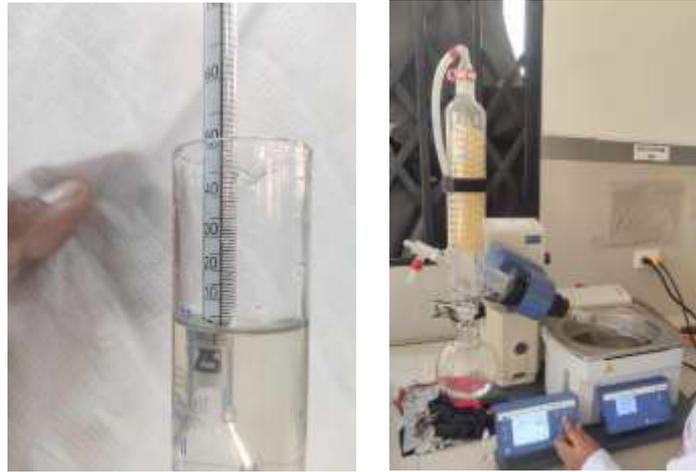
**Figura 27.** *Medición de los °Bx*



**Figura 28.** *Medición de pH*



**Figura 29.** *Determinación de acidez*



**Figura 30.** *Determinación de los grados alcohólicos usando el método de destilación en el rotavapor.*



**Figura 31.** *Trasvasado del hidromiel*



**Figura 32.** *Residuos sedimentados del hidromiel*



**Figura 33.** *Determinación de capacidad antioxidante, pesado de las muestras*



**Figura 34.** *Baño ultrasónico*



**Figura 35.** *Centrifugado de las muestras en los tubos de ensayo.*



**Figura 36.** *Lectura a una absorbancia de 515 nm.*



**Figura 37.** *Determinación de polifenoles totales, pesado de las muestras.*



**Figura 38.** *Centrifugado.*



**Figura 39.** *Preparación de foling, ácido gálico y carbonato de calcio*



**Figura 40.** *Lectura de las muestras a una absorbancia de 515 nm*

**ANEXO 5. Envasado del hidromiel**



**Figura 41.** *Sanitizado de envases y chapas para el hidromiel artesanal.*



**Figura 42.** *Secado de envases y chapas para el hidromiel.*



**Figura 43.** *Llenado de envases de hidromiel.*



**Figura 44.** *Enchapado y almacenamiento del hidromiel.*

**ANEXO 6. Análisis sensorial del hidromiel.**

**FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL**

**Producto: Hidromiel artesanal**

Nombre : \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora : \_\_\_\_\_

**1. Indicaciones:**  
 Frente a usted se presentan cuatro muestras de hidromiel artesanal. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/atributo, escribiendo el número correspondiente en la fila del código de la muestra.

PUNTUACIÓN	Atributos
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

CÓDIGO	OLOR	SABOR	COLOR	APARIENCIA GENERAL
<b>258</b>				
<b>191</b>				
<b>308</b>				
<b>730</b>				

**2. ¿Cuál fue tu preferida? Marque solo una.**

258       191       308       730

**3. ¿Consumirías este producto?**

SI       NO

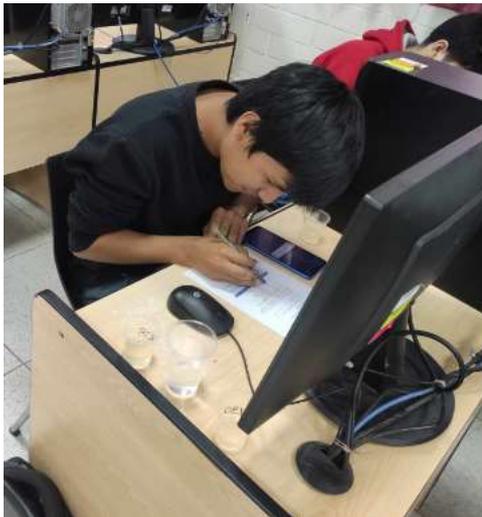
**OBSERVACIONES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**¡Gracias por Tu participación!**

**Figura 45.** Hoja de encuesta sensorial con escala hedónica 9 puntos para el hidromiel



**Figura 46.** *Panelistas durante la evaluación sensorial del hidromiel.*