

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“Evaluación fisicoquímica de bebida fermentada obtenida con mieles de diferente procedencia y adición de tuna (amarilla y púrpura) inoculadas con dos cepas de levadura”

Presentado por:

Genaro Castillo Ortiz

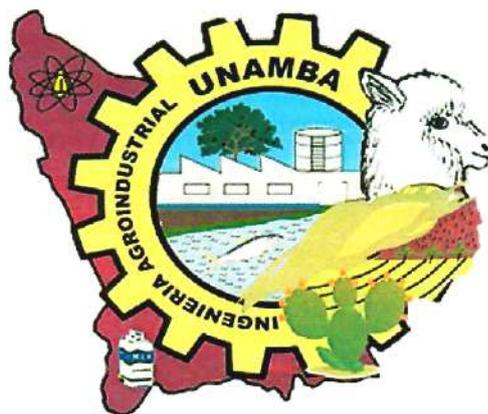
Para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE BEBIDA FERMENTADA OBTENIDA CON MIELES  
DE DIFERENTE PROCEDENCIA Y ADICIÓN DE TUNA (AMARILLA Y PÚRPURA)  
INOCULADAS CON DOS CEPAS DE LEVADURA”**

Presentado por **Genaro Castillo Ortiz**, para optar el Título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Sustentado y aprobado el 30 de diciembre del 2021 ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

*PhD. Fulgencio Vileanqui Pérez*

**Primer Miembro:**

*Mg. Juan Silver Barreto Carbajal*

**Segundo Miembro:**

*Ing. Lourdes Salcedo Sucasaca*

**Asesor:**

*Dra. Guadalupe Chaquilla Quilca*

## **Agradecimiento**

*Ante todo, gracias Dios por estar conmigo en cada paso de mi camino, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, y por ponerme en el camino de quienes me han apoyado y acompañado durante mis estudios.*

*Al Vice Rectorado de Investigación (VRIN-UNAMBA) representado en su persona a la Dra. Iris Eufemia Paredes Gonzales, por el financiamiento de este trabajo de investigación mediante el “Primer Concurso de Proyectos de Investigación Básica y Aplicada para Docentes y Alumnos con Financiamiento de Fondos del Canon Minero 2018”*

*A mi madre Lucia Ortiz Sánchez. Gracias por su amor, cariño, apoyo y sus consejos he logrado uno de mis objetivos que sin duda no habría forma de agradecerle. para el resto de mi vida.*

*A mi Tía Natividad Castillo Peña que fue mi apoyo constante e incondicional durante mi carrera universitaria, así como también al desarrollo de la presente tesis.*

*A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, y por medio de ella a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial la cual me brindó la oportunidad de formarme profesionalmente a través de su personal docente.*

*A mi asesora la Dra. Guadalupe Chaquilla Quilca por compartir sus conocimientos, su tiempo y dedicación, así mismo a los jurados: Dr. Fulgencio Vilcanqui Pérez, Mg. J. Silver Barreto Carbajal y a la Ing. Lourdes Salcedo Sucasaca, por su alcance ya que han permitido la consecución de esta investigación.*

*Finalmente, unas gracias de todo corazón a todos mis grandes amigos y amigas de la carrera, quienes directa o indirectamente aportaron con sus valiosos conocimientos durante toda la ejecución del estudio.*

## **Dedicatoria**

*Este trabajo de investigación está especialmente dedicado a un ser verdaderamente asombroso que siempre ha creído en mí y siempre ha estado conmigo incondicionalmente, apoyándome con el único fin de continuar y nunca rendirme, esa persona es mi querida novia Erica Ayquipa Cuellar, gracias mi amor, te amo.*



“Evaluación fisicoquímica de bebida fermentada obtenida con mieles de diferente procedencia y adición de tuna (amarilla y púrpura) inoculadas con dos cepas de levadura”

Línea de Investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## INDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema.....	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos .....	5
1.2 Justificación de la investigación.....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	<b>7</b>
2.1 Objetivos de la investigación .....	7
2.1.1 Objetivo general .....	7
2.1.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación.....	8
2.2.1 Hipótesis general .....	8
2.2.2 Hipótesis específicas .....	8
2.3 Operacionalización de variables.....	9
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>11</b>
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>11</b>
3.1 Antecedentes.....	11
3.2 Marco teórico .....	14
3.2.1 Miel .....	14
3.2.1.1 Composición fisicoquímica.....	14
3.2.2. Tuna (Opuntia ficus indica).....	21
3.2.2.1 Clasificación taxonómica .....	22
3.2.2.2 Composición nutricional de la tuna.....	22

3.2.2.3 Características fisicoquímicas de la tuna.....	23
3.2.2.4 Variedades de tuna .....	24
3.2.3 Hidromiel.....	25
3.2.3.1 Etapa pre - fermentativa .....	25
3.2.3.2 Etapa fermentativa.....	30
3.2.3.4 Etapa post - fermentativa.....	32
3.3 Marco conceptual .....	34
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>35</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>35</b>
4.1 Tipo y nivel de la investigación .....	36
4.2 Diseño de la investigación.....	36
4.3 Población y muestra .....	36
4.3.1 Población.....	36
4.3.2 Muestra.....	36
4.4 Procedimiento.....	37
4.5 Técnica e instrumentos .....	52
4.6 Análisis estadístico .....	52
4.7 Hipótesis estadísticas (nula y alterna) .....	52
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>54</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>54</b>
5.1 Análisis de resultados .....	54
5.1.1 Determinación del tipo de miel de abeja más adecuado .....	54
5.1.2 Determinación de la mejor variedad de tuna ( <i>Opuntia ficus indica</i> ).....	56
5.1.3 Caracterización Fisicoquímica de la bebida fermentada. ....	57
5.1.3.1 Sólidos solubles (°Brix).....	57
5.1.3.2 Potencial de hidrogeniones (pH) .....	58
5.1.3.3 Densidad.....	60
5.1.3.4 Acidez titulable.....	61
5.1.3.5 Grado alcohólico .....	63
5.1.3.6 Extracto seco .....	64
5.1.3.7 Azúcares Reductores .....	65
5.1.3.8 Acidez volátil .....	67



5.1.3.9 Cenizas .....	68
5.1.4 Características Cromáticas de las bebidas fermentadas .....	69
5.1.4.1 Intensidad de Colorante(IC) .....	69
5.1.4.2 Tonalidad (TON).....	70
5.1.4.3. Color del vino (WC).....	72
5.1.5 Características Sensoriales de las bebidas fermentadas .....	73
5.1.5.1 Aroma.....	73
5.1.5.2 Dulzor.....	74
5.1.5.2 Acidez.....	75
5.1.5.3 Color.....	76
5.1.6 Análisis Cromatográficos de las bebidas fermentadas. ....	78
5.1.6.1 Metanol.....	78
5.1.6.2 Aldehídos.....	80
5.1.6.3 Esteres .....	81
5.1.6.4 Alcoholes superiores .....	82
5.1.6.5 Furfural.....	84
5.2 Discusiiones.....	85
5.2.1 Solidos solubles (°Brix).....	85
5.2.2 pH .....	86
5.2.3 Densidad.....	87
5.2.4 Acidez titulable.....	87
5.2.5 Grado alcohólico .....	88
5.2.6 Extracto seco (E.S).....	89
5.2.7 Azúcares reductores .....	90
5.2.8 Acidez volátil. ....	91
5.2.9 Cenizas .....	92
5.2.10 Intensidad de Colorante.....	93
5.2.11 Tonalidad.....	94
5.2.12 Color del vino (WC).....	95
5.2.13 Aroma.....	95
5.2.14 Dulzor.....	96
5.2.15 Acidez.....	98
5.2.16 Color.....	99
5.2.17 Apreciación Global.....	99



5.2.18 Metanol.....	100
5.2.19 Aldehídos o acetaldehídos.....	102
5.2.20 Esteres .....	103
5.2.21 Alcoholes superiores .....	104
5.2.22 Furfural.....	105
<b>CAPITULO VI .....</b>	<b>107</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
6.1 Conclusiones.....	107
6.2 Recomendaciones.....	108
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>117</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables etapa I-----	9
<b>Tabla 2</b> — Operacionalización de variables etapa II-----	10
<b>Tabla 3</b> — Escala de pfund para la correlación entre el color de la miel y su respectiva absorbancia en 635nm -----	21
<b>Tabla 4</b> — Composición nutricional de las pulpas de tuna (porcentaje de la parte comestible) ---	23
<b>Tabla 5</b> — Características fisicoquímicas de la pulpa de tuna. -----	23
<b>Tabla 6</b> — Composición mineral de pulpas de tuna -----	24
<b>Tabla 7</b> — Tipos de hidromiel conforme a los ingredientes utilizados-----	25
<b>Tabla 8</b> — Relación de los principales complementos utilizados para la elaboración de hidromiel en obras de diferentes autores -----	26
<b>Tabla 9</b> —Tratamientos térmicos aplicados a los mostos miel -----	28
<b>Tabla 10</b> — Diferentes ingredientes utilizados en la etapa pre - fermentativa de los hidromieles-	29
<b>Tabla 11</b> — Factores de estudio -----	35
<b>Tabla 12</b> — Descripción del diseño experimental -----	36
<b>Tabla 13</b> — Formulación para la elaboración de una bebida fermentada-----	40
<b>Tabla 14</b> — Parámetros fisicoquímicos de la miel de Kerapata y Vilcabamba. -----	54
<b>Tabla 15</b> — Parámetros fisicoquímicos de la tuna amarilla y púrpura -----	56
<b>Tabla 16</b> — Análisis de varianza para la variable °Brix de las bebidas fermentadas .....	57
<b>Tabla 17</b> — Análisis de varianza para la variable pH de las bebidas fermentadas -----	59
<b>Tabla 18</b> — Análisis de varianza para la variable densidad de las bebidas fermentadas al final de la fase de fermentación. -----	61
<b>Tabla 20</b> — Análisis de varianza para la variable grados alcohólicos de las bebidas fermentadas al final de la fase de fermentación -----	64
<b>Tabla 21</b> — Análisis de varianza para la variable extracto seco de las bebidas fermentadas -----	65



Al final de la fase de fermentación-----	65
<b>Tabla 22</b> — Análisis de varianza para la variable azúcares reductores de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación -----	66
<b>Tabla 23</b> — Análisis de varianza para la variable acidez volátil de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación-----	68
<b>Tabla 24</b> — Análisis de varianza para la variable cenizas de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación -----	69
<b>Tabla 25</b> — Análisis de varianza para la variable intensidad de color (IC) de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación -----	70
<b>Tabla 26</b> — Análisis de varianza de los resultados de la tonalidad (TON) de las bebidas fermentadas, al final del proceso de fermentación -----	71
<b>Tabla 27</b> — Análisis de varianza de los resultados del color del vino (WC) de las bebidas fermentadas, al final del proceso de fermentación -----	73
<b>Tabla 28</b> — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo aroma en bebida fermentada, al final del proceso de maduración -----	74
<b>Tabla 29</b> — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo dulzor en bebidas fermentadas-----	75
<b>Tabla 30</b> — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo acidez en bebida fermentada, al final del proceso de maduración -----	76
<b>Tabla 31</b> — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo color en bebida fermentada, al final del proceso de maduración-----	77
<b>Tabla 32</b> — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo apreciación global en bebida fermentada, al final del proceso de maduración. -----	78
<b>Tabla 33</b> — Análisis de varianza para la variable metanol de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración-----	79
<b>Tabla 34</b> — Análisis de varianza para la variable aldehídos de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración-----	81
<b>Tabla 35</b> — Análisis de varianza para la variable ésteres de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración-----	82



<b>Tabla 36</b> — Análisis de varianza para la variable alcoholes superiores de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración -----	83
<b>Tabla 37</b> — Análisis de varianza para la variable furfural de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración. -----	84
<b>Tabla 38</b> — Comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada -----	115
<b>Tabla 39</b> — Comportamiento en el pH registrado durante la fermentación de la bebida fermentada -----	116
<b>Tabla 40</b> — Comportamiento en la densidad registrados durante la fermentación de la bebida fermentada-----	117
<b>Tabla 41</b> — Comportamiento en la acidez titulable (% ac. Cítrico) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada-----	118
<b>Tabla 42</b> — Comportamiento en la absorbancia a 420nm registrados durante la fermentación de la bebida fermentada-----	119
<b>Tabla 43</b> — Comportamiento de la intensidad de colorante (IC) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada -----	120
<b>Tabla 44</b> — Comportamiento en la tonalidad (TON) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada-----	121
<b>Tabla 45</b> — comportamiento del color del vino (WC) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada-----	122
<b>Tabla 46</b> — Resultados para las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en mosto limpio A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> -----	123
<b>Tabla 47</b> — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces bayanus</i> en mosto limpio A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> -----	124
<b>Tabla 48</b> — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en mosto limpio A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> -----	125



<b>Tabla 49</b> — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces bayanus</i> en mosto limpio A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> -----	126
<b>Tabla 50</b> — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en mosto limpio A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> -----	127
<b>Tabla 51</b> — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces bayanus</i> en mosto limpio A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> -----	128
<b>Tabla 52</b> — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en mosto limpio A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> -----	129
<b>Tabla 53</b> — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura <i>Saccharomyces bayanus</i> en mosto limpio A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> -----	130
<b>Tabla 54</b> — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> -----	131
<b>Tabla 55</b> — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces bayanus</i> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> -----	131
<b>Tabla 56</b> — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> -----	132
<b>Tabla 57</b> — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces bayanus</i> A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> -----	132
<b>Tabla 58</b> — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> -----	133
<b>Tabla 59</b> — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces bayanus</i> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> -----	133
<b>Tabla 60</b> — REgistro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> ----	134



- Tabla 61** — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>----- 134
- Tabla 62** — Registro del análisis cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> ---- 135
- Tabla 63** — Registro del análisis cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>----- 135
- Tabla 64** — Registro del análisis cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> 136
- Tabla 65** — Registro del análisis cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub> ---- 136
- Tabla 66** — Registro del análisis cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>- 137
- Tabla 67** — Registro del análisis cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> --- 137

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> — Miel de abejas-----	14
<b>Figura 2</b> — Variedades de colores de miel <i>apis mellifera</i> -----	20
<b>Figura 3</b> — Partes de la tuna - sección transversal -----	22
<b>Figura 4</b> — Variedad púrpura-----	24
<b>Figura 5</b> — Variedad amarilla-----	25
<b>Figura 6</b> — Conversión de glucosa en etanol por acción de levaduras -----	31
<b>Figura 7</b> — Análisis fisicoquímico de la miel -----	37
<b>Figura 8</b> — Análisis fisicoquímico de la tuna ( <i>Opuntia ficus indica</i> )-----	38
<b>Figura 9</b> — Diagrama de elaboración de una bebida fermentada de mieles de diferente procedencia con adición de jugo de tuna amarilla y púrpura, inoculadas con dos cepas de levadura-----	41
<b>Figura 10</b> — Fotografías de solidos solubles (a) acondicionamiento (b) análisis -----	44
<b>Figura 11</b> — Fotografías de pH (a) acondicionamiento del phmetro (b) análisis-----	44
<b>Figura 12</b> — Fotografías de densidad (a) picnómetro vacío, (b) picnómetro con agua (c) picnómetro con muestra de hidromiel-----	45
<b>Figura 13</b> — Fotografías de acidez titulable (a) 10ml de hidromiel, (b) 03 gotas de fenolftaleína (c) volumen de naoh gastado-----	46
<b>Figura 14</b> — Fotografías de grado alcohólico (a) ebullición del hidromiel, (c) medición de los grados alcohólicos-----	47
<b>Figura 15</b> — Fotografías de extracto seco (a) 20ml de hidromiel evaporada en capsula a 550°C, (b) enfriado en desecador de (c) pesado constante. -----	47
<b>Figura 16</b> — Fotografías de azúcares reductores (a) acondicionamiento del espectrofotómetro (b) análisis. -----	48
<b>Figura 17</b> — Fotografías de acidez volátil (a) destilación del hidromiel (b) 5 gotas de fenolftaleína (c) volumen gastado de NaOH (0.02 m).-----	49
<b>Figura 18</b> — Fotografías de cenizas (a) 5g de hidromiel, (b) incineración a 550°C (c) enfriamiento a peso constante).-----	49



<b>Figura 19</b> — Fotografías características cromáticas (a) acondicionamiento del espectrofotómetro (b) centrifugado (c) medición a absorbancias de 420 y 520nm. -----	50
<b>Figura 20</b> — Fotografías parámetros cromatográficos (a) acondicionamiento de las muestras (b) inyección de compuestos volátiles. -----	51
<b>Figura 21</b> — Solidos solubles de la bebida fermentada, al final del proceso de fermentación -----	57
<b>figura 22</b> — pH al final de la fermentación de la bebida fermentada, al final del proceso de fermentación -----	59
<b>Figura 23</b> — Densidad al final de la fermentación de la bebida fermentada -----	60
<b>Figura 24</b> — Acidez titulable al final de la fermentación de la bebida fermentada -----	62
<b>Figura 25</b> — Grado alcohólico al final de la fermentación de la bebida fermentada-----	62
<b>Figura 26</b> — Extracto seco al final de la fermentación de la bebida fermentada -----	64
<b>Figura 27</b> — Azúcares reductores al final de la maduración de la bebida fermentada-----	66
<b>Figura 28</b> — Acidez volátil al final de la maduración de la bebida fermentada -----	67
<b>Figura 29</b> — Cenizas al final de la fermentación de la bebida fermentada -----	68
<b>Figura 30</b> — Intensidad de color de la bebida fermentada-----	69
<b>Figura 31</b> — Tonalidad de la bebida fermentada-----	71
<b>Figura 32</b> — Color del hidromiel de la bebida fermentada -----	72
<b>Figura 33</b> — Puntaje asignado al atributo aroma de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración-----	73
<b>Figura 34</b> — Puntaje asignado al atributo Dulzor de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración-----	74
<b>Figura 35</b> — Puntaje asignado al atributo acidez de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración-----	76
<b>Figura 36</b> — Puntaje asignado al atributo color de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración-----	77
<b>Figura 37</b> — Puntaje asignado al atributo apreciación global de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración -----	78



<b>Figura 38</b> — Valores obtenidos en el contenido de alcohol metílico (metanol) de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración-----	79
<b>Figura 39</b> — Valores obtenidos en el contenido de aldehídos de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración-----	80
<b>Figura 40</b> — Valores obtenidos en el contenido de esteres de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración -----	81
<b>Figura 41</b> — Valores obtenidos en el contenido de alcoholes superiores de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración-----	83
<b>Figura 42</b> — Valores obtenidos en el contenido de furfural de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración -----	84
<b>Figura 43</b> — Grados °Brix vs tiempo de la bebida fermentada -----	138
<b>Figura 44</b> — pH vs tiempo de la bebida fermentada-----	138
<b>Figura 45</b> — Densidad vs tiempo de la bebida fermentada -----	139
<b>Figura 46</b> — Acidez titulable vs tiempo de la bebida fermentada -----	139
<b>Figura 47</b> — Intensidad de color (IC) vs tiempo de la bebida fermentada-----	140
<b>Figura 48</b> — Tonalidad (TON) vs tiempo de la bebida fermentada -----	140
<b>Figura 49</b> — Color del vino (WC)vs tiempo de la bebida fermentada -----	141
<b>Figura 50</b> — Cromatografía del tratamiento de la bebida con miel de Kerapata y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vinica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> -----	142
<b>Figura 51</b> — Cromatografía del tratamiento de la bebida con miel de Kerapata y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vinica <i>Saccharomyces bayanus</i> A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> -----	143
<b>Figura 52</b> — Cromatografía del tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vinica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> -----	144
<b>Figura 53</b> — Cromatografía del tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vinica <i>Saccharomyces bayanus</i> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> -----	145
<b>Figura 54</b> — Cromatografía del tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vinica <i>Saccharomyces cerevisiae</i> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> -----	146
<b>Figura 55</b> — Cromatografía del tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vinica <i>Saccharomyces bayanus</i> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> -----	147



<b>Figura 56</b> — Miel de abeja de Kerapata y Vilcabamba -----	148
<b>Figura 57</b> — Tuna amarilla y púrpura -----	148
<b>Figura 58</b> — Cepas de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>Saccharomyces bayanus</i> -----	149
<b>Figura 59</b> — Lavado de la fruta -----	149
<b>Figura 60</b> — Pasteurización-----	149
<b>Figura 61</b> — Fermentación-----	150
<b>Figura 62</b> — Analisis fisicoquimico de las bebidas-----	150



## INTRODUCCIÓN

El hidromiel es una bebida alcohólica obtenida por fermentación, en la que se puede utilizar mieles de diferentes lugares de procedencia, jugos de frutas y diferentes cepas de levadura, ampliando las posibilidades de obtener productos con variedad de sabores y aromas. (Romero, CA 2012).

Al formular esta bebida fermentada, la calidad de la miel es un factor determinante en la calidad final del producto formulado, como se menciona en los estudios de Vogel y Gobezie (1983), donde se demostró que su sabor y olor final. depende del clima y la región del país donde las abejas colectaron su néctar.

Por otro lado, la adición de zumo de frutas también afecta las propiedades del hidromiel, ya que mejora no solo sus características organolépticas, sino también sus propiedades funcionales y nutricionales.

En la elaboración de esta bebida, las principales investigaciones se realizaron utilizando cepas de levadura vínica del género *Saccharomyces cerevisiae* que, si bien es la principal levadura que realiza la fermentación alcohólica, no es la única especie que puede interferir en el proceso de conversión, glucosa, fructosa (Mendes-Ferreira et al., 2010). Actualmente, el género *Saccharomyces* incluye 7 especies, desconociéndose su efecto sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales.

En definitiva, con este trabajo pretendemos establecer las condiciones de elaboración, control de las materias primas y especificar las propiedades físicas, químicas y sensoriales que debe cumplir el producto final, de manera que contribuyamos a obtener hidromieles con características definidas y cuyas cualidades aumenten. su aceptación a nivel local y nacional.

## RESUMEN

El hidromiel es una bebida elaborada a partir de la fermentación de los azúcares de la miel de abejas melíferas, diluida en agua en la que puede incluir jugo o zumo de frutas (Gupta y Sharma, 2009). El objetivo de este proyecto fue evaluar las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles presentes en hidromieles producidos con mieles de diferente procedencia: Kerapata y Vilcabamba (Apuímac-Perú), con la pulpa de dos variedades de tuna amarilla y púrpura e inoculadas con dos cepas de levadura: *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*. De acuerdo a un diseño DCA con arreglo factorial  $N=2^3$ .

Para la elaboración de esta bebida fermentada se utilizó miel/fruta diluida 2:1 y ajustando los sólidos solubles a 24° Brix y 3,80 pH para todos los tratamientos, y se inocularon con dos cepas de levadura a una concentración de 1 g/L e iniciar el proceso de fermentación que duro 14 días. Durante la fermentación, se realizaron a las muestras análisis fisicoquímicos de sólidos solubles, pH, densidad, acidez titulable y análisis cromáticos de intensidad de color, tonalidad y color del vino a longitud de onda 420 y 520 nm; culminada esta etapa se evaluó los grados alcohólicos, extracto seco, azúcares reductores, acidez volátil y cenizas, evidenciándose diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre los tratamientos, obteniéndose mejores resultados en las bebidas fermentadas con miel de Vilcabamba y levadura *Saccharomyces bayanus*.

Terminada la fermentación se inició la etapa de clarificación y maduración por un lapso de 6 meses a temperatura ambiente, tiempo en el cual se realizó una evaluación sensorial a 40 catadores no entrenados donde se evaluaron los atributos aroma, dulzor, acidez, color y apreciación global. Del análisis estadístico realizado se identificó los seis mejores tratamientos a los cuales se les evaluó sus contenidos en compuestos volátiles (metanol, aldehídos, ésteres, alcoholes superiores y furfural) por la técnica de cromatografía de gases CG-SM.

Los principales resultados indican que el empleo de la levadura vínica *Saccharomyces bayanus* permitió un proceso fermentativo más acelerado además de una mayor extracción de compuestos fenólicos presentes en la tuna y miel de abejas, por otro lado, *Saccharomyces cerevisiae* proporcionó mejores características sensoriales a las bebidas otorgándole mejores cualidades de dulzor y sabores característicos de la fruta y miel de abeja.

Estos resultados nos indican que los factores planteados en la investigación influyeron de manera diferente en cada tipo de hidromiel, los mismos que podrían ser destinados para diferentes mercados dependiendo de las características más deseadas por el consumidor.

**Palabras clave:** bebida fermentada, hidromiel, tuna, cepas de levadura vínica, fermentación alcohólica.



## ABSTRACT

Mead is a drink made from the fermentation of sugar by honey bees that is diluted in water that can include juice or fruit juice (Gupta and Sharma, 2009). The objective of this project was to evaluate the physicochemical, chromatic, organoleptic and volatile characteristics present in meads produced with honeys from different places of origin: Kerapata and Vilcabamba (Apurímac-Peru), with pulp from two varieties of yellow and purple prickly pear and inoculated with two strains of yeast: *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus*. Under a DCA design with factorial arrangement N=23.

For the preparation of the musts, a 2:1 dilution of honey/fruit was used, adjusting the soluble solids to 24 °Brix and 3.80 pH for all treatments, and they were inoculated with two strains of yeast at a concentration of 1 g/L. of must, to start the fermentation process that lasted 14 days. During the fermentation period in the samples, physicochemical analyzes of soluble solids, pH, density, titratable acidity and chromatic analysis of Color Intensity, Tonality and Color of the wine at wavelengths of 420 and 520nm were carried out, culminating this stage the alcoholic content, dry extract, reducing sugars, volatile acidity and ashes.

Once the fermentation was finished, the clarification and maturation stage began for a period of 6 months at room temperature, during which time a sensory evaluation was carried out on 40 tasters without alterations, where the aroma, sweetness, acidity, color and global appreciation attributes were evaluated. The statistical analysis carried out identified the six best treatments, which were evaluated for their content in volatile compounds (methanol, aldehydes, esters, higher alcohols and furfural) by the CG-SM gas chromatography technique.

The main results indicate that the use of the wine yeast *Saccharomyces bayanus* allowed a more accelerated fermentation process in addition to a greater extraction of phenolic compounds present in prickly pear and honey, on the other hand, *Saccharomyces cerevisiae* will have better sensory characteristics to beverages, giving them best qualities of sweetness and characteristic flavors of the fruit and honey.

These results indicate that the two factors in the investigation had a different influence on each type of mead, the same ones that could be destined for different markets depending on the characteristics most desired by the consumer.

**Keywords:** *fermented beverage, mead, prickly pear, wine yeast strains, alcoholic fermentation.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

El hidromiel es una bebida fermentada que contiene entre 8-18% de etanol en volumen, elaborada a partir de la fermentación de los azúcares de la miel de abejas diluida en agua con la posible inclusión de zumo o jugo de frutas (Gupta y Sharma, 2009). En el Perú no existe una estandarización del método de elaboración de esta bebida y control de las variables del proceso, por ende, no se evalúan sus características fisicoquímicas, sensoriales ni microbiológicas, razón por la cual existen productos con características diferentes y ciertas deficiencias en su elaboración.

La miel es la principal materia prima para la producción de hidromiel; en consecuencia, influye directamente en la producción y las características de esta bebida (Ramalhosa et al., 2011); la composición química de la miel puede interferir con la calidad del hidromiel (Arráez-Román et al., 2006).

Por otro lado la tuna *Opuntia ficus -indica*, es una planta que presenta algunas ventajas frente a otras la cual radica en la riqueza y diversidad del material genético, el fruto crece de forma oval u oblonga, que de acuerdo a la variedad la pulpa puede presentar diferentes colores, es jugosa, dulce y contiene muchos compuestos aromáticos (Cerezal y Duarte, 2005) además de ser una fruta estacionaria y altamente perecedera por su alta tasa de respiración (Beltran, 2010), ocasionando pérdidas económicas considerables a los productores, de ahí la necesidad de buscar alternativas para su uso y comercialización.

Las levaduras utilizadas en el proceso de fermentación de hidromiel pertenecen al género *Saccharomyces* (Schuller; Casal, 2005) las cuales deben tener una alta velocidad de fermentación, tolerancia a altas concentraciones de alcohol, azúcares y ácidos orgánicos, alto poder de floculación, además de producir componentes aromáticos que contribuyan al aroma y sabor de la bebida.

Por lo cual, este trabajo se propone evaluar las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles, de una bebida fermentada con mieles de diferente procedencia y adición de pulpa de tuna (amarilla y púrpura) inoculada con dos cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*).



## 1.2 Enunciado del Problema

### 1.2.1 Problema general

¿Qué características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y compuestos volátiles tendrá la bebida fermentada obtenida con mieles de diferente procedencia y adición de pulpa de tuna amarilla y púrpura inoculadas por dos diferentes cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*)?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el tipo de miel proveniente de Kerapata y Vilcabamba, que presentará mejores características para ser utilizadas en el proceso de fermentación alcohólica?
- ¿Qué variedad de tuna *Opuntia ficus indica* (amarilla o púrpura) será el más adecuado para la obtención de esta bebida fermentada?
- ¿En qué medida afecta la utilización de una levadura poco comercializada *Saccharomyces bayanus* frente a la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae*, durante el proceso de fermentación del hidromiel?
- ¿Qué parámetros cromáticos presentara el hidromiel durante el proceso de fermentación?
- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas que presentará la bebida fermentada de mieles de diferente procedencia y adición de tuna (amarilla y púrpura) inoculadas con dos cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*?
- ¿Cuáles serán las características sensoriales que presentará la bebida fermentada de mieles de diferente procedencia y adición de tuna (amarilla y púrpura) inoculadas con dos cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*?
- ¿Qué compuestos volátiles se generará en la bebida fermentada obtenida con mieles de diferente procedencia y adición de dos variedades de tuna por cromatografía de gases CG-SM?

## 1.2 Justificación de la investigación

La miel es el principal producto derivado de la apicultura y en consecuencia la más conocida y consumida en el mundo, insertando una diversidad de productos derivados de la miel. En el Perú, los productos fermentados a base de miel todavía no son populares, debido a la falta de conocimientos y/o estudios científicos y tecnológicos para producción de los mismos. Por otro lado, estos productos son populares en Europa y en América Latina, especialmente Argentina y Bolivia (Matietto et al., 2006).

En la región Apurímac a la actualidad se viene incentivando la formalización de las asociaciones de apicultores, por ello es necesario estandarizar formulaciones para obtener derivados de la miel como el hidromiel a base de miel con adición de frutas propias de la región, para el desarrollo de estas bebidas fermentadas generalmente se utilizan levaduras de la especie *Saccharomyces cerevisiae* que es una levadura muy utilizada en industria alimentaria en general, en procesos que impliquen fermentación, esta levadura se utiliza en la fabricación de vino, cerveza y otros, numerosos estudios revelan que la levadura de la especie *Saccharomyces bayanus* presenta un gran potencial para la fermentación y se puede utilizar en el procesamiento de hidromiel, además, puede traer varios beneficios siendo considerada una especie con potencial probiótico (Buts, 2005).

El presente estudio pretende evaluar el efecto del uso de mieles de diferente lugar de procedencia, adición de dos variedades de tuna y dos cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*) sobre las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y cromatográficas del hidromiel.

Cabe destacar que la investigación se realizó en los meses de alta producción de la tuna (*Opuntia ficus indica*) por lo que se adquirió la fruta necesaria para la investigación.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles que tendrá la bebida fermentada obtenida de mieles de diferente procedencia Kerapata y Vilcabamba con adición de jugo de dos variedades de tuna *Opuntia ficus indica* (amarilla y púrpura), inoculadas por dos cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*.

##### 2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el tipo de miel de abeja más adecuado, provenientes de Kerapata y Vilcabamba en la elaboración de bebida fermentada.
- Determinar la mejor variedad de tuna (amarilla y púrpura), para la elaboración de una bebida fermentada.
- Comparar el comportamiento fermentativo de la levadura vínica *Saccharomyces bayanus* frente a la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae* durante el proceso de fermentación del hidromiel.
- Determinar y evaluar los parámetros cromáticos (intensidad de colorante, tonalidad y color del vino), durante el proceso de fermentación del hidromiel.
- Determinar las características fisicoquímicas al final de la fase de maduración de las bebidas fermentadas (Grados alcohólicos, Extracto Seco, Azúcares reductores, Acidez volátil, cenizas).
- Determinar las características sensoriales del producto final (Aroma, dulzor, acidez, color y apreciación global).
- Determinar el contenido de compuestos volátiles presentes en la bebida fermentada a base mieles de abeja de diferente procedencia con adición de dos variedades de tuna (*Opuntia ficus indica*) amarilla y púrpura por la técnica de cromatografía de gases CG -SM.

## 2.2 Hipótesis de la investigación

### 2.2.1 Hipótesis general

Las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles de la bebida fermentada se verán influenciadas por las diferentes variedades de tuna (amarilla y púrpura), por el tipo de miel y las dos cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*).

### 2.2.2 Hipótesis específicas

- Las características de calidad de la miel procedente del apiario de Kerapata favorecen el proceso de fermentación alcohólica, frente a la miel de Vilcabamba.
- Las características fisicoquímicas de tuna (amarilla y púrpura) influirán durante el proceso fermentativo y en las características finales del producto.
- La bebida fermentada inoculada por la cepa *Saccharomyces bayanus* presentará mejores características fisicoquímicas en comparación a la producida por la cepa *Saccharomyces cerevisiae*.
- Los parámetros cromáticos como intensidad de colorante, tonalidad y color del vino, se verán afectados durante el proceso de fermentación dependiendo del tipo de sustrato.
- Las características fisicoquímicas de la bebida fermentada obtenida con mieles de diferente procedencia, adición de tuna (amarilla y púrpura) e inoculadas con dos cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*), cumplirán con las especificaciones de calidad del producto final.
- Las características sensoriales de la bebida fermentada obtenida con mieles de diferente procedencia, adición de tuna (amarilla y púrpura) e inoculadas con dos cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*), tendrán aceptación por parte del consumidor.
- Existe diferencia significativa en los compuestos volátiles presentes en la bebida fermentada a base mieles de abeja de diferente procedencia con adición de dos variedades de tuna *Opuntia ficus indica* (amarilla y púrpura) y dos cepas de levadura por la técnica de cromatografía de gases CG -SM.

### 2.3 Operacionalización de variables

A continuación, se muestran las Tablas 1 y 2, las cuales detallan la operacionalización de variables para la I Etapa y Etapa II respectivamente.

**Tabla 1 — Operacionalización de variables Etapa I**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índices</b>
Mieles de diferentes procedencias	Miel de Kerapata	Nominal
	Miel de Vilcabamba	Nominal
Variedades de tuna ( <i>Opuntia ficus indica</i> )	Tuna amarilla	Nominal
	Tuna púrpura	Nominal
<b>Variable dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índices</b>
Características fisicoquímicas de las mieles de diferente procedencia	Humedad	(%)
	Sólidos solubles	(°Brix)
	Densidad	(g/L)
	Acidez titulable	(meq/L)
	pH	Adimensional
	Conductividad térmica	mS/cm
Características fisicoquímicas de las variedades de tuna	Peso	(g)
	Diámetro	(mm)
	Longitud	(mm)
	Sólidos solubles	(°Brix)
	pH	Adimensional
	Acidez titulable	(meq/L)
	Índice de madurez	Adimensional



Tabla 2 — Operacionalización de variables Etapa II

Variable Independiente	Indicador	Índices
Mieles de diferentes procedencias	Miel de Kerapata	Nominal
	Miel de Vilcabamba	Nominal
Variedades de tuna ( <i>Opuntia ficus indica</i> )	Tuna amarilla	Nominal
	Tuna púrpura	Nominal
Cepas de levadura vínica	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Nominal
	<i>Saccharomyces bayanus</i>	Nominal
Variable dependiente	Indicador	Índices
Características fisicoquímicas durante el proceso de fermentación	Sólidos solubles	(°Brix)
	pH	Adimensional
	Densidad	(g/cm <sup>3</sup> )
	Acidez titulable	(meq/Kg)
Características cromáticas durante proceso de fermentación	Intensidad de Color	NTU
	Tonalidad	NTU
	Color del vino	Adimensional
Características fisicoquímicas al final del proceso de fermentación	Grado alcohólico	(°GL)
	Extracto seco	(g/L)
	Azúcares reductores	(g/L)
	Acidez volátil	(g/L)
	Cenizas	(g/L)
Características sensoriales al final del proceso de maduración	Aroma	Sensorial
	Dulzor	Sensorial
	Acidez	Sensorial
	Color	Sensorial
	Apreciación global	Sensorial
Compuestos volátiles CG-MS al final del proceso de maduración	Metanol	mg/100 mL alcohol anhidro
	Aldehídos	mg/100 mL alcohol anhidro
	Esteres	mg/100 mL alcohol anhidro
	Alcoholes superiores	mg/100 mL alcohol anhidro
	Furfural	mg/100 mL alcohol anhidro

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) **Caracterización físico-química, energética y sensorial de hidromiel” Trevisan Brunelli Luciana. Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho, (2015).**

El objetivo principal de este trabajo fue producir y caracterizar hidromiel física, química, energética y sensorialmente, a partir de la combinación de tres tipos de miel (eucalipto, naranja y silvestre) y diferentes concentraciones de sólidos solubles en el mosto inicial (20, 30 y 40°Brix). El diseño experimental fue completamente al azar, con nueve tratamientos y tres repeticiones, totalizando 27 unidades experimentales, en las cuales se analizaron los valores de pH, acidez total, volátil y fija, contenido de alcohol, azúcares reductores totales (ART), extracto seco, extracto seco reducido, color, turbidez, humedad, cenizas, lípidos, proteínas y carbohidrato.

- b) **Caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral” Soto Vargas Francisco Javier, Universidad de Chile, (2014).**

En la presente investigación se evaluó el efecto de tres mieles de distinto origen floral, una monofloral de ulmo y dos multiflorales de zona costera y de bosque nativo, sobre las características químicas, físicas y sensoriales de hidromieles elaborados con ellas. Los análisis básicos evidenciaron que el origen de la miel usada para la elaboración del hidromiel marcó una diferencia significativa entre algunos de los tratamientos, exceptuando la acidez tanto volátil como total, que en los tres tratamientos no mostró ninguna diferencia significativa. En comparación a otros estudios sobre hidromiel, los tratamientos de esta investigación se encuentran dentro de lo normal exceptuando en acidez volátil y pH que están por debajo de los rangos establecidos por otros autores. El análisis sensorial mostro que el origen de la miel ejerce un efecto significativo en la calidad del hidromiel, no existiendo diferencia significativa únicamente en el parámetro “Persistencia” del hidromiel. Por otra parte, la aceptabilidad de los tres tipos de hidromiel no presenta diferencias significativas entre ellos.

- c) **“Efecto de tres diluciones y dos tipos de levaduras sobre los parámetros sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos en la elaboración de hidromiel” Cajas Toral Jorge Augusto, Universidad Agraria del Ecuador, (2019).**

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de tres diluciones y dos tipos de levaduras sobre los parámetros sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos en la elaboración de hidromiel. Se utilizó una cepa comercial usada habitualmente en panificación (Levapan) y otra utilizada en la fermentación de vinos (Lalvin EC1118) con distintas diluciones de miel, llevando el mosto a distintos niveles de grados °Brix (18°, 20° y 22°). En los parámetros físico-químicos durante la fermentación se apreció un incremento paulatino de la acidez alcanzando valores entre 9 y 10 g/L, en consecuencia, una ligera disminución del pH, el cual se mantuvo en rangos de 3.0 a 3.5. Los resultados del análisis sensorial muestran al T5 como el tratamiento ganador, dicho tratamiento empleó la cepa comercial Lalvin y su mosto fue diluido a 20 °Brix para iniciar la fermentación. Según los estudios microbiológicos realizados a la muestra con mayor aceptación se pudo evidenciar que todos los parámetros analizados no fueron detectables.

- d) **“Producción y caracterización de hidromiel utilizando diferentes cepas de levaduras Saccharomyces” Mileski, João Paulo Fernando., Universidad Tecnológica Federal de Panamá, (2016).**

El presente artículo de estudio tuvo como propósito investigar la fermentación alcohólica de miel, con diferentes tipos de levaduras (champagne Red Star, Lalvin EC 1118 y Fleischmann). Al producto final se le realizó la caracterización fisicoquímica y compuestos volátiles por cromatografía. Entre las cepas utilizadas, las levaduras Red Star y el de champán parecieron tener una mayor capacidad para convertir el azúcar en alcohol (etanol), mientras que las bebidas fermentadas con levadura Lalvin EC 1118 produjeron una bebida más equilibrada. El perfil de compuestos volátiles fue similar en las tres formulaciones hidromiel elaborado con diferentes cepas de levaduras Saccharomyces, por otro lado, la bebida producida a partir de la cepa Fleischmann, tuvo mayor concentración de ésteres relacionados con el aroma afrutado y floral.



- e) **“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 laboratorio” Oscar Hernán López Patarroyo & Johana Del Rosario Rangel, Fundación Universidad de América, (2017).**

El presente trabajo se propuso emplear frutos rojos en la producción de la bebida fermentada denominada hidromiel, donde se estableció una pre evaluación entre 4 frutos rojos con el fin de encontrar la opción más viable de inclusión dependiendo de las propiedades y comodidad de la misma a la hora de adquirir el fruto. Se atribuyó un porcentaje de evaluación a ciertos criterios. Luego de aplicar cada matriz de evaluación se determinó que el agraz presentó las características adecuadas para alcanzar los objetivos propuestos, dando como resultado una bebida semidulce con una concentración de azúcares residuales entre 30 a 50 g/L con la que se tecnificó el proceso de producción.

- f) **“Determinación de las propiedades funcionales y sensoriales del hidromiel elaborado con Camu camu (*Myrciaria dubia*) y Aguaymanto (*Physalis peruviana*)” Bardales, Á, Portal, R, & Garay, S. (2018), Universidad Nacional Hermilio Valdizán, (2018).**

Con la investigación se buscó elaborar hidromiel, a partir de la preparación de un mosto diluyendo la miel de abeja con jugos de frutas, con propiedades funcionales reconocidas, como el camu (*Myrciaria dubia*) y aguaymanto (*Physalis peruviana*). Para tal propósito, se realizaron los siguientes estudios: En primer lugar, determinar el porcentaje óptimo de levadura, probándose concentraciones de 0.1; 0.15 y 0.2%, se estudió las diluciones de la miel de abeja con los jugos de camu y con el jugo de aguaymanto en formas separadas para la obtención del mosto, las diluciones fueron hasta alcanzar 25, 27 y 29°Brix. Finalmente, se evaluó la capacidad antioxidante y el contenido de vitamina “C” en los hidromieles. Los resultados indicaron que el mejor porcentaje de levadura a utilizarse es 0.15%, y la dilución de la miel de abeja hasta 25°Brix con cualquiera de los dos jugos. La capacidad antioxidante en los hidromieles presentó evidente capacidad antioxidante: 690.8; 559; y 159.77 (µg/ml), siendo mucho mayor con jugo de aguaymanto.



## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Miel

Se entiende por miel al azúcar natural secretado por las abejas *Apis mellifera* a partir del néctar de las plantas o de las secreciones de las partes vivas de las plantas o de las secreciones de los insectos y que las abejas recolectan, procesan y combinan con sus propias sustancias específicas, y depositan, deshidratan, almacenan y dejan en la colmena para que madure y añeje. (RSA, 2019)

La miel es una solución concentrada de azúcares principalmente glucosa y fructosa, también contiene una mezcla compleja de otros carbohidratos, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, aromáticos, pigmentos y granos de polen, que pueden contener cera de abejas. La legislación no permite la adición de azúcar y/u otras sustancias que alteren la composición original de la miel (RSA, 2019).



**Figura 1** — Miel de abejas

Extraído de Ferreiri. L (2014)

#### 3.2.1.1 Composición fisicoquímica

La composición química de la miel puede interferir en la calidad del hidromiel (Arráez Román et al., 2006) existe una gran variación en la composición química y física de la miel, debido principalmente de fuentes vegetales a partir de las cuales se elabora la miel, pero también de diferentes factores, como el suelo, la especie de abeja, el estado fisiológico de la colonia, la maduración de la miel, las condiciones meteorológicas al

momento de la cosecha, además de las condiciones de procesamiento y almacenamiento (Arráez-Román et al., 2006).

Aunque la miel es básicamente una solución saturada de azúcares, agua y detrás de esta aparente sencillez, se esconde uno de los productos biológicos más complejos (Campos, 1987). La composición química de la miel es compleja y variable, incluyendo más de 200 sustancias (Arráez-Román et al., 2006), siendo los hidratos de carbono y el agua los principales constituyentes.

Además de ácidos orgánicos, enzimas, vitaminas, flavonoides, minerales y una extensa de compuestos orgánicos, que contribuyen a su color, olor y sabor (Finola et al., 2007; Estevinho et al., 2012).

#### **a) Carbohidratos**

Los carbohidratos corresponden aproximadamente el 80% de la composición total de la miel (Blanco, 1975), los azúcares principales son la fructosa (38.4 %), la glucosa (30.3 %) y la sacarosa (1.3%) (Iurlina; Fritz, 2005) otros azúcares como maltosa, isomaltosa y polisacáridos se pueden encontrar en pequeñas cantidades, la suma de ellos (12%) (Anklam, 1998; Finola et al., 2007) los diferentes contenidos de este tipo de azúcares pueden proporcionar modificaciones físicas, tales como: viscosidad, densidad, granulación, higroscopicidad, valor energía y cristalización en miel (Campos, 1987; Anklam, 1998).

El porcentaje de fructosa en relación a la glucosa depende de la fuente del néctar (Anklam, 1998) las mieles multiflorales tienden a tener un contenido similar de fructosa y glucosa, mientras que en monoflorales, los niveles de fructosa son significativamente más altos. la proporción fructosa: la glucosa puede influir en el sabor de la miel (Finola et al., 2007), ya que la fructosa es más dulce que la glucosa (Crane, 1987) además, la miel con mayor contenido de fructosa que la glucosa permanece en estado líquido por períodos más largos, esto se debe a que la glucosa es menos soluble en agua que la fructosa. Así, el contenido de glucosa en la miel influye significativamente en la cristalización de la miel (Finola et al., 2007).

Un aparente alto contenido de sacarosa en la miel puede significar una colección prematuro, ya que la sacarosa aún no se ha disociado



completamente en glucosa y fructosa, por la acción de la enzima invertasa, secretada por las abejas (Küçük et al., 2007). También puede indicar un adulteración de la miel, para este parámetro el valor máximo permitido en la miel es del 5%, existen excepciones para algunos tipos de miel (Sodré et al., 2007).

**b) Humedad**

El contenido de agua de la miel puede variar del 15% al 21%, encontrándose normalmente niveles del 17% (Mendes; Coelho, 1983). La legislación brasileña establece un nivel de humedad máxima del 20% para mieles florales o de melaza (Brasil, 2000). la miel con un contenido excesivo de agua puede presentar dificultades en la conservación y el almacenamiento.(Olaitan et al., 2007), debido a la presencia de microorganismos osmofílicos del género *Saccharomyces* (tolerante al azúcar), presente en los cuerpos de las abejas, néctar, suelo, áreas de extracción y almacenamiento, puede con el aumento en el contenido de humedad en este alimento, producir etanol y dióxido de carbono; con la presencia de oxígeno, el etanol puede ser convertido en ácido acético, alterando el aroma y sabor de la miel (White, 1975) este hecho podría tener influencia en su viscosidad, cambios en la gravedad específica, sabor, conservación y palatabilidad (Seemann; Neira, 1988). El contenido de agua contribuye así a la detección de la estabilidad de la miel, impidiendo su fermentación y granulación durante el almacenamiento (Küçük et al., 2007).

El agua disponible está determinada por la actividad del agua ( $A_w$ ), factor que influye en la estabilidad microbiológica de la miel que puede variar entre 0.55 a 0.75. Miel con  $A_w \leq 0,60$  son biológicamente estables.

Según Crane (1987), la mayor posibilidad de fermentación de la miel está ligada al mayor contenido de humedad y presencia de levaduras. El proceso de fermentación puede llevar más tiempo fácilmente en las llamadas mieles “verdes”, es decir, mieles que se recogen de panales que no tenían sus alvéolos debidamente tapados por las abejas; en esta situación, la miel presenta alto contenido de agua (Faria, 1983).



**c) Vitaminas y minerales**

Los minerales están presentes en la miel en pequeñas cantidades, en general varían de 0.1% a 1.0% (Bogdanov, 1999) entre los elementos químicos compuestos inorgánicos como calcio, cloro, cobre, hierro, manganeso, magnesio, fósforo, boro, potasio, silicio, sodio, azufre, zinc, nitrógeno, yodo, radio, estaño, osmio, aluminio, titanio y plomo, dando valores de 0.15% a 0.25% del peso total de la miel (White Junior, 1975; Pamplona, 1989). Aunque en diminutas concentraciones, vitaminas como: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>9</sub>, C y D también se encuentran en la miel, siendo fácilmente asimilables por asociación con otras sustancias tales como carbohidratos, sales minerales, oligoelementos, ácidos orgánicos y otros.

**d) Proteínas**

El contenido proteico de la miel es generalmente de alrededor del 0.2%. Las proteínas se derivan de las abejas, mientras que otras provienen del néctar (Anklam, 1998; Iurline; Fritz, 2005). Una pequeña porción de esta fracción consiste en las enzimas tales como la invertasa, amilasa, glucosa oxidasa, catalasa,  $\alpha$ -glucosidasa y  $\beta$ -glucosidasa (Anklam, 1998), entonces la actividad enzimática puede indicar la exposición de la miel al calor durante el procesamiento y almacenamiento. La proteína de la miel tiene dos orígenes, vegetal y animal, su origen vegetal proviene del néctar y el polen y su origen animal proviene de la propia abeja (Blanco Junior et al., 1978).

Los siguientes aminoácidos libres: leucina, isoleucina, histidina, metionina, alanina, fenilalanina, glicina, ácido aspártico, treonina, serina, ácido glutámico, prolina, valina, cisteína, tirosina, lisina y arginina; entre estos aminoácidos, la prolina, de las secreciones salivales de abejas, es el que presenta los valores más altos, oscilando entre el 0.2% y el 2.8%. Juntos con contenido de agua, su concentración se utiliza como parámetro para identificar la “madurez” de la miel (Costa et al., 1999).

**e) Enzimas**

La adición de enzimas por parte de las abejas al néctar podría causar cambios químicos como aumentar la cantidad de azúcares reductores, lo que no sería posible sin esta acción enzimática. La enzima invertasa



añadida por las abejas transforma 3/4 de la sacarosa inicial del néctar recogido en los azúcares glucosa y fructosa, mientras que los azúcares superiores son sintetizados, no estando presente en el material vegetal original, su acción es continua hasta el proceso de maduración de la miel. De esta manera, la maduración de la miel se puede definir como la inversión de sacarosa del néctar por la enzima invertasa y su cambio simultáneo en concentración. La enzima invertasa permanecerá en la miel, manteniendo su actividad durante algún tiempo, a menos que se inactive por calentamiento; aun así, el contenido de sacarosa de la miel nunca llega a cero esta inversión de sacarosa en glucosa y fructosa produce una solución de azúcares más concentrados, aumentando la resistencia de este material al deterioro por fermentación y promoviendo así el almacenamiento de un alimento altamente energético en un espacio mínimo (Crane, 1987).

Varias enzimas como diástasis, catalasa,  $\alpha$ -glucosidasa, peroxidasa, lipasa, amilasa, Se detectaron fosfatasa ácida e inulasa en miel (Schepartz & Subers, 1966; White Junior y Kushinir, 1967; Huidobro et al., 1995). La diástasis descompone el almidón, siendo su papel en la fisiología de las abejas aún no se entiende claramente, y puede estar involucrado con la digestión del polen como la diástasis presenta un alto grado de inestabilidad a temperaturas alto, su presencia o no es importante en el intento de detectar un posible calentamiento de miel de venta comercial, aunque incluso a temperatura ambiente puede degradarse en almacenamiento prolongado la catalasa y la fosfatasa son enzimas que facilitan la asociación azúcar-álcohol (Weston; Brocklebank, 2000) y la catalasa presente en la miel se origina a partir del polen de las flores y su cantidad en la miel depende de la fuente floral y la cantidad de polen recogido por las abejas.

**f) Ácidos orgánicos**

Los ácidos orgánicos son los responsables de la acidez de la miel y contribuyen considerablemente por su sabor característico (Anklam, 1998) constituyen sobre el 0.57% de la miel e incluyen el ácido glucónico, que se produce por la acción de la enzima glucosa oxidasa sobre la glucosa, presente en mayor cantidad, cuya presencia está relacionada con



la reacciones enzimáticas que ocurren durante el proceso de maduración (Olaitan et al., 2007) en menor cantidad se pueden encontrar otros ácidos como: acético, butírico, láctico, oxálico, fórmico, málico, succínico, pirúvico, glicólico, cítrico, butiroláctico, tartárico y maleico (Strison et al., 1960; White Junior, 1975; Mendes & Coelho, 1983).

Valores de acidez por debajo del límite máximo establecido, 50 meq de ácidos por 1000 g de miel, indican la ausencia de fermentaciones indeseables (Finola et al., 2007), ya que la presencia de levaduras xerotolerantes puede ser responsable del aumento de su acidez (De Rodríguez et al., 2004). Las mieles multiflorales tienen valores de acidez más bajos, lo que dependiendo de los factores de tipo floral y la época de cosecha de la miel ( Küçük et al., 2007).

El pH de la miel varía entre 3.4 y 6.1 con un valor medio de 3,9 (Codex Alimentarius, 2001), sin embargo, este parámetro no está directamente relacionado con la acidez libre debida a la acción amortiguadora de los ácidos y minerales presentes en la miel (De Rodriguez et al., 2004).

#### g) **Hidroximetilfurfural**

El hidroximetilfurfural (HMF) es un aldehído cíclico formado por la degradación de azúcares, lo que resulta en una reducción del valor nutritivo de la miel y en consecuencia del aguamiel, este compuesto resulta de la deshidratación de hexosas en condiciones ácidas y su cinética de la formación varía directamente con la temperatura, por lo que es un indicador de sobrecalentamiento y almacenamiento en condiciones inadecuadas de miel y aguamiel (Vargas, 2006; Fallico et al., 2008; Kahoun et al., 2008), también es un indicador de calidad generalmente basado en que se encuentra en pequeñas cantidades en la miel recién cosechada (miel fresca), los niveles elevados de HMF pueden indicar cambios importantes causados por el almacenamiento prolongado a temperatura ambiente alta y/o sobrecalentamiento, además de la manipulación causado por la adición de azúcar invertido (Silva et al., 2004)

#### h) **Compuestos fenólicos**

La miel también contiene una gran variedad de compuestos fenólicos como flavonoides y ácidos fenólicos como constituyentes secundarios.

Los principales flavonoides presentes en la miel pertenecen a los grupos de flavanonas y flavonas, incluyendo miricetina, tricetina, quercetina, hesperatina, luteolina, kaempferol, pinocembrina, crisina, pinobanksin, genkvanin y galangin (Anklam, 1998).

**i) Color**

En cuanto a las características sensoriales, el color de la miel es variable, y debe tener un sabor y aroma característico según su origen y la consistencia variable según el estado físico en que se presenta la miel (Brasil, 2000). El color varía de casi transparente a ámbar oscuro y los niveles de sabor y azúcar dependen de la especie de abeja que lo produjo, el período, región y, principalmente, floración (Azeredo et al., 1999). más allá del origen botánico, el color puede variar con la edad y las condiciones de almacenamiento de la miel sin embargo, la claridad de la miel depende de la cantidad de partículas en suspensión, como polen (Olaitan et al., 2007). Las variedades de colores de miel se muestran en la figura 2.



**Figura 2 — Variedades de colores de miel *Apis mellifera***

Extraído de Embrapa (2002).

Su aroma, sabor, color, viscosidad y propiedades medicinales están directamente relacionado con la fuente de néctar que la origina, cuanto más oscura sea la miel, más rica será, en minerales (Embrapa, 2002). Sin embargo, esto fue generalmente infravalorado económicamente, ya que las mieles livianas fueron más aceptadas en el mercado mundial (Codex Alimentario, 2001). El color de la miel depende de varios factores como la pureza de la miel, variaciones en el clima durante el flujo de néctar,

temperatura de maduración en la colmena, procesamiento, exposición a la luz, tiempo de almacenamiento y posibles reacciones entre los componentes presentes en la miel (Kolblitz, 2011). La Tabla 3 muestra la variación en los colores de la miel, según Bianchi (1981), desde que agua blanca a ámbar oscuro, lo que determina la intensidad del color de la miel (mm) es la absorbancia del mismo, a una longitud de onda de 635 nm.

**Tabla 3 — Escala de Pfund para la correlación entre el color de la miel y su respectiva absorbancia en 635nm**

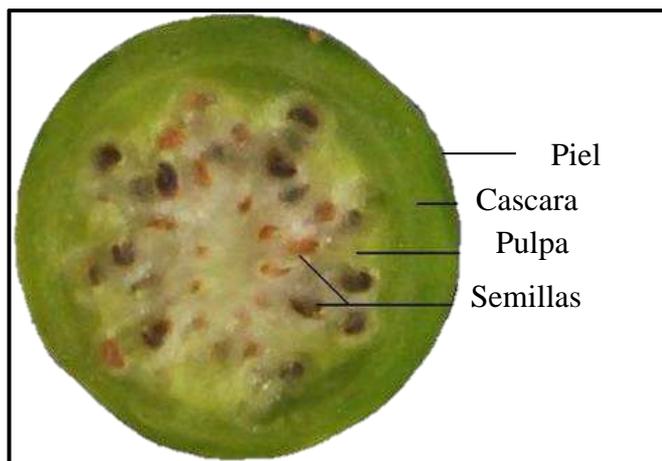
Escala internacional	Color (mm)	Absorbancia 635 nm
Blanco agua	0 a 7.9	0.104 a 0.124
Extra blanco	8 a 16.4	0.125 a 0.147
Blanco	16.5 a 33.9	0.148 a 0.194
Extra ámbar claro	34 a 49.9	0.195 a 0.237
Ámbar claro	50 a 84.9	0.238 a 0.332
Ámbar	85 a 113.9	0.333 a 0.410
Ámbar Oscuro	114 a mas	0.411 a mas

Extraído de Bianchi, (1981).

### 3.2.2. Tuna (*Opuntia ficus indica*)

Piña (1981) señaló que la tuna (*Opuntia ficus-indica*) es una especie vegetal importante en el sistema pastoril de los Andes peruanos, distribuida en muchas regiones del país, especialmente en los valles interandinos y regiones áridas, donde las condiciones agroecológicas son idóneas para su crecimiento. La tuna es consumida naturalmente tanto por los agricultores como por los pobladores locales y se venden en varios mercados de la región.

La tuna es un fruto originario de México, se consideran pseudofrutos con un ovario inferior simple y carnosa de varios tamaños y formas (ovoides, redondas, elípticas y oblongas, aplanadas, cóncavas o cóncavas o elípticas); incluyen la corteza, corteza, pulpa y semillas (ver figura 3). (Sáenz et al., 2006).



**Figura 3 — Partes de la tuna - sección transversal**

Extraído de Aguirre y Aguirre (2014)

### 3.2.2.1 Clasificación taxonómica

Solano (2000) muestra que, según el sistema de Adolf Engler, la clasificación de la tuna es la siguiente:

**Reino:** Vegetal

**Sub reino:** Phanerogamae

**División clase:** Angiospermae

**Sub clase:** Dicotyledoneae

**Orden:** Cactales

**Familia:** Cactaceae

**Sub familia:** Opuntioideae

**Género:** *Opuntia*.

**Especie:** *ficus indica*.

### 3.2.2.2 Composición nutricional de la tuna

La composición nutricional de la tuna en las variedades verde, púrpura y amarilla se presenta en la Tabla 4. El fruto tiene un valor nutricional superior a otras frutas en algunos componentes: Entre las vitaminas tiene un valor nutricional alto, cantidades significativas son ácido ascórbico, caroteno, niacina, tiamina, riboflavina y como oligoelementos, contiene concentraciones importantes de hierro, zinc y manganeso. Su composición fitoquímica es rica en sustancias con actividad antioxidante como betalainas, compuestos fenólicos, betacianinas y flavonoides. Se ha demostrado que tiene actividad antioxidante, hipolipemiante, hipoglucemiante,

gastroprotectora, neuroprotectora, hepatoprotectora y curativa (Saénz et al., 2006).

**Tabla 4 — Composición nutricional de las pulpas de tuna (porcentaje de la parte comestible)**

Parámetros	Tuna verde	Tuna púrpura	Tuna amarilla
Humedad (%)	83.8	85.98	85.1
Proteína (%)	0.82	0.38	0.82
Grasa (%)	0.09	0.02	-
Fibra (%)	0.23	0.05	-
Ceniza (%)	0.44	0.32	0.26
Azúcar total (%)	14.06	13.25	14.8
Vitamina C (mg/100g)	20.33	20.0	24.1
B-caroteno (mg/100g)	0.53	-	2.28
Betanina (mg/100g)	-	100	-

Extraído de Saénz et al (2006)

### 3.2.2.3 Características fisicoquímicas de la tuna

Las características fisicoquímicas obtenidas a partir de la pulpa de tuna como son la humedad, °Brix, pH, densidad y acidez total, se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5 — Características fisicoquímicas de la pulpa de tuna.**

Parámetros	Cantidad	
Humedad (%)	79.4*	83.5***
°Brix	13*	14.3**
pH	6.33*	6.31**
Densidad (g/mL)	1.05*	
Acidez titulable (g ácido cítrico/ 100 mL)	0.06*	

Extraído de \*Matos y Aguilar (2010) \*\*Cerezal y Duarte (2005)\*\*\* MINSa (2009)

La diferencia de contenido mineral en las tunas de las diferentes variedades (verde, púrpura y amarilla), se puede deber al lugar de su procedencia, ya que los minerales son obtenidos por las plantas a partir del suelo. Saénz et al. (2006), ello se muestra en la Tabla 6.



Tabla 6 — Composición mineral de pulpas de tuna

Mineral	Tuna verde	Tuna púrpura	Tuna amarilla
Ca	12.8	13.2	35.8
Mg	16.1	11.5	11.8
Fe	0.4	0.1	0.2
Na	0.6	0.5	0.9
K	217.0	19.6	117.7
P	32.8	4.9	8.5

Extraído de Saénz et al (2006)

*Nota:* Las propiedades nutricionales se dan en función a la porción sugerida (100g).

### 3.2.2.4 Variedades de tuna

La tuna es una fruta dulce, succulenta y de baja en acidez, cuyas pulpas son de variados colores: verde, púrpura, naranja, amarillo y blanco. Sáenz et al. (2006) Según el Sistema Integrado de Comercio Exterior SICEX (2014), la tuna presenta las siguientes variedades:

#### a) Tuna morada

Proviene de una planta con altura superior a los tres metros. Sus flores son de color violeta. Tiene buena calidad de fruto.



Figura 4 — Variedad púrpura

Extraído de Espinos (1998)

#### b) Tuna amarilla

Proviene de plantas con tamaño de dos a tres m. Sus pencas tienen 15 - 25 cm de diámetro. Son resistentes a plagas y enfermedades. Esta es la mejor tuna para la producción de cochinilla.



**Figura 5— Variedad amarilla**

Extraído de Espinosa (1998)

### 3.2.3 Hidromiel

El hidromiel es una bebida alcohólica procedente de la fermentación de la miel diluida en agua (Araújo et al., 2020), con la adición de otros ingredientes como hierbas, especias y/o frutas, con el fin de producir bebidas con características diferenciadas (De Oliveira et al., 2020). En la Tabla 7, se muestra los tipos de hidromiel, según los ingredientes añadidos durante el proceso de fermentación.

**Tabla 7 — Tipos de hidromiel conforme a los ingredientes utilizados**

<b>Tipos de Hidromiel</b>	<b>Ingredientes</b>
Melomel	Hidromiel con fruta añadida
Cyser	Hidromiel con manzana y/o zumo de manzana
Pymment	Hidromiel con uvas y/o zumo de uva
Hippocras	Hidromiel añadido con especias
Metheglin	Hidromiel aromatizado con hierbas y/o especias
Braggot	Hidromiel con cereales malteados
Rhodomel	Hidromiel con pétalos de rosa
Morat	Hidromiel añadido con moras
Capsicumel	Hidromiel añadido con pimientos

Extraído de Gupta e Sharma (2009)

#### 3.2.3.1 Etapa pre - fermentativa

La miel se puede diluir en agua en diferentes proporciones, según el tipo de bebida que se quiera obtener (Gupta; Sharma, 2009), por ejemplo, los hidromieles llamados Pórtoraki (1:0.5), wójniaki (1:1), Trójniaki (1:2) y



Czwórniaki (1:3) (Ramalhosa et al., 2011; Czabaj et al., 2017). Cabe señalar que es más habitual elaborar mostos con contenido de sólidos solubles totales (TSS) en torno a 20 a 25 °Brix (Roldán et al., 2011; Chen et al., 2013), con el fin de obtener bebidas con un grado alcohólico en el rango de 10 a 13% v/v, aunque el hidromiel se obtiene de una materia prima con una alta concentración de azúcar, este fermentado alcohólico presenta dificultades en relación a la fermentación debido a la composición química de la miel, que carece de algunos nutrientes necesarios para el desarrollo de levaduras, como nitrógeno y fósforo (Kawa-Rygielska et al., 2019; Schwarz et al., 2020). En la miel, el contenido de nitrógeno es significativamente bajo, siendo un factor importante para el crecimiento adecuado de la levadura (Mărgăoan et al., 2019). Según Morales, Alcarde y de Angelis (2013), sustratos con el nitrógeno y el fósforo pueden prolongar la fermentación y, como consecuencia, producir autólisis de la levadura, dejando el hidromiel vulnerable a la contaminación bacteriana. Así que después dilución de miel en agua, aditivos y complementos nutricionales a base de nitrógeno, minerales, vitaminas y ácidos al mosto, con el objetivo de estimular el crecimiento de la levadura y, en consecuencia, obtener una mejor fermentación (Iglesias et al., 2014; Twilley, Jutzi, Tomasino, 2018) ante estos posibles problemas, es importante que el proceso de elaboración del hidromiel se realice en condiciones controladas y con suficientes nutrientes para obtener un producto de calidad. En este sentido, varios trabajos han investigado la influencia de adición de aditivos y suplementos prefermentativos en las características de la bebida (Tabla 8).

**Tabla 8 — Relación de los principales complementos utilizados para la elaboración de hidromiel en obras de diferentes autores**

Autor(es)	Principales complementos
Amorim et al. (2018)	Acerola, extracto de malta, extracto de levadura, peptona y sales (cloruro de magnesio, sulfato de amonio y fosfato de amonio dibásico)
Anunciação et al. (2017)	Tamarindo, extracto de malta, extracto de malta, peptona y sales (cloruro de sulfato de magnesio y amonio)



Barrios et al. (2010)	Sales (sulfato de calcio, fosfato de amonio bibásico, ditartrato de potasio y azufre, cloruro de sodio, metabisulfito de sodio) y ácido tartárico
Czabaj et al. (2017)	Fosfato amónico bibásico
Ferraz (2015)	Sales (sulfato de amonio, fosfato de amonio bibásico y cloruro de magnesio), Trozos de manzana tipo Enovit® y Gala (lavados y pegados en 8 piezas)
Mascarenhas et al. (2017)	Piña, extracto de malta, extracto de levadura, peptona y sales (cloruro de sulfato de magnesio y amonio)
Mendes-Ferreira et al. (2010)	Tartrato de potasio, ácido málico y fosfato de amonio dibásico
Navrátil, Sturdik y Gemeiner (2001)	Vitamon Ultrasal®
Pereira et al. (2008)	Suplementos 1 (mezcla de dióxido de azufre Enovit® y ácido tartárico) y 2 (mezcla de fosfato monobásico de amonio, tartrato de sodio y potasio tetrahidrato, sulfato de calcio, ácido tartárico y bentonita en forma de sodio)
Pereira et al. (2014)	Tartrato de potasio y fosfato de amonio dibásico
Pereira et al. (2015)	Sales (fosfato de potasio, sulfato de magnesio y cloruro de calcio) y vitaminas (inositol, piridoxina, ácido nicotínico, pentatenato de calcio, tiamina, riboflavina y biotina)
Roldán et al. (2011)	Polen comercial
Sroka y Tuzyński (2007)	Fosfato amónico bibásico y ácido cítrico

Extraído de Sampaio, K. F. (2019).

Algunos compuestos como el fosfato diamónico ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) y el tartrato de potasio K<sub>2</sub>C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>) se añaden al mosto para aumentar la actividad fermentativa de las levaduras, reduciendo el tiempo de fermentación, además de influir en la producción de compuestos volátiles, importantes para la complejidad aromática de la bebida (Mendes-Ferreira et al., 2010; Pereira et al., 2013; Pereira et al., 2015; Amorim et al., 2018). Twilley, Juzi y Tomasino (2018) agregaron suplementos de levadura autolizada al hidromiel y productos fermentados obteniendo niveles más altos de nitrógeno asimilable por levaduras, además de menores contenidos de azúcar residual y mayor pH en comparación con la muestra sin suplementación, los aditivos y conservantes también se utilizan a menudo en el mosto antes de la fermentación del hidromiel, como el metabisulfito de potasio (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), utilizado para evitar la contaminación por bacterias y otras levaduras que pueden interrumpir la fermentación o promover el proceso oxidativo (Roldán et al., 2011). Lo mismo sucede con la adición de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)



(Gomes et al., 2015) cabe señalar que antes de comenzar la fermentación, el mosto también puede someterse a uno o varios tratamientos térmicos para reducir su carga microbiana (Mendes-Ferreira et al., 2010; Iglesias et al., 2014). En la Tabla 9, se muestran los principales tratamientos térmicos citados por diferentes autores.

**Tabla 9 —Tratamientos térmicos aplicados a los mostos miel**

Autor(es)	Tratamientos térmicos
Czabaj et al. (2017)	Hervido (30 min) o pasteurización (65°C / 10 min)
Ferraz (2015)	Pasteurización (75°C / 15 min)
Kahoun, Řesková y Královský (2017)	Calentamientos (40 a 100°C / 60 min)
Mendes-Ferreira et al. (2010)	Pasteurización (65°C / 10 min)
Sroka y Tuzyński (2007)	Hervir (10 min)

Extraído de Sampaio, K. F. (2019).

Algunos ácidos orgánicos se agregan al hidromiel para promover el ajuste del pH, como el ácido tartárico (Gomes et al., 2015) y ácido málico (Mendes Ferreira et al., 2010; Pereira et al., 2013; Pereira et al., 2015a), proporcionando un mejor equilibrio entre dulzor y acidez, además de aumentar la capacidad amortiguadora del mosto, mejorando la actividad de la levadura a lo largo de la fermentación (Ramalhosa et al., 2011). En ese sentido, además de diferentes mieles y levaduras, algunas especies vegetales también han sido incorporados a los mostos antes de la fermentación del hidromiel (Tabla 10) con el fin de mejorar las características del producto. Švecova et al. (2015) evaluaron hidromiel checa y observaron que las muestras que contenían cereza mostraron niveles más altos de ácido cítrico (3130 mg/L), atribuyéndose este alto valor a la fuente vegetal y a la concentración de fruta utilizada. Según Uzhel et al. (2021), a menudo se añade ácido cítrico a las bebidas fermentadas con el objetivo de mejorar su acción antioxidante y la retención del color. Por otro lado, Pereira et al. (2017) observó niveles bajos de ácido málico en hidromiel tradicional, sugiriendo la necesidad de añadirlo de forma aislada o natural a los mostos para estimular el proceso de fermentación. Romano et al. (2021), observaron un aumento en la concentración de ácido Usher succínico durante la fermentación de hidromiel que contiene diferentes partes de *Cannabis sativa L.*

El ácido succínico es un metabolito de la fermentación alcohólica, lo que resulta en una rápida disminución del pH en las primeras horas del proceso, siendo fuertemente dependiente de la cepa de levadura y la presencia de compuestos nitrogenados en el medio (Sroka; Tuszyński; 2007). Anunciação et al. (2017) agregaron pulpa de tamarindo (10%) al mosto de hidromiel, lo que resultó en una mayor viabilidad de las células de levadura en el proceso fermentación, así como una mayor producción de etanol. Amorim et al. (2018) evaluaron la influencia de la pulpa de acerola (concentraciones de 0, 10, 15, 25 y 30%) en la elaboración de hidromiel por *Saccharomyces cerevisiae* AWRI796 e informó que la adición de concentraciones crecientes de acerola promovió un aumento progresivo en el crecimiento celular de la levadura fermentativa. Balogu y Towobola (2017) encontraron que agregar leche de coco al hidromiel mejoraba algunos parámetros de fermentación, en particular para la muestra preparada con mosto miel (1200 mL) y leche de coco (600 mL), que presentó mayor atenuación (98,63%), menor contenido de azúcar residual (3,01 g/L). Para Mascarenhas et al. (2017) la adición de pulpa de piña a hidromiel permitió obtener una bebida con un 30% más de etanol en comparación con muestra de control. Araújo et al. (2020) encontraron que una mayor concentración de capulí (30 g/L) tuvo un efecto estimulante sobre las actividades metabólicas de las levaduras, principalmente en relación con *Saccharomyces bayanus* (SbPB), resultando en un mayor consumo de sustrato (90%) y mayor producción de etanol (15,5%).

**Tabla 10 — Diferentes ingredientes utilizados en la etapa pre - fermentativa de los hidromieles**

Origen	Tipo de Miel	Levadura	Frutas/Especias	Referencias
República Checa	No Informado	No informado	cereza, grosella, frambuesa negra, hierbas, castañas	Švecová <i>et al.</i> (2015)
Brasil	No Informado	<i>S. cerevisiae</i>	Pulpa de tamarindo	Anunciação <i>et al.</i> (2017)
Nigeria	No Informado	<i>S. cerevisiae</i>	Leche de coco	Towobola (2017)
Brasil	No Informado	<i>S. cerevisiae</i>	Pulpa de piña	Mascarenhas <i>et al.</i> (2017)
Polonia	Sí Informado	<i>S. bayanus</i> y <i>S. cerevisiae</i>	Cereza	Adamenko <i>et al.</i> (2018)



Polonia	Miel Silvestre	<i>S. bayanus</i> (Safspirit Fruit)	Jarabe de aronia, diente de león y polvo de semilla de uva	Kawa y Rygielska <i>et al.</i> (2019)
Brasil	Miel floral	<i>S. cerevisiae</i>	Feijão-caupi	Araújo <i>et al.</i> (2020)
Italia	Mielato	<i>S. cerevisiae</i>	<i>Cannabis sativa</i> L	Romano <i>et al.</i> (2021)

Extraído de Sampaio, K. F. (2019).

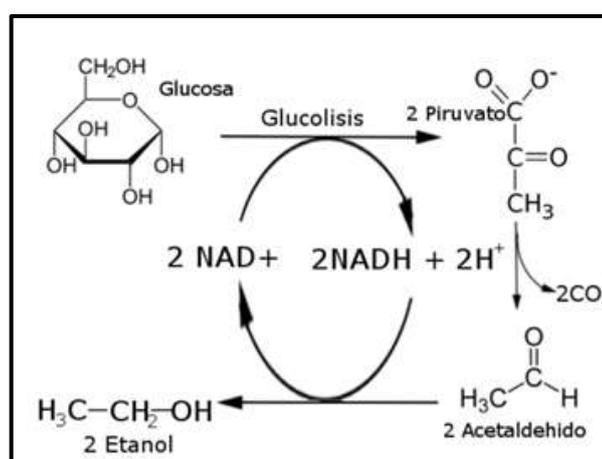
### 3.2.3.2 Etapa fermentativa

El paso de la fermentación alcohólica del hidromiel es el proceso bioquímico que ocurre por la acción de las levaduras, a través de la conversión de los azúcares de la miel/otros ingredientes del mosto, en etanol y dióxido de carbono (Márgoan et al., 2019) las levaduras más utilizadas en hidromiel son las del género *Saccharomyces* (Pereira, 2008; Starowicz; Granvogl, 2020), que deben tener alta actividad fermentativa, alta tolerancia a la presión osmótica y altas concentraciones de etanol (Pereira et al., 2015a). Sin embargo, recientemente, el uso de levaduras no *Saccharomyces*, como las del género *Torulaspota*, en mezclas o cultivos puros con el objetivo principal de aumentar la complejidad aromática del hidromiel. Barry et al. (2018) verificó que el cultivo mixto de diferentes cepas de *Torulaspota* (YH178 y YH179) junto con *Saccharomyces cerevisiae* (WLP715) mostró un buen desempeño en la fermentación, en menos de 10 días. Además, los hidromieles fermentados por cepas de *Torulaspota* exhibieron mejores características sensoriales, especialmente en términos de sabor.

Durante la fermentación alcohólica, las levaduras metabolizan la glucosa y la fructosa a través de la ruta de Embden-Meyerhof, dando lugar a dos moléculas de piruvato. Entonces el acetaldehído es obtenido por la descarboxilación del piruvato, que luego se reduce a etanol, por la enzima alcohol deshidrogenasa, mientras que la coenzima NADH se oxida (Figura 6) (Márgoan et al., 2019; Pereira et al., 2017). El etanol es el principal producto de la fermentación alcohólica (Fey et al., 2020), siendo un metabolito producido principalmente durante la fase exponencial del crecimiento de la levadura (Gomes et al., 2015) su producción depende de la concentración inicial de azúcar del mosto, el tiempo y la temperatura de fermentación y también depende en gran medida de la cepa de levadura empleada (Lin et al.,



2012). Lopez y Alabama. (2020) observaron una mayor graduación alcohólica en hidromieles fermentados con un cultivo mezcla compuesta por *Saccharomyces cerevisiae* y *Meyerozyma caribbica* (98,66 g/L), en comparación con el hidromiel fermentado solo con *Saccharomyces cerevisiae* (96,80 g/L). Por otro lado, Cavanholi et al. (2021). Observaron una mayor graduación alcohólica (11,05%) en hidromiel elaborado con mate en polvo, en comparación con la muestra control (sin mate), estos autores sugieren que esta diferencia en el grado alcohólico de las bebidas se produjo debido al mayor contenido de azúcares iniciales en el mosto con mate sometida a extracción en caliente, favoreciendo una mayor producción de etanol por parte de las levaduras.



**Figura 6 — Conversión de glucosa en etanol por acción de levaduras**  
 Extraído de Madigan et al. (2016).

En cuanto al metabolismo de los azúcares, Czabaj et al. (2017) observaron que la reducción de azúcares a lo largo de la fermentación del hidromiel dependía en gran medida de la cepa de levadura utilizada, con una mayor reducción de fructosa (alrededor del 50%) cuando se utiliza levadura *Saccharomyces bayanus*, mientras que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* fue responsable de la mayor disminución en el contenido de glucosa, aproximadamente un 80% al final del proceso. Adamenko et al. (2018) también informaron que *Saccharomyces bayanus* fue responsable del mayor consumo de fructosa en relación con *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación del hidromiel. Por otro lado, Kawa-Rygielska et al. (2019) observaron que se consumió una mayor cantidad (77) de glucosa en hidromiel añadida uvas en polvo, mientras que una menor cantidad de glucosa (60%) fue



consumida por las levaduras en la muestra de control (sin adición de semilla de uva). El consumo de fructosa por las levaduras fue similar entre muestras con y sin adición de semillas de uva, en promedio 45%.

La temperatura dicta la velocidad del proceso (Márgãoan et al., 2019), que normalmente se lleva a cabo entre 22 y 25 °C y debe ser monitoreado periódicamente para minimizar el riesgo de interrupción prematura de la fermentación (Gupta; Sharma, 2009; Roldán et al., 2011; Pereira et al., 2017). Se han realizado algunos estudios con el objetivo de para optimizar el tiempo de fermentación y aumentar la calidad del hidromiel. Roldán et al. (2011) añadió polen al mosto como activador de la fermentación y encontró un aumento en el rendimiento y eficiencia de fermentación en aproximadamente un 7% y un 10%, respectivamente, además de aumentar el contenido de volátiles y mejorar el perfil sensorial de la bebida. Así como Kempka y Mantovani (2013), quienes también agregaron polen a hidromiel (1%) observaron una reducción en el tiempo de fermentación de 168 horas a 72 horas en comparación con la muestra control (sin adición de polen). El final de la fermentación se alcanza cuando la densidad de la bebida se mantiene constante, indicando la necesidad de filtración para eliminar las partículas en suspensión depositadas en el fondo del fermentador, sin embargo, la fermentación también se puede detener cuando se desea obtener una bebida de carácter dulce y con menor grado alcohólico.

#### **3.2.3.4 Etapa post - fermentativa**

Tras la fermentación, el hidromiel se trasiega (Iglesias et al., 2014), con el objetivo de eliminar los sedimentos que se asentaron en el fondo del fermentador, la clarificación del aguamiel puede se realiza centrifugando el mosto o añadiendo agentes clarificantes, como bentonita, clara de huevo, gelatina, caseína, entre otros (Pereira et al., 2017), Silva et al. (2020) evaluaron la influencia de diferentes agentes clarificantes (bentonita, harina de cáscara de plátano y de cáscara de maracuyá) en relación con la presencia de aminos biogénicas en hidromiel estos autores concluyeron que la bentonita es un buen aglomerante para la bebida, ya que el número de aminos se mantuvo con valores medios bajos y constantes durante el almacenamiento de los hidromieles, además, los demás clarificantes utilizados (harina de

cáscara de plátano y harina de cáscara de maracuyá) resultaron ser una alternativa viable, ya que presentó un perfil similar al control (bentonita). Después de la clarificación, el hidromiel se embotella y las botellas deben almacenarse en ambientes frescos, protegidos de la luz y sin variación de la temperatura para mantener las características propiedades químicas y sensoriales del producto (Fey et al., 2020). A continuación, el hidromiel puede ser sometido a maduración, con el objetivo de mejorar la composición aromática de la bebida. La etapa de maduración puede durar de meses a años, dependiendo del hidromiel que se quiera obtener, en algunos casos, la maduración del hidromiel puede ocurrir antes del embotellado, en tinajas de madera, para hacer la bebida más compleja (Peepall et al., 2019) la maduración de las bebidas en barricas de roble favorece la integración de compuestos aromáticos, suavizando la estructura y equilibrando el sabor (Morata et al., 2019). Sin embargo, otro tipo de técnicas de maduración y la madera también se puede utilizar en la maduración del hidromiel. Fey et al. (2020) hidromiel envejeció durante 100 días con chips de roble europeo, jatobá y jequitibá y observó una disminución en la luminosidad y un aumento en la tendencia del color amarillo y rojo en muestras con chips en relación al control (sin chips), además de un incremento en algunos ésteres, en particular acetato de etilo.



### 3.3 Marco conceptual

- a) **Abeja.** Insecto de unos 15 mm de largo, de color pardo oscuro y con vello rojizo, con dos pares de alas transparentes cruzadas de nervios; vive en colonias, cada una de las cuales consta de una sola hembra fecunda, diversos machos y numerosísimas hembras estériles; habita en los huecos de los árboles o las peñas, o en las colmenas que el ser humano le prepara, y produce la cera y la miel.
- b) **Antioxidante.** Sustancias que disminuyen la velocidad de las reacciones de oxidación. Entre los antioxidantes naturales se encuentran la \*vitamina E y el  $\beta$ -caroteno; limitan el daño causado por las toxinas y otros agentes externos a las células y a los tejidos.
- c) **Aroma.** El aroma es el olor agradable o fragancia desprendida por el vino y que, a su vez, permite la estimulación del sentido del gusto.
- d) **Características cromáticas.** Las características cromáticas de un vino se definen por dos parámetros analíticos: la tonalidad y la intensidad de color.
- e) **Características cromatográficas.** La cromatografía es un método muy utilizado en todas las ramas de la ciencia que permite la separación, identificación y determinación de los componentes químicos en mezclas complejas.
- f) **Biomasa.** Es el conjunto de toda la materia orgánica procedente de la actividad de los seres vivos presentes en la biosfera. A la parte aprovechable energéticamente se le conoce como biomasa energética o simplemente biomasa. El término biomasa puede sustituirse por biota.
- g) **Bouquet.** Conjunto de sensaciones que presenta un vino en su punto óptimo de elaboración, crianza y guarda. Conjunto de aromas de un vino primarios (procedentes del fruto), secundarios (fermentativos) y terciarios o de crianza. Un vino sin crianza no tiene Bouquet.
- h) **Congéneres.** Se consideran congéneres de las bebidas alcohólicas a los compuestos naturales volátiles producidos durante la fermentación y añejamiento tales como acidez volátil, aldehídos, furfural, ésteres y alcoholes superiores. Se excluyen los alcoholes etílico y metílico.
- i) **Ósmosis.** Fenómeno consistente en el paso recíproco de líquidos de diferente densidad a través de una membrana.
- j) **Sabor.** Cualidad de una sustancia que es percibida por el sentido del gusto.



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

La etapa I corresponde a un tipo descriptivo, por ser una etapa en la que se acondicionaron las materias primas, es en esta etapa en la que se realizó el análisis fisicoquímico de las materias primas con la finalidad de determinar cuál de las dos mieles de diferente lugar de procedencia y dos variedades de tuna son las más adecuadas en la elaboración del hidromiel. Por otro lado, en lo que corresponde a la etapa II, corresponde a un tipo experimental explicativo, ya que es necesario elaborar el producto a nivel de laboratorio y aplicar las variables que se han planteado en los objetivos, es aquí donde se manipularon de forma intencionada las variables independientes y se dimensiono el efecto de cada una de ellas en las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles.

#### 4.2 Diseño de la investigación

En el presente estudio el diseño experimental, que se utilizó correspondió a un diseño DCA con arreglo factorial  $N=2^3$ , donde se manejaron tres variables independientes; mieles de diferente procedencia con dos niveles (Kerapata y Vilcabamba), variedades de tuna con dos niveles (amarilla y púrpura) y cepas de levadura con dos niveles (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*), las variable de respuesta fueron: contenido de sólidos solubles (°Brix), pH, densidad (g/L), acidez (g/L), Intensidad de Color, Tonalidad, Color del Vino grados alcohólicos (g/L), extracto seco (g/L), azúcares reductores (g/L), acidez volátil (g/L), cenizas (g/L), aroma, dulzor, acidez, color, apreciación global, metanol (mg/100mL alcohol anhidro), aldehídos (mg/100mL alcohol anhidro), esterres (mg/100mL alcohol anhidro), alcoholes superiores (mg/100mL alcohol anhidro) y furfural (mg/100mL alcohol anhidro) como se muestran en las Tablas 11 y 12.

**Tabla 11 — Factores de estudio**

Variable independiente	Código	Niveles
Mieles de diferente procedencia	A	A <sub>1</sub> Miel de Kerapata A <sub>2</sub> Miel de Vilcabamba
Variedades de tuna ( <i>Opuntia ficus indica</i> )	B	B <sub>1</sub> Variedad amarilla B <sub>2</sub> Variedad púrpura
Cepas de levadura	C	C <sub>1</sub> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> C <sub>2</sub> <i>Saccharomyces bayanus</i>



Tabla 12 — Descripción del diseño experimental

Tratamientos	Código	Descripción
T <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Miel de Kerapata + tuna amarilla + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
T <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Miel de Kerapata + tuna amarilla + <i>Saccharomyces bayanus</i>
T <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Miel de Kerapata + tuna púrpura+ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
T <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Miel de Kerapata + tuna púrpura+ <i>Saccharomyces bayanus</i>
T <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Miel de Vilcabamba + tuna amarilla + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
T <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Miel de Vilcabamba + tuna amarilla + <i>Saccharomyces bayanus</i>
T <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Miel de Vilcabamba + tuna púrpura+ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
T <sub>8</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Miel de Vilcabamba + tuna púrpura+ <i>Saccharomyces bayanus</i>

### 4.3 Población y muestra

#### 4.3.1 Población

La población de estudio estuvo constituida por la miel de abeja, la cual se obtuvo de la cosecha del mes de mayo del año 2018, procedentes de los apiarios de Kerapata y Vilcabamba. Mientras que las tunas procedieron del mercado central de abastos de la provincia de Antabamba, departamento de Apurímac, lugares seleccionados por la alta disponibilidad de las mismas. En la presente investigación se tomó como referencia de población también, a los dos tipos de levaduras vínicas *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*.

#### 4.3.2 Muestra

El muestreo para la presente investigación fue un muestreo no probabilístico aleatorio debido a que la miel de abeja y tunas en el departamento de Apurímac proceden de una flora diversificada.

En la investigación se utilizó 15.348 Kg de cada miel de diferente lugar de procedencia, haciendo un total de 30.696 kilogramos, de la misma manera se utilizó 18 kilogramos de jugo de tuna (*Opuntia ficus indica*) de cada variedad amarilla y púrpura y se utilizó 36 gramos fraccionadas en partes iguales de cada cepa de levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*.

#### 4.4 Procedimiento

Como la investigación está dividida en tres etapas, el procedimiento, se realizó respetando los lineamientos y el orden cronológico de éstas. En la etapa I, se muestran los análisis realizados a las materias primas. Cabe destacar que, en la segunda etapa donde se elaboró y evaluó las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles, se acondiciono el diagrama de flujo según lo reportado por Andrade Yáñez Álvaro y Rivadeneira Vásquez José Luis, de manera sistemática y consecuentemente para facilitar el estudio, recolección y el reporte de datos.

#### Etapa I

#### Evaluación fisicoquímica de las materias primas

#### 1. Análisis fisicoquímico de la miel

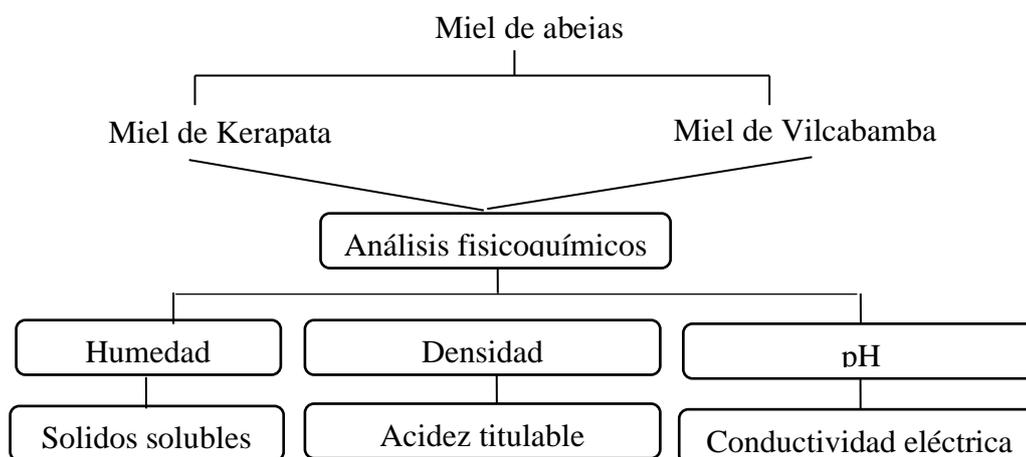


Figura 7 — Análisis fisicoquímico de la miel

#### a) Contenido de Humedad

El contenido de humedad, fue determinado acorde al método descrito en la norma (AOAC, 2000). Por método indirecto por lectura refractométrica de la miel a 20°C. La lectura se realizó empleando un refractómetro ABBE con luz de sodio, marca Milton Roy Company. El porcentaje de humedad fue reportado utilizando la relación de índice de refracción y contenido de agua de la miel según Tabla N° 969.38 indicada en el método.

#### b) Sólidos solubles

Los sólidos solubles fueron medidos usando un refractómetro marca ATAGO, expresando el resultado en °Brix, de acuerdo a la norma (AOAC, 2000).



**c) Densidad**

Se analizó mediante el método (AOAC, 2000) que se basa en la determinación del peso del agua y de la muestra de un volumen constante, manteniendo el picnómetro en un baño térmico a 27 °C.

**d) Acidez titulable**

Este método se basa en la concentración de un ácido por medio de NaOH, usando fenolftaleína como indicador externo. Para ello se pesó 10 g de miel y se disolvió en 75 mL de agua destilada. Se tituló la muestra de ensayo de NaOH 0.1N libre de carbohidratos, utilizando como 4 o 5 gotas de fenolftaleína. El color final persistió por diez segundos (AOAC, 2003). Los resultados se expresaron en mili equivalente/ Kg de miel y se calcularon de la forma siguiente.

$$Acidez \left( \frac{meq}{Kg} \right) = 10 \times V \dots \dots \dots ec(1)$$

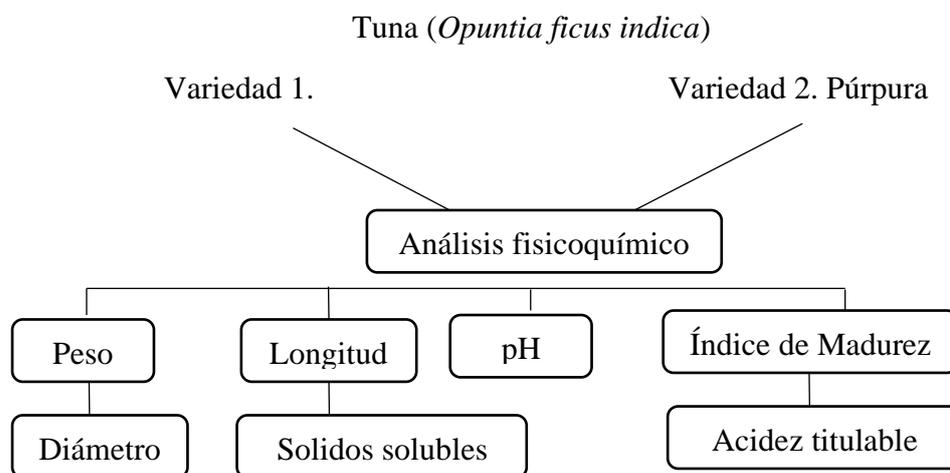
**e) pH**

Se determinó mediante la lectura directa introduciendo el electrodo combinado del pH-metro (AOAC, 2000). Para ello se disolvió 10 g de miel en 75 mL de agua destilada libre de dióxido de carbono.

**f) Conductividad eléctrica**

Se tomó 20 g de miel y se aforó a 100 mL con agua destilada. De ésta, se tomó 40 mL de la muestra en un recipiente y se calentó a baño maría a 20 °C; una vez alcanzada la temperatura se midió la conductividad con un Potenciómetro que tenía acoplado un medidor de conductividad eléctrica. (SANCHO, 1991)

2. Análisis fisicoquímico de la tuna (*Opuntia ficus indica*)



**Figura 8 — Análisis fisicoquímico de la pulpa de tuna**

**a) Peso**

Se determinó el peso promedio de 20 frutos de tuna, previamente lavados y secados. La parte comestible de dichos frutos (pulpa - semillas) fue separada del pericarpio, luego se determinó el peso promedio de ambas partes y el porcentaje en peso de pulpa- semillas y pericarpio por unidad de fruto de tuna.

**b) Diámetro**

Se midió el diámetro de la sección ecuatorial del fruto con un vernier, el resultado se expresó en centímetros (cm) y con dos cifras significativas, de acuerdo a la NTE INEN 1.978.

**c) Longitud**

Se midió la longitud del fruto con un vernier calibrado y el resultado se expresó en milímetros (mm) y con dos cifras significativas, de acuerdo a la NTE INEN 1.978.

**d) Sólidos solubles**

Se determinó utilizando un refractómetro marca ATAGO, para lo cual se extrajo el jugo de la tuna, luego cuidadosamente en el Brixómetro calibrado se colocó una gota de muestra procediendo a leer el valor inmediatamente. (AOAC, 2000).

**e) pH**

Se realizó a partir de las muestras de jugo de tuna de ambas variedades, para tal efecto se colocó el electrodo del pH -metro en el extracto líquido contenido en el vaso. Al cabo de unos minutos se observó el valor numérico en el monitor de la pantalla de Lectura del potenciómetro.

**f) Acidez titulable**

El porcentaje de acidez fue cuantificado por volumetría, titulando el sobrenadante con NaOH 0,1N y fenolftaleína (1%) como indicador, los resultados se expresaron como % de ácido cítrico. (AOAC, 2000).

$$\% \text{ de acidez titulable} = \frac{mlNaOH \times N(NaOH) \times Meqacido \times V}{\text{peso muestra} \times alicuota} \times 100 \dots\dots\dots ec (2)$$

**g) Índice de madurez**

Se evaluará mediante la relación del contenido de sólidos solubles sobre la acidez titulable, el valor es adimensional según NTP 4580 (1999).

$$IM = \frac{\text{Sólidos solubles}}{\text{acidez total}}$$



## Etapa II

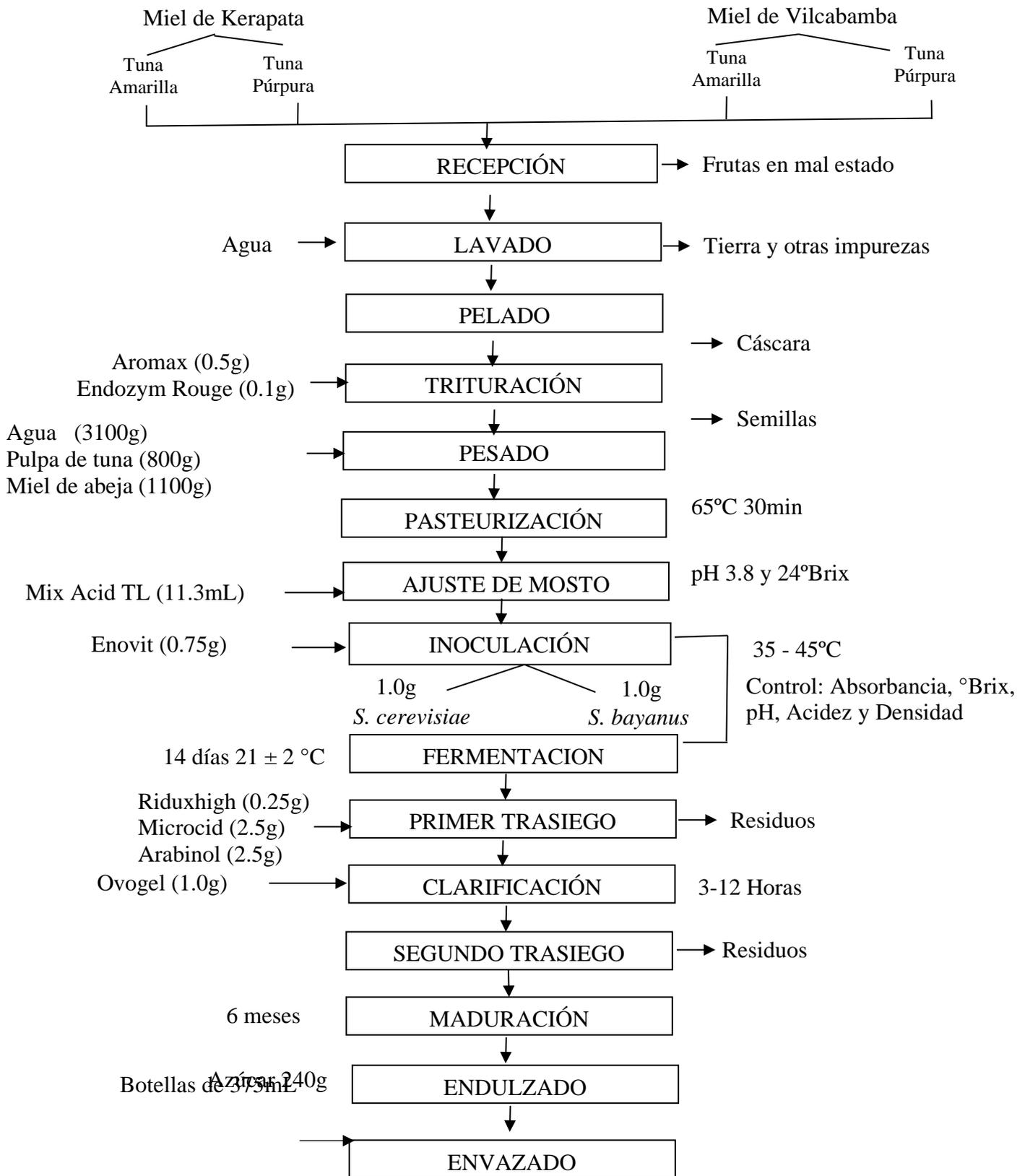
### Obtención de la bebida fermentada

El proceso de obtención de la bebida fermentada con miel de abejas y adición de pulpa de tuna, es conforme a las fórmulas establecidas que a continuación se detallan en la Tabla 13.

**Tabla 13 — Formulación para la elaboración de una bebida fermentada**

M/P – Insumos	Formulación	Para un tratamiento	Para el total de tratamientos
Miel de abeja	22%	1100g	26400g
Tuna	16%	800g	19200g
Agua	62%	3100g	74400g
Aromax	10g/ Hl	0.5g	12g
Endozym rouge	2g/ Hl	0.1g	2.4g
Levadura	0.5g/L	1g	24g
Mix acid TL	226mL/Hl	11.3mL	271.2mL
Enovit	15g/100L	0.75g	18g
Riduxhigh	5g/ Hl	0.25g	6g
Microcid	50g/ hL	2.5g	60g
Aravinol	50g/ hL	2.5g	60g
Ovogel	20g/ hL	1g	24g

Acondicionado de Andrade, A.S & Rivadeneira. J.L (2010)



**Figura 9 — Diagrama de elaboración de una bebida fermentada de mieles de diferente procedencia con adición de jugo de tuna amarilla y púrpura, inoculadas con dos cepas de levadura**

### **Recepción**

El proceso de obtención de la bebida fermentada se inició con la recolección de las dos variedades de tuna (amarilla y púrpura), del Mercado Central de Abastos de la ciudad de Antabamba, se escogieron frutas sanas y sin indicios de descomposición, las cuales fueron introducidas inmediatamente en refrigeración para ser utilizadas cuando sea necesario.

Por otra parte, la recepción de la miel se realizó en el mes de enero, época en donde se obtiene altos rendimientos de producción, la cual fue almacenada en baldes de capacidad de 6L, protegiéndose de la luz, calor y agua.

### **Lavado**

Las dos variedades de tuna fueron lavadas con abundante agua potable con el objetivo de eliminar tierra, espinillas y otras impurezas que puedan ser fuente de contaminación y afectar en la calidad de la bebida fermentada.

### **Pelado**

Se llevó a cabo manualmente utilizando cuchillos y cortando los dos extremos y finalmente un corte longitudinal con el objetivo de eliminar la cáscara y quedarnos con la pulpa.

### **Trituración.**

Esta operación se llevó a cabo con la finalidad de separar las semillas de la pulpa además de liberar el color y sabor de la tuna, mediante la trituración en una licuadora industrial por unos pocos segundos. Una vez que se obtuvo la pulpa se le añadió aromax en una concentración de 0.5g y endozym rouge 0.1g como antioxidante y conservante.

### **Pesado**

En esta operación se pesaron las mieles de abeja, las pulpas de tuna y el agua, para realizar esta tarea se utilizó una balanza de platos de 10 kilogramos, de acuerdo a la formulación

### **Pasteurización**

Se realizó el tratamiento térmico de la mezcla a una temperatura de 65°C durante 30 minutos con el propósito de inactivar microorganismos patógenos y enzimas.

### **Ajuste del mosto**

Con la ayuda de un refractómetro se ajustó el mosto a 24°Brix, además se acidifico el mosto hasta un pH 3.8 para todos los tratamientos, para lo cual se empleó una solución Mix Acid TL en una proporción de 2-3mL por litro de mosto.

### **Inoculación**

A continuación, se realizó el enfriamiento del mosto hasta una temperatura de 35-38°C, en la cual se añadió Enovit, que es una mezcla de compuestos nitrogenados que permite el crecimiento y desarrollo de las levaduras.



Además, en esta etapa se adiciono 1.0 gramo de levadura vínica por cada litro de mosto, con el fin de iniciar el proceso de fermentación, cabe resaltar que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se activó a 45°C y la levadura *Saccharomyces bayanus* a 35°C.

### **Fermentación**

La fermentación se efectuó en biorreactores que consistieron en baldes de 2L de capacidad con un airlock en la tapa, a este mismo se adaptó un grifo para la toma de muestras, con la finalidad de realizar el control de grados °Brix, pH, acidez, absorbancia (420 y 520nm) y densidad cada 24 horas hasta completar la fermentación, que duró 14 días. Culminada esta etapa se realizaron los análisis del contenido de grados alcohólicos, extracto seco, azúcares reductores, acidez volátil y cenizas.

### **Primer trasiego.**

Una vez que los parámetros sólidos solubles, pH y acidez mostraron una ligera constancia en cuanto a sus resultados, se procedió a interrumpir el proceso de fermentación, adicionando metabisulfito de sodio 0.13g.

### **Clarificación**

Una vez que la fermentación concluyo, se procedió a realizar la clarificación del vino de miel de abeja, para este proceso se utilizó Ovogel en una cantidad de 600 mg, el cual se incorporará en una cantidad de vino de 5L y se deja reposar entre 3 a 12 horas.

### **Segundo trasiego**

Esta operación se realizó para separar el vino de los desechos post fermentativos que hayan quedado al final de la maduración.

### **Maduración**

El hidromiel clarificado se deja en reposo, para que se desarrollen aromas y sabores especiales. El tiempo de maduración recomendable es de 6 meses, además al final de este proceso se efectuará la caracterización sensorial y de compuestos volátiles.

### **Endulzado**

Después de un segundo trasiego se separó una pequeña cantidad de hidromiel a la cual se le agrego 240g azúcar blanca y pasteurizó la mezcla a 70°C por 5 minutos, luego se filtró en un lienzo y una vez frío se agregó al resto del vino realizando una mezcla homogénea hasta alcanzar una solución de 11 – 12° °Brix.

### **Envasado**

Se realizó manualmente, para lo cual se utilizó botellas de 375 mL de capacidad, las mismas que fueron previamente desinfectadas, dejando un espacio de 4 cm de vacío y fueron selladas con corchos estériles.



### Etapa III

#### Caracterización de las bebidas fermentadas.

##### 1. Determinación de las características fisicoquímicas de las bebidas fermentadas

###### a) sólidos solubles

Se desarrolló de acuerdo a la norma (AOAC, 2000), con algunas modificaciones. Para lo cual en primer lugar se levantó la tapa que cubre el prisma del refractómetro ATAGO y se colocó una gota de hidromiel que debe encontrarse a una temperatura en promedio de 20°C, asegurándose que la superficie del prisma este cubierto del mosto. Seguidamente se cerró la tapa del prisma y se dirigió el refractómetro hacia la luz donde se observó que aparecieron dos regiones una oscura y otra clara, finalmente se realizó la lectura, el % de azúcar.

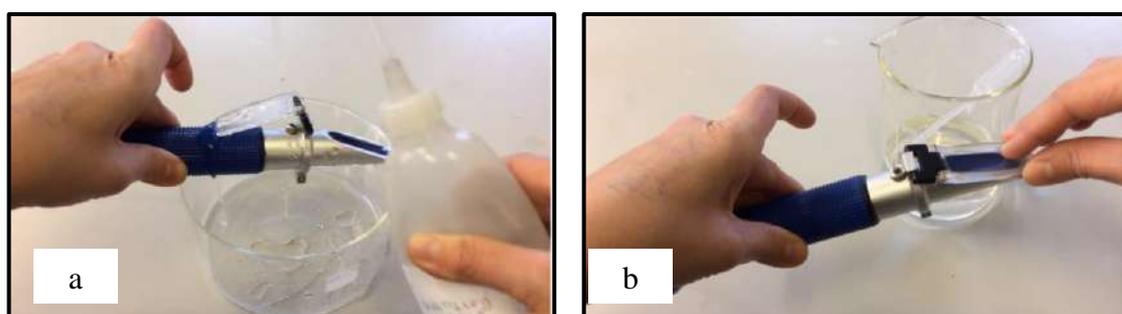


Figura 10 — Fotografías de solidos solubles (a) Acondicionamiento (b) Análisis

###### b) pH

Se desarrolló de acuerdo norma (AOAC, 2000), para ello se colocó la muestra de hidromiel en un vaso de precipitado de 25 y 30 mL y se calibro el pH-metro con solución buffer de 4.00 a 7.00 y se introdujo el electrodo en la muestra analizada cuya temperatura debe estar programada entre 20 - 25° C y se leyó el valor del pH.

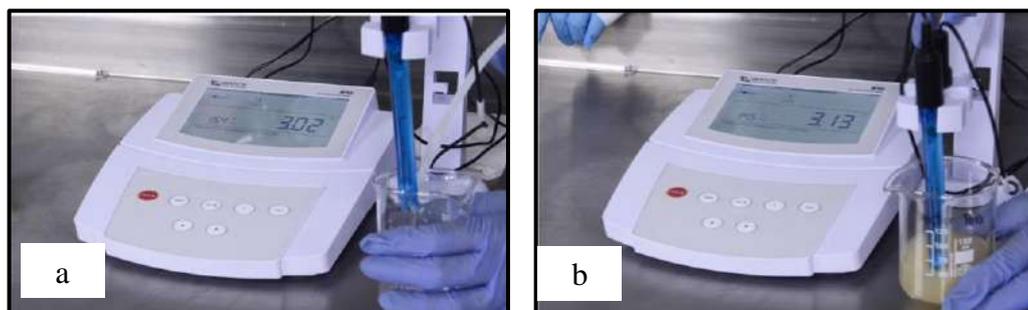


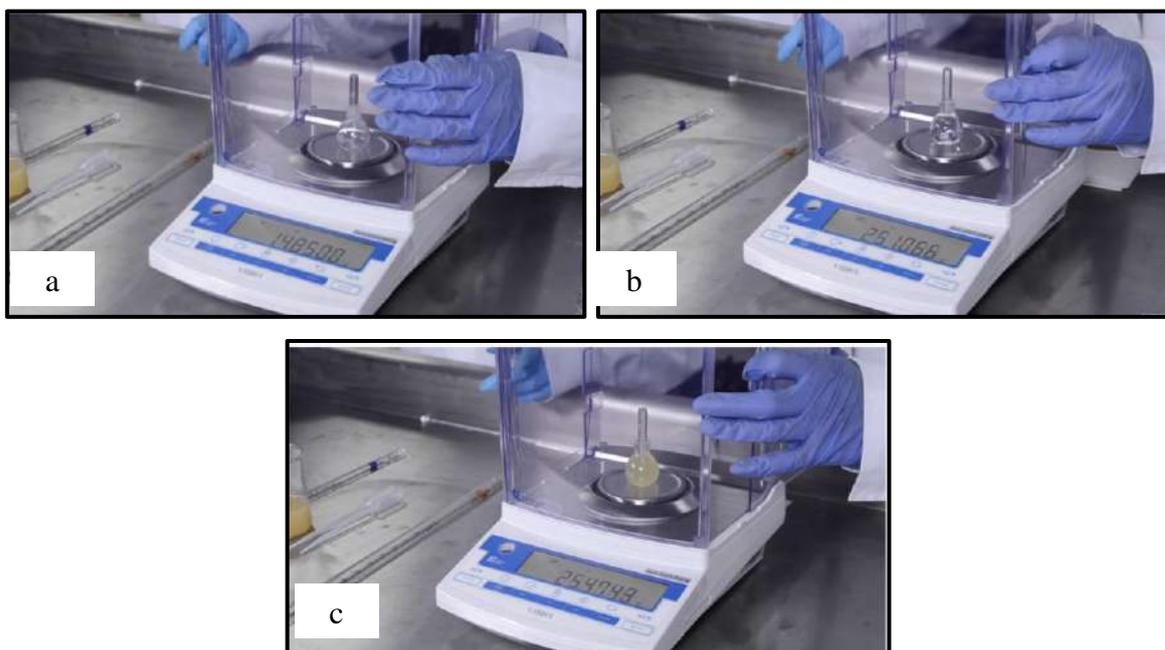
Figura 11 — Fotografías de pH (a) Acondicionamiento del pHmetro (b) Análisis

**c) Densidad relativa**

La densidad relativa del hidromiel se determinó por densitometría de acuerdo al método propuesto por (IAL 2008), utilizando un picnómetro de 20 mL con termómetro, inicialmente se pesó el picnómetro (previamente lavado con alcohol absoluto y secado de forma natural) y luego se completó su volumen con agua destilada fría. Esperamos a que la temperatura del agua alcanzará los 20 °C, cuidando de secar el agua de condensación en la superficie de la cristalería, para que se pesara el picnómetro con agua. Se descartó el agua y se lavó el picnómetro con una pequeña muestra, para luego completar con ella, también a baja temperatura. Se esperaba que la temperatura de la muestra alcanzara los 20°C, procediendo al pesaje del picnómetro que contenía la muestra. El cálculo de la densidad relativa se realizó de acuerdo con la ecuación 3.

$$\text{Densidade relativa a } 20^{\circ}\text{C} \left( \frac{g}{mL} \right) = \frac{(Mh - M_{pic})}{(Ma - M_{pic})} \dots \dots \dots ec (3)$$

Dónde: Mh = Masa del picnómetro con hidromiel, Ma = Masa del picnómetro con a agua destilada y M<sub>pic</sub> = Masa del picnómetro vacío.



**Figura 12 — Fotografías de densidad (a) picnómetro vacío, (b) picnómetro con agua (c) picnómetro con muestra de hidromiel**

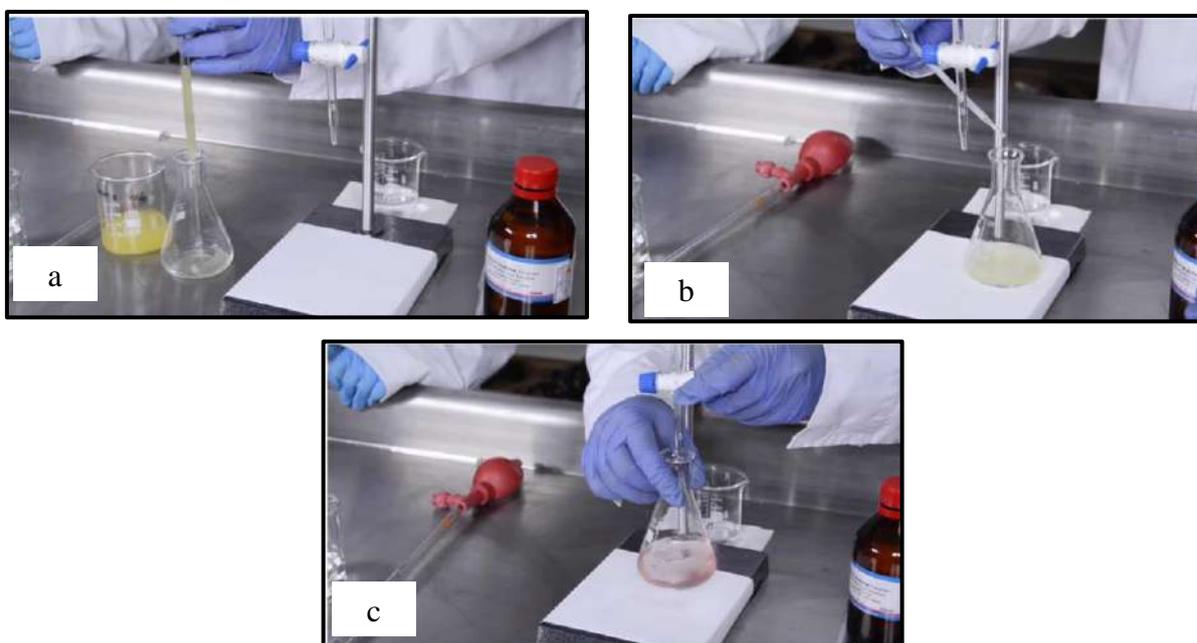
**d) Acidez titulable**

Se adoptó el método descrito por (IAL 2008), donde se pipetearon 10 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se agregaron 100 mL de agua destilada y 4 gotas de fenolftaleína. La muestra se tituló con una solución estandarizada de NaOH 0.1 N hasta

que apareció un color rosa persistente. Los resultados se obtuvieron de acuerdo con la ecuación 5 y se expresó como meq/L.

$$\text{Acidez titulable} \left( \frac{\text{meq}}{\text{L}} \right) = n \times f \times N \times 1000 \times v \dots \dots \dots \text{ec (4)}$$

Dónde: n Volumen en mL de solución de NaOH gastado en la titulación; f = factor de corrección de la solución de NaOH; N = Normalidad de la solución de NaOH; v = Volumen de la muestra.



**Figura 13 — Fotografías de acidez titulable (a) 10mL de hidromiel, (b) 03 gotas de fenolftaleína (c) volumen de NaOH gastado**

**e) Grado alcohólico.**

Para el análisis de esta variable se adoptó el método descrito por (IAL, 2008), donde inicialmente se vertió en un matraz aforado 100 mL de hidromiel previamente ajustado a una temperatura de 20 °C. El contenido del matraz aforado se transfirió a un matraz de destilación, lavando el residuo del matraz aforado cuatro veces con pequeñas porciones de agua destilada. Luego se procedió con la destilación de la muestra. El destilado se recogió en una probeta graduada de 100mL hasta un volumen aproximado de 75 mL y se determinó la densidad relativa del destilado a 20 ° C, utilizando un alcoholímetro y el resultado del grado alcohólico se obtuvo a partir de interpolaciones de valores tabulados que relacionan la densidad relativa del destilado con el grado alcohólico a 20 °C (% v / v).

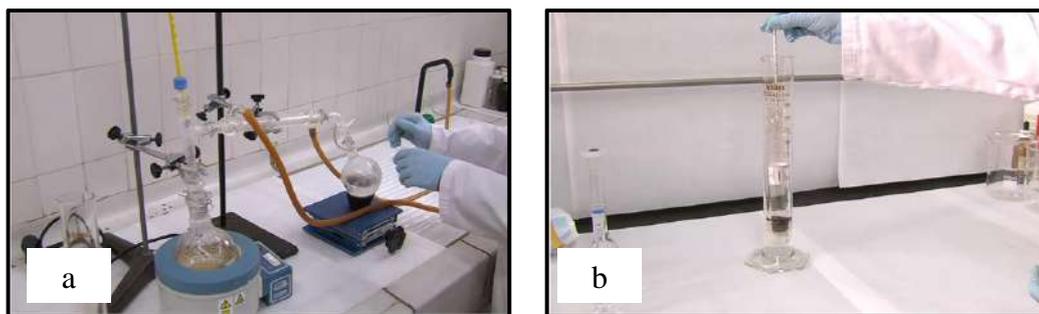


Figura 14 — Fotografías de grado alcohólico (a) ebullición del hidromiel, (c) medición de los grados alcohólicos

f) **Extracto seco**

Se utilizó el método gravimétrico, basado en la evaporación y secado de la muestra en un horno, según la norma (IAL 2008). Para ello inicialmente se preparó una alícuota de 20 mL de hidromiel se transfirió a una cápsula de porcelana de 150 mL, previamente secada a 105 °C/L; la muestra se evaporó en una placa caliente hasta una consistencia aparentemente seca o almibarada. Los residuos se calentaron en un horno a 105 °C durante 1 hora, luego se enfriaron en un desecador y se pesaron, repitiendo estos procedimientos hasta peso constante. El cálculo del resultado se expresó según la ecuación 6.

$$\text{Extracto seco total } \left(\frac{g}{L}\right) = 1000 \times N \times V \dots \dots \dots ec (5)$$

Dónde: N = masa del residuo en g; V = volumen de muestra en mL.

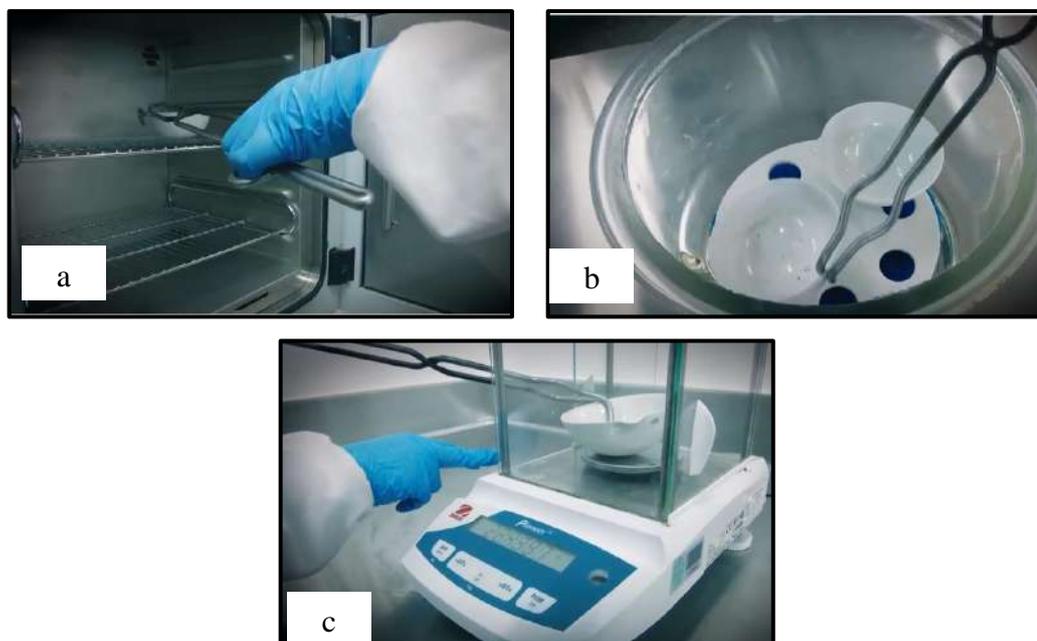
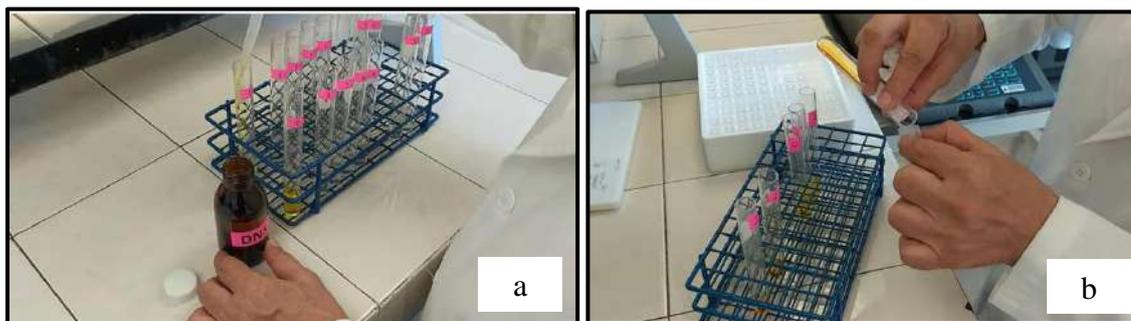


Figura 15 — Fotografías de extracto seco (a) 20mL de hidromiel evaporada en capsula a 550°C, (b) enfriado en desecador de (c) pesado constante.

**g) Azúcares reductores**

La determinación de azúcares reductores se realizó mediante el método espectrofotométrico descrito por (Miller, 1959). Primero, la muestra se diluyó convenientemente en agua destilada y luego se pipeteó una alícuota de 1 mL de la dilución en un tubo de ensayo junto con 1 mL de la solución de DNS; la mezcla se homogeneizó en un mezclador de vértice y se sometió a un baño de agua hirviendo durante 5 min. Transcurrido el tiempo de reacción, la mezcla se enfrió y se le añadió 8 mL de agua destilada. La absorbancia se leyó a 540 nm, usando un blanco con agua y DNS, en un espectrofotómetro. Los resultados se expresaron en g/L de hidromiel.



**Figura 16 — Fotografías de azúcares reductores (a) Acondicionamiento del espectrofotómetro (b) Análisis.**

**h) Acidez Volátil**

En un matraz se colocaron 10 mL de hidromiel y se sometió a una destilación, donde los primeros 5 mL de destilado fueron desechados y se recuperó el resto. A 2 mL de destilado se le adicionaron 5 gotas de fenolftaleína (1% en agua, p/v) y la muestra se tituló con NaOH (0.02 M), la acidez volátil (AV) se calculó de la siguiente manera:

$$AV = (0.366)(V) \dots \dots \dots ec(6)$$

Dónde: V= volumen gastado de NaOH (0.02 M); 0.366= g equivalentes de ácido acético neutralizados por mL de NaOH (0.02 M); la AV se expresó en gramos equivalentes de ácido acético por litro de vino (g /L).

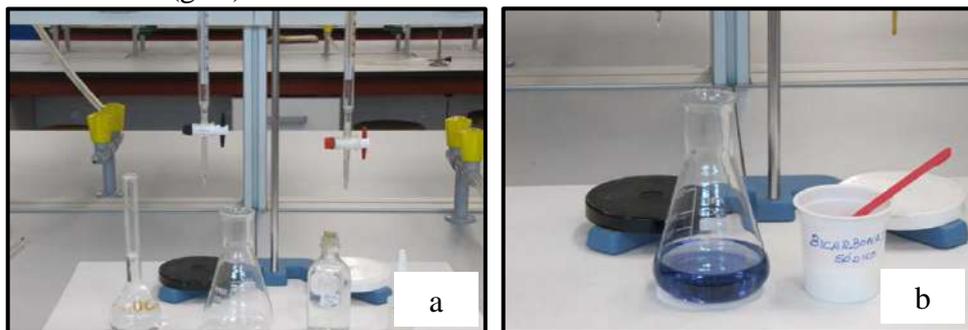




Figura 17 — Fotografías de acidez volátil (a) destilación del hidromiel (b) 5 gotas de fenolftaleína (c) volumen gastado de NaOH (0.02 M).

i) Cenizas

Se adoptó la metodología descrita por IAL (2008). Donde se pesaron 5mL de hidromiel en un crisol previamente incinerado a 105°C y se pesó. La muestra se evaporó lentamente en una placa caliente y luego se carbonizó. A continuación, se incineró el crisol que contenía la muestra carbonizada en una mufla a 550 °C por minutos. Después de la incineración, los crisoles se enfriaron en un desecador y luego se pesaron. Después del primer pesaje, los crisoles se devolvieron a la mufla durante 1 hora más, repitiendo los procedimientos de enfriamiento y pesaje hasta peso constante. El resultado de la ceniza se calculó usando la ecuación 7.

$$cenizas \left( \frac{g}{L} \right) = 50P \text{ g/L} \dots \dots \dots ec (7)$$

Dónde: P = peso en g de las cenizas contenidas en 5 mL de hidromiel.



Figura 18 — Fotografías de cenizas (a) 5g de hidromiel, (b) incineración a 550°C (c) enfriamiento a peso constante

## 2. Determinación de los parámetros cromáticos de las bebidas fermentadas

En este caso los parámetros se obtuvieron a partir de medidas directas de absorbancia de los vinos a longitudes de onda de 420y 520 nm. Las lecturas se realizaron en cubetas de vidrio óptico de 1 mm de paso, en un espectrofotómetro. A partir de ellas y tras multiplicar las lecturas por cinco (para obtener la absorbancia correspondiente a 1 cm de paso) se obtuvieron los siguientes parámetros relacionados con el color del vino.

### a) Intensidad colorante

La intensidad de colorante (IC) se obtuvo a partir de la suma de la absorbancia de las dos longitudes de onda.

$$IC = A_{420} + A_{520} \dots \dots \dots ec (8)$$

### b) Tonalidad

La tonalidad (T) fue el resultado del cociente entre la absorbancia relativa a color amarillo y la relacionada con el color rojo.

$$TON = \frac{A_{420}}{A_{520}} \dots \dots \dots ec (9)$$

### c) Color del vino

Se lee la absorbancia a 520nm de la muestra de hidromiel en cubeta de 1mm.

$$WC = A_{520} \dots \dots \dots ec(10)$$



Figura 19 — Fotografías características cromáticas (a) acondicionamiento del espectrofotómetro (b) centrifugado (c) medición a absorbancias de 420 y 520nm

## 3. Determinación de las características sensoriales de las bebidas fermentadas

Se aplicó un diseño factorial con la finalidad de distribuir los tratamientos a distintos catadores, de forma que se tenían 08 muestras de la bebida fermentada, las cuales fueron distribuidas en un número de 4 a cada catador, el número de catadores utilizados fue de 40 personas Los catadores fueron estudiantes y docentes de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Agroindustrial - UNAMBA, a los mismos que se les hizo evaluar, aroma, dulzor, acidez, color

y apreciación global, utilizando la ficha de cata (Anexo E). Posteriormente a la evaluación sensorial del hidromiel se seleccionó los seis mejores tratamientos, que nos proporcionó los datos necesarios para su tratamiento estadístico mediante la prueba de varianza y análisis de Tukey, para verificar el grado de preferencia del consumidor final.

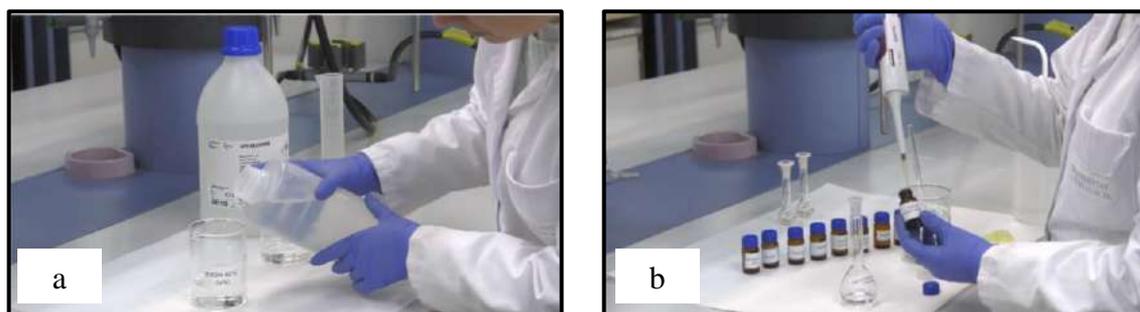
#### **Determinación de los parámetros cromatográficos de las bebidas fermentadas**

Los componentes volátiles se determinaron por cromatografía de gases, mediante la inyección directa de 0,3  $\mu$ l de la bebida fermentada. Para lo cual se empleó un cromatógrafo de gases con un detector de ionización de llama (FID), con las siguientes características columna semicapilar de 30 m de longitud por 0.53 mm y 1.0  $\mu$ m de diámetro. - Temperatura del horno: 2 rampas de temperatura:

Primera rampa de 40 a 41°C con un incremento de temperatura de 0.1 °C/min. Mantenimiento de la temperatura a 41°C durante 1 minuto.

Segunda rampa de 41 a 85 °C con un incremento de temperatura de 5°C. Mantenimiento de la temperatura a 85°C hasta el tiempo total del análisis de 26 minutos.

- Temperatura inyector: 260°C
- Temperatura del detector: 260 °C
- Flujo de He: 7.3 mL/min
- Flujos en el detector: 300 mL/min (aire) y 30 mL/min (H<sub>2</sub>)
- Inyección directa de 0.3  $\mu$ l de hidromiel con patrón interno
- Cuantificación: se empleó 4 metil-2-pentanol como patrón interno.



**Figura 20 — Fotografías parámetros cromatográficos (a) acondicionamiento de las muestras (b) inyección de compuestos volátiles.**

#### 4.5 Técnica e instrumentos

Para evaluar el efecto de los factores en estudio (Etapa I: Caracterización de las materias primas y para las Etapa II y III: Elaboración y evaluación de las bebidas fermentadas), sobre las medias de las variables de respuesta, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación múltiple de medias de Tukey. En ambos casos se emplearon el Software estadístico – Infostat versión libre. Para la evaluación sensorial, se realizaron pruebas de selección a 40 catadores no entrenados.

#### 4.6 Análisis estadístico

Para medir el efecto de las mieles de diferente procedencia, variedades de tuna y cepas de levadura sobre las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y cromatográficas de las bebidas fermentadas se utilizó un diseño experimental con arreglo factorial:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:  $y_{ijk}$  representa las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y compuestos volátiles de la bebida fermentada;  $\mu$  es la constante media de los resultados de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones;  $\alpha_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor mieles de diferente procedencia;  $\beta_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor variedades de tuna;  $\gamma_k$  es el efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor cepas de levadura;  $(\alpha\beta)_{ij}$ ,  $(\alpha\gamma)_{ik}$  y  $(\beta\gamma)_{jk}$  representan los efectos de las interacciones dobles, en los niveles  $ij$ ,  $ik$ , y  $jk$  respectivamente;  $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  es el efecto de interacción triple en la combinación  $ijk$  y  $\epsilon_{ijk}$  representa el efecto del error experimental.

Los datos fueron expresados como el promedio  $\pm$  desviación estándar (DE) de tres repeticiones ( $n=3$ ).

#### 4.7 Hipótesis estadísticas (nula y alterna)

- **Hipótesis Nula**

Las diferentes cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus*), mieles de diferente lugar de procedencia (Kerapata, Vilcabamba) y variedades de tuna (amarilla y púrpura), no afectan significativamente en las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles de la bebida fermentada.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_8$$



- **Hipótesis Alterna**

Las diferentes cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus*), mieles de diferente lugar de procedencia (Kerapata, Vilcabamba) y variedades de tuna (amarilla y púrpura), no afectan significativamente en las características fisicoquímicas, cromáticas, sensoriales y de compuestos volátiles de la bebida fermentada.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \dots \neq \mu_8$$

- **Nivel de significancia**

Esta investigación pretende alcanzar el 95% de confiabilidad, con un margen de error del 5%, es decir, un nivel de significancia:  $\alpha=0,05$ .

- **Región crítica**

1. Si  $\alpha > 0.05$ : entonces no existe el efecto de los factores en estudio sobre las medias de las variables de respuesta; entonces se acepta la hipótesis nula.
2. Si  $\alpha < 0.05$ : entonces sí existe el efecto de los factores en estudio sobre las medias de las variables de respuesta; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

## CAPÍTULO V

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 5.1 Análisis de resultados

## 5.1.1 Determinación del tipo de miel de abeja más adecuado

Para determinar el tipo de miel de abeja más adecuado en la obtención de la bebida fermentada, se realizó la caracterización fisicoquímica de las mieles de Kerapata y Vilcabamba antes de su uso en la fermentación alcohólica, los mismos que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14 — Parámetros fisicoquímicos de la miel de Kerapata y Vilcabamba.

Parámetro fisicoquímico	Miel de Kerapata	Miel de Vilcabamba	<i>Codex Alimentarius</i>
Humedad (%)	21.2 ± 0.01	22.8 ± 0.01	Max 23.0%
Sólidos solubles (°Brix)	79.2 ± 0.01	75.2 ± 0.01	--
Densidad (g/L)	1430 ± 0.04	1440 ± 0.04	--
Acidez (meq/Kg)	30.74 ± 0.01	30.52 ± 0.01	40.0
pH	3.81 ± 0.02	3.85 ± 0.03	--
Conductividad térmica (mS/cm)	0.325 ± 0.13	0.302 ± 0.20	--

El porcentaje de humedad para las dos mieles de diferente lugar de procedencia, se muestra en la Tabla 12, donde para las mieles de Kerapata y Vilcabamba fue de  $21.2 \pm 0.01\%$  y  $22.8 \pm 0.01\%$  respectivamente, observándose que los dos tipos de miel cumplieron con lo establecido por el *Codex Alimentarius* ya que en promedio tienen valores no mayores al 23% de contenido de humedad, sin embargo estos resultados se encuentran por encima de lo reportado por Bravo, J (2011) quien encontró valores para contenido medio de humedad de miel en promedio de  $17.53 \pm 0.081\%$ .

Se logró determinar contenido de sólidos totales presentes en las dos mieles, siendo el valor medio de  $79.2 \pm 0.01\%$  para la miel proveniente de Kerapata y de  $75.2 \pm 0.01\%$ , en el caso de la miel de Vilcabamba, donde estos valores están directamente relacionados con los porcentajes promedio para el contenido de humedad, la normativa nacional y el *Codex Alimentarius* no establecen valores de referencia para el contenido de sólidos totales de la miel.

Los valores para la densidad de las mieles de diferente procedencia guardan relación con los reportados por Paco & Montano, (2018) quienes encontraron valores cercanos a los reportados, donde para la miel proveniente de Cuautla donde se obtuvo como resultado valores en promedio de  $1.41466 \text{ g/cm}^3$ ; para la miel de Córdoba hallaron valores de  $1.39712 \text{ g/cm}^3$ ; y en la miel de Campeche los datos obtenidos fueron de  $1.37603 \text{ g/cm}^3$ , lo que está directamente relacionado al origen del néctar.

Otro atributo analizado fue la acidez titulable, los valores obtenidos para las mieles de los dos diferentes lugares de procedencia, estuvo dentro del rango establecido por el *Codex Alimentarius*  $40 \text{ meq/Kg}$ ) los mismos que se encuentran por encima de los reportados por Pérez, H & Chamorro, R (2009) quienes reportaron valores en un rango de  $11.9746$  a  $14.9313 \text{ meq/Kg}$ .

Los valores pH para las mieles de Kerapata oscilaron en un valor medio de  $3.81 \pm 0.02$ . Mientras que para las mieles de Vilcabamba se encontraron valores en promedio de  $3.85 \pm 0.03$ , estos valores para el atributo pH fueron muy similares a los reportados por otros autores, quienes encontraron valores medios de pH próximos a  $4.00$  para algunos tipos de miel como: sauce (*Salix sp.*), pipirigallo (*Onobrychis viciifolia.*), pamplina (*Hypericum sp.*), crucífera (*Brassica sp.*), frutal (*Prunus sp.*), viborera (*Echium sp.*), arveja (*Vicia sativa L.*), (Pérez-Arquillué et al., 1995).

Finalmente, los valores para la Conductividad eléctrica obtenidos en las mieles de Kerapata oscilaron entre  $0.325 \pm 0.13 \text{ mS/cm}$  y en las de Vilcabamba entre  $0.320 \pm 0.20 \text{ mS/cm}$ . Estos resultados mostraron que si existieron diferencias significativas entre ambos tipos de miel en relación a este parámetro. Estos valores nos indican que se trata de mieles florales, ya que el *Codex Alimentarius*, establece que las mieles florales deben tener un valor máximo de  $0.80 \text{ mS/cm}$  (B.O.E., 2003).



### 5.1.2 Determinación de la mejor variedad de tuna (*Opuntia ficus indica*)

La Tabla 15 se muestra los resultados de las características fisicoquímicas de las dos variedades de tuna obtenidos en el presente estudio. Además, se muestra los datos de otros investigadores a efectos de realizar una comparación de resultados.

**Tabla 15 — Parámetros fisicoquímicos de la tuna amarilla y púrpura**

Análisis	Tuna Amarilla	Tuna púrpura	NTE INEN 1978: 2009		
			Calibre grande	Calibre mediano	Calibre pequeño
Peso (g)	120.43± 0.12	98.70± 0.14	>100.0	50.0-100.0	<50.0
Diámetro (mm)	47.4± 0.01	45.0± 0.01	>56.0	46.0-56.0	<46.0
Longitud (mm)	86.8± 0.032	60.0± 0.18	>75.0	65.0-75.0	<65.0
Sólidos solubles (°Brix)	14.60± 0.01	13.20± 0.02	Min 10	Min 10.00	Min 10.00
pH	5.97± 0.01	6.67± 0.01	--	--	--
Acidez (meq/L)	0.046± 0.02	0.082± 0.02	Max 1.08	Max 1.08	Max 1.08
Índice de madurez	317.39± 0.2	160.97± 0.3	--	--	--

Nótese en la Tabla 20, que para las características físicas el peso, diámetro y longitud para la variedad amarilla de tuna se encuentra ligeramente por encima del rango establecido por la Norma NTE INEN 1978: 2009 por lo que se podría establecer que pertenece al calibre grande, mientras que los resultados para la tuna púrpura corresponderían a un calibre mediano.

El contenido de sólidos solubles, para las dos variedades de tuna se encuentra por encima de los rangos mencionados por la Norma NTE INEN 1978: 2009, que establece un valor mínimo de 10.00°Brix, así como lo mencionado por Mostacero, B (2018) quien encontró valores de  $12.87 \pm 0.01$  para la variedad amarilla y Coavoy (2015) quien reportó valores en promedio de  $11.67 \pm 0.47$  para la variedad púrpura.

En lo que corresponde a la acidez para las dos variedades de tuna se encuentran dentro del rango establecido en la presente norma, que establece un valor máximo de 1.08meq/L de ácido cítrico, los mismos que guardan relación con los reportados por Rodríguez, S., & Sara, C. (1998), quienes reportaron valores de acidez que pueden variar en un rango de 0.086 a 0.095meq/L.

### 5.1.3 Caracterización Fisicoquímica de la bebida fermentada.

#### 5.1.3.1 Sólidos solubles (°Brix)

Los resultados de los sólidos solubles finales de las bebidas fermentadas, se presentan en la Tabla 38 y figura 21. Donde los promedios variaron de 6.00 a 7.27 °Brix., con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre las bebidas fermentadas con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*.

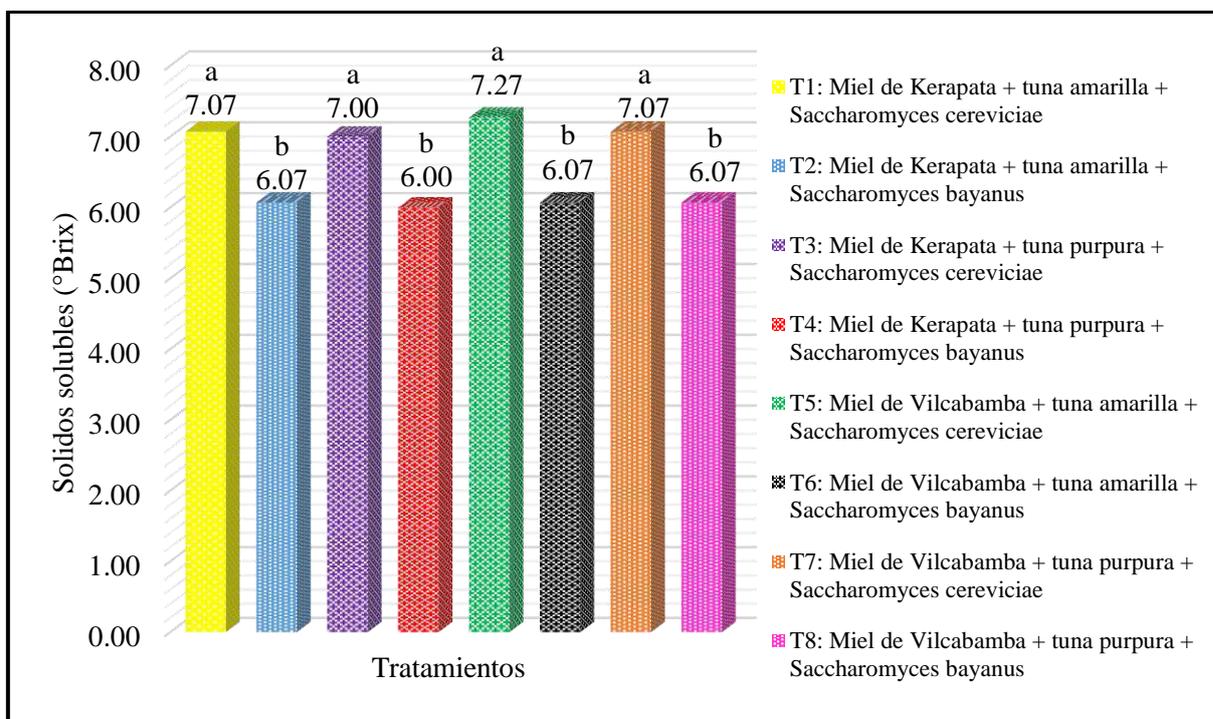


Figura 21— Sólidos solubles de la bebida fermentada, al final del proceso de fermentación

Los resultados del contenido de sólidos solubles se analizaron mediante el análisis de varianza, donde se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.00001$ ) para la variable cepas de levadura, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16 — Análisis de varianza para la variable °Brix de las bebidas fermentadas

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.0581	0.0581	0.00001	0.6885	0.2384	0.2384	0.2384



Para conocer la relación entre el contenido de sólidos solubles y los factores en estudio se realizó la prueba de comparación de medias Tukey. Al inicio de la etapa de fermentación el contenido de °Brix fue alto e igual para todos los tratamientos, sin embargo, esta variable fue variando en el tiempo (ver figura 43).

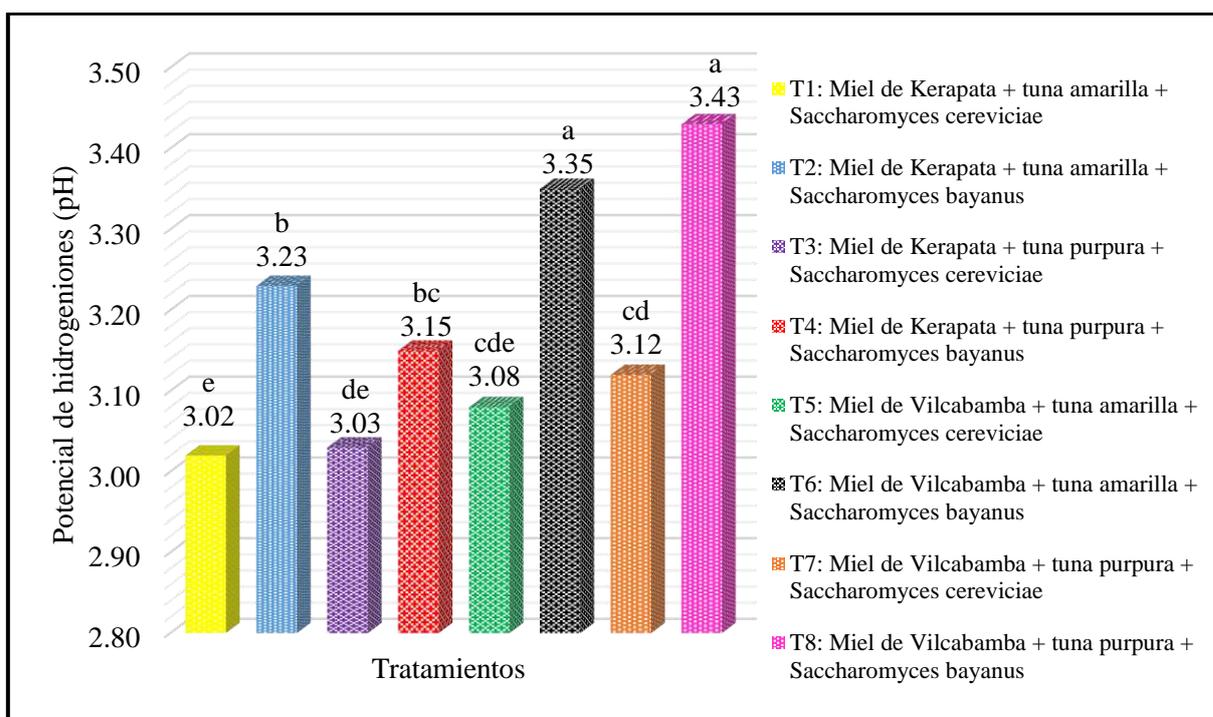
Los promedios más altos para el contenido de sólidos solubles fueron para los tratamientos con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae*, con un contenido en promedio de  $7.10 \pm 0.02$  °Brix, que superó estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) a los tratamientos con levadura *Saccharomyces bayanus* que presentaron valores en promedio de  $6.05 \pm 0.01$  °Brix.

En definitiva, se observa que para la triple interacción el tratamiento T4, sobre el que se aplicó levadura vínica *Saccharomyces bayanus* a los 14 días de iniciada la fermentación el menor contenido de sólidos solubles (°Brix) con una media de  $6.00 \pm 0.00$ , siendo este considerado el mejor tratamiento.

### 5.1.3.2 Potencial de hidrogeniones (pH)

En la Tabla 39 y Figura 22, se muestran los resultados del pH final de las bebidas fermentadas, donde los promedios variaron de 3.02 a 3.43, con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).





**Figura 22 — pH al final de la fermentación de la bebida fermentada, al final del proceso de fermentación**

Los resultados del pH se analizaron mediante el análisis de varianza, donde para el factor individual mieles de diferente procedencia ( $p \leq 0.00001$ ); factor cepa de levaduras ( $p \leq 0.00001$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia\*variedades de tuna ( $p \leq 0.0035$ ); mieles de diferente procedencia \*cepas de levadura ( $p \leq 0.0003$ ) y la triple interacción mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p \leq 0.0426$ ) (ver Tabla 17).

**Tabla 17— Análisis de varianza para la variable pH de las bebidas fermentadas**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.00001	0.2869	0.00001	0.0035	0.0003	0.4042	0.0426

Para conocer la relación entre el pH y las variables en estudio se realizó la prueba de comparación de medias Tukey. Al inicio de la etapa de fermentación el contenido de pH de los tratamientos eran bajos e iguales

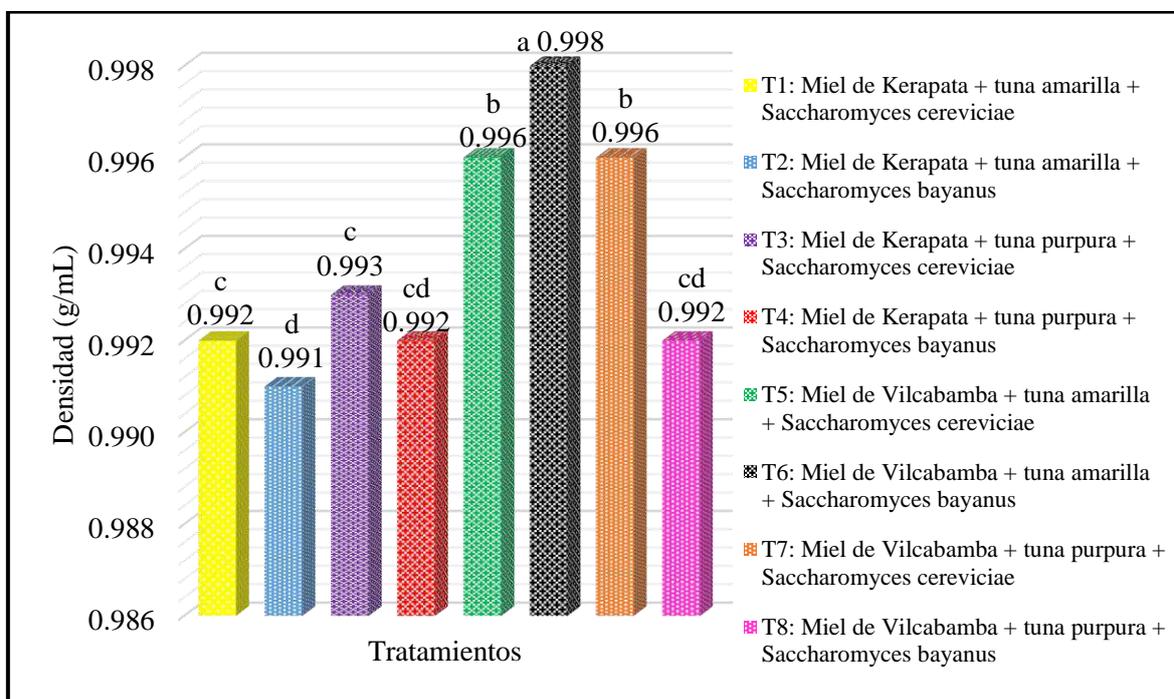


para todos los tratamientos, sin embargo, esta variable fue variando en el tiempo (ver figura 44).

Donde para la triple interacción, el tratamiento T8 presentó un mayor contenido de pH a los 14 días de iniciada la fermentación teniendo una media de 3.43, a este le sigue el tratamiento T6 donde se aplicó la misma levadura teniendo una media de pH de 3.35 siendo estos considerados los mejores tratamientos.

### 5.1.3.3 Densidad

En la Tabla 40 y Figura 23, se muestran los resultados de la densidad final de las bebidas fermentadas, donde los promedios variaron de 0.991 a 0.998g/mL con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 23 — Densidad al final de la fermentación de la bebida fermentada**

Los cuales se analizaron mediante el análisis estadístico de varianza, donde se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, para las pruebas de hipótesis alternas, los factores analizados fueron, el factor individual mieles de diferente procedencia ( $p \leq 0.00001$ ); variedad de tuna ( $p \leq 0.0001$ ); cepas de levaduras ( $p \leq 0.001$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna ( $p \leq 0.00001$ ) y variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p \leq 0.00001$ ) y para la triple interacción mieles de

diferente procedencia\*variedades de tuna\*cepas de levadura ( $p \leq 0.00001$ ) los cuales se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18 — Análisis de varianza para la variable densidad de las bebidas fermentadas al final de la fase de fermentación.**

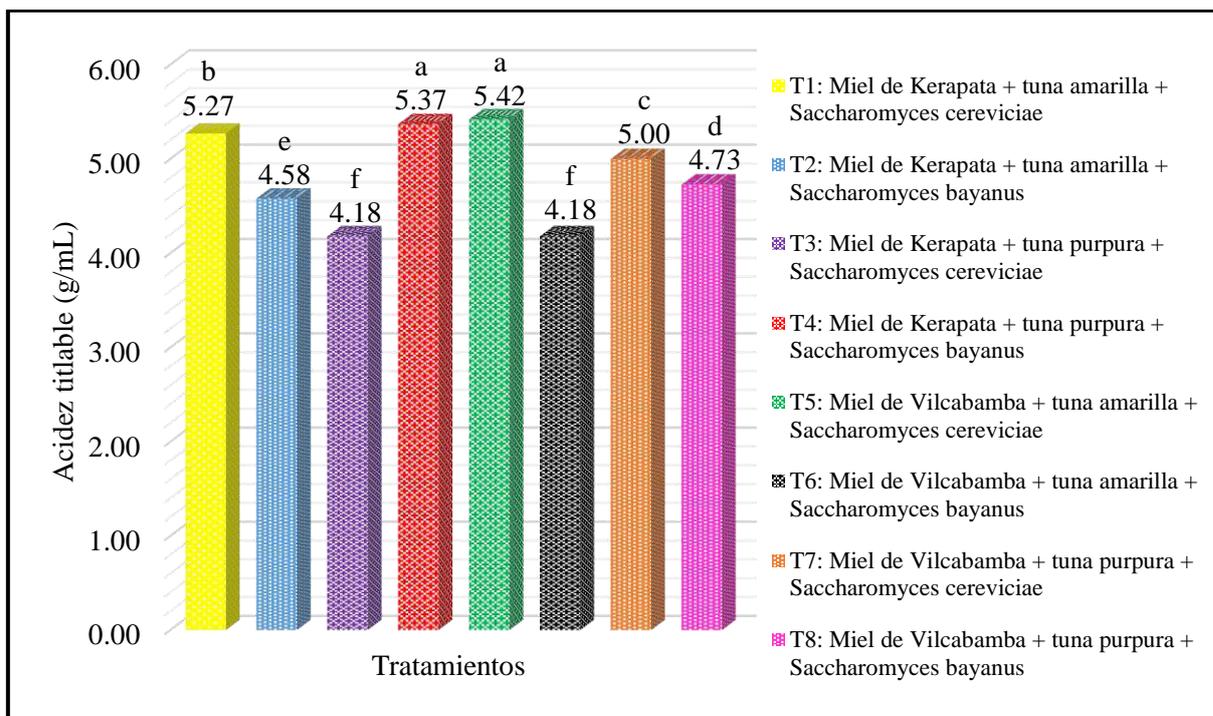
<b>Fuentes de Variación</b>	<i>A</i> <i>Mieles de diferente procedencia</i>	<i>B</i> <i>Variedades de tuna</i>	<i>C</i> <i>Cepas de levadura</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
<b>Valor -P</b>	0.00001	0.0001	0.001	0.00001	0.3322	0.00001	0.00001

Para conocer la relación entre la densidad y las variables en estudio se realizó la prueba de comparación de medias Tukey. Donde al inicio de la etapa de fermentación el contenido de densidad de los tratamientos era altos para todos los tratamientos, sin embargo, esta variable fue variando en el tiempo (ver figura 45).

Donde para la triple interacción, a los 14 días de iniciada la fermentación, el tratamiento que presentó una menor densidad fue el T2 con una media de 0.991g/mL, a estos le siguen los tratamientos T1, T4 y T8 teniendo una media de densidad igual a 0.992g/mL.

#### 5.1.3.4 Acidez titulable

En la Tabla 41 y titlable Figura 24, se muestran los resultados de la acidez titulable final de las bebidas fermentadas, donde los promedios variaron de 4.18 a 5.42g/mL con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 24 — Acidez titulable al final de la fermentación de la bebida fermentada**

Los cuales se analizaron mediante el análisis estadístico de varianza, donde se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, para las pruebas de hipótesis alternas, factor individual mieles de diferente procedencia ( $p < 0.2234$ ), variedad de tuna ( $p = 0.0048$ ) y el factor cepa de levaduras ( $p = 0.001$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna ( $p = 0.001$ ); mieles de diferente procedencia \* cepas de levadura ( $p = 0.001$ ); variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p = 0.001$ ) y así mismo para la triple interacción mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p < 0.00001$ ) los cuales se muestran en la Tabla 19).

**Tabla 19—Análisis de varianza para la variable acidez titulable de las bebidas fermentadas al final de la fase de fermentación**

Fuentes de Variación	A Mieles de diferente procedencia	B Variedades de tuna	C Cepas de levadura	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.2234	0.0048	0.001	0.001	0.001	0.001	0.00001

Para conocer la relación entre la acidez titulable y las variables en estudio se realizó la prueba de comparación de medias Tukey. Donde al inicio de la etapa de fermentación el contenido de acidez titulable de los tratamientos eran



bajos e iguales para todos los tratamientos, sin embargo, esta variable fue variando en el tiempo (ver figura 46).

Encontrándose que, para la triple interacción, a los 14 días de iniciada la fermentación, los tratamientos que presentaron menor acidez, fueron los tratamientos T3 y T6 con una media de 4.18g/L siendo considerados estos los mejores tratamientos.

### 5.1.3.5 Grado alcohólico

En las Tablas 54 al 61 y Figura 25, se muestran los resultados del contenido de grados alcohólicos de las bebidas fermentadas al final del proceso de fermentación (336 Horas), donde los promedios variaron de 12.78 a 15.52g/L con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

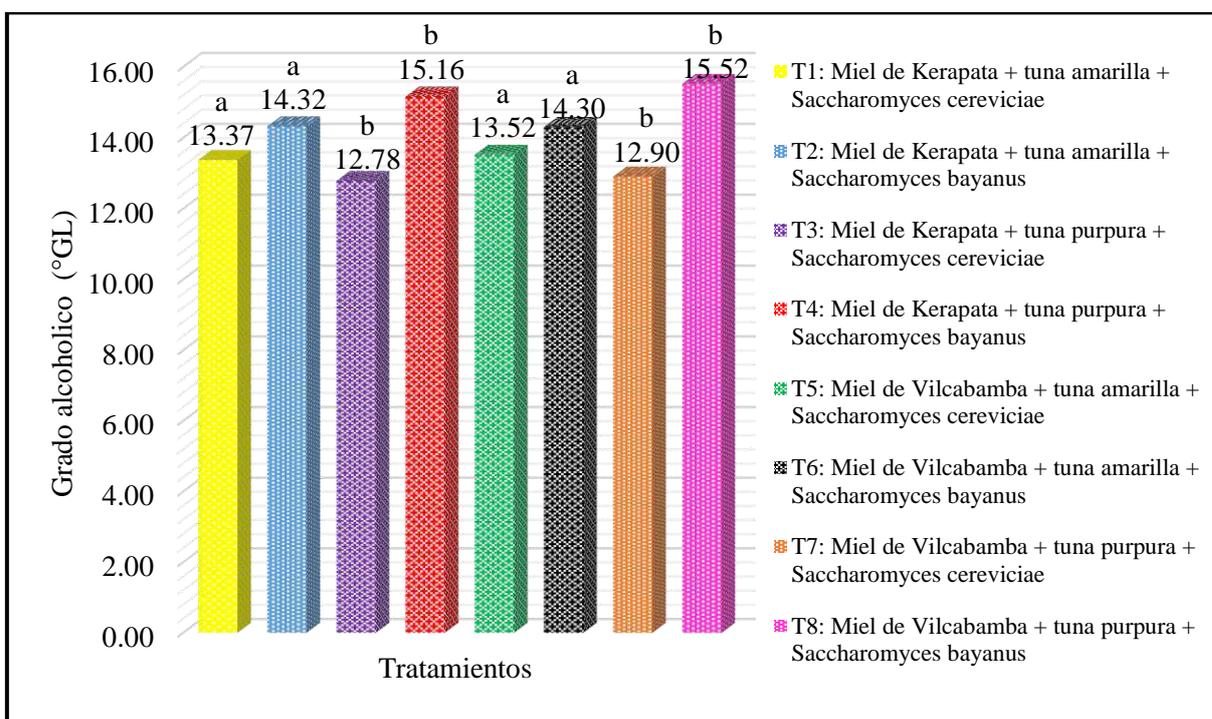


Figura 25 — Grado alcohólico al final de la fermentación de la bebida fermentada

Estos resultados fueron analizados mediante el análisis estadístico de varianza encontrándose que para la prueba de hipótesis alterna se determinó un efecto significativo para el factor individual, cepas de levadura utilizada ( $p \leq 0.00001$ ), sobre los grados alcohólicos en las bebidas fermentadas (ver Tabla 20).



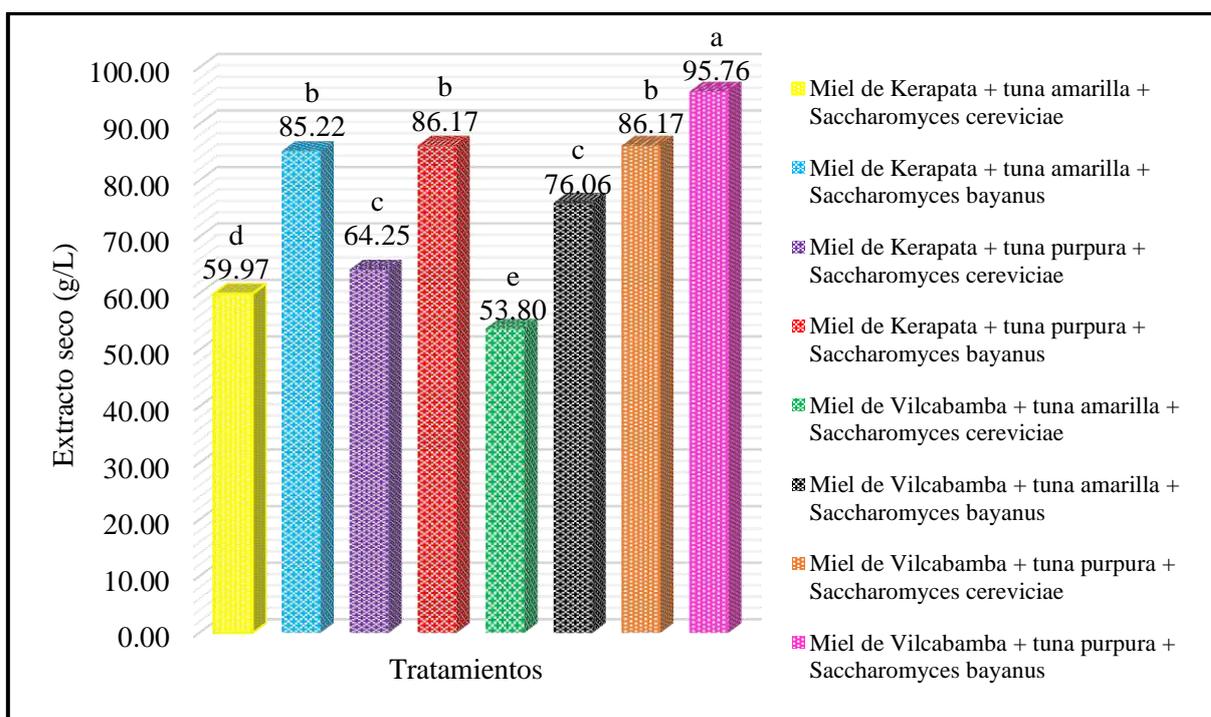
**Tabla 20 — Análisis de varianza para la variable Grados Alcohólicos de las bebidas fermentadas al final de la fase de fermentación**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.7908	0.0327	0.0001	0.7109	0.9294	0.0612	0.0963

Para conocer la relación entre el contenido alcohólico y los factores en estudio se realizó una prueba de comparación de medias Tukey, donde se observó que los tratamientos que utilizaron levadura vínica *Saccharomyces bayanus* presentaron un mayor contenido alcohólico 14.85g/L en promedio, con respecto a los tratamientos que fueron elaborados con *Saccharomyces cerevisiae*. En definitiva, se observa que el tratamiento T8, presentó a los 14 días de iniciada la fermentación el mayor contenido de Grados alcohólicos con una media de 15.52g/L, siendo este el mejor tratamiento.

### 5.1.3.6 Extracto seco

En las Tablas 54 al 61 y Figura 26, se presentan los valores del extracto seco, de las bebidas fermentadas, al final del proceso de fermentación donde los promedios variaron de 53.8 a 95.76g/L con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 26 — Extracto Seco al final de la fermentación de la bebida fermentada**



Al realizar el análisis de varianza de los promedios del extracto seco de los tratamientos, se concluye que si existe diferencia altamente significativa a un nivel de confianza del 95 % (Tabla 19) y que se encuentran dentro de los rangos establecidos para vinos de frutas, según la Norma Técnica Peruana 212.014-2011, que reporta un límite mínimo de 21g/L.

Los factores analizados para las pruebas de hipótesis alternas fueron, el factor individual mieles de diferente procedencia ( $p \leq 0.00000001$ ), variedad de tuna ( $p \leq 0.00000001$ ) y el factor cepa de levaduras ( $p \leq 0.00000001$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna ( $p \leq 0.00000001$ ); mieles de diferente procedencia \* cepas de levadura ( $p \leq 0.00000001$ ); variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p \leq 0.00000001$ ) y así mismo para la triple interacción mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p = 0.00000001$ ) los cuales se muestran en la Tabla 21.

**Tabla 21— Análisis de varianza para la variable Extracto Seco de las bebidas fermentadas al final de la fase de fermentación**

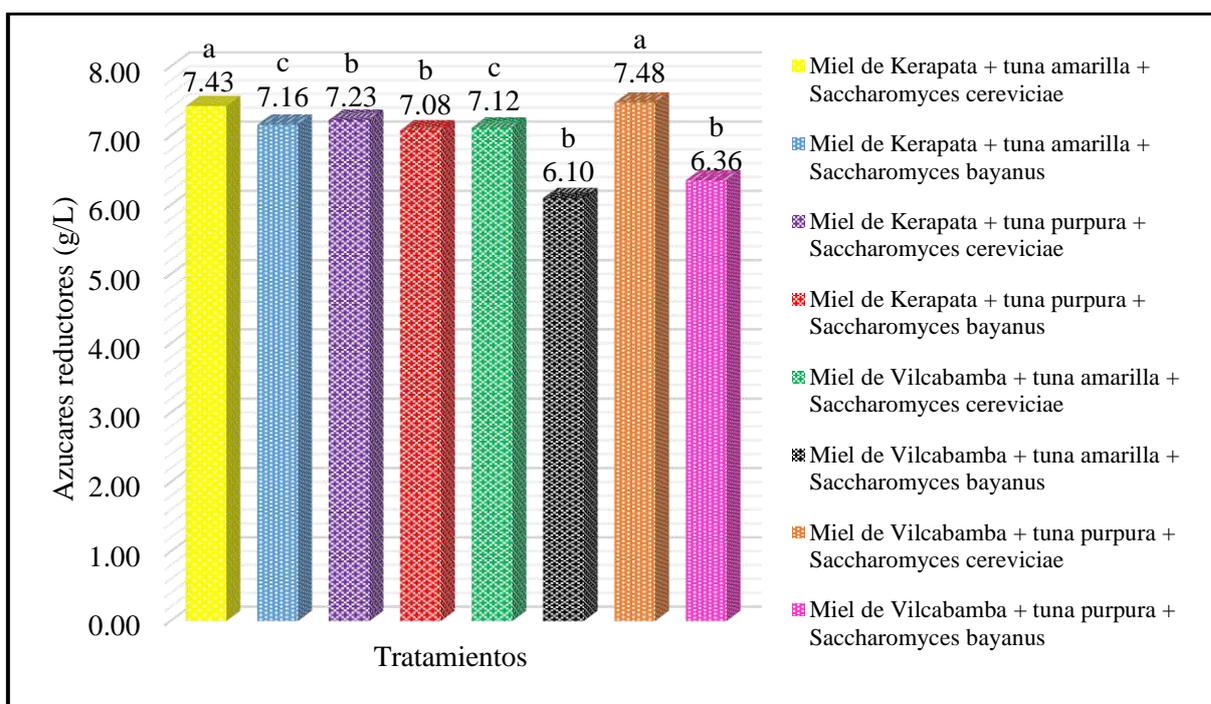
<b>Fuentes de Variación</b>	<i>A</i> <i>Mieles de diferente procedencia</i>	<i>B</i> <i>Variedades de tuna</i>	<i>C</i> <i>Cepas de levadura</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
<b>Valor -P</b>	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00000001

Mediante la prueba de comparación Tukey se determinó que el tratamiento T5, presentó el menor extracto seco con 53.80 g/L a diferencia del tratamiento T8 que presentó el promedio más alto con un contenido de extracto seco de 95.76 g/L.

### 5.1.3.7 Azúcares Reductores

En las Tablas 54 al 61 y Figura 27, se presentan los valores para el contenido de azúcares reductores, de las bebidas fermentadas, al final del proceso de fermentación donde los promedios variaron de 6.19 a 7.48g/L con diferencias estadísticas significativas ( $\rho < 0.05$ ).





**Figura 27 — Azúcares reductores al final de la maduración de la bebida fermentada**

Al realizar el análisis de varianza de las bebidas fermentadas con un nivel de significancia de 0.05, se determinó que si existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, observándose que las hidromieles hechas con miel de abeja de Kerapata no diferían estadísticamente entre sí, sin embargo, las producidas con miel de Vilcabamba, difieren significativamente entre sí. Los factores analizados para las pruebas de hipótesis alternas fueron, el factor individual mieles de diferente procedencia ( $p \leq 0.0000001$ ), variedad de tuna ( $p = 0.035$ ) y el factor cepa de levaduras ( $p \leq 0.00000001$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia\*variedades de tuna ( $p = 0.0000392$ ) y mieles de diferente procedencia\*cepas de levadura ( $p = 0.0000002$ ) los cuales se muestran en la (Tabla 22).

**Tabla 22 — Análisis de varianza para la variable Azúcares reductores de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.0000001	0.0345274	0.00000001	0.0000392	0.0000002	0.5128405	0.0140080

Mediante la prueba de medias Tukey se determinó que los tratamientos T5 y T6 presentaron los menores contenidos en azúcares reductores.

### 5.1.3.8 Acidez volátil

En las Tablas 54 al 61 y figura 28 se reportan los resultados del análisis de acidez volátil de las bebidas fermentadas al final del proceso de maduración, donde los promedios variaron de 0.243 a 0.657g/L con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

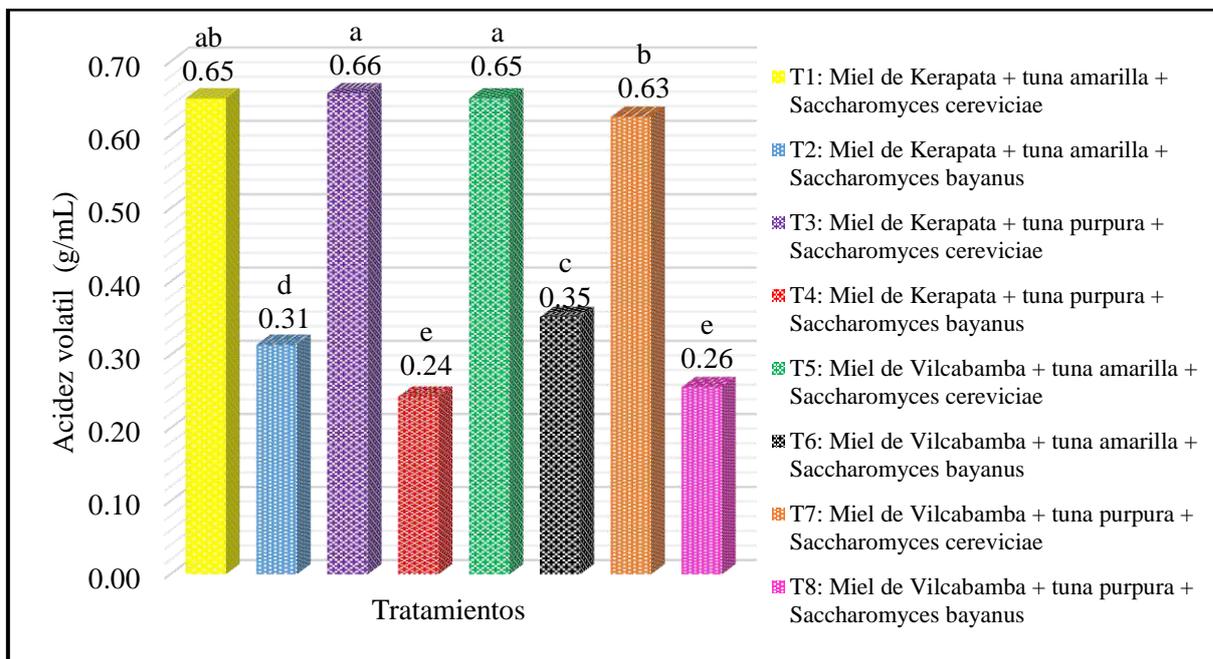


Figura 28 — Acidez volátil al final de la maduración de la bebida fermentada

Al realizar el análisis de varianza de los tratamientos, se observó que, si existió diferencias significativas entre sí y estando de acuerdo al estándar requerido por la NTP 212,031.

Donde los factores analizados para las pruebas de hipótesis alternas fueron, el factor individual variedad de tuna ( $p=0.0000004$ ); el factor cepa de levaduras ( $p \leq 0.00000001$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna ( $p=0.00008685$ ); mieles de diferente procedencia \* cepas de levadura ( $p=0.00001708$ ) y así mismo variedades de tuna y cepas de levadura ( $p=0.0000012$ ) los cuales se muestran en la Tabla 23).



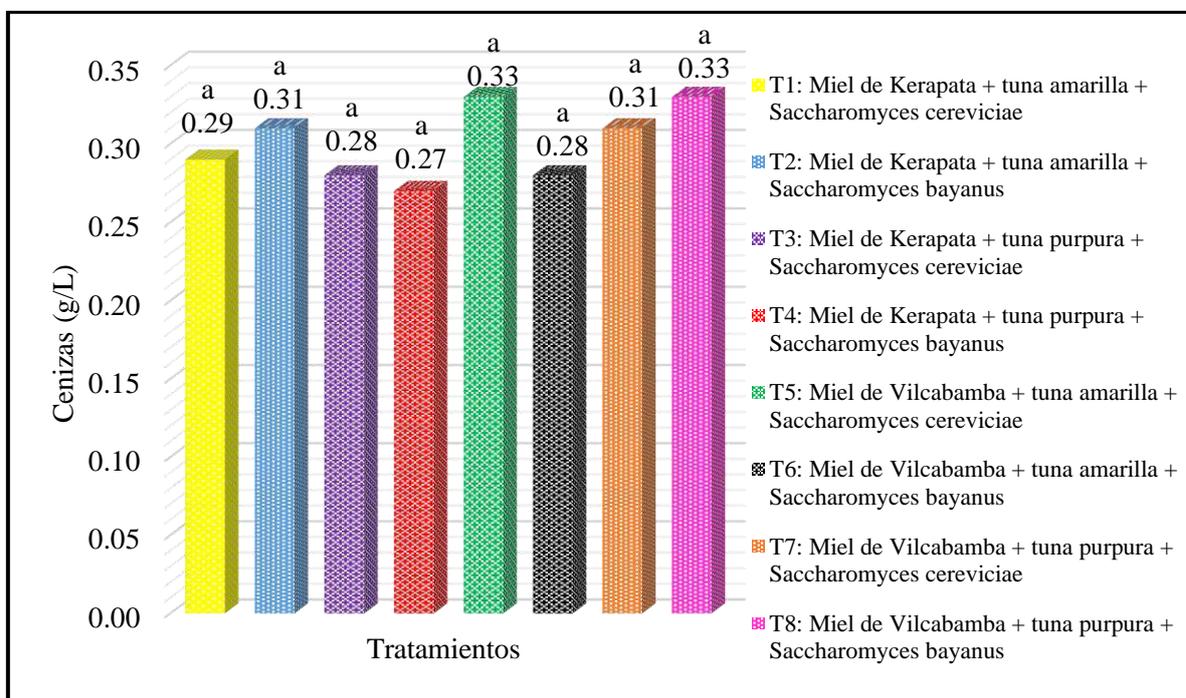
**Tabla 23 — Análisis de varianza para la variable Acidez Volátil de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.0675692	0.0000004	0.00000001	0.0008685	0.0001708	0.0000012	0.3401820

Mediante la prueba de medias Tukey se determinó que los mejores tratamientos fueron los T4 y T8 que presentaron los menores contenidos de acidez volátil.

### 5.1.3.9 Cenizas

En la figura 29 y en los anexos, Tablas 54 al 61 se exponen los resultados del análisis de cenizas de las bebidas fermentadas al final del proceso de maduración, donde los promedios variaron de 0.28 a 0.33g/L apreciándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.



**Figura 29 — Cenizas al final de la fermentación de la bebida fermentada**

Mediante el análisis estadístico de varianza se determinó que ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas aceptando por ende la hipótesis nula donde podemos concluir que  $T1 = T2 = T3 = T4 = T5 = T6 = T7 = T8$  y estando dentro del rango establecido en la NTP 212.008, para



vinos de frutas establece que los requisitos para cenizas deben presentar un valor mínimo de 1.0 g/L.

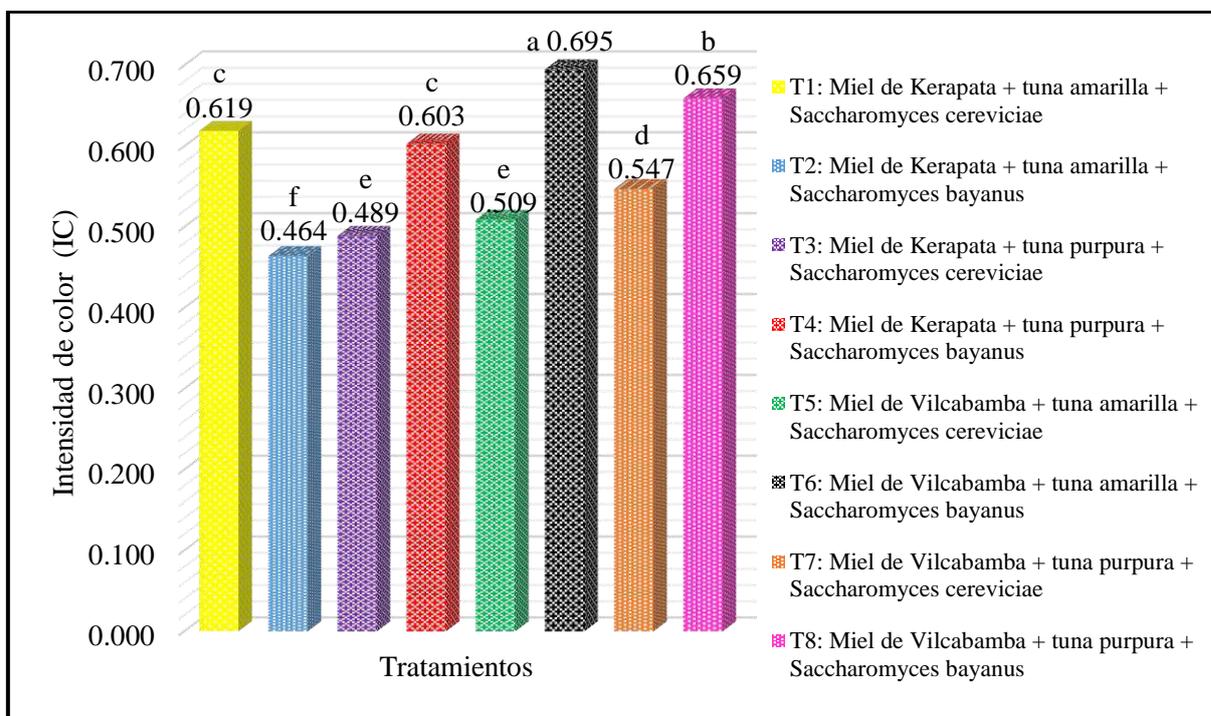
**Tabla 24 — Análisis de varianza para la variable Cenizas de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.0655877	0.6810572	0.4185673	0.0655877	1.0000000	0.4185673	0.1264749

### 5.1.4 Características Cromáticas de las bebidas fermentadas

#### 5.1.4.1 Intensidad de Colorante.

En la figura 30 y anexo Tabla 43, se reportan los valores obtenidos de intensidad de colorante para cada tratamiento, al final del proceso de fermentación, donde los promedios variaron de 0.464 a 0.695 a con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 30 — Intensidad de Color de la bebida fermentada**

En la Tabla 25, se muestra los resultados del análisis de varianza efectuado sobre los valores de Intensidad Colorante al finalizar la fermentación, determinando que si existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, donde los factores analizados para las pruebas de hipótesis



alternas fueron, el factor individual mieles de diferente procedencia ( $p \leq 0.00000001$ ); factor cepa de levaduras ( $p \leq 0.00000001$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* cepas de levadura ( $p \leq 0.00000001$ ); variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p \leq 0.00000001$ ) y la triple interacción mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p \leq 0.00000001$ ).

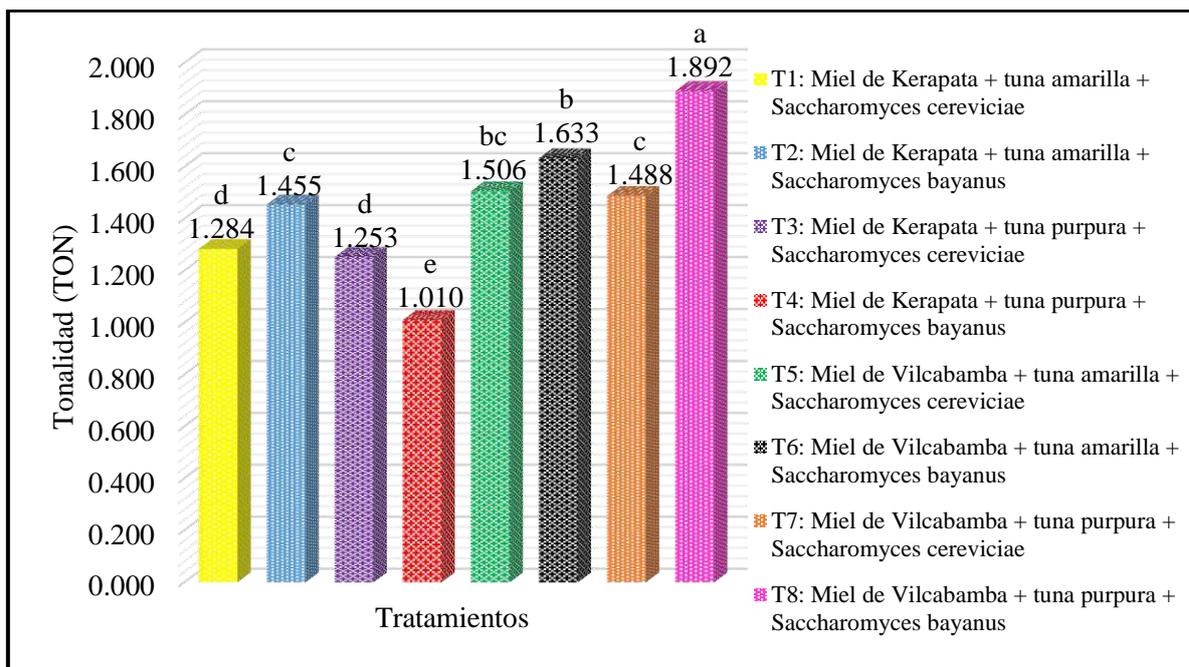
**Tabla 25 — Análisis de varianza para la variable Intensidad de color (IC) de las bebidas fermentadas, al final de la fase de fermentación**

<b>Fuentes de Variación</b>	<i>A</i> <i>Mieles de diferente procedencia</i>	<i>B</i> <i>Variedades de tuna</i>	<i>C</i> <i>Cepas de levadura</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
<b>Valor -P</b>	0.0000000	0.3704177	0.0000000	0.6702961	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Para conocer la relación entre la variable intensidad de color y las variables en estudio se realizó la prueba de comparación de medias Tukey. Donde se observó que al inicio de la etapa de fermentación las intensidades de color fueron altas debido a la trituración que sufrió la fruta durante la obtención del mosto, lo que permitió que este se enriquezca de pigmentos contenidos en la tuna (Betacianina y Betaxantina) ver figura 47. Finalmente se determinó que el tratamiento T6 presentó los valores más altos de Intensidad de Color al final del proceso de fermentación con una media de 0.695 considerado el mejor tratamiento.

#### 5.1.4.2 Tonalidad (TON)

En la figura 31 y anexo Tabla 44, se reportan los valores obtenidos para la variable Tonalidad para cada tratamiento, al final del proceso de fermentación, donde los promedios variaron de 1.010 a 1.892 a con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 31 — Tonalidad de la bebida fermentada**

En la Tabla 26, se reportan los resultados del análisis de varianza efectuado sobre los valores de tonalidad al finalizar la fermentación, observándose que los factores analizados para las pruebas de hipótesis alternas fueron, el factor individual mieles de diferente procedencia ( $p \leq 0.00000001$ ); variedades de tuna ( $p = 0.00986$ ); cepa de levaduras ( $p = 0.0000303$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* cepa de levadura ( $p = 0.0000012$ ) y la triple interacción mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p = 0.0000002$ ).

**Tabla 26 — Análisis de varianza de los resultados de la Tonalidad de las bebidas fermentadas, al final del proceso de fermentación**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.0000000	0.0098629	0.0000303	0.0000001	0.0000012	0.0767655	0.0000002

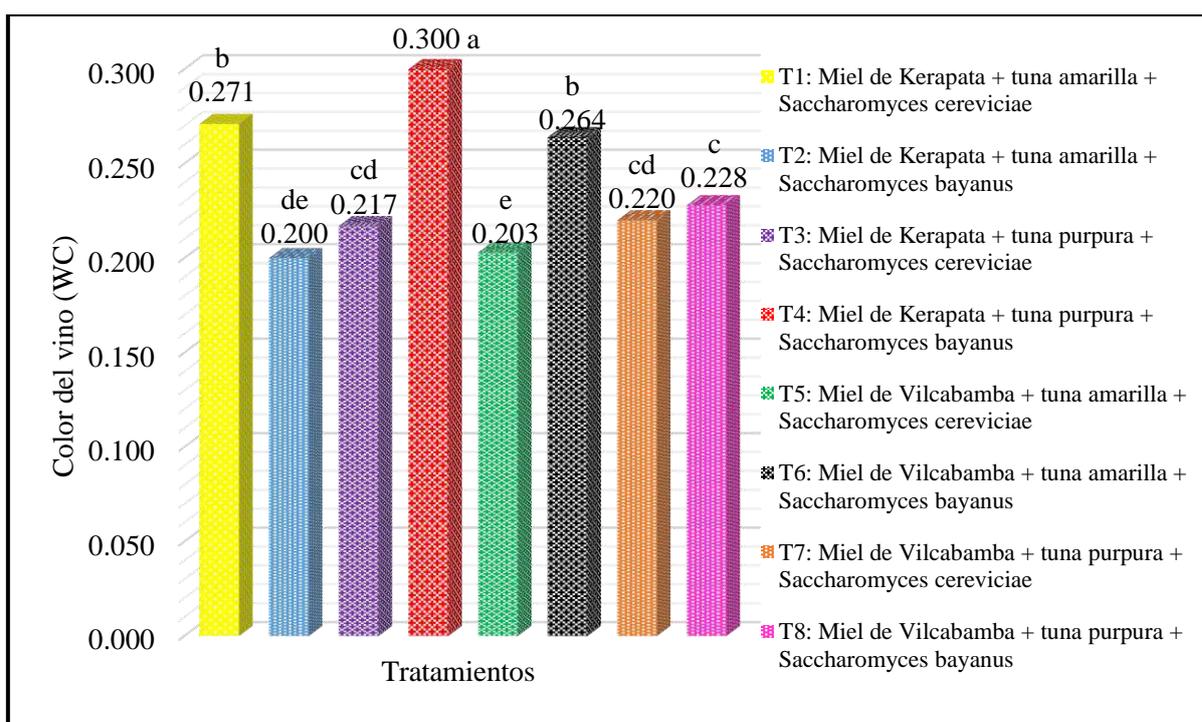
Para conocer la relación entre la variable tonalidad y las variables en estudio se realizó la prueba de comparación de medias Tukey. Donde se observó, que los mostos de tuna púrpura mantienen una tonalidad intensa durante la etapa de fermentación debido a que estos contienen una gran cantidad de pigmentos, sin esto cambia cuando se inicia la etapa de maduración, debido a que hay una oxidación de pigmentos ver figura 48.



Finalmente se determinó que el tratamiento T8 presento los valores más altos para la variable tonalidad con una media de 1.892 siendo considerado el mejor tratamiento.

### 5.1.4.3 Color del vino (WC)

En la figura 32 y anexo Tabla 45, se reportan los valores obtenidos para el atributo color del vino (WC), al final del proceso de fermentación, donde los promedios variaron de 0.200 a 0.300 con diferencias estadísticas significativas ( $\rho < 0.05$ ).



**Figura 32 — Color del hidromiel de la bebida fermentada**

En la Tabla 27, se reportan los resultados del análisis de varianza efectuado sobre los valores para el atributo color del vino, observándose que los factores analizados para las pruebas de hipótesis alternas fueron, el factor individual mieles de diferente procedencia ( $p=0.0000699$ ); variedades de tuna ( $p=0.0048124$ ); cepa de levaduras ( $p=0.0000145$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* variedad de tuna ( $p=0.0000055$ ); mieles de diferente procedencia \* cepa de levadura ( $p=0.0000180$ ); variedades de tuna\* cepa de levadura ( $p\leq 0.00000001$ ) y la triple interacción mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna \* cepas de levadura ( $p\leq 0.00000001$ ).



**Tabla 27 — Análisis de varianza de los resultados de color del vino de las bebidas fermentadas, al final del proceso de fermentación**

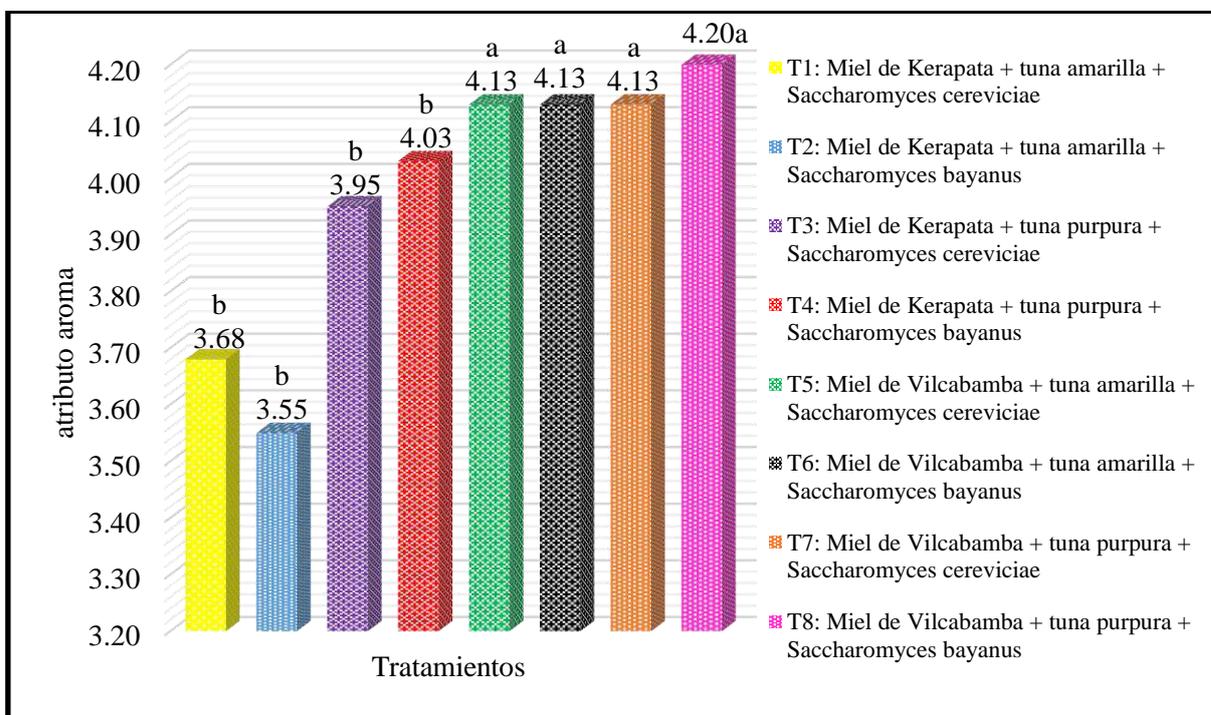
Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.0000699	0.0048124	0.0000145	0.0000055	0.0000180	0.0000000	0.0000000

Mediante la prueba Tukey se determinó que el tratamiento T4 presentó el mayor color del vino con 0.30 a diferencia con los tratamientos T7 y T2 que presentaron los promedios más bajos con 0.20 y 0.19 respectivamente.

### 5.1.5 Características Sensoriales de las bebidas fermentadas

#### 5.1.5.1 Aroma

En los anexos Tablas 46 al 53 y Figura 33 se muestran los puntajes para el atributo aroma asignado por los jueces en la evaluación sensorial de las bebidas fermentadas donde los promedios variaron de 3.55 a 4.2 con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 33 — Puntaje asignado al atributo Aroma de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Los valores promedios obtenidos del puntaje asignado al atributo aroma en la evaluación sensorial realizada fueron sometidos al análisis de varianza, encontrándose diferencias estadísticas para el factor individual mieles de



diferentes lugares de procedencia ( $p=0.0013$ ), el cual se muestra en la Tabla 28.

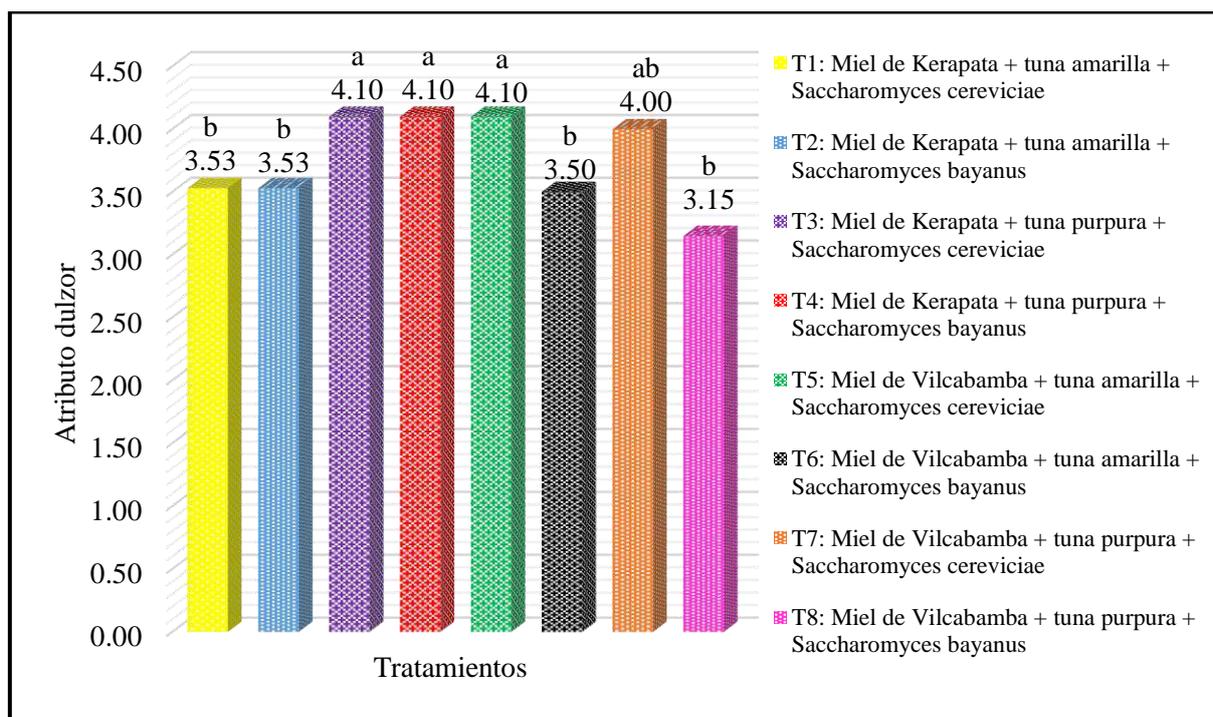
**Tabla 28 — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo aroma en bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.0013	0.0520	0.9529	0.1115	0.7678	0.51611	0.7678

Mediante la prueba de medias Tukey, se determinó que las bebidas fermentadas con miel de Vilcabamba, fueron los que presentaron mayor aceptabilidad por parte de los catadores al atributo aroma, observándose que el puntaje promedio más alto lo obtuvo el tratamiento T8 con un valor promedio de 4.2 y el más bajo tratamiento T2 con un valor promedio de 3.55.

### 5.1.5.2 Dulzor

En los anexos Tablas 46 al 53 y Figura 34 se muestran los puntajes al atributo dulzor asignado por los jueces en la evaluación sensorial de las bebidas fermentadas, los cuales variaron de 3.15 a 4.1 con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 34 — Puntaje asignado al atributo Dulzor de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Estos valores fueron sometidos al análisis de varianza, encontrándose que si existe diferencia significativa entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95 %. Donde los factores analizados para las pruebas de hipótesis alternas fueron, el factor individual cepas de levaduras ( $p=0.0012$ ) y las interacciones mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna ( $p=0.0004$ ) y mieles de diferente procedencia \* cepas de levadura ( $p=0.0012$ ), los cuales se muestran en la Tabla 29).

**Tabla 29 — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo dulzor en bebidas fermentadas**

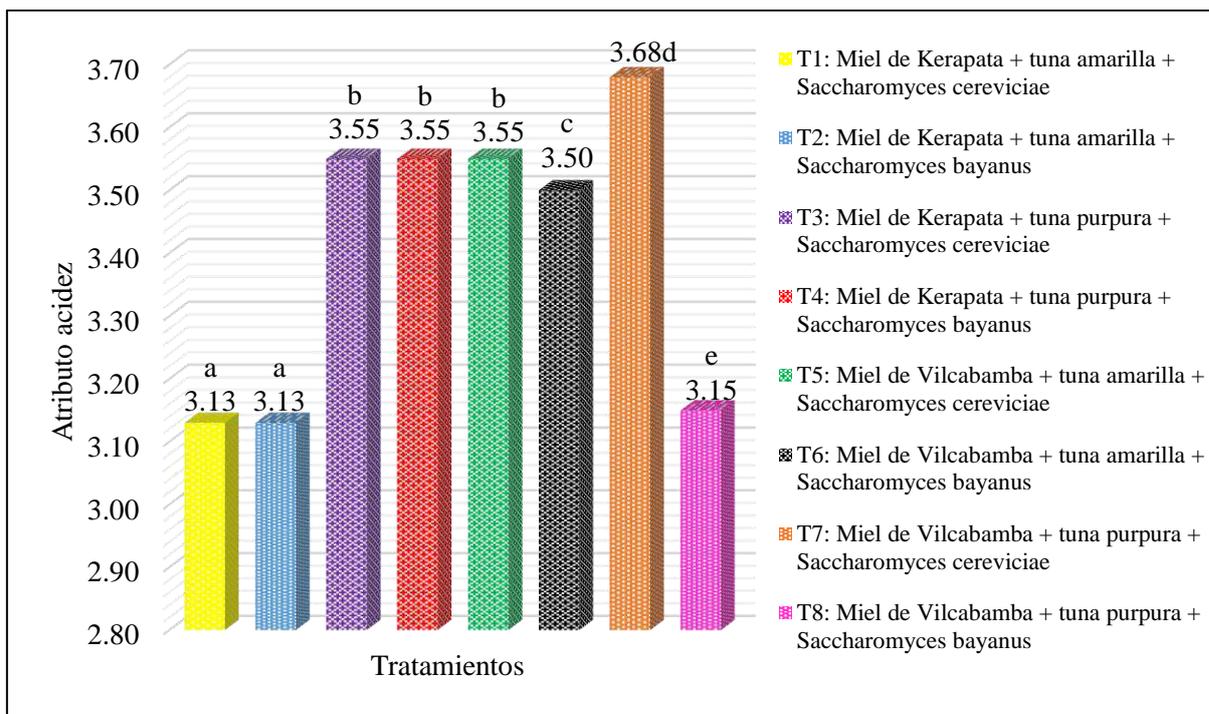
<b>Fuentes de Variación</b>	<i>A</i> <i>Mieles de diferente procedencia</i>	<i>B</i> <i>Variedades de tuna</i>	<i>C</i> <i>Cepas de levadura</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
<b>Valor -P</b>	0.2597	0.1149	0.0012	0.0004	0.0012	0.5727	0.5727

Mediante la prueba Tukey se determinó que los tratamientos T3, T4 y T5 presentaron los mayores puntajes con un valor promedio de 4.10, siendo estos los mejores tratamientos.

### 5.1.5.2 Acidez

En los anexos Tablas 46 al 53 y Figura 35 se muestran los puntajes al atributo acidez asignado por los jueces en la evaluación sensorial de las bebidas fermentadas, los cuales variaron de 3.15 a 4.1 con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).





**Figura 35 — Puntaje asignado al atributo Acidez de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Estos valores fueron sometidos al análisis de varianza, encontrándose que si existe diferencia significativa entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95 %.

El factor analizado para la prueba de hipótesis alterna, fue la interacción mieles de diferente procedencia \* variedades de tuna ( $p=0.01833$ ) el que se muestra en la Tabla 30).

**Tabla 30 — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo acidez en bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.2475	0.1688	0.2054	<b>0.0183</b>	0.2054	0.2953	0.2953

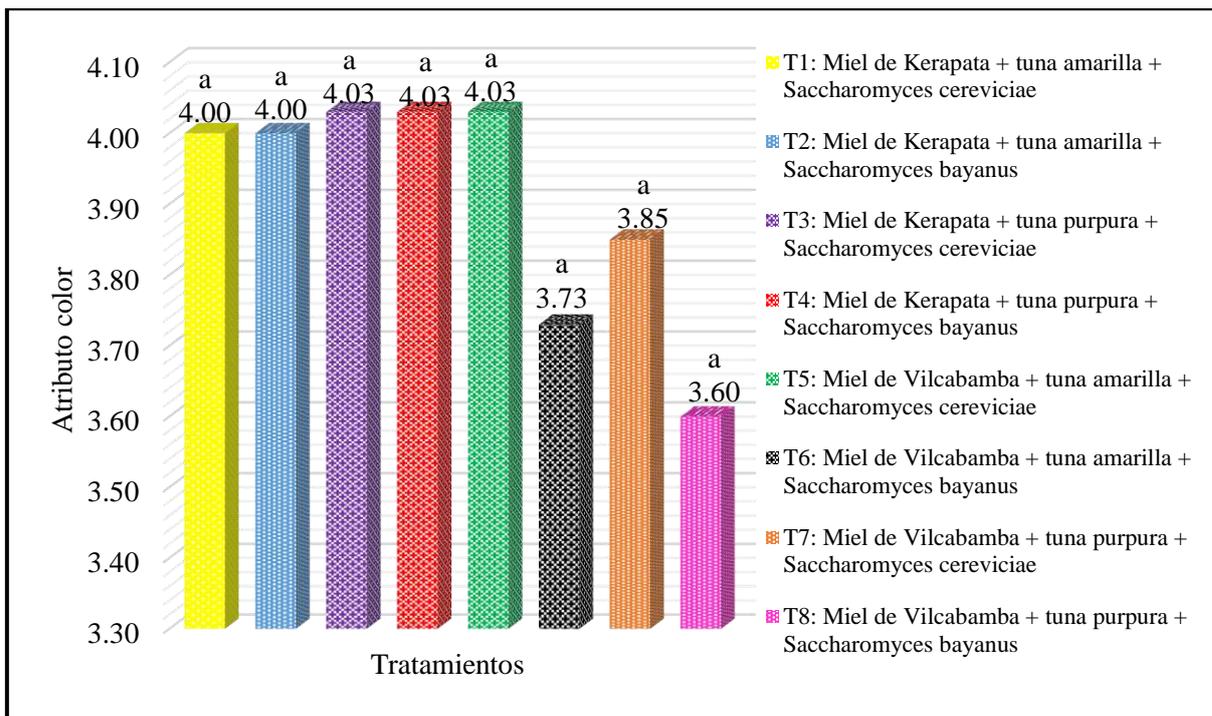
Mediante la prueba de Tukey se determinó que el tratamiento T7 presentó el mayor puntaje con valores en promedio de 3.68 siendo considerado este el mejor tratamiento.

### 5.1.5.3 Color

En los anexos Tablas 46 al 53 y Figura 36 se muestran los puntajes al atributo color asignado por los jueces en la evaluación sensorial de las bebidas



fermentadas, donde los valores variaron de 3.60 a 4.03 apreciándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.



**Figura 36 — Puntaje asignado al atributo Color de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Estos valores fueron sometidos al análisis de varianza, encontrándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95 %, aceptando por ende la hipótesis nula donde podemos concluir que  $T1 = T2 = T3 = T4 = T5 = T6 = T7 = T8$

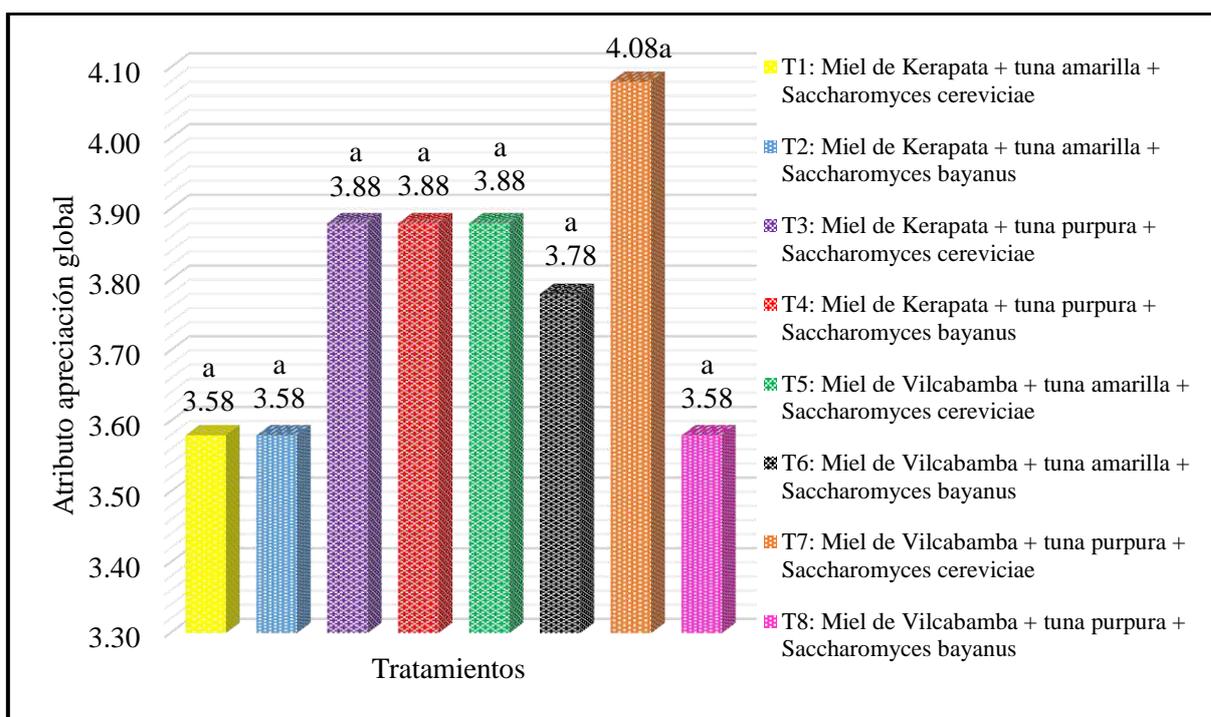
**Tabla 31 — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo color en bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.2475	0.1688	0.2054	0.0183	0.2054	0.2953	0.2953

#### 5.14. Apreciación global

En los anexos Tablas 46 al 53 y Figura 37 se muestran los puntajes al atributo apreciación global signado por los jueces en la evaluación sensorial de las bebidas fermentadas, donde los valores variaron de 3.58 a 4.08 apreciándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.





**Figura 37 — Puntaje asignado al atributo *Apreciación global* de la bebida fermentada, al final del proceso de maduración**

Estos valores fueron sometidos al análisis de varianza, encontrándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95 %, aceptando por ende la hipótesis nula donde podemos concluir que  $T1 = T2 = T3 = T4 = T5 = T6 = T7 = T8$ .

**Tabla 32 — Análisis de varianza de los resultados de la prueba de aceptabilidad para el atributo *apreciación global* en bebida fermentada, al final del proceso de maduración.**

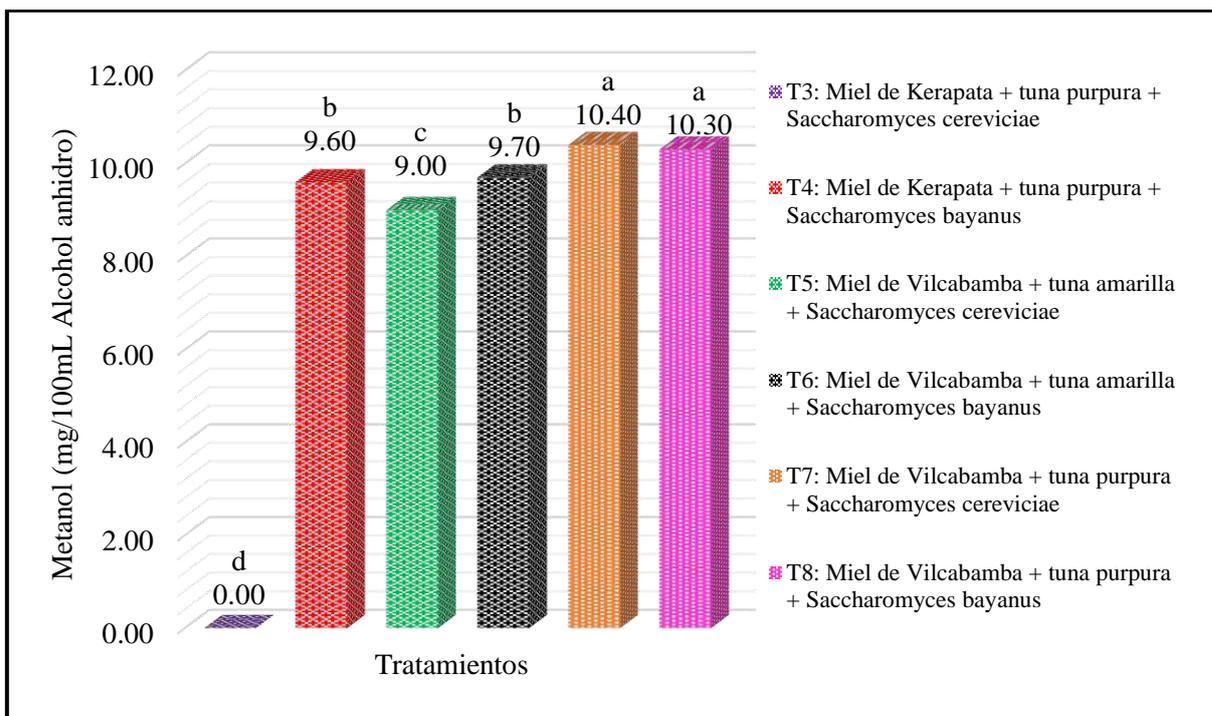
Fuentes de Variación	A <i>Mieles de diferente procedencia</i>	B <i>Variedades de tuna</i>	C <i>Cepas de levadura</i>	AB	AC	BC	ABC
Valor -P	0.2698	0.0982	0.0982	0.0982	0.0982	0.2698	0.2698

### 5.1.6 Análisis Cromatográficos de las bebidas fermentadas.

#### 5.1.6.1 Metanol

En la figura 38 y el Anexo A, Tablas 62 y 67 se exponen los resultados de los ensayos cromatográficos para el análisis de metanol, de las bebidas fermentada, donde los valores variaron de 9.00 a 10.4 mg/100mL Alcohol anhidro.





**Figura 38 — Valores obtenidos en el contenido de alcohol metílico (metanol) de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración**

Donde al realizar el análisis de varianza de los tratamientos, se muestra que, si existen diferencias estadísticamente significativas entre sí y estando de acuerdo con el estándar requerido por la NTP 211.035, que establece un límite máximo de 100g/mL de Alcohol anhidro para el contenido de metanol en el pisco, lo que indica que las bebidas fermentadas se produjeron en condiciones adecuadas, ya que los altos niveles de metanol pueden ser perjudiciales para la salud (Segtowitz; Brunelli; Venturini-Filho, 2013).

Donde el factor analizado para la prueba de hipótesis alterna fue, el factor individual tratamientos ( $p=1.11 \times 10^{-16}$ ); el cual se muestran en la Tabla 33.

**Tabla 33 — Análisis de varianza para la variable Metanol de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración**

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	506.85	5.00	101.3706	419464.917	$1.11 \times 10^{-16}$

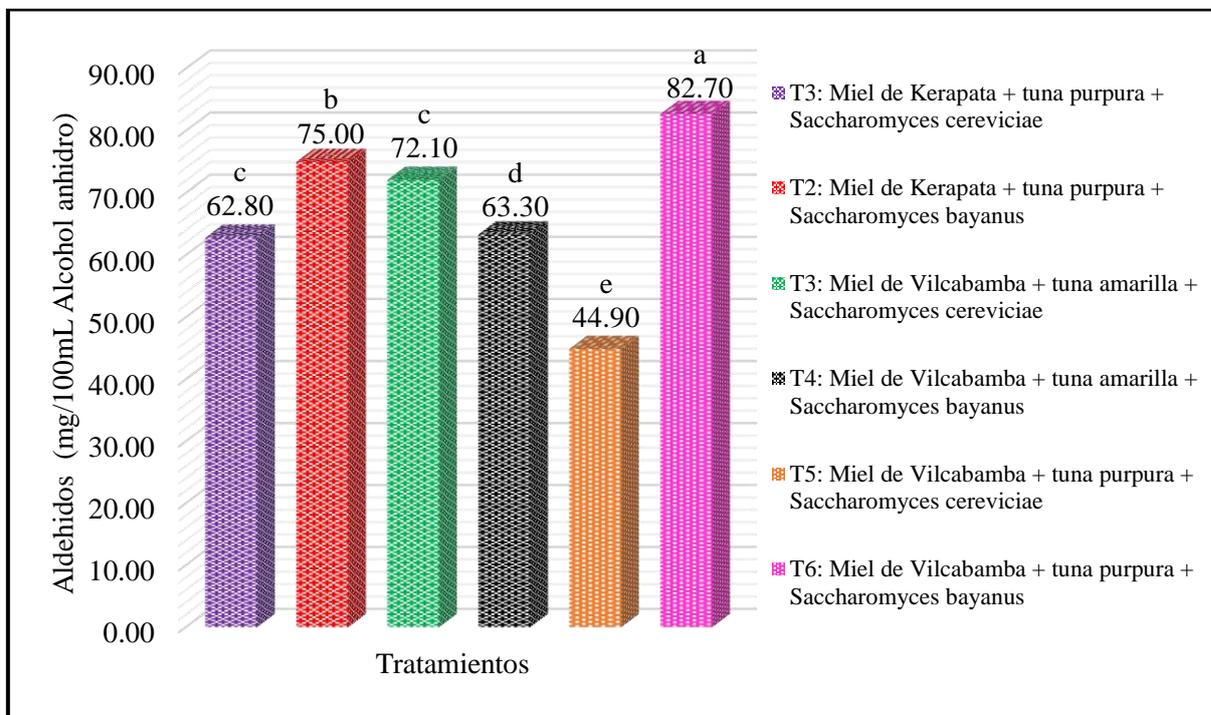
Mediante la prueba de medias Tukey se determinó que los mejores tratamientos



fueron los T4 y T6 que presentaron los menores contenidos de metanol de 9.61 a 9.69 mg/100mL Alcohol anhidro a diferencia del tratamiento T7; mientras que en el T3 esta variable no fue detectada.

### 5.1.6.2 Aldehídos

En la figura 39 y el Anexo A, Tablas 62 y 67 se exponen los resultados de los ensayos cromatográficos, para el análisis de aldehídos de las bebidas, donde los valores variaron de 44.9 a 82.7 mg/100mL Alcohol anhidro.



**Figura 39 — Valores obtenidos en el contenido de aldehídos de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración**

Donde al realizar el análisis de varianza de los tratamientos, se muestra que, si existen diferencias estadísticamente significativas entre sí, estando, por lo tanto, de acuerdo con el estándar requerido por la NTP 211.035, que establece un límite máximo de 60g/mL de Alcohol anhidro para el contenido de aldehídos, lo que indica que las bebidas fermentadas se produjeron en condiciones adecuadas, ya que los altos niveles de metanol pueden ser perjudiciales para la salud (Segtowick; Brunelli; Venturini-Filho, 2013). Donde el factor analizado para la prueba de hipótesis alterna fue, el factor individual tratamientos ( $p=0.0001$ ); el cual se muestran en la Tabla 34.



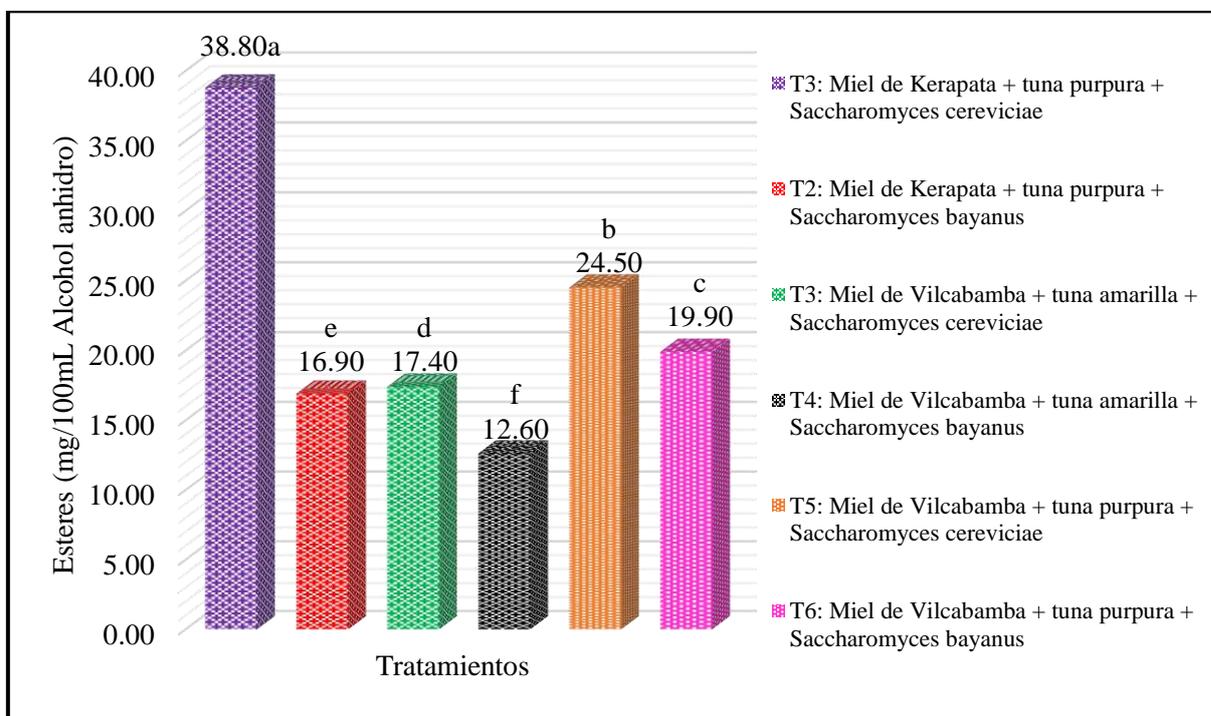
**Tabla 34 — Análisis de varianza para la variable aldehídos de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración**

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	2126.52	5	425.303	2319839.5	<0.0001

Mediante la prueba de medias Tukey se determinó que los mejores tratamientos fueron los T7 y T6 que presentaron los menores contenidos de aldehídos de 44.90 a 62.80mg/100mL Alcohol anhidro a diferencia de los tratamientos T8 y T5.

### 5.1.6.3 Esteres

En la figura 40 y Anexo A, Tablas 62 y 67 se exponen los resultados de los ensayos cromatográficos, para el análisis de esterés de las bebidas fermentadas donde los valores variaron de 12.6 a 38.8 mg/100mL Alcohol anhidro.



**Figura 40 — Valores obtenidos en el contenido de esterés de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración**

Donde al realizar el análisis de varianza de los tratamientos, se muestra que, si existen diferencias estadísticamente significativas entre sí, estando, por lo tanto, de acuerdo con el estándar requerido por la NTP 211.035, que establece un límite máximo de 330g/mL de Alcohol anhidro para el contenido de esterés,



lo que indica que las bebidas fermentadas se produjeron en condiciones adecuadas, ya que los altos niveles de esteres pueden ser perjudiciales para la salud (Segtowitz; Brunelli; Venturini-Filho, 2013).

Donde el factor analizado para la prueba de hipótesis alterna fue, el factor individual tratamientos ( $p=2.89 \times 10^{-15}$ ); el cual se muestran en la Tabla 35.

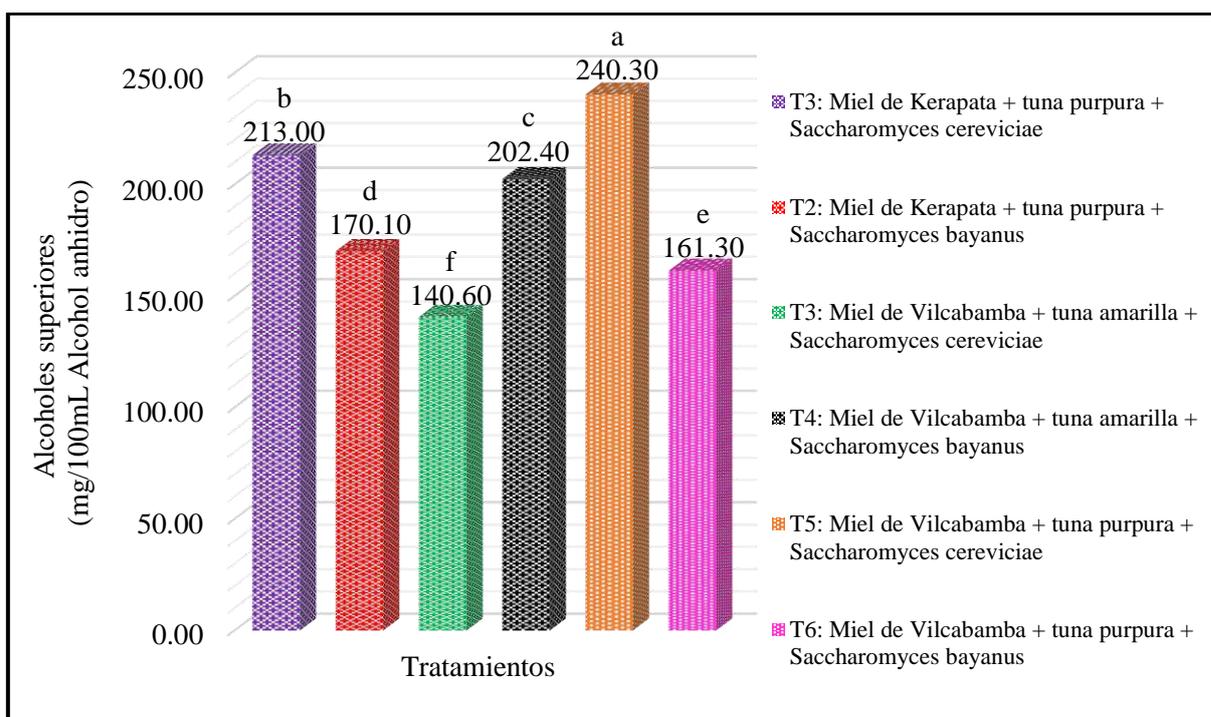
**Tabla 35 — Análisis de varianza para la variable esteres de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración**

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	823.38	5	164.67641	156834.68	$2.89 \times 10^{-15}$

Mediante la prueba de medias Tukey se determinó que los mejores tratamientos fueron los T4 y T6 que presentaron los menores contenidos de esteres de 12.62 a 16.88 mg/100mL Alcohol anhidro a diferencia de los tratamientos T7 y T3 que presentaron los valores más altos entre 38.81 a 24.49 mg/100mL Alcohol anhidro.

#### 5.1.6.4 Alcoholes superiores

En la figura 41 Anexo A, Tablas 62 y 67 se exponen los resultados de los ensayos cromatográficos, para el análisis de alcoholes superiores de las bebidas, observándose que los valores variaron de 140.6 a 240.3 mg/100mL Alcohol anhidro.



**Figura 41 — Valores obtenidos en el contenido de alcoholes superiores de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración**

Donde al realizar el análisis de varianza de los tratamientos, se muestra que, si existen diferencias estadísticamente significativas entre sí, estando, por lo tanto, de acuerdo con el estándar requerido por la NTP 211.035, que establece un límite máximo de 330g/mL de Alcohol anhidro para el contenido de esteres. Donde el factor analizado para la prueba de hipótesis alterna fue, el factor individual tratamientos ( $p \leq 0.00001$ ) el cual se muestran en la Tabla 36.

**Tabla 36 — Análisis de varianza para la variable alcoholes superiores de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración**

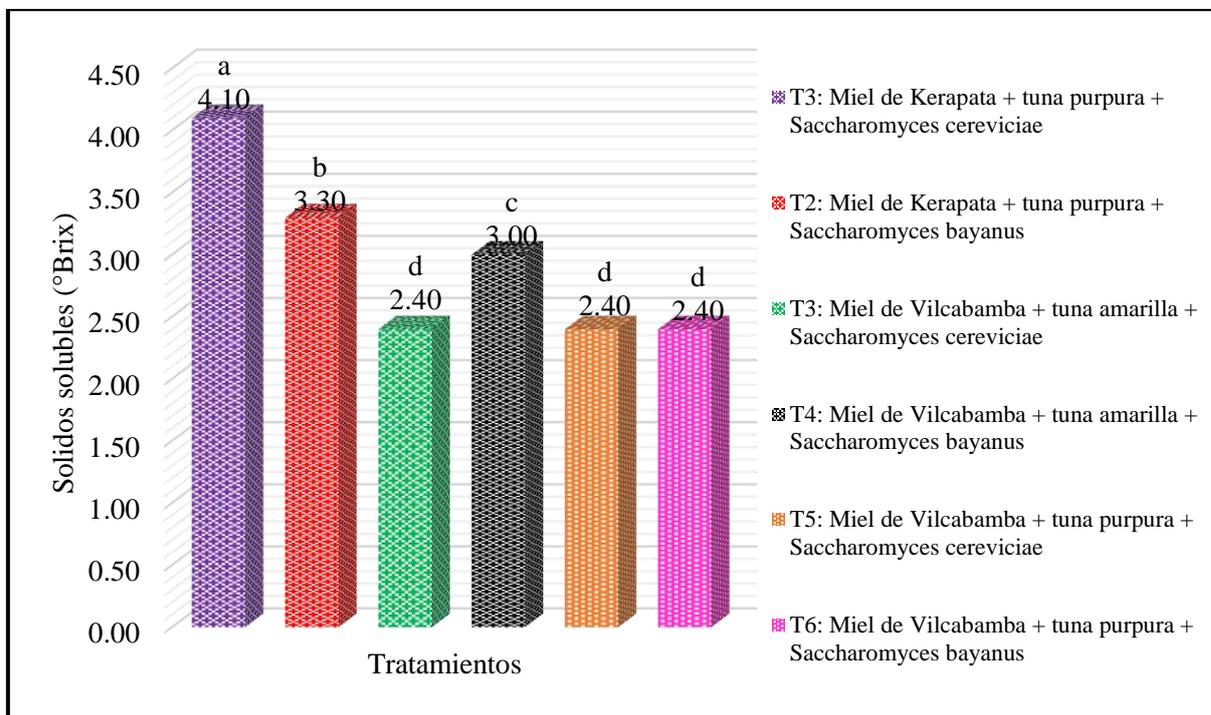
<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	10476.3	5	2095.2597	2349823.9	0.00001

Mediante la prueba de medias Tukey se determinó que el mejor tratamiento fue el T7 que presentó el valor más alto con un promedio de 240 mg/100mL Alcohol anhidro a diferencia del tratamiento T8 que presentó el valor más bajo de 161.32 mg/100mL Alcohol anhidro.



### 5.1.6.5 Furfural

En la figura 42 y Anexo A, Tablas 62 y 67 se exponen los resultados de los ensayos cromatográficos, para el análisis de furfural de las bebidas fermentadas, observándose que los valores variaron de 2.4 a 4.1mg/100mL Alcohol anhidro.



**Figura 42 — Valores obtenidos en el contenido de furfural de las bebidas fermentadas, al final del proceso de maduración**

Donde al realizar el análisis de varianza de los tratamientos, se muestra que, si existen diferencias estadísticamente significativas entre sí, estando, por lo tanto, de acuerdo con el estándar requerido por la NTP 211.035, que establece un límite máximo de 5.00g/mL de Alcohol anhidro para el contenido de furfural

Donde el factor analizado para la prueba de hipótesis alterna fue, el factor individual tratamientos ( $p \leq 1.70 \times 10^{-10}$ ) el cual se muestran en la Tabla 37.

**Tabla 37 — Análisis de varianza para la variable furfural de las bebidas fermentadas, al final de la fase de maduración**

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	4.73	5	0.9457533	4053.2286	$1.70 \times 10^{-10}$

Mediante la prueba de medias Tukey se determinó que los mejores tratamientos fueron los T5, T7 y T8 que presentaron los valores más bajos con un promedio de 2.40 mg/100mL Alcohol anhidro a diferencia de los tratamientos T3 y T4 que presentaron los valores más altos de 4.10 y 3.30mg/100mL Alcohol anhidro.

## 5.2 Discusión

### 5.2.1 Sólidos solubles (°Brix)

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido final de sólidos solubles en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores en promedio para el contenido de sólidos solubles de  $6.05 \pm 0.01^a$ , mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores de  $7.10 \pm 0.02^b$ , estos resultados guardan relación con los encontrados por Blandón, et al. (2012), quienes evaluaron el efecto de tres tipos de levadura comercial en el proceso de fermentación del hidromiel, donde encontraron valores para el contenido de sólidos solubles de  $12.9 \pm 0.26^c$ ,  $15.0 \pm 1.56^b$  y  $13.7 \pm 0.45^c$ , utilizando levaduras EC-1118, ICV D-47 y Fermipan, esta disminución de los sólidos solubles está directamente relacionado con el hecho de que las levaduras, en ausencia de oxígeno dividen las moléculas de azúcar en dos partes; gas carbónico y alcohol etílico, aumentando así el alcohol presente en el medio y disminuyendo el contenido de azúcares mostrando una diferencia marcada con el tipo de levadura empleada en el proceso de fermentación.

En lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $6.54 \pm 0.09^a$  y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores en promedio de  $6.62 \pm 0.10^a$ , los mismos que guardan relación con los descritos por Galletti, J. (2020), quien realizó la caracterización fisicoquímica y sensorial de hidromieles obtenidas a partir de mieles de distinto origen floral, donde encontró valores de  $16.6 \pm 0.00^a$



y  $16.4 \pm 0.00^a$  con mieles silvestres y de aroeira, lo que puede estar atribuido a que las mieles utilizadas en esta investigación presentaron valores cercanos de humedad y por ende altos niveles de minerales, lo que está directamente relacionado con el contenido final de sólidos solubles.

### 5.2.2 Potencial de Hidrogeniones (pH)

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido final de pH en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores en promedio para el atributo pH de  $3.29 \pm 0.04^a$ , mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores de  $3.14 \pm 0.05^b$ , los mismos que guardan relación con los reportados por Batista, A. (2012), quien evaluó el efecto de tres tipos de levadura comercial en el proceso de fermentación alcohólica del hidromiel, encontrando valores para el contenido de pH de  $3.12 \pm 0.00^a$ ,  $3.14 \pm 0.00^b$  y  $3.34 \pm 0.00^c$ , utilizando levaduras Lalvin EC-1118, K1- V1116 y 71B- 1122, esta variación de pH podría estar relacionado con lo que menciona Flanzy (2003), quien sostiene que la disminución del pH en el medio es debido a los subproductos producidos en el proceso de fermentación, estos subproductos son principalmente ácidos orgánicos como ácidos málico, tartárico y/o láctico.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $3.11 \pm 0.03^a$  y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores de pH en promedio de  $3.32 \pm 0.04^b$ , que guardan relación con los reportados por Soto, F. (2014), quien encontró valores de pH de  $2.6 \pm 0.01^a$ ,  $3.0 \pm 0.05^c$  y  $2.8 \pm 0.03^b$  utilizando mieles de la Costa, Ulmo y de Bosque nativo. En base a estos resultados y los encontrados en el trabajo de investigación podemos decir que la cantidad de ácidos orgánicos presentes en la miel si influye en el contenido de pH de las bebidas fermentadas y que a pesar de presentar diferencias significativas no se puede realizar la comparación con los estándares, ya que no existen para este atributo.



### 5.2.3 Densidad

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido final de densidad en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores en promedio para el atributo densidad de  $0.994 \pm 0.002^a$  g/mL, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores de  $0.993 \pm 0.003^b$  g/mL, los mismos que guardan relación con los descritos por Mileski, J. (2016), quien produjo y caracterizó hidromiel utilizando diferentes cepas de levadura *Saccharomyces*, encontrando valores para el contenido de densidad de  $1.0006 \pm 0.0001^a$ ,  $1.0034 \pm 0.0002^b$  y  $1.0053 \pm 0.0002^c$  g/mL, utilizando Levaduras Red Star, Lalvin EC-1118 y Fleischmann. Lo que puede estar atribuido con la capacidad que tiene cada levadura de convertir el sustrato (azúcar) en el producto final (etanol).

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, en el trabajo de investigación se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $0.993 \pm 0.03^a$  g/mL y los hidromieles fermentados con miel de Vilcabamba presentaron valores de densidad en promedio de  $0.994 \pm 0.04^b$  g/mL, los mismos que guardan relación con los reportados por Dantas, C. (2018). Quien produjo y caracterizó hidromieles elaborados a partir de mieles de abejas africanizadas (*Apis mellifera*) y de jándaira (*Melipona subnitida*) encontrando valores de densidad que variaron de  $0.9991 \pm 0.0003^a$  g/cm<sup>3</sup> con miel africanizada y de  $1.0081 \pm 0.0001^b$  g/cm<sup>3</sup>, con miel de jándaira. Lo que podría estar relacionado con el contenido de azúcares residuales presentes en las mieles utilizadas en el proceso de fermentación, lo que pudo haber llevado a un aumento de la densidad.

### 5.2.4 Acidez titulable

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido final de acidez en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $4.715 \pm 0.105^b$  g/L, con respecto a las obtenidas con



levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* que presentaron valores en promedio para el atributo acidez de  $4.9684 \pm 0.111^a$  g/L, los que guardan relación con los reportados por Mileski, J. (2016), quien produjo y caracterizó hidromiel utilizando diferentes cepas de levadura *Saccharomyces*, encontrando valores para el contenido de acidez de  $53.66 \pm 1.52^a$ ,  $66.66 \pm 0.57^b$  y  $65.00 \pm 1.00^b$  meq/L utilizando levaduras Red Star, Lalvin EC-1118 y Fleischmann. Lo que podría estar asociado al hecho que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron menores cantidades de ácido acético a diferencia de las elaboradas con *Saccharomyces cerevisiae*. Estos resultados también indican que todas las bebidas fueron elaboradas de manera adecuada ya que se encuentran dentro de los límites establecidos en la NTP 212.047 que establece un límite máximo de 7.0 g/L para el contenido de acidez titulable.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $4.850 \pm 0.117^a$  g/L y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores de acidez en promedio de  $4.833 \pm 0.107^a$  g/L, los que guardan relación con los reportados por Soto, F. (2012), quien en su investigación sobre la caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral encontró valores de acidez que variaron de  $4.1 \pm 0.09^a$ ,  $4.4 \pm 1.52^a$  y  $4.2 \pm 0.20^a$  g/L, con mieles de Ulmo Costa y de Bosque nativo. Esta no variación del hidromiel con respecto a la miel utilizada pudo deberse a la dilución de la miel en la etapa inicial de producción de hidromiel, y posterior reducción de ácidos presentes de forma natural en la materia prima, por lo que los ácidos formados durante la fermentación no fueron suficientes para aumentar la acidez titulable y por ende no generaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

### 5.2.5 Grado alcohólico

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de alcohol en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de alcohol de



13.128 ± 0.029<sup>a</sup>g/L, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de 14.85 ± 0.040<sup>b</sup> g/L, los mismos que guardan relación con los reportados por Mileski, J. (2016), quien produjo y caracterizó hidromiel utilizando diferentes cepas de levadura *Saccharomyces*, encontrando valores para el contenido de alcohol de 17.16 ± 0.06<sup>c</sup>, 15.52 ± 0.05<sup>b</sup> y 14.39 ± 0.09<sup>a</sup> g/L, utilizando Levaduras Red Star, Lalvin EC-1118 y Fleischmann.. Este hecho puede ser atribuido a que cada tipo de levadura presenta una diferencia marcada en la producción de alcohol con respecto al consumo de azúcares, además de encontrarse dentro de los límites establecidos en la NTP 212.030 que establece un límite máximo de 14.0g/L para el contenido de alcohol.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de 13.908± 0.075<sup>a</sup>g/L y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores para el atributo grados alcohólicos en promedio de 14.083±0.081<sup>a</sup> g/L, los mismos que guardan relación con los reportados por Soto, F. (2014), quien en su investigación sobre la caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral encontró valores de alcohol que variaron de 12.2 ± 0.06<sup>a</sup>, 12.5 ± 0.03<sup>b</sup> y 12.5 ± 0.03<sup>b</sup>g/L con mieles de Ulmo, Costa y de Bosque nativo. En base a estos resultados y los encontrados en el trabajo de investigación podemos decir que la procedencia de la miel no influye en el contenido de alcohol, lo cual podría estar asociado a que ambas muestras de miel presentaron valores semejantes para el contenido de sólidos solubles.

### 5.2.6 Extracto seco

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de extracto seco en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de extracto seco de 66.048 ± 0.213<sup>a</sup>g/L, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de 85.803 ± 0.094<sup>b</sup> g/L, los que guardan relación con los reportados por Mileski, J. (2016), quien produjo y



caracterizó hidromiel utilizando diferentes cepas de levadura *Saccharomyces*, encontrando valores para el contenido de alcohol de extracto seco de  $59.97 \pm 0.11^a$ ,  $64.25 \pm 0.16^b$  y  $85.22 \pm 0.39^c$  g/L, utilizando Levaduras Red Star, Lalvin EC-1118 y Fleischmann, encontrándose dentro del rango establecido por la NTP 212.036 que establece un límite mínimo de 21.00g/L para el contenido de extracto seco. Estos resultados mostraron una diferencia marcada en el tipo de levadura empleada en la fermentación, con lo que podemos concluir que la variación en el contenido de extracto seco si se ve influenciado con el tipo de levadura empleada en la elaboración del hidromiel.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, Brunelli, L. (2015), en su investigación sobre la caracterización fisicoquímica, energética y sensorial de hidromiel encontró valores de extracto seco que variaron de  $27.04 \pm 0.45^c$ ,  $27.97 \pm 0.45^c$  y  $27.57 \pm 0.43^c$ g/L, con mieles de naranja, eucalipto y silvestre. En base a estos resultados y los encontrados en el trabajo de investigación podemos decir que la procedencia de la miel si influye en el contenido de extracto seco, ya que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $73.903 \pm 0.186^a$  g/L y los hidromieles fermentados con miel de Vilcabamba presentaron valores de acidez en promedio de  $77.948 \pm 0.231^b$ g/L.

### 5.2.7 Azúcares reductores

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de extracto seco en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de azúcares reductores de  $7.315 \pm 0.023^a$  g/L, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $6.698 \pm 0.074^b$  g/L, los que guardan relación con los reportados por Mileski, J. (2016), quien produjo y caracterizó hidromiel utilizando diferentes cepas de levadura *Saccharomyces*, encontrando valores para el contenido de azúcares reductores  $19.63 \pm 0.35^a$ ,  $26.23 \pm 0.23^b$  y  $43.16 \pm 0.57^c$ g/L utilizando Levaduras Red Star, Lalvin EC-1118 y Fleischmann. Lo que está relacionado con los altos contenidos de compuestos



fenólicos y flavonoides presentes en la miel y tuna que son considerados como inhibidores durante el proceso de fermentación (Gupta y Sharma, 2009), lo que puede haber influido en un menor consumo de azúcar por parte de las levaduras.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $7.225 \pm 0.021^a$  g/L y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores de azúcares reductores en promedio de  $6.788 \pm 0.091^b$  g/L, los mismos que guardan relación con los descritos por Soto, F (2014), quien realizó la caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral, donde encontró valores para el contenido de azúcares reductores de  $65.4 \pm 3.24^b$ ,  $52.9 \pm 0.00^a$  y  $60.1 \pm 2.74^b$  g/L con mieles de Ulmo, Costa y Bosque nativo. En base a estos resultados y los encontrados en el trabajo de investigación podemos decir que los ácidos grasos de cadena media presentes en la miel influyen en el contenido de azúcares residuales ya que también son considerados como inhibidores en el proceso de la fermentación (Sroka y Tuszynsky, 2007).

### 5.2.8 Acidez volátil.

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de acidez volátil en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de acidez volátil de  $0.646 \pm 0.022^a$  g/L, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $0.291 \pm 0.175^b$  g/L encontrándose dentro del rango establecido por la NTP 212.031 que establece un límite máximo de 1.20g/L para el contenido de acidez volátil, los cuales guardan relación con los reportados por Mileski, J. (2016), quien produjo y caracterizó hidromiel utilizando diferentes cepas de levadura *Saccharomyces*, encontrando valores para el contenido de acidez volátil  $11.33 \pm 0.57^b$ ,  $14.66 \pm 0.57^c$  y  $9.00 \pm 1.00^a$  meq/L, utilizando Levaduras Red Star, Lalvin EC-1118 y Fleischmann, estos resultados además de mostrar que las bebidas se desarrollaron de manera adecuada mostraron una



diferencia marcada en el tipo de levadura empleada en la producción de ácido acético.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $0.466 \pm 0.469^a$  g/L y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores de los acidez volátil en promedio de  $0.471 \pm 0.418^b$  g/L, los mismos que guardan relación con Soto, F (2014), quien realizó la caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral, donde encontró valores para el contenido de acidez volátil de  $0.7 \pm 0.08^a$ ,  $0.3 \pm 0.03^a$  y  $0.3 \pm 0.11^a$  g/L con mieles de Ulmo, Costa y Bosque nativo. Esta variación en el contenido de acidez volátil, presente en los hidromieles está directamente relacionado con el origen y composición química de la miel, puesto que de esta dependen sus ácidos orgánicos presentes.

### 5.2.9 Cenizas

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se acepta la hipótesis nula, que establece que no existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de cenizas en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de cenizas de  $0.3025 \pm 0.073^a$  g/L, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $0.2975 \pm 0.092^b$  g/L, estos resultados guardan relación con los descritos por Fernandes, D. (2009) quien encontró valores para el contenido de cenizas de  $1.59 \pm 1.26^a$ ,  $1.67 \pm 2.99^a$ ,  $1.38 \pm 2.17^a$ ,  $1.49 \pm 2.68^a$  y  $1.53 \pm 2.61^a$  g/L utilizando levaduras Fermol Arôme Plus, Cryoaromae, Fermol Blanc, Fleischmann y Testemunha respectivamente.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $0.2875 \pm 0.059^a$  g/L y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores de los acidez volátil en promedio de  $0.3125 \pm 0.075^b$  g/L, que guardan relación con los reportados por Alves, E. (2018), quien produjo y caracterizó hidromiel utilizando mieles de abeja africanizada (*Apis mellífera*) y jándaira (*Melipona subnitida*), encontrando valores



para el contenido de cenizas de  $0.30 \pm 0.09^a$  y  $0.28 \pm 0.09^a$  g/L, estos resultados mostraron que no existe diferencia con respecto a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, lo que puede estar asociado a la naturaleza de la propia materia prima, ya que la miel en su composición contiene pequeñas cantidades de minerales y ácidos orgánicos los mismos que podrían encontrarse en cantidades similares en los mostos de hidromiel de los diferentes tratamientos (Gupta y Sharma, 2009).

#### 5.2.10 Intensidad de Colorante (IC)

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y la variable intensidad de color. Donde se observó que las bebidas producidas con miel de Vilcabamba presentaron valores en promedio para el atributo intensidad de colorante de  $0.603 \pm 0.012^a$ , mientras que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores de  $0.543 \pm 0.012^b$ , los mismos que guardan relación con los reportados por Soto, F (2014), quien realizó la caracterización física, química y sensorial del hidromiel producido a partir de tres mieles de distinto origen floral encontrando valores en promedio para el atributo intensidad de colorante de  $0.16 \pm 0.01^a$ ,  $0.16 \pm 0.01^a$  y  $0.22 \pm 0.01^b$ , con mieles de ulmo, costa y bosque nativo. Estas variaciones en la intensidad de color de las bebidas fermentadas podrían estar asociado a los distintos colores de miel utilizados, donde se observó que la miel de Kerapata era de un color más oscuro frente a la miel de Vilcabamba que era de un color más claro.

Por otro lado, Schwartz, L. (2019). En su tesis suplementación nutricional y efecto de levaduras en la caracterización de hidromiel tipo "Moscatto-Pyment", evaluó el efecto de 5 levaduras enológicas encontrando valores en promedio de  $0.34 \pm 0.05^b$ ,  $0.19 \pm 0.05^c$ ,  $0.17 \pm 0.01^c$ ,  $0.52 \pm 0.06^a$  y  $0.31 \pm 0.03^b$ , con levaduras QA23, AWRI-R2, ROUGE, SPARK y VL-3, los mismos que guardan relación con el trabajo de investigación ya que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores en promedio de  $0.603 \pm 0.017^a$  y los hidromieles fermentadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores para la intensidad de colorante en promedio de  $0.543 \pm 0.006^b$ . Lo que podría estar asociado a que cada levadura enológica empleada en el presente



estudio tiene una determinada demanda de nitrógeno, ya que este elemento influye directamente en la coloración del hidromiel como lo sostienen los estudios realizados por Roldán et al. (2011), Quien observo que al agregar polen en sus muestras de hidromiel el valor de Intensidad de Color vario de 0.152 a 0.572, mostrando un color más amarillo-pardo el cual está asociado al polen, si bien en el trabajo de investigación no se utilizó el polen como suplemento de nitrógeno si se utilizó enovit que es una mezcla de sales que tiene la capacidad de restablecer el contenido optimo en nitrógeno amoniacal presente en los mostos.

### 5.2.11 Tonalidad (TON)

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y la variable tonalidad.

En el trabajo de investigación encontramos que la Tonalidad de los diferentes hidromieles varió de  $1.42 \pm 0.10$  en las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* y las obtenidas con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* presentaron valores entre  $1.51 \pm 0.30$ , observándose diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Estos resultados guardan relación con los reportados por Velásquez, I. (2018), quien evaluó el efecto de tres cepas de levadura y dos tipos de mosto sobre las características físicas y químicas del vino obtenido a partir de mortiño (*Vaccinium floribundum kunth.*) obteniendo valores de Tonalidad de  $0.53 \pm 0.01^a$ ,  $0.5 \pm 0.01^a$  y  $0.38 \pm 0.01^b$  para las bebidas fermentadas con levadura T-58, LEVAPAN y S-04 respectivamente observándose que los tratamientos que utilizaron la cepa de levadura SafAle S-04 presentaron menores valores de tonalidad, con respecto al resto de cepas, lo que representa que los tratamientos que usaron esta cepa tienen tonalidades más rojizas, al igual que los reportados por Córdova, Inés. (2010), Quien realizo la comparación del comportamiento fermentativo de levadura de panificación y levaduras vínicas y sus efectos sobre la calidad de vinos de mora (*Rubus glaucus Benth*) encontrando valores de tonalidad de 0.82, 0.65, 0.68 y 0.65 observando que las bebidas fermentadas con levadura Lalvin QA23, presentaron los valores más bajos, mientras que los valores más altos fueron para las bebidas con levadura de panificación. De acuerdo a los resultados y los reportados por la literatura podemos concluir que el tipo de levadura si tiene influencia en la tonalidad de los vinos.

### 5.2.12 Color del vino (WC)

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y la variable color del vino.

Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para la variable color del vino de  $0.227 \pm 0.130^a$ , mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $0.248 \pm 0.175b$ . Los resultados obtenidos guardan relación con los encontrados por Alves Dantas Carlos E. (2017), quien encontró valores del color del vino en promedio  $12.98 \pm 0.98^a$ ,  $5.14 \pm 0.12b$ ,  $13.75 \pm 0.41a$ ,  $4.8 \pm 0.24b$  y  $5.26 \pm 0.19b$  para las bebidas fermentadas con levaduras de panificación, vino blanco, vino tinto, hidromiel, observándose que las hidromieles fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* son inferiores a los reportados para hidromieles con levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Este comportamiento puede estar atribuido a que estas levaduras posiblemente presentaron mayor poder floculante en comparación con otros fermentos.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $0.247 \pm 0.1889^a$  y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores de color en promedio de  $0.228 \pm 0.112^b$ , los mismos que guardan relación con los reportados por Brunelli, Luciana (2015), quien caracterizó físicoquímica, energética y sensorial el hidromiel producido a partir de tres mieles de distinto origen floral encontrando valores de color de  $11.10 \pm 0.09^c$ ,  $13.98 \pm 0.69^c$  y  $12.50 \pm 0.26^c$  con mieles de naranja, eucalipto y silvestre respectivamente, observándose que los hidromieles elaborados con miel de naranja presentaron los valores más bajos de color. Este comportamiento puede deberse a la presencia de mayor cantidad de sólidos insolubles o compuestos coloidales presentes en la miel.

### 5.2.13 Aroma

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y la variable aroma del hidromiel. Donde se observó que las bebidas producidas



con miel de Kerapata presentaron valores en promedio para el atributo aroma de  $3.85 \pm 0.20^a$ , mientras que las bebidas fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores en promedio de  $3.79 \pm 0.22^b$ , los mismos que guardan relación con los reportados por Soto, F (2014), quien realizó la caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral encontrando valores en promedio para el atributo aroma de  $5.0 \pm 0.77^a$ ,  $7.5 \pm 0.77^b$  y  $4,7 \pm 0,77^a$ , con mieles de Ulmo, Costa y Bosque nativo respectivamente, las cuales presentaron diferencias significativas al 95%. Esto puede explicarse ya que las características organolépticas principalmente el aroma y el sabor de los hidromieles están directamente relacionados con el origen floral, el tipo de abeja, ubicación geográfica y composición de la miel, como lo sostienen los estudios de Mendes et al, (2009).

Por otro lado, en lo que respecta a la miel utilizada en el proceso de fermentación se observó que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores en promedio para el atributo aroma de  $4.06 \pm 0.052^a$  y los hidromieles fermentadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores para el atributo aroma en promedio de  $3.58 \pm 0.059^a$ , los mismos que guardan relación con los reportados por Mileski, J. (2001), quien realizó la caracterización de hidromieles utilizando diferentes cepas de levadura *Saccharomyces* encontrando valores en promedio para el atributo aroma de  $7.21 \pm 1.54^a$ ,  $7.22 \pm 1.66^a$  y  $7.33 \pm 1.52^a$  con levaduras Red Star champagne, Lalvin EC 1118 y Fleischmann en base a estos resultados y los encontrados en el trabajo de investigación podemos decir que el tipo de levadura no influye en el aroma de las bebidas fermentadas y esto puede atribuirse al hecho de que ambas cepas de levadura utilizadas en la investigación presentan características similares para propagarse en medios con alta concentración de azúcares (Pereira et al., 2009), ya que es durante el proceso de fermentación donde se desarrollan los aromas y sabores gracias a los metabolitos y ácidos grasos liberados por las levaduras.

#### 5.2.14 Dulzor

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y



el atributo dulzor del hidromiel. En los resultados se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores de dulzor en promedio de  $3.96 \pm 0.056^a$  ligeramente superiores a las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* que presentaron valores en promedio de  $3.57 \pm 0.11^b$ , con diferencias significativas entre los tratamientos. Estos resultados guardan relación con los encontrados por Lucero, M., & Pedro, D. (2015), quien evaluó el efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix, en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel encontrando valores para el atributo dulzor entre  $2.89 \pm 4.75^b$  y  $4.17 \pm 4.87^a$ , utilizando levaduras Fermiline Bio y Fermipan, que al igual que los reportados por Mileski, João Paulo Fernando, y col. (2016), quien en su tesis producción y caracterización de hidromiel utilizando diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces* encontró valores de  $6.26 \pm 2.03^a$ ,  $6.99 \pm 1.74^a$  y  $7.58 \pm 1.60^b$  con levadura Red Star, Lalvin EC1118 y Fleischmann respectivamente. Estos resultados indican un alto efecto del contenido de azúcar en la aceptación del hidromiel por parte de los consumidores y podría estar asociado a que las levaduras del género *Saccharomyces bayanus* tienen mayor eficiencia en la producción de etanol y glicerol, así como favorecen la obtención de bajas concentraciones de azúcares al final del proceso de fermentación.

Por otro lado, al analizar este mismo atributo en función del tipo de miel utilizada en el proceso de fermentación se observó que las bebidas producidas con miel de Kerapata fueron ligeramente superiores a los hidromieles con miel de Vilcabamba encontrando valores en promedio de  $3.84 \pm 0.079^a$  y  $3.69 \pm 0.12^b$  respectivamente, que guardan relación con los encontrados por Soto, F. et al. (2014) quienes realizaron la caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral, encontraron valores para el atributo dulzor entre  $5.4 \pm 0.55^b$ ,  $6.2 \pm 0.55^c$  y  $4.9 \pm 0.55^a$  correspondientes a los hidromieles con miel de Ulmo, Costa y Bosque nativo, estos resultados demuestran que el dulzor estadísticamente es diferenciadora para los tres hidromieles siendo el de la Costa el cual sobrepasa a los otros dos tipos de hidromiel, mientras el hidromiel del Bosque nativo logró una menor puntuación a pesar de lo cual se encuentra en un rango correcto para el dulzor. Al igual que los reportados por Kempka, A. P., & Mantovani, G. Z. (2013), quienes produjeron hidromiel utilizando mieles de diferentes cualidades

encontrando valores en promedio para el atributo dulzor entre  $7.4 \pm 1.25^a$ ,  $6.3 \pm 1.30^{ab}$  y  $6.0 \pm 1.68^b$  con mieles de Angico, Silvestre y Mielato, encontrando diferencias significativas al 95% entre los hidromieles. En conclusión, podemos afirmar que el tipo de miel utilizada en la elaboración de bebidas fermentadas si tiene efecto significativo sobre el dulzor del producto.

### 5.2.15 Acidez

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se acepta la hipótesis nula, que establece que no existe relación entre alguna de las variables en estudio y el atributo dulzor del hidromiel. La evaluación de este atributo se realizó con la finalidad de determinar cuál de todos los tratamientos es más agrio durante la etapa de maduración de los hidromieles. En los resultados se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces bayanus*, presentaron valores de acidez en promedio de  $3.75 \pm 0.00^a$  ligeramente superiores a los producidos con levadura *Saccharomyces cerevisiae* que presentaron valores en promedio de  $3.62 \pm 0.02^a$ , pero que no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los resultados obtenidos guardan relación con los encontrados por Lucero, M., & Pedro, D. (2015), quien evaluó el efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel encontrando valores para el atributo acidez entre  $2.06 \pm 5.01^b$  y  $4.02 \pm 5.01^a$ , utilizando levaduras Fermiline Bio y Fermipan a 25°Brix. Estos resultados encontrados pueden estar atribuido al desarrollo homogéneo de ácidos orgánicos desarrollados en el proceso de maduración de los diferentes tratamientos.

Por otro lado en los resultados se observó que las bebidas producidas con miel de Kerapata no presentaron diferencias significativas en comparación con los valores obtenidos para las hidromieles a base de miel de Vilcabamba que dieron valores para el atributo acidez en promedio de  $3.67 \pm 0.20^a$ , que guardan relación con los resultados reportados por Kempka, A. P., & Mantovani, G. Z. (2013), quienes produjeron hidromiel utilizando mieles de diferentes cualidades, encontrando valores en promedio para el atributo acidez entre  $6.7 \pm 1.12^a$ ,  $6.2 \pm 1.29^a$  y  $6.2 \pm 1.40^a$  con mieles de Angico, Silvestre y Mielato, no encontrando diferencias significativas al 95% entre los hidromieles. Esto puede atribuirse al



hecho que esta variable dependerá del gusto del consumidor catalogándolo como algo positivo o negativo, de acuerdo a su apreciación.

### 5.2.16 Color

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que no existe relación entre alguna de las variables en estudio y el atributo color del hidromiel. La evaluación de este atributo color de las muestras se realizó con la finalidad de determinar cuál de todos los tratamientos es el que presenta mejores características visuales, producidas durante la maduración de los hidromieles, en los resultados se observó que las bebidas producidas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $4.015 \pm 0.004^a$  y las bebidas fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores en promedio de  $3.8025 \pm 0.04^a$ , no observándose diferencias significativas entre los tratamientos, los que guardan relación con los encontrados por Kempka, A. P., & Mantovani, G. Z. (2013), quienes produjeron hidromiel utilizando mieles de diferentes cualidades, encontrando valores en promedio para el atributo color entre  $7.1 \pm 1.36^a$ ,  $6.7 \pm 0.77^a$  y  $7.0 \pm 0.75^a$  con mieles de Angico, Silvestre y Mielato. Estos resultados pueden estar asociados a la apreciación personal de los jueces durante el proceso de cata.

Por otro lado Mileski, João Paulo Fernando, y col. (2016), en su tesis "Producción y caracterización de hidromiel utilizando diferentes cepas de levaduras *Saccharomyces*" encontró valores para el atributo color de  $7.21 \pm 1.57^a$ ,  $7.39 \pm 1.43^a$  y  $7.42 \pm 1.43^a$  con levaduras Red Star, Lalvin EC1118 y Fleischmann, los mismos que guardan relación con los encontrados en nuestra investigación donde se observó que las bebidas producidas con levadura única *Saccharomyces cerevisiae*, presentaron valores para este atributo de  $3.98 \pm 0.021^a$ , mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $3.84 \pm 0.054^a$ .

### 5.2.17 Apreciación Global

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se acepta la hipótesis nula, que establece que no existe relación entre alguna de las variables en estudio y la variable apreciación global del hidromiel. La evaluación de este atributo de las muestras se realizó con la finalidad de determinar cuál de todos los tratamientos es el que presenta mejor aceptabilidad por parte de los jueces, en los resultados se



observó que las bebidas producidas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $3.73 \pm 0.046^a$  y las bebidas fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores en promedio de  $3.83 \pm 0.054^a$ , no observándose diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados guardan relación con los reportados por Brunelli, L (2015), quien en su investigación encontró valores para el atributo apreciación general entre,  $6.31 \pm 0.10^b$ ,  $6.75 \pm 0.14^b$  y  $6.18 \pm 0.23^b$  para hidromieles obtenidas con mieles de naranja, eucalipto y silvestre, que al igual que los valores obtenidos por Soto Vargas, Francisco Javier, et al. (2014) quienes realizarán la caracterización física, química y sensorial de hidromieles de distinto origen floral, encontraron valores para el atributo aceptabilidad o apreciación global entre  $8.2 \pm 1.79^a$ ,  $6.2 \pm 1.79^a$  y  $7.8 \pm 1.79^a$  correspondientes a los hidromieles con miel de Ulmo, Costa y Bosque nativo. Estos resultados demuestran que en la apreciación global no existe diferencia estadística al 95% entre los hidromieles.

Por otro lado los resultados encontrados por Mileski, J y col. (2016), muestran que la aceptabilidad global, presento diferencias dependiendo del tipo de levadura empleada en su formulación donde encontraron valores de  $3.14 \pm 1.19^a$ ,  $3.62 \pm 1.08^b$  y  $4.14 \pm 0.93^c$ , utilizando levaduras Red Star champagne, Lalvin EC 1118 y Fleischmann. Los resultados obtenidos guardan relación con los encontrados por Lucero, M., & Pedro, D. (2015), quien evaluó el efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel encontrando valores para el atributo apreciación global entre  $2.99 \pm 4.56^b$  y  $4.75 \pm 4.19^a$ , utilizando levaduras Fermiline Bio y Fermipan, que al igual que en nuestros resultados se evidencio que las bebidas fermentadas con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae*, presentaron valores de  $3.855 \pm 0.053^a$  y  $3.705 \pm 0.040^a$  con levadura vínica *Saccharomyces bayanus*.

### 5.2.18 Metanol

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que si existe relación entre alguna de las variables en estudio y la variable contenido de metanol del hidromiel. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores



en promedio para el contenido de metanol de  $6.467 \pm 0.873^a$  mg/100mL alcohol anhidro, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $9.867 \pm 0.038^b$  mg/100mL Alcohol anhidro, encontrándose dentro del rango establecido por la NTP 211.035 que establece un límite máximo de 100 mg/ 100mL alcohol anhidro para el contenido de metanol, que guardan relación con los reportados por Fernández, D. (2009) quien realizo la Evaluación de diferentes cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de hidromiel, donde encontró valores para el contenido de metanol en promedio de  $12.50 \pm 4.00^c$ ,  $9.00 \pm 11.11^a$ ,  $10.00 \pm 20.00^b$ ,  $20.00 \pm 5.00^d$  y  $26.00 \pm 11.50^e$  mg/L, utilizando Levaduras Fermol, Arôme Plus Cryoaromae, Fermol Blanc, Fleischmann y Testemunha. Estos resultados para el contenido de metanol se debe, principalmente a un proceso de fermentación inadecuado, donde se facilita la formación de metanol por la desesterificación de las pectinas estearasas presentes en la tuna y en muchos casos por la adición de diversas sustancias como el enovit que aceleran la fermentación favoreciendo la formación de alcoholes superiores y de metanol Goycochea, J. (2001), mostrando una diferencia marcada en el tipo de levadura empleada en la fermentación, lo que está relacionado directamente con la capacidad que tiene cada especie de levadura en la formación de metabolitos secundarios y los compuestos que proporcionan los nutrientes esenciales para el metabolismo de la levadura y sirven como precursores para los aromas finales.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, Abrego, L & Romero, E. (2020). En su tesis Caracterización de hidromiel de tres flores típicas del estado de Zacatecas, inoculada con levadura *Saccharomyces Cerevisiae*, encontraron valores para el contenido de metanol de  $38.555 \pm 0.00^b$ ,  $29.294 \pm 0.00^a$  y  $80.058 \pm 0.00^c$  mg/ 100mL alcohol anhidro con mieles de granadillo, mezquite y gatuño. En base a estos resultados y los encontrados en nuestro trabajo de investigación podemos establecer que la procedencia de la miel si influye en el contenido de metanol, ya que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $0.466 \pm 0.469^a$  mg/ 100mL alcohol anhidro y los hidromieles fermentados con miel de Vilcabamba presentaron valores de metanol en promedio de  $0.471 \pm 0.418^b$  mg/ 100mL alcohol anhidro.



### 5.2.19 Aldehídos o acetaldehídos

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que si existe relación entre alguna de las variables en estudio y la variable contenida de aldehídos del hidromiel. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de aldehídos de  $59.93 \pm 0.23^a$  mg/ 100mL alcohol anhidro, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $73.67 \pm 0.13^b$  mg/ 100mL Alcohol anhidro encontrándose dentro del rango establecido por la NTP 211.035 que establece un límite máximo de 60 mg/ 100mL Alcohol anhidro para el contenido de acetaldehído, estos resultados guardan relación con los reportados por Schwarz, L. (2019). Quien realizo una investigación donde optimizo mediante la metodología de superficie de respuesta el proceso de fermentación de hidromiel, basado en la selección de levaduras, donde encontró valores para el contenido de acetaldehído en promedio de  $0.84 \pm 0.00^b$ ,  $1.22 \pm 0.00^c$ ,  $0.42 \pm 0.00^a$ ,  $1.70 \pm 0.00^d$  y  $0.80 \pm 0.00^b$  mg/L utilizando Levaduras QA23, AWRI-R2, ROUGE, SPARK y VL3. Estos resultados mostraron una diferencia marcada en el tipo de levadura empleada en la fermentación, Con lo que podemos concluir que la variación en el contenido de aldehídos si se ve influenciado con el tipo de levadura empleada en la elaboración del hidromiel.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, Vidrih, R & Hribar, J. realizaron estudios sobre las propiedades sensoriales del hidromiel y la formación de compuestos aromáticos relacionados con el tipo de miel, donde encontró valores para el contenido de acetaldehídos de  $1370.10 \pm 8^a$ ,  $608.98 \pm 11^b$  y  $1619.62 \pm 3^c$  mg/L con mieles de roció, castaño y lima. En base a estos resultados y los encontrados en el trabajo de investigación podemos decir que la procedencia de la miel si influye en el contenido de aldehídos, ya que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $68.9 \pm 0.125^a$  mg/100mL de alcohol anhidro y los hidromieles fermentados con miel de Vilcabamba presentaron valores en promedio de  $65.75 \pm 0.29^b$  mg/100mL de alcohol anhidro.



### 5.2.20 Esteres

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de esterres en la obtención de la bebida fermentada. En lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, Vidrih, R & Hribar, J. realizaron estudios sobre las propiedades sensoriales del hidromiel y la formación de compuestos aromáticos relacionados con el tipo de miel, donde encontró valores para el contenido de ésteres de  $16.40 \pm 0.04^a$ ,  $23.21 \pm 0.40^b$  y  $14.62 \pm 0.40^a$  mg/L con mieles de roció, castaño y lima. En base a estos resultados y los encontrados en el trabajo de investigación podemos decir que la procedencia de la miel si influye en el contenido de esterres, ya que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $27.85 \pm 0.56^a$  mg/100mL alcohol anhidro y los hidromieles fermentados con miel de Vilcabamba presentaron valores de esterres en promedio de  $19.90 \pm 0.30^b$  mg/100mL alcohol anhidro. En la literatura se reporta que los ésteres son considerados importantes contribuyentes del aroma de los vinos debido a su aparición como uno de los principales grupos de compuestos volátiles y al hecho de presentar aromas afrutados, similares a los que se utilizan a menudo para describir los vinos (Etievant, 1991), Se clasifican en ésteres acéticos y ésteres etílicos, según sus rutas de entrenamiento. Los primeros se producen a partir de la reacción de Acetil con alcoholes superiores que se forman a partir de la degradación de aminoácidos o carbohidratos presentes en la miel de abejas. Por lo que podemos suponer que en la miel de Kerapata existiría la presencia mayoritaria de este aminoácido en su composición.

Por otro lado se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de ésteres de  $26.90 \pm 0.41^b$  mg/100mL de Alcohol anhidro, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $16.47 \pm 0.22^a$  mg/100mL de Alcohol anhidro encontrándose dentro del rango establecido por la NTP 211.035 que establece un límite máximo de 330 mg/100mL Alcohol anhidro para el contenido de ésteres, los mismos que guardan relación con los reportados por Schwarz, L. (2019). Quien realizó una investigación donde optimizo mediante la metodología de superficie de respuesta el proceso de fermentación de hidromiel, basado en la selección de levaduras,



donde encontró valores para el contenido de acetaldehídos en promedio de  $9.61 \pm 0.00^c$ ,  $13.22 \pm 0.00^d$ ,  $4.97 \pm 0.00^a$ ,  $7.16 \pm 0.00^b$  y  $6.63 \pm 0.00^b$  mg/L utilizando Levaduras QA23, AWRI-R2, ROUGE, SPARK y VL3. Estos resultados para el contenido de ésteres están directamente relacionados, a que estos compuestos también son producidos enzimáticamente por las levaduras durante la fermentación y autólisis de Acetil-CoA que se forma durante la degradación de los ácidos grasos presentes en la miel de abejas (Perestrelo et al., 2006). Por lo que es posible que la cepa de *Saccharomyces cerevisiae* presenten mejor asimilación a la treonina en la miel de abejas durante la producción de acetato de etilo frente a las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces bayanus*.

### 5.2.21 Alcoholes superiores

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de alcoholes superiores en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de alcoholes superiores de  $197.97 \pm 0.260.12^a$  mg/100mL de alcohol anhidro, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $177.93 \pm 0.12^b$  mg/100mL de alcohol anhidro encontrándose dentro del rango establecido por la NTP 211.035 que establece un límite máximo de 300 mg/100mL alcohol anhidro para el contenido de alcoholes superiores, los mismos que guardan relación con los reportados por Pereira, A, et al (2019), quienes realizaron la composición volátil y propiedades sensoriales del hidromiel, basado en la selección de levaduras, donde encontró valores para el contenido de alcoholes superiores en promedio de  $194.12 \pm 8.96^c$ ,  $197.07 \pm 15.67^b$ ,  $236.85 \pm 13.71^d$  y  $189.39 \pm 20.07^a$  mg/L, utilizando Levaduras QA23-F, QA23-I, ICV D47-F y ICV D47-I. Estos resultados muestran que la producción de alcoholes superiores está directamente relacionada con el tamaño del inóculo de cada levadura como lo sostienen los estudios de Verbelen, et al. (2009). Por otro lado, Zambonelli, (2003) indicó que la presencia de estos compuestos puede traer impactos tanto positivos como negativos sobre el perfil aromático y se caracterizan por su penetrante olor y consecuentemente, pueden tener un significativo efecto en el sabor de los vinos, contribuyen al sabor dulce afrutado de la bebida.



En lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $191.55 \pm 0.16^a$  mg/ 100 mL alcohol anhidro y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores en promedio de  $186.15 \pm 0.21^b$  mg/ 100 mL alcohol anhidro, los mismos que guardan relación con los reportados por Šmogrovičova, D, et al. (2012), quienes determinaron los perfiles analíticos y aromáticos de hidromieles donde encontraron valores para el contenido de alcoholes superiores de  $21.28 \pm 0.21^a$  y  $33.51 \pm 0.03^b$  mg/L, con mieles eslovacas y sudafricanas. Estos resultados en la formación de los alcoholes superiores si bien dependen de la capacidad de cada levadura, también se ve influenciado por ciertos aminoácidos y del nitrógeno presentes en el jugo de tuna y en la miel de abejas, por lo que podemos suponer que la miel de Kerapata tuvo mayores concentraciones de estos aminoácidos frente a la miel de Vilcabamba.

### 5.2.22 Furfural

A partir de los hallazgos encontrados en la investigación se rechaza la hipótesis nula, que establece que existe relación entre alguna de las variables en estudio y el contenido de furfural en la obtención de una bebida fermentada. Donde se observó que las bebidas producidas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron valores en promedio para el contenido de furfural de  $4.46 \pm 0.260^b$  mg/100mL de alcohol anhidro, mientras que las bebidas fermentadas con levadura *Saccharomyces bayanus* presentaron valores de  $2.903 \pm 0.12^a$  mg/100 mL de alcohol anhidro, los mismos que guardan relación con los reportados por Puškaš, V, et al. (2020), quienes en su trabajo de investigación sobre la aptitud de las cepas de levadura comerciales para reducir el contenido de etanol del vino, encontraron valores para el contenido de furfural en promedio de  $0.60 \pm 0.2^a$ ,  $0.70 \pm 0.2^a$  y  $1.10 \pm 0.3^a$  mg/L utilizando levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* y *Torulaspora delbrueckii*, que al igual que en los resultados estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos en la NTP 211.035 que establece un límite máximo de 5.00 mg/100 mL de alcohol anhidro para el contenido de furfural. Estas diferencias en el contenido de furfural, puede estar asociada a la pasteurización del mosto antes de la inoculación de las cepas de levadura ya que en esta etapa se produce la liberación de las pentosas, que son derivados del material celulósico el cual está presente en el



mosto de tuna y por acción de las levaduras, suelen formar el furfural, mientras que las hexosas forman hidroximetilfurfural.

Por otro lado, en lo que respecta a la procedencia de la miel utilizada en el proceso de fermentación, se observó que las bebidas fermentadas con miel de Kerapata presentaron valores en promedio de  $3.708 \pm 0.125^b$  mg/100mL de alcohol anhidro y los hidromieles fermentadas con miel de Vilcabamba presentaron valores de furfural en promedio de  $2.55 \pm 0.108^a$  mg/100mL de alcohol anhidro, los mismos que guardan relación con los reportados por Cuellar, J, et al. (2017), Quienes evaluaron la cinética de la fermentación de hidromiel monofloral elaborada a partir de miel de acacia (*Mangium willd*), donde encontraron valores para el contenido de furfural en promedio de  $670.93 \pm 0.129$ mg/L, esta variación en el contenido de furfural podría estar relacionado con la quema de los compuestos orgánicos presentes en la miel de abeja de acuerdo a los estudios establecidos por Masson et al. (2007), quien además sostiene que los mostos que tengan mayor cantidad de azúcares residuales deberán tener más cantidad de furfural, lo cual guarda relación con los resultados encontrados en nuestra investigación donde se observó que las bebidas producidas con miel de Kerapata presentaron mayores cantidades de azúcares reductores en comparación con las producidas con miel de Vilcabamba.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

1. En esta investigación se evaluó las cualidades de las bebidas fermentadas con mieles de diferente procedencia y adición de jugo de dos variedades de tuna e inoculadas por dos cepas de levadura, en las que al realizar los diferentes análisis tanto fisicoquímicos y cromáticos, se obtuvo los mejores resultados para los tratamientos con tuna púrpura y levadura única *Saccharomyces bayanus*; mientras que en lo relacionado a las características sensoriales y de compuestos aromáticos se evidencio mejores resultados en las bebidas con miel de Vilcabamba y levadura *Saccharomyces cerevisiae*.
2. Las características fisicoquímicas de las mieles de Kerapata y Vilcabamba, se encuentran dentro de lo establecido por el *Codex Alimentarius* y otras investigaciones; por lo que podemos concluir que ambas mieles cumplen con los criterios para ser utilizadas en la elaboración de esta bebida.
3. De acuerdo a los resultados de las características fisicoquímicas, podemos concluir que ambas variedades de tuna pueden ser utilizadas en la elaboración de esta bebida.
4. Durante el proceso de fermentación se evidencio que la levadura *Saccharomyces bayanus*, influyo de manera significativa en el contenido de sólidos solubles, pH y densidad, sin embargo, los tratamientos que usaron levadura *Saccharomyces cerevisiae* presentaron una menor acidez titulable, lo que corresponde a un hidromiel menos ácido y astringente.
5. De acuerdo a los resultados encontrados en las bebidas fermentadas a base de miel y tuna se detectan diferencias significativas para las variables intensidad de color, tonalidad y color del vino, en todos los casos parece apreciarse una disminución gradual del valor de todas ellas conforme transcurre el tiempo, lo que está directamente relacionado al tipo de levadura empleada y variedad de tuna utilizada. Siendo los tratamientos con tuna púrpura y levadura *Saccharomyces bayanus* las que presentaron mejores resultados.



6. Los valores para el contenido de grados alcohólicos, extracto seco, azúcares reductores y acidez volátil de los hidromieles son similares a los reportados por otros autores y lo establecido en la NTP 212.024. Sin embargo, en lo que respecta al contenido de cenizas este fue muy bajo y no presento diferencias estadísticas, lo que indica que el lugar de procedencia de la miel y la cepa de levadura utilizada influyen sobre la composición del hidromiel. Siendo los tratamientos con miel de Vilcabamba y levadura *Saccharomyces bayanus* los que presentaron mejores resultados.
7. En la caracterización sensorial, los tratamientos con tuna púrpura y miel de Vilcabamba presentaron mejores cualidades para los atributos aroma y acidez por parte de los jueces, mientras que los hidromieles en los que se utilizó miel de Kerapata y tuna amarilla fueron los que presentaron mayor dulzor. Finalmente, para las variables color y apreciación global no se observó diferencias significativas lo que podría estar asociado a la percepción de cada juez.
8. El análisis cromatográfico, permite concluir que la procedencia de las mieles, variedades de tuna y cepas de levadura influyen favorablemente en el desarrollo del bouquet del hidromiel, ya que permite generar menor cantidad de alcohol isoamílico (efecto aromático desagradable) y por lo tanto un producto apto para al consumo.

## 6.2 Recomendaciones

1. Se recomienda realizar los análisis de HPLC, para poder determinar con exactitud qué compuestos volátiles se produjeron durante el proceso de maduración.
2. Se recomienda desarrollar un análisis bromatológico y microbiológico a las bebidas fermentadas ya que esto permitirá conocer el carácter nutricional de estas bebidas, mejorar su inocuidad y establecer el tiempo de vida útil de las mismas en anaquel, proporcionando así características importantes para los posibles consumidores de las mismas, y hacer de estas opciones atractivas desde el punto de vista nutricional y microbiológico.
3. Así mismo se recomienda que las bebidas sean sometidas al análisis sensorial, mediante pruebas afectivas, con el fin de verificar su aceptación por parte de los consumidores.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMENKO, Kinga, et al. Characteristics of biologically active compounds in Cornelian cherry meads. *Molecules*, 2018, vol. 23, no 8, p. 2024.

AMORIM, Thaise Souza, et al. Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. *LWT*, 2018, vol. 97, p. 561-569.

AGUIRRE, H.; AGUIRRE, I. Caracterización fisicoquímica del fruto de la tuna. *Monografias.com*. Obtenido de *Monografias.com*.

ANKLAM, E. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry, Barking*, v. 63, n. 4, p. 549-562, 1998.

ANUNCIACÃO, A. S. et al. Tamarind pulp in the mead production. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 7, n. 2, p. 441-445, 2017.

ARAÚJO, Geiza Suzart, et al. Mead production by *Saccharomyces cerevisiae* Safbrew T-58 and *Saccharomyces bayanus* (Premier Blanc and Premier Cuvée): Effect of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) extract concentration. *Applied biochemistry and biotechnology*, 2020, vol. 191, no 1, p. 212-225.

ARRÁEZ-ROMÁN, D., et al. Identification of phenolic compounds in rosemary honey using solid-phase extraction by capillary electrophoresis–electrospray ionization–mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2006, vol. 41, no 5, p. 1648-1656.

AZEREDO, Maria Aparecida Alves; AZEREDO, Laerte da Cunha; DAMASCENO, Joelma Gonçalves. Características físico-químicas dos méis do município de São Fidélis-RJ. *Food Science and Technology*, 1999, vol. 19, p. 3-7.

BALOGU, Tochukwu V.; TOWOBOLA, Oyinloye. Production and quality analysis of wine from honey and coconut milk blend using *Saccharomyces cerevisiae*. *Fermentation*, 2017, vol. 3, no 2, p. 16.



BARRIOS, Carlos, et al. Caracterización físico-química y análisis sensorial de un Hidromiel elaborado de manera artesanal. *Zootecnia Tropical*, 2010, vol. 28, no 3, p. 313-319.

BARRY, Joseph P., et al. Two novel strains of *Torulasporea delbrueckii* isolated from the honey bee microbiome and their use in honey fermentation. *Fermentation*, 2018, vol. 4, no 2, p. 22.

BOGDANOV, Stefan. Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel. Centre suisse de recherche apicoles. 05p, 1999.

CAMPOS, M. G. R. Contribuição para o estudo do mel, pólen, geléia real e própolis. *Boletim da Faculdade de Farmácia de Coimbra, Coimbra*, 1987, vol. 11, no 2, p. 17-47.

CAVANHOLI, Monnik Gandin, et al. Influência da adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) em pó nas características físico-químicas e no potencial bioativo de hidroméis. *Research, Society and Development*, 2021, vol. 10, no 9, p. e25010917821-e25010917821.

CEREZAL, P.; DUARTE, G. Utilización de cáscaras en la elaboración de productos concentrados de tuna (*Opuntia ficus-índica* (L.) Miller). Use of Skin in the Elaboration of Concentrated Products of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller).

CHEN, Chien-Hao, et al. Physicochemical property changes during the fermentation of longan (*Dimocarpus longan*) mead and its aroma composition using multiple yeast inoculations. *Journal of the Institute of Brewing*, 2013, vol. 119, no 4, p. 303-308.

COSTA, FRB; SILVA, MM de A.; ARAÚJO, V. da S. Uso sustentável do umbuzeiro: estratégia de convivência com o semiárido. Campina Grande: INSA, 15p.: il, 2015.

CRANE, E. O livro do mel. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 226 p.

CZABAJ, Sławomir, et al. Effects of mead wort heat treatment on the mead fermentation process and antioxidant activity. *Molecules*, 2017, vol. 22, no 5, p. 803.

DE OLIVEIRA, Isabelle Valente, et al. Produção e caracterização do hidromel tipo doce. *Brazilian Journal of Development*, 2020, vol. 6, no 3, p. 11176-11191.



ESTEVINHO, Letícia, et al. Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. *Food and chemical toxicology*, 2008, vol. 46, no 12, p. 3774-3779.

FALLICO, B.; ARENA, E.; ZAPPALA, M. Degradation of 5-hydroxymethylfurfural in honey. *Journal of Food Science*, 2008, vol. 73, no 9, p. C625-C631.

FARIA, J. A. F. Embalagens e conservação de mel de abelhas. *Informe Agropecuário*, 1983, vol. 9, no 106, p. 61-66.

FERRAZ, Flavio de Oliveira. Estudo dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais de hidromel. 2015. Tesis Doctoral. Universidade de São Paulo.

FEY, Gustavo Guinter, et al. Characterization and volatile compounds of fresh and aged mead in different types of wood. *Brazilian Journal of Development*, 2020, vol. 6, no 5, p. 25812-25826.

FINOLA, Mónica S.; LASAGNO, Mirta C.; MARIOLI, Juan M. Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food chemistry*, 2007, vol. 100, no 4, p. 1649-1653.

GOMES, Teresa, et al. Influence of sweetness and ethanol content on mead acceptability. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 2015, vol. 65, no 2.

GUPTA, J. K.; SHARMA, Rajesh. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. 2009.

HUIDOBRO, José F., et al. Diastase, invertase and  $\beta$ -glucosidase activities in fresh honey from north-west Spain. *Journal of Apicultural Research*, 1995, vol. 34, no 1, p. 39-44.

IGLESIAS, Antonio, et al. Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production. *Molecules*, 2014, vol. 19, no 8, p. 12577-12590.



IURLINA, Miriam O.; FRITZ, Rosalia. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. *International journal of food microbiology*, 2005, vol. 105, no 3, p. 297-304.

KAHOUN, David, et al. Determination of phenolic compounds and hydroxymethylfurfural in meads using high performance liquid chromatography with coulometric-array and UV detection. *Journal of Chromatography A*, 2008, vol. 1202, no 1, p. 19-33.

KAWA-RYGIELSKA, Joanna, et al. Fruit and herbal meads—Chemical composition and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 2019, vol. 283, p. 19-27.

KEMPKA, Anieli Pinto; MANTOVANI, Georgio Zielinski. Produção de hidromel utilizando méis de diferentes qualidades. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 2013, vol. 15, no 3, p. 273-281.

KÜÇÜK, Murat, et al. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food chemistry*, 2007, vol. 100, no 2, p. 526-534.

LOPES, Rafaela, et al. Caffeic acid phenolipids in the protection of cell membranes from oxidative injuries. Interaction with the membrane phospholipid bilayer. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 2021, vol. 1863, no 12, p. 183727.

LIN, Yan, et al. Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742. *Biomass and bioenergy*, 2012, vol. 47, p. 395-401.

MADIGAN, M.T. et al. *Microbiologia de Brock*. 12th ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MASCARENHAS, Angélica Maria. Efeito da concentração de polpa de abacaxi (ananas mill) na produção de hidromel. *Anais dos Seminários de Iniciação Científica*, 2017, no 21.

MĂRGĂOAN, Rodica, et al. Bee collected pollen and bee bread: Bioactive constituents and health benefits. *Antioxidants*, 2019, vol. 8, no 12, p. 568.



MATOS CHAMORRO, Rodrigo Alfredo; AGUILAR ALATA, Danny Alberth. Influencia de la Temperatura y Concentración sobre el Comportamiento Reológico de la Pulpa de Tuna (*Opuntia ficus Indica*). 2010.

MINSA (2009) Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Ministerio de Salud. Perú.

MORALES, Eduardo Marin; ALCARDE, Valmir Eduardo; DE ANGELIS, Dejanira de Franceschi. Mead features fermented by *Saccharomyces cerevisiae* (lalvin k1-1116). *African Journal of Biotechnology*, 2013, vol. 12, no 2.

MORATA, A., et al. Technology of vermouth wines. *Alcoholic beverages*, 2019, p. 35-63.

MENDES, B. de A.; COELHO, E. M. Consideração sobre características de mel de abelhas- Análises e critérios de inspeção. *Informe agropecuário (Brasil)*.(, 1983, vol. 9, no 106, p. 56-61.

MENDES-FERREIRA, Ana, et al. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. *International journal of food microbiology*, 2010, vol. 144, no 1, p. 193-198.

NAVRÁTIL, Marián; ŠTURDÍK, Ernest; GEMEINER, Peter. Batch and continuous mead production with pectate immobilised, ethanol-tolerant yeast. *Biotechnology Letters*, 2001, vol. 23, no 12, p. 977-982.

OLAITAN, Peter B.; ADELEKE, Olufemi E.; IYABO, O. O. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African health sciences*, 2007, vol. 7, no 3.

PAMPLONA, Beatriz Coelho; NOGUEIRA NETO, Paulo. Exame dos elementos químicos inorgânicos encontrados em meios brasileiros de apid mellifera e suas relações físico-biológicas. 1989.

PEEPALL, Carolyn, et al. An organoleptic survey of meads made with lactic acid-producing yeasts. *Food microbiology*, 2019, vol. 82, p. 398-408.



PEREIRA, Ana Paula Rodrigues. Caracterização de mel com vista à produção de hidromel. 2008. Tesis Doctoral. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal).

PEREIRA, Ana Paula, et al. High-cell-density fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* for the optimisation of mead production. *Food Microbiology*, 2013, vol. 33, no 1, p. 114-123.

PEREIRA, Ana Paula, et al. Mead production: fermentative performance of yeasts entrapped in different concentrations of alginate. *Journal of the Institute of Brewing*, 2014, vol. 120, no 4, p. 575-580.

PEREIRA, Ana Paula, et al. Mead production: effect of nitrogen supplementation on growth, fermentation profile and aroma formation by yeasts in mead fermentation. *Journal of the Institute of Brewing*, 2015a, vol. 121, no 1, p. 122-128.

PEREIRA, Ana Paula, et al. Mead and other fermented beverages. En *Current developments in biotechnology and bioengineering*. Elsevier, 2017. p. 407-434.

PINA-LUJAN, I. Observaciones sobre la grana y sus nopales hospederos en el Perú. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*, 1981, vol. 26, p. 10-15.

RAMALHOSA, Elsa, et al. Mead production: Tradition versus modernity. *Advances in food and nutrition research*, 2011, vol. 63, p. 101-118.

ROLDÁN, A., et al. Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics. *Food Chemistry*, 2011, vol. 126, no 2, p. 574-582.

ROMANO, Raffaele, et al. Characterization of a new type of mead fermented with *Cannabis sativa* L.(hemp). *Journal of food science*, 2021, vol. 86, no 3, p. 874-880.

REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS. 2019. Actualizado en noviembre de 2019. Título XVII: De los Azúcares y de la Miel. Párrafo III: De la miel. Art 393 - 394. Ministerio de Salud, Chile.



SCHULLER, Dorit, et al. Panorama ecológico de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* en un viñedo de la región Vinho Verde en Portugal. *Revista internet de vinicultura y enología*. Braga, Portugal, 2005, vol. 10, no 2, p. 1-16.

SÁENZ HERNÁNDEZ, Carmen Luisa, et al. Agro-industrial utilization of cactus pear. 2013.  
SAMPAIO, Kayque Frota, et al. Produção de hidromel utilizando graviola (*Annona muricata* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) como suplementos. 2019.

SCHEPARTZ, Abner I.; SUBERS, Mary H. Catalase in honey. *Journal of Apicultural Research*, 1966, vol. 5, no 1, p. 37-43.

SEEMANN, P.; NEIRA, M. Tecnología de la producción apícola. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias Empaste, 1988.

SILVA, Irana Paim, et al. Detection of biogenic amines in mead of social bee. *LWT*, 2020, vol. 121, p. 108969.

SODRÉ, Geni da Silva, et al. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L.(Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. *Ciência Rural*, 2007, vol. 37, p. 1139-1144.

SOLANO, C. E. Sistemática del género *Polianthes* L.(Agavaceae). 2000. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias.

SROKA, Paweł; TUSZYŃSKI, Tadeusz. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. *Food Chemistry*, 2007, vol. 104, no 3, p. 1250-1257.

STAROWICZ, Małgorzata; GRANVOGL, Michael. Trends in food science & technology an overview of mead production and the physicochemical, toxicological, and sensory characteristics of mead with a special emphasis on flavor. *Trends in food science & Technology*, 2020, vol. 106, p. 402-416.



ŠVECOVÁ, Blanka, et al. Analysis of Czech meads: Sugar content, organic acids content and selected phenolic compounds content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015, vol. 38, p. 80-88.

SCHWARZ, Luisa Vivian, et al. Selection of low nitrogen demand yeast strains and their impact on the physicochemical and volatile composition of mead. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, vol. 57, no 8, p. 2840-2851.

STINSON, Edgar E., et al. The composition of honey. V. Separation and identification of the organic acids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1960, vol. 89, no 1, p. 6-12.

TWILLEY, John; JUTZI, Chase; TOMASINO, Elizabeth. Influence of fermentation temperature and nutrient addition on chemical and sensory characteristics of traditional honey wine. *Annals of Food Processing and Preservation*, 2018.

UZHEL, A. S., et al. Determination of full organic acid profiles in fruit juices and alcoholic beverages using novel chemically derivatized hyperbranched anion exchanger. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, vol. 95, p. 103674.

VARGAS BARRIONUEVO, Mélida María. Efecto del tratamiento térmico temporal de la miel de abejas sobre la variación de su calidad durante el almacenamiento. 2006. Tesis de Licenciatura.

WESTON, Roderick J.; BROCKLEBANK, Lise K.; LU, Yinrong. Identification and quantitative levels of antibacterial components of some New Zealand honeys. *Food Chemistry*, 2000, vol. 70, no 4, p. 427-435.

WHITE, J. W. Physical characteristics of honey. In: CRANE, E. *Honey a comprehensive survey*. London: Heinemann, cap. 6, p. 207-239, 1975.

WHITE JR, Jonathan W.; KUSHNIR, Irene. Composition of honey. VII. Proteins. *Journal of Apicultural Research*, 1967, vol. 6, no 3, p. 163-178.



## ANEXOS



**Tabla 38** — Comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	24.00	21.40	16.80	15.40	14.80	12.60	11.40	11.00	9.00	8.60	8.20	7.60	7.20	7.20	7.00
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	24.00	21.20	16.80	15.10	14.60	12.20	11.20	11.00	9.20	8.80	8.20	7.80	7.20	7.20	7.20
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	24.00	21.50	17.00	15.20	14.60	12.00	11.20	11.00	9.20	8.80	8.40	7.80	7.40	7.00	7.00
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	24.00	19.10	15.40	14.00	12.80	10.20	10.20	9.40	8.60	7.60	7.40	6.80	6.00	6.20	6.00
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	24.00	19.00	15.60	13.60	12.40	10.60	10.00	9.20	8.40	7.40	7.40	7.00	6.20	6.20	6.20
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	24.00	20.00	15.20	13.40	12.20	10.60	10.00	9.20	8.20	7.20	7.40	7.00	6.40	6.00	6.00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	24.00	20.10	16.00	14.40	13.60	12.40	11.60	10.20	9.00	8.40	8.40	7.60	7.20	7.00	7.00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	24.00	20.20	16.00	14.00	13.20	12.20	11.20	10.60	9.20	8.60	8.20	7.40	7.00	7.00	7.00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	24.00	20.20	16.00	14.00	13.00	12.40	11.20	10.00	8.60	8.20	8.00	7.20	7.20	7.20	7.00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	24.00	19.00	15.60	13.00	12.20	9.80	9.40	8.40	8.20	7.80	7.20	7.20	6.40	6.20	6.00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	24.00	19.00	15.40	13.00	12.00	10.00	9.60	8.80	8.00	7.60	7.40	7.00	6.40	6.00	6.00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	24.00	19.00	16.00	13.00	12.00	10.00	9.80	8.60	8.00	7.80	7.20	7.00	6.20	6.10	6.00
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	24.00	21.40	16.80	16.00	14.20	13.20	13.00	12.60	11.80	10.40	9.80	8.60	8.20	8.00	7.40
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	24.00	21.60	17.00	16.80	14.60	13.40	13.20	12.20	11.80	10.80	9.60	8.40	8.20	7.60	7.20
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	24.00	20.80	17.00	16.40	14.20	13.20	13.00	12.40	11.80	10.80	9.80	8.40	8.20	7.40	7.20
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	24.00	20.40	16.00	14.20	12.00	11.40	10.00	8.40	8.20	7.40	7.20	7.00	7.00	6.60	6.20
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	24.00	20.50	16.20	14.00	12.00	11.20	9.80	8.80	8.40	8.00	7.60	7.20	7.00	6.40	6.00
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	24.00	20.40	16.20	14.00	12.20	11.20	10.00	8.60	8.00	7.40	7.20	7.20	7.00	6.60	6.00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	24.00	21.00	16.20	14.20	13.00	12.60	10.80	9.20	9.00	8.60	8.40	7.60	7.20	7.00	7.00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	24.00	21.20	16.10	14.40	13.20	12.40	10.00	9.00	9.00	8.20	8.00	7.20	7.20	7.20	7.00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	24.00	21.00	16.40	14.20	13.20	12.00	10.60	9.40	9.20	8.00	8.20	7.40	7.20	7.20	7.20
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	24.00	19.00	15.40	14.00	12.40	10.80	9.00	8.20	8.00	7.40	7.20	7.00	6.80	6.40	6.20
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	24.00	19.20	15.20	14.00	12.20	11.00	9.20	8.40	8.20	7.20	7.00	7.00	6.20	6.20	6.00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	24.00	20.00	15.40	14.00	12.00	11.20	9.40	8.40	8.00	7.40	7.00	7.00	6.20	6.00	6.00

**Extraído:** Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 39 — Comportamiento en el pH registrado durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.45	3.38	3.38	3.36	3.35	3.34	3.32	3.30	3.30	3.28	3.25	3.03	3.03	3.03
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.46	3.39	3.38	3.36	3.35	3.35	3.32	3.31	3.30	3.27	3.26	3.03	3.03	3.02
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.45	3.39	3.38	3.36	3.34	3.34	3.32	3.31	3.30	3.28	3.26	3.03	3.03	3.01
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.50	3.42	3.40	3.40	3.36	3.34	3.32	3.29	3.28	3.27	3.24	3.23	3.23	3.23
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.50	3.42	3.40	3.40	3.36	3.33	3.31	3.29	3.28	3.27	3.23	3.23	3.23	3.25
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.50	3.42	3.41	3.41	3.36	3.33	3.31	3.29	3.28	3.27	3.24	3.23	3.23	3.20
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.35	3.27	3.34	3.25	3.24	3.24	3.24	3.23	3.21	3.18	3.17	3.03	3.03	3.03
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.35	3.26	3.34	3.25	3.24	3.24	3.23	3.23	3.21	3.18	3.17	3.03	3.03	3.00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.35	3.26	3.34	3.24	3.24	3.24	3.23	3.23	3.21	3.18	3.17	3.03	3.03	3.06
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.38	3.36	3.35	3.35	3.34	3.29	3.27	3.27	3.26	3.25	3.37	3.15	3.15	3.15
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.38	3.36	3.35	3.35	3.34	3.29	3.27	3.26	3.25	3.25	3.36	3.15	3.15	3.11
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.38	3.35	3.35	3.35	3.35	3.29	3.27	3.26	3.25	3.24	3.36	3.16	3.15	3.20
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.56	3.44	3.37	3.36	3.35	3.34	3.34	3.32	3.31	3.32	3.29	3.15	3.15	3.09
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.57	3.45	3.37	3.36	3.35	3.34	3.34	3.33	3.31	3.31	3.29	3.15	3.15	3.11
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.56	3.45	3.38	3.36	3.35	3.34	3.33	3.33	3.32	3.31	3.29	3.15	3.15	3.03
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.66	3.64	3.62	3.60	3.59	3.54	3.49	3.47	3.44	3.43	3.43	3.35	3.35	3.35
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.66	3.64	3.62	3.60	3.60	3.55	3.50	3.47	3.45	3.44	3.43	3.35	3.35	3.30
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.66	3.62	3.60	3.60	3.59	3.55	3.49	3.47	3.45	3.44	3.44	3.35	3.35	3.40
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.42	3.45	3.40	3.38	3.37	3.36	3.31	3.30	3.28	3.27	3.26	3.11	3.11	3.10
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.43	3.45	3.40	3.38	3.37	3.36	3.32	3.30	3.28	3.27	3.26	3.11	3.11	3.11
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.43	3.45	3.40	3.38	3.36	3.36	3.32	3.30	3.28	3.27	3.26	3.11	3.11	3.15
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	3.80	3.62	3.58	3.54	3.52	3.52	3.50	3.48	3.45	3.43	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	3.80	3.62	3.58	3.56	3.54	3.52	3.50	3.49	3.32	3.43	3.42	3.42	3.42	3.42	3.45
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	3.80	3.62	3.58	3.56	3.54	3.52	3.50	3.48	3.46	3.43	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 40 — Comportamiento en la densidad registrados durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.116	1.109	1.085	1.045	1.039	1.028	1.018	1.011	1.007	0.999	0.994	0.993	0.993	0.991	0.992
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.117	1.109	1.080	1.040	1.039	1.027	1.019	1.011	1.008	1.000	0.994	0.993	0.992	0.992	0.992
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.116	1.109	1.073	1.040	1.039	1.027	1.018	1.011	1.009	1.000	0.994	0.995	0.993	0.992	0.992
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.115	1.106	1.067	1.042	1.031	1.018	1.010	1.001	0.998	0.992	0.993	0.992	0.992	0.990	0.991
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.115	1.106	1.067	1.042	1.034	1.017	1.011	1.002	0.999	0.993	0.991	0.992	0.992	0.993	0.991
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.115	1.107	1.062	1.042	1.031	1.017	1.011	1.002	0.998	0.993	0.994	0.991	0.992	0.991	0.991
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.116	1.107	1.065	1.043	1.031	1.026	1.017	1.010	1.006	1.000	0.995	0.995	0.994	0.993	0.993
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.115	1.107	1.074	1.043	1.032	1.026	1.018	1.010	1.007	0.998	0.997	0.993	0.993	0.993	0.993
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.116	1.106	1.065	1.043	1.031	1.027	1.018	1.011	1.006	0.999	0.994	0.994	0.993	0.993	0.993
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.114	1.109	1.081	1.042	1.035	1.021	1.013	1.003	1.001	1.014	0.992	0.992	0.993	0.991	0.992
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.116	1.109	1.081	1.042	1.035	1.026	1.014	1.003	1.001	1.015	0.993	0.992	0.992	0.992	0.992
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.116	1.108	1.079	1.038	1.035	1.025	1.013	1.007	1.001	1.015	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.117	1.111	1.084	1.056	1.049	1.042	1.035	1.028	1.021	0.998	1.006	1.002	0.999	0.997	0.996
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.117	1.111	1.094	1.051	1.048	1.042	1.036	1.029	1.022	0.999	1.008	1.001	1.000	0.997	0.996
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.117	1.110	1.104	1.054	1.048	1.040	1.036	1.028	1.022	0.998	1.006	1.001	1.002	0.997	0.995
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.116	1.115	1.082	1.065	1.052	1.016	1.008	1.003	0.998	0.997	0.997	0.997	1.000	1.000	0.998
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.115	1.115	1.078	1.060	1.051	1.017	1.008	1.003	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.998	0.998
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.116	1.114	1.078	1.070	1.051	1.017	1.008	1.003	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.997
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.115	1.112	1.079	1.037	1.029	1.019	1.010	1.004	1.002	1.004	0.998	0.999	1.001	0.999	0.996
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.115	1.112	1.080	1.038	1.029	1.021	1.010	1.004	1.001	1.004	0.997	1.000	1.001	0.996	0.995
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.115	1.112	1.078	1.037	1.029	1.020	1.010	1.005	1.002	1.005	0.997	0.999	0.997	0.998	0.996
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.115	1.107	1.077	1.039	1.023	1.020	1.009	1.003	0.998	0.996	0.996	0.999	0.996	0.996	0.993
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.116	1.106	1.071	1.039	1.023	1.019	1.009	1.003	0.998	0.997	0.997	1.000	0.999	0.995	0.992
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.115	1.107	1.087	1.039	1.023	1.018	1.009	1.005	0.999	0.998	0.996	0.999	0.997	0.996	0.992

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 41 — Comportamiento en la acidez titulable (% ac. cítrico) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	2.33	3.45	3.83	3.83	3.90	3.98	4.05	4.28	4.35	4.43	4.28	4.58	4.58	5.18	5.20
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	2.33	3.60	3.90	3.83	3.90	4.05	4.05	4.20	4.35	4.35	4.20	4.50	4.65	5.25	5.30
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	2.33	3.45	3.68	3.83	3.90	4.05	4.05	4.20	4.35	4.35	4.20	4.50	4.58	5.25	5.30
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.33	3.15	3.38	3.68	3.75	3.75	3.83	3.83	4.05	4.35	4.43	4.50	4.58	4.58	4.58
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.33	3.23	3.38	3.68	3.68	3.83	3.83	3.90	4.20	4.28	4.50	4.50	4.50	4.58	4.58
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.33	3.15	3.45	3.75	3.75	3.75	3.83	3.83	4.05	4.35	4.50	4.50	4.58	4.58	4.58
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	2.33	2.63	3.08	3.53	3.53	3.68	3.98	3.98	4.50	4.20	3.90	4.35	4.05	4.13	4.20
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	2.33	2.48	3.23	3.45	3.60	3.60	3.90	4.13	4.43	4.20	3.83	4.50	4.13	4.20	4.20
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	2.33	2.63	3.08	3.45	3.53	3.68	3.90	4.05	4.43	4.20	3.83	4.35	4.13	4.13	4.15
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.33	2.70	3.08	3.30	3.53	3.83	3.90	3.98	4.05	4.05	4.13	4.35	4.43	5.40	5.40
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.33	2.63	3.08	3.30	3.53	3.83	3.83	3.98	3.98	4.13	4.05	4.35	4.35	5.25	5.35
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.33	2.55	3.15	3.30	3.45	3.75	3.90	3.98	3.98	4.05	4.13	4.35	4.35	5.25	5.35
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	2.33	3.83	4.05	4.28	4.50	4.88	5.10	5.10	5.10	5.48	5.55	5.33	5.18	5.33	5.45
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	2.33	3.90	3.98	4.20	4.58	4.80	4.95	5.10	5.10	5.40	5.48	5.33	5.18	5.25	5.40
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	2.33	3.83	4.05	4.35	4.50	4.88	4.95	5.03	5.10	5.40	5.55	5.33	5.10	5.25	5.40
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.33	2.78	3.15	3.38	3.60	3.90	3.90	3.98	4.05	4.13	4.13	4.35	4.35	4.13	4.20
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.33	2.78	3.08	3.38	3.53	3.83	3.98	3.98	4.05	4.05	4.13	4.28	4.35	4.05	4.15
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.33	2.78	3.15	3.38	3.60	3.90	3.90	3.98	3.98	4.13	4.13	4.28	4.50	4.13	4.20
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	2.33	2.93	3.08	4.13	4.05	4.20	4.35	4.80	4.80	5.48	4.88	4.58	4.50	4.88	5.00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	2.33	2.78	3.15	4.05	4.13	4.13	4.43	4.88	4.95	5.40	4.80	4.65	4.58	4.80	5.00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	2.33	3.00	3.00	4.05	3.98	4.13	4.35	4.80	4.80	5.48	4.88	4.65	4.58	4.80	5.00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.33	2.93	3.15	3.60	3.60	3.83	3.90	4.05	4.13	4.35	4.43	4.65	4.65	4.73	4.75
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.33	2.85	3.08	3.53	3.60	3.90	3.98	3.98	4.13	4.43	4.43	4.65	4.65	4.65	4.70
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.33	2.85	3.08	3.53	3.60	3.90	3.98	4.05	4.20	4.35	4.35	4.65	4.65	4.73	4.75

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 42— Comportamiento en la Absorbancia a 420nm registrados durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.836	0.819	0.814	0.807	0.805	0.747	0.741	0.730	0.725	0.641	0.586	0.434	0.365	0.356	0.348
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.828	0.817	0.816	0.802	0.807	0.736	0.726	0.719	0.719	0.637	0.587	0.432	0.378	0.365	0.353
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.821	0.814	0.816	0.809	0.803	0.726	0.727	0.728	0.722	0.641	0.589	0.437	0.370	0.355	0.342
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.758	0.756	0.754	0.753	0.751	0.751	0.742	0.733	0.611	0.602	0.556	0.498	0.430	0.290	0.273
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.768	0.761	0.755	0.748	0.753	0.752	0.747	0.731	0.612	0.606	0.552	0.503	0.411	0.292	0.275
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.776	0.774	0.770	0.768	0.755	0.752	0.745	0.734	0.611	0.610	0.559	0.513	0.415	0.293	0.278
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.504	0.501	0.495	0.486	0.474	0.414	0.413	0.402	0.392	0.380	0.361	0.354	0.346	0.289	0.271
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.507	0.503	0.491	0.483	0.470	0.417	0.415	0.396	0.394	0.384	0.366	0.352	0.344	0.290	0.276
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.506	0.505	0.496	0.489	0.478	0.416	0.416	0.402	0.390	0.382	0.367	0.355	0.346	0.289	0.269
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.983	0.970	0.952	0.931	0.867	0.583	0.582	0.581	0.571	0.558	0.478	0.406	0.361	0.338	0.303
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.986	0.953	0.948	0.944	0.863	0.586	0.571	0.585	0.566	0.546	0.477	0.405	0.358	0.338	0.301
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.976	0.948	0.942	0.926	0.856	0.576	0.569	0.581	0.584	0.552	0.480	0.402	0.360	0.338	0.304
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.785	0.772	0.769	0.752	0.745	0.735	0.729	0.721	0.689	0.672	0.628	0.534	0.430	0.319	0.307
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.782	0.771	0.764	0.761	0.742	0.732	0.723	0.724	0.685	0.673	0.631	0.528	0.426	0.322	0.301
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.756	0.764	0.762	0.752	0.749	0.736	0.724	0.722	0.694	0.672	0.628	0.530	0.429	0.329	0.309
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.969	0.966	0.952	0.944	0.933	0.939	0.890	0.869	0.828	0.746	0.674	0.649	0.621	0.456	0.428
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.982	0.960	0.958	0.955	0.941	0.932	0.910	0.872	0.819	0.740	0.672	0.639	0.595	0.456	0.431
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.982	0.972	0.968	0.964	0.949	0.932	0.913	0.863	0.843	0.743	0.676	0.641	0.609	0.457	0.433
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.572	0.570	0.567	0.549	0.547	0.572	0.574	0.576	0.533	0.475	0.467	0.449	0.465	0.355	0.321
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.570	0.561	0.555	0.552	0.541	0.570	0.572	0.581	0.528	0.481	0.468	0.453	0.445	0.356	0.327
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.566	0.563	0.561	0.552	0.542	0.566	0.570	0.566	0.538	0.488	0.469	0.462	0.434	0.357	0.334
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.863	0.862	0.856	0.854	0.852	0.843	0.836	0.825	0.722	0.719	0.652	0.582	0.549	0.460	0.432
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.874	0.860	0.855	0.851	0.848	0.844	0.839	0.822	0.787	0.720	0.680	0.573	0.562	0.466	0.427
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.865	0.864	0.862	0.860	0.852	0.845	0.836	0.822	0.722	0.715	0.647	0.571	0.541	0.467	0.435

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 43 — Comportamiento de la Intensidad de Colorante (IC) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.289	1.257	1.247	1.235	1.226	1.116	1.102	1.088	1.067	0.978	0.915	0.750	0.674	0.637	0.621
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.273	1.245	1.237	1.216	1.218	1.094	1.071	1.060	1.056	0.968	0.914	0.743	0.679	0.640	0.618
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.288	1.260	1.260	1.249	1.238	1.111	1.106	1.102	1.087	0.999	0.925	0.758	0.682	0.639	0.617
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.086	1.071	1.065	1.054	1.049	1.002	0.988	0.975	0.836	0.823	0.775	0.709	0.632	0.488	0.460
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.100	1.078	1.067	1.053	1.054	1.020	1.008	0.989	0.848	0.839	0.777	0.716	0.616	0.493	0.464
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.112	1.099	1.088	1.077	1.058	1.005	1.003	0.987	0.850	0.845	0.788	0.730	0.624	0.495	0.468
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.842	0.824	0.813	0.799	0.783	0.712	0.708	0.695	0.679	0.661	0.640	0.625	0.602	0.526	0.494
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.838	0.817	0.800	0.785	0.771	0.708	0.703	0.681	0.665	0.647	0.623	0.597	0.581	0.514	0.497
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.840	0.830	0.816	0.804	0.789	0.703	0.700	0.683	0.659	0.639	0.610	0.593	0.579	0.506	0.475
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.465	1.439	1.413	1.386	1.318	0.984	0.980	0.972	0.952	0.930	0.846	0.765	0.702	0.646	0.596
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.479	1.428	1.412	1.405	1.320	0.993	0.975	0.983	0.949	0.921	0.848	0.766	0.710	0.653	0.606
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.452	1.413	1.402	1.383	1.311	0.981	0.971	0.980	0.969	0.933	0.855	0.765	0.711	0.650	0.605
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.136	1.108	1.100	1.076	1.066	1.024	1.015	1.002	0.960	0.935	0.882	0.782	0.671	0.540	0.518
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.127	1.097	1.087	1.074	1.049	1.008	0.996	0.994	0.941	0.921	0.868	0.759	0.653	0.525	0.502
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.094	1.080	1.075	1.054	1.048	0.994	0.979	0.975	0.936	0.909	0.857	0.758	0.650	0.530	0.507
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.425	1.407	1.391	1.378	1.364	1.360	1.308	1.284	1.226	1.119	1.040	1.000	0.958	0.760	0.704
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.428	1.393	1.389	1.382	1.364	1.308	1.283	1.242	1.167	1.061	0.987	0.943	0.893	0.743	0.685
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.425	1.410	1.405	1.395	1.376	1.315	1.293	1.240	1.195	1.080	0.997	0.949	0.910	0.748	0.695
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.024	1.007	0.999	0.974	0.970	0.993	0.992	0.889	0.832	0.769	0.754	0.726	0.723	0.592	0.544
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.025	0.981	0.992	0.984	0.969	0.993	0.992	0.898	0.831	0.768	0.731	0.711	0.696	0.587	0.546
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.010	0.994	0.987	0.973	0.957	0.978	0.979	0.871	0.836	0.764	0.728	0.725	0.689	0.589	0.551
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	1.249	1.233	1.223	1.205	1.201	1.142	1.132	1.116	1.023	1.017	0.939	0.863	0.816	0.711	0.669
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	1.265	1.238	1.226	1.216	1.206	1.172	1.164	1.143	1.092	1.021	0.969	0.856	0.833	0.714	0.650
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	1.254	1.229	1.221	1.215	1.205	1.179	1.167	1.149	1.031	1.018	0.938	0.866	0.817	0.720	0.660

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 44 — Comportamiento en la Tonalidad (TON) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.845	1.870	1.880	1.886	1.912	2.024	2.053	2.039	2.120	1.902	1.781	1.373	1.181	1.267	1.275
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.861	1.909	1.938	1.937	1.964	2.056	2.104	2.109	2.134	1.924	1.795	1.389	1.256	1.327	1.332
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.758	1.825	1.838	1.839	1.846	1.886	1.918	1.947	1.978	1.791	1.753	1.361	1.186	1.250	1.244
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.311	2.400	2.424	2.502	2.520	2.992	3.016	3.029	2.716	2.724	2.539	2.360	2.129	1.465	1.460
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.313	2.401	2.420	2.452	2.502	2.806	2.862	2.833	2.593	2.601	2.453	2.362	2.005	1.453	1.455
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.310	2.382	2.421	2.485	2.492	2.972	2.888	2.901	2.556	2.596	2.441	2.364	1.986	1.450	1.463
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.491	1.551	1.557	1.553	1.534	1.389	1.400	1.372	1.366	1.352	1.294	1.306	1.352	1.219	1.215
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.532	1.602	1.589	1.599	1.561	1.433	1.441	1.389	1.454	1.460	1.424	1.437	1.451	1.295	1.249
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.515	1.554	1.550	1.552	1.537	1.449	1.465	1.431	1.450	1.486	1.510	1.492	1.485	1.332	1.306
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.039	2.068	2.065	2.046	1.922	1.454	1.462	1.486	1.499	1.500	1.299	1.131	1.059	1.097	1.034
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.000	2.006	2.043	2.048	1.888	1.440	1.413	1.470	1.478	1.456	1.286	1.122	1.017	1.073	0.987
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.050	2.039	2.048	2.026	1.881	1.422	1.415	1.456	1.517	1.449	1.280	1.107	1.026	1.083	1.010
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	2.236	2.298	2.323	2.321	2.321	2.543	2.549	2.566	2.542	2.555	2.472	2.153	1.784	1.443	1.455
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	2.267	2.365	2.365	2.431	2.417	2.652	2.648	2.681	2.676	2.715	2.662	2.286	1.877	1.586	1.498
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	2.237	2.418	2.435	2.490	2.505	2.853	2.839	2.854	2.868	2.835	2.742	2.325	1.941	1.637	1.561
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.125	2.190	2.169	2.175	2.165	2.230	2.129	2.094	2.080	2.000	1.842	1.849	1.843	1.500	1.551
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.202	2.217	2.223	2.237	2.225	2.479	2.440	2.357	2.353	2.305	2.133	2.102	1.997	1.589	1.697
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.217	2.219	2.215	2.237	2.222	2.433	2.403	2.289	2.395	2.205	2.106	2.081	2.023	1.570	1.653
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	1.265	1.304	1.313	1.292	1.293	1.359	1.373	1.840	1.783	1.616	1.627	1.621	1.802	1.498	1.439
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	1.253	1.336	1.270	1.278	1.264	1.348	1.362	1.833	1.743	1.676	1.779	1.756	1.773	1.541	1.493
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	1.275	1.306	1.317	1.311	1.306	1.374	1.394	1.856	1.805	1.768	1.811	1.757	1.702	1.539	1.539
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	2.236	2.323	2.332	2.433	2.441	2.819	2.824	2.835	2.399	2.413	2.272	2.071	2.056	1.833	1.823
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	2.235	2.275	2.305	2.332	2.369	2.573	2.582	2.561	2.580	2.392	2.353	2.025	2.074	1.879	1.915
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	2.224	2.367	2.401	2.423	2.414	2.530	2.526	2.514	2.337	2.360	2.223	1.936	1.960	1.846	1.933

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 45 — Comportamiento del Color del Vino (WC) registrados durante la fermentación de la bebida fermentada

Tratamientos	Tiempo (horas)														
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.453	0.438	0.433	0.428	0.421	0.369	0.361	0.358	0.342	0.337	0.329	0.316	0.309	0.281	0.273
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.445	0.428	0.421	0.414	0.411	0.358	0.345	0.341	0.337	0.331	0.327	0.311	0.301	0.275	0.265
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.467	0.446	0.444	0.440	0.435	0.385	0.379	0.374	0.365	0.358	0.336	0.321	0.312	0.284	0.275
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.328	0.315	0.311	0.301	0.298	0.251	0.246	0.242	0.225	0.221	0.219	0.211	0.202	0.198	0.187
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.332	0.317	0.312	0.305	0.301	0.268	0.261	0.258	0.236	0.233	0.225	0.213	0.205	0.201	0.189
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.336	0.325	0.318	0.309	0.303	0.253	0.258	0.253	0.239	0.235	0.229	0.217	0.209	0.202	0.190
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.338	0.323	0.318	0.313	0.309	0.298	0.295	0.293	0.287	0.281	0.279	0.271	0.256	0.237	0.223
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.331	0.314	0.309	0.302	0.301	0.291	0.288	0.285	0.271	0.263	0.257	0.245	0.237	0.224	0.221
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.334	0.325	0.320	0.315	0.311	0.287	0.284	0.281	0.269	0.257	0.243	0.238	0.233	0.217	0.206
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.482	0.469	0.461	0.455	0.451	0.401	0.398	0.391	0.381	0.372	0.368	0.359	0.341	0.308	0.293
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.493	0.475	0.464	0.461	0.457	0.407	0.404	0.398	0.383	0.375	0.371	0.361	0.352	0.315	0.305
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.476	0.465	0.460	0.457	0.455	0.405	0.402	0.399	0.385	0.381	0.375	0.363	0.351	0.312	0.301
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.351	0.336	0.331	0.324	0.321	0.289	0.286	0.281	0.271	0.263	0.254	0.248	0.241	0.221	0.211
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.345	0.326	0.323	0.313	0.307	0.276	0.273	0.270	0.256	0.248	0.237	0.231	0.227	0.203	0.201
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.338	0.316	0.313	0.302	0.299	0.258	0.255	0.253	0.242	0.237	0.229	0.228	0.221	0.201	0.198
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.456	0.441	0.439	0.434	0.431	0.421	0.418	0.415	0.398	0.373	0.366	0.351	0.337	0.304	0.276
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.446	0.433	0.431	0.427	0.423	0.376	0.373	0.370	0.348	0.321	0.315	0.304	0.298	0.287	0.254
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.443	0.438	0.437	0.431	0.427	0.383	0.380	0.377	0.352	0.337	0.321	0.308	0.301	0.291	0.262
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	0.452	0.437	0.432	0.425	0.423	0.421	0.418	0.313	0.299	0.294	0.287	0.277	0.258	0.237	0.223
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	0.455	0.420	0.437	0.432	0.428	0.423	0.420	0.317	0.303	0.287	0.263	0.258	0.251	0.231	0.219
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	0.444	0.431	0.426	0.421	0.415	0.412	0.409	0.305	0.298	0.276	0.259	0.263	0.255	0.232	0.217
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	0.386	0.371	0.367	0.351	0.349	0.299	0.296	0.291	0.301	0.298	0.287	0.281	0.267	0.251	0.237
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	0.391	0.378	0.371	0.365	0.358	0.328	0.325	0.321	0.305	0.301	0.289	0.283	0.271	0.248	0.223
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	0.389	0.365	0.359	0.355	0.353	0.334	0.331	0.327	0.309	0.303	0.291	0.295	0.276	0.253	0.225

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Factor A: Tipo de Miel**

**Nivel A<sub>1</sub>:** Miel de Kerapata

**Nivel A<sub>2</sub>:** Miel de Vilcabamba

**Factor B: Tipo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)**

**Nivel B<sub>1</sub>:** Tuna púrpura

**Nivel B<sub>2</sub>:** Tuna amarilla

**Factor C: Cepa de levadura**

**Nivel C<sub>1</sub>:** *Saccharomyces cerevisiae*

**Nivel C<sub>2</sub>:** *Saccharomyces bayanus*

Tabla 46 — Resultados para las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* en mosto limpio A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	4	4	4	4	4
2	4	3	3	5	4
3	4	4	3	4	5
4	3	3	3	5	3
5	3	3	2	3	3
6	4	4	5	3	4
7	5	4	4	3	5
8	3	5	4	4	4
9	2	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4
11	3	3	3	4	3
12	2	3	2	4	3
13	4	4	4	4	4
14	4	3	4	4	3
15	3	4	3	4	4
16	4	4	4	5	4
17	4	4	5	4	3
18	3	4	2	3	2
19	3	4	3	4	4
20	3	4	3	4	3
21	4	3	3	5	4
22	4	3	5	5	4
23	4	3	5	5	4
24	4	5	5	4	4
25	2	3	3	4	4
26	3	4	4	5	4
27	4	4	5	5	4
28	4	3	3	3	4
29	4	4	3	4	4
30	4	2	1	5	4
31	3	2	4	4	4
32	2	2	4	4	2
33	2	3	4	4	3
34	4	5	4	4	4
35	4	4	3	5	3
36	3	3	2	4	4
37	4	5	5	5	4
38	4	2	3	4	3
39	3	5	3	4	3
40	2	5	5	4	5

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA-UNAMBA-APURÍMAC

Tabla 47 — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* en mosto limpio A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	4	4	4	3	3
2	4	5	4	4	3
3	3	3	2	3	2
4	4	4	4	4	5
5	5	4	3	4	4
6	4	4	4	3	4
7	4	5	4	4	5
8	4	5	4	4	4
9	5	4	3	5	4
10	5	3	1	4	4
11	3	3	4	4	4
12	4	3	3	4	4
13	4	3	2	4	4
14	4	4	5	4	5
15	4	3	3	4	3
16	4	4	4	5	4
17	5	4	5	5	3
18	5	3	4	3	4
19	4	5	1	3	4
20	3	4	4	5	2
21	4	1	3	4	3
22	4	3	3	3	3
23	3	2	3	4	3
24	4	4	4	4	4
25	5	4	5	4	4
26	4	4	4	4	4
27	5	3	4	5	4
28	5	3	4	4	2
29	5	3	5	4	4
30	5	4	3	4	3
31	4	4	5	5	4
32	3	1	2	3	2
33	3	2	5	4	3
34	3	5	2	4	3
35	3	1	2	4	2
36	4	3	3	4	4
37	5	5	4	4	4
38	4	3	4	5	3
39	4	4	5	4	5
40	3	5	5	4	4

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA-UNAMBA-APURÍMAC



Tabla 48 — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* en mosto limpio A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	4	5	5	3	3
2	2	5	3	3	4
3	3	5	3	4	4
4	4	4	4	4	5
5	4	4	5	3	4
6	3	5	5	5	5
7	3	5	5	5	4
8	3	5	5	5	5
9	4	5	5	5	5
10	4	5	2	3	4
11	4	4	5	5	4
12	3	5	3	1	4
13	3	4	3	3	3
14	3	3	3	5	3
15	3	3	3	4	3
16	2	4	3	3	3
17	4	4	4	5	4
18	3	3	4	3	4
19	5	4	3	4	4
20	4	3	5	5	4
21	4	4	3	5	5
22	4	4	4	5	4
23	3	4	3	5	4
24	3	3	3	2	3
25	4	4	5	4	4
26	4	5	4	5	5
27	3	5	5	5	4
28	4	4	5	4	3
29	4	5	5	3	5
30	5	2	2	1	4
31	3	5	2	5	3
32	3	2	3	4	3
33	3	4	5	4	3
34	4	5	3	5	3
35	4	5	3	4	4
36	3	4	3	4	4
37	5	5	4	5	5
38	4	2	5	3	2
39	4	3	2	5	4
40	4	4	3	5	4

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA UNAMBA-APURÍMAC

Tabla 49 — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* en mosto limpio A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	4	5	5	3	3
2	5	5	3	3	4
3	4	5	3	4	4
4	4	4	4	4	5
5	5	4	5	3	4
6	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	4
8	5	5	5	5	5
9	4	5	5	5	5
10	4	5	2	3	4
11	4	4	5	5	4
12	5	5	3	1	4
13	4	4	3	3	3
14	3	3	3	5	3
15	5	3	3	4	3
16	4	4	3	3	3
17	4	4	4	5	4
18	5	3	4	3	4
19	5	4	3	4	4
20	4	3	5	5	4
21	4	4	3	5	5
22	4	4	4	5	4
23	5	4	3	5	4
24	4	3	3	2	3
25	4	4	5	4	4
26	4	5	4	5	5
27	5	5	5	5	4
28	5	4	5	4	3
29	4	5	5	3	5
30	5	2	2	1	4
31	5	5	2	5	3
32	4	2	3	4	3
33	4	4	5	4	3
34	4	5	3	5	3
35	4	5	3	4	4
36	4	4	3	4	4
37	5	5	4	5	5
38	4	2	5	3	2
39	4	3	2	5	4
40	4	4	3	5	4

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA-UNAMBA-APURÍMAC

Tabla 50 — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* en mosto limpio A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	4	5	5	3	3
2	3	5	3	3	4
3	4	5	3	4	4
4	3	4	4	4	5
5	4	4	5	3	4
6	3	5	5	5	5
7	3	5	5	5	4
8	3	5	5	5	5
9	3	5	5	5	5
10	4	5	2	3	4
11	4	4	5	5	4
12	3	5	3	1	4
13	4	4	3	3	3
14	3	3	3	5	3
15	3	3	3	4	3
16	2	4	3	3	3
17	4	4	4	5	4
18	3	3	4	3	4
19	5	4	3	4	4
20	4	3	5	5	4
21	4	4	3	5	5
22	4	4	4	5	4
23	3	4	3	5	4
24	3	3	3	2	3
25	4	4	5	4	4
26	4	5	4	5	5
27	3	5	5	5	4
28	5	4	5	4	3
29	4	5	5	3	5
30	5	2	2	1	4
31	3	5	2	5	3
32	3	2	3	4	3
33	3	4	5	4	3
34	4	5	3	5	3
35	1	5	3	4	4
36	3	4	3	4	4
37	5	5	4	5	5
38	4	2	5	3	2
39	4	3	2	5	4
40	4	4	3	5	4

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA-UNAMBA-APURÍMAC

Tabla 51 — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* en mosto limpio A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	5	4	5	4	5
2	5	3	4	4	4
3	3	3	3	2	4
4	4	3	5	4	4
5	4	2	3	4	3
6	5	5	5	3	5
7	5	4	4	4	4
8	4	5	4	4	4
9	5	3	5	4	3
10	4	5	3	3	5
11	5	3	4	3	4
12	3	5	5	1	4
13	4	4	4	3	4
14	4	5	4	4	5
15	4	3	3	4	4
16	4	4	4	4	4
17	5	4	5	5	4
18	4	3	3	4	4
19	4	2	3	3	4
20	4	3	4	3	3
21	3	3	2	5	3
22	4	3	3	5	3
23	3	4	3	4	4
24	4	2	4	4	4
25	4	3	3	4	4
26	3	4	2	4	3
27	4	3	4	5	4
28	4	2	1	3	3
29	4	4	4	4	4
30	3	3	3	4	4
31	5	3	5	4	2
32	4	2	3	3	2
33	4	5	5	4	5
34	4	4	3	4	4
35	4	2	3	3	2
36	3	3	5	3	4
37	3	5	5	5	3
38	5	4	4	4	5
39	4	4	4	3	4
40	3	4	4	4	3

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA-UNAMBA-APURÍMAC



Tabla 52 — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* en mosto limpio A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	5	4	4	3	4
2	3	4	4	3	4
3	3	4	2	3	3
4	3	3	3	4	4
5	4	4	5	4	5
6	5	5	5	5	5
7	4	5	5	4	5
8	4	5	4	4	4
9	4	3	4	5	4
10	4	4	3	2	4
11	4	4	5	5	5
12	3	5	5	1	4
13	4	5	5	4	5
14	4	5	4	5	4
15	3	4	3	4	4
16	3	3	3	4	4
17	4	4	3	4	3
18	4	4	2	4	4
19	5	5	5	5	5
20	3	4	4	4	4
21	5	4	3	4	5
22	4	5	2	5	4
23	4	4	2	3	4
24	4	2	3	5	3
25	4	3	3	4	4
26	4	4	3	4	4
27	4	4	5	5	4
28	3	4	3	3	4
29	5	4	5	3	4
30	3	2	2	3	4
31	2	2	5	3	2
32	4	3	3	2	3
33	3	5	2	5	4
34	4	5	5	5	5
35	4	4	3	4	5
36	4	4	4	5	5
37	4	5	5	5	3
38	3	4	5	2	4
39	3	4	5	3	5
40	4	4	3	4	3

Extraído: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA-UNAMBA-APURÍMAC

Tabla 53 — Resultados de las pruebas sensoriales de aceptabilidad de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna púrpura, inoculada con levadura *Saccharomyces bayanus* en mosto limpio A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>

Catadores	Aroma	Dulzor	Acidez	Color	Apreciación global
1	3	1	2	3	4
2	2	3	3	3	4
3	3	3	2	2	2
4	3	3	3	1	2
5	4	5	5	4	5
6	4	4	5	2	5
7	4	4	4	4	5
8	4	5	4	4	4
9	4	5	5	3	5
10	4	2	4	3	4
11	4	4	5	4	4
12	4	5	5	1	4
13	4	2	3	4	4
14	5	4	4	4	3
15	5	2	3	4	4
16	5	4	3	4	5
17	5	4	5	5	4
18	4	4	4	4	3
19	4	1	2	4	2
20	5	3	4	5	4
21	3	2	2	4	3
22	3	2	3	5	2
23	3	3	3	4	4
24	4	2	3	5	3
25	4	3	3	4	4
26	3	3	3	5	4
27	5	3	5	5	3
28	4	3	3	4	3
29	3	3	4	2	4
30	4	3	2	1	3
31	4	3	5	4	4
32	4	1	2	3	2
33	4	2	5	3	3
34	3	4	3	3	2
35	3	3	2	4	2
36	3	3	4	3	4
37	5	5	5	5	5
38	5	3	4	3	4
39	2	4	2	4	4
40	5	4	5	5	3

Fuente: Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales

EAPIA-UNAMBA-APURÍMAC

**Tabla 54 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	13.37
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	59.97
Azúcares reductores	G	NTP 212.038			7.63
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.114
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.29

**Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.**

**Tabla 55 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	13.52
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	85.22
Azúcares reductores	G	NTP 212.038			8.16
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.650
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.31

**Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.**

**Tabla 56 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	12.78
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	64.25
Azúcares reductores	G	NTP 212.038			6.23
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.147
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.28

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Tabla 57 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	12.90
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	86.17
Azúcares reductores	G	NTP 212.038			7.28
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.657
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.27

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Tabla 58 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	14.32
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	53.80
Azúcares reductores	G	NTP 212.038			7.12
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.350
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.33

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Tabla 59 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	15.52
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	76.06
Azúcares reductores	G	NTP 212.038			4.19
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.352
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.28

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Tabla 60 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	14.39
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	86.17
Azucares reductores	g	NTP 212.038			7.28
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.725
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.31

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Tabla 61 — Registro del análisis fisicoquímico de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos
			Min	Máx	
Grado alcohólico a 20° C	°GL	NTP 212.030	10.0	----	15.16
Extracto seco	g/L	NTP 212.036	21.0	----	95.76
Azucares reductores	G	NTP 212.038			4.76
Acidez volátil	g/L	NTP 212.031	---	1.2	0.656
Cenizas	g/L	NTP 212.008	---	1.0	0.33

Extraído: Laboratorio de Química General EAPIA-UNAMBA-Apurímac-Perú.

**Tabla 62 — Registro del análisis Cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos	
			Min	Máx		
Metanol	mg/100mL	NTP 211.035	4.0	100.0	---	---
	Alcohol anhidro					
Aldehídos	mg/100mL	NTP 211.035	3.00	60.0	62.8	62.8
	Alcohol anhidro					
Esteres	mg/100mL	NTP 211.035	10.0	330.0	38.8	38.82
	Alcohol anhidro					
Alcoholes superiores	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	213.0	213.03
	Alcohol anhidro					
Furfural	mg/100mL	NTP 211.035	---	5.0	4.1	4.12
	Alcohol anhidro					
Iso butanol	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	29.8	29.81
	Alcohol anhidro					

**Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú**

**Tabla 63 — Registro del análisis Cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos	
			Min	Máx		
Metanol	mg/100mL	NTP 211.035	4.0	100.0	9.6	9.62
	Alcohol anhidro					
Aldehidos	mg/100mL	NTP 211.035	3.00	60.0	75.03	75.00
	Alcohol anhidro					
Esteres	mg/100mL	NTP 211.035	10.0	330.0	16.89	16.93
	Alcohol anhidro					
Alcoholes superiores	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	170.1	170.08
	Alcohol anhidro					
Furfural	mg/100mL	NTP 211.035	---	5.0	3.3	3.31
	Alcohol anhidro					
Iso butanol	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	13.42	13.37
	Alcohol anhidro					

**Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú**



**Tabla 64 — Registro del análisis Cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos	
			Min	Máx		
Metanol	mg/100mL	NTP 211.035	4.0	100.0	9.0	9.03
	Alcohol anhidro					
Aldehídos	mg/100mL	NTP 211.035	3.00	60.0	72.1	72.12
	Alcohol anhidro					
Esteres	mg/100mL	NTP 211.035	10.0	330.0	17.41	17.40
	Alcohol anhidro					
Alcoholes superiores	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	140.61	140.59
	Alcohol anhidro					
Furfural	mg/100mL	NTP 211.035	---	5.0	2.4	2.42
	Alcohol anhidro					
Iso butanol	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	---	---
	Alcohol anhidro					

**Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú**

**Tabla 65 — Registro del análisis Cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos	
			Min	Máx		
Metanol	mg/100mL	NTP 211.035	4.0	100.0	9.71	9.67
	Alcohol anhidro					
Aldehídos	mg/100mL	NTP 211.035	3.00	60.0	63.31	63.29
	Alcohol anhidro					
Esteres	mg/100mL	NTP 211.035	10.0	330.0	12.61	12.63
	Alcohol anhidro					
Alcoholes superiores	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	202.38	202.38
	Alcohol anhidro					
Furfural	mg/100mL	NTP 211.035	---	5.0	3.01	2.99
	Alcohol anhidro					
Iso butanol	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	---	---
	Alcohol anhidro					

**Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú**



**Tabla 66 — Registro del análisis Cromatográficos de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos	
			Min	Máx		
Metanol	mg/100mL	NTP 211.035	4.0	100.0	10.44	10.44
	Alcohol anhidro					
Aldehídos	mg/100mL	NTP 211.035	3.00	60.0	44.9	44.9
	Alcohol anhidro					
Esteres	mg/100mL	NTP 211.035	10.0	330.0	24.51	24.47
	Alcohol anhidro					
Alcoholes superiores	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	240.28	240.29
	Alcohol anhidro					
Furfural	mg/100mL	NTP 211.035	---	5.0	2.4	2.41
	Alcohol anhidro					
Iso butanol	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	28.8	28.82
	Alcohol anhidro					

**Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú**

**Tabla 67 — Registro del análisis Cromatográficos de la bebida fermentada con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>**

Ensayos	Unidades	Método	Requisitos		Resultados de ensayos	
			Min	Máx		
Metanol	mg/100mL	NTP 211.035	4.0	100.0	10.31	10.29
	Alcohol anhidro					
Aldehídos	mg/100mL	NTP 211.035	3.00	60.0	82.71	82.73
	Alcohol anhidro					
Esteres	mg/100mL	NTP 211.035	10.0	330.0	19.9	19.91
	Alcohol anhidro					
Alcoholes superiores	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	161.3	161.33
	Alcohol anhidro					
Furfural	mg/100mL	NTP 211.035	---	5.0	2.42	2.39
	Alcohol anhidro					
Iso butanol	mg/100mL	NTP 211.035	60.0	350.0	---	---
	Alcohol anhidro					

**Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú**

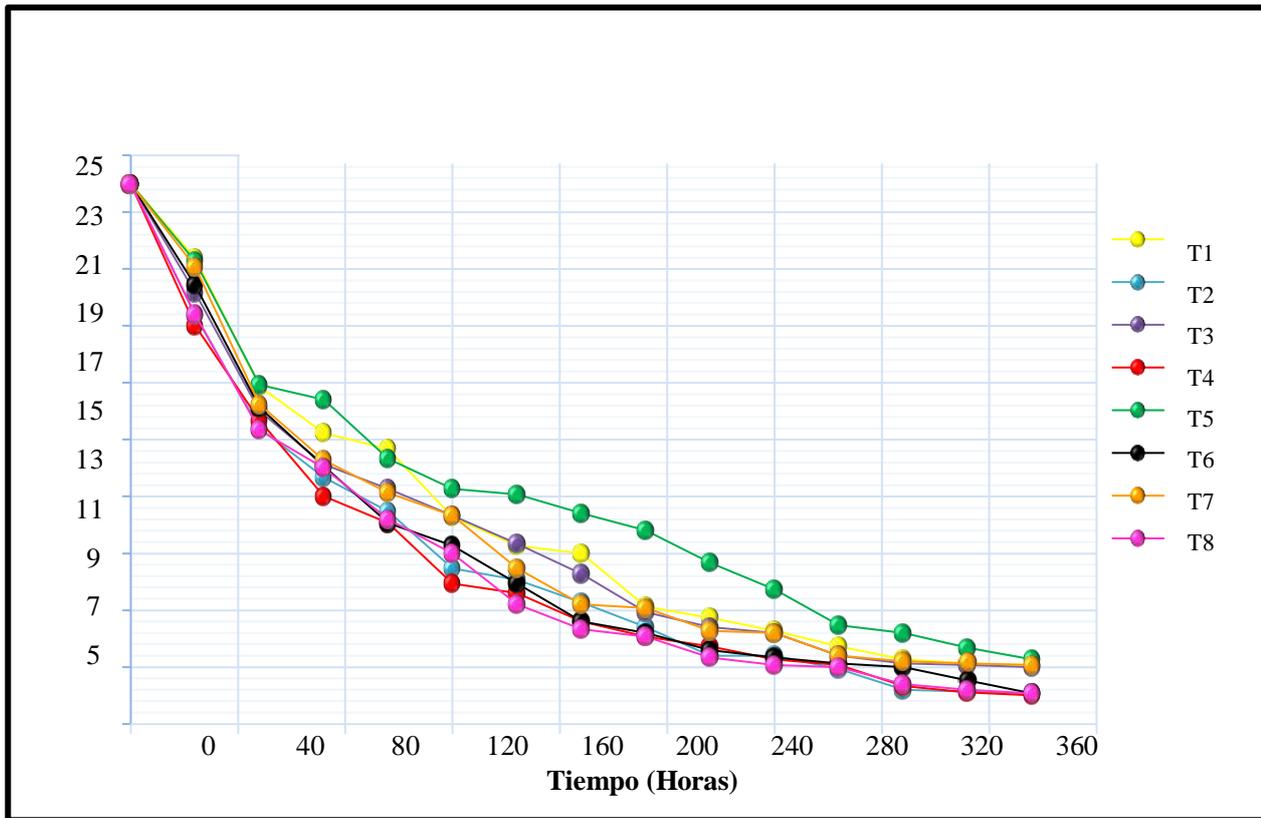


Figura 43 — Grados °Brix vs tiempo de la bebida fermentada

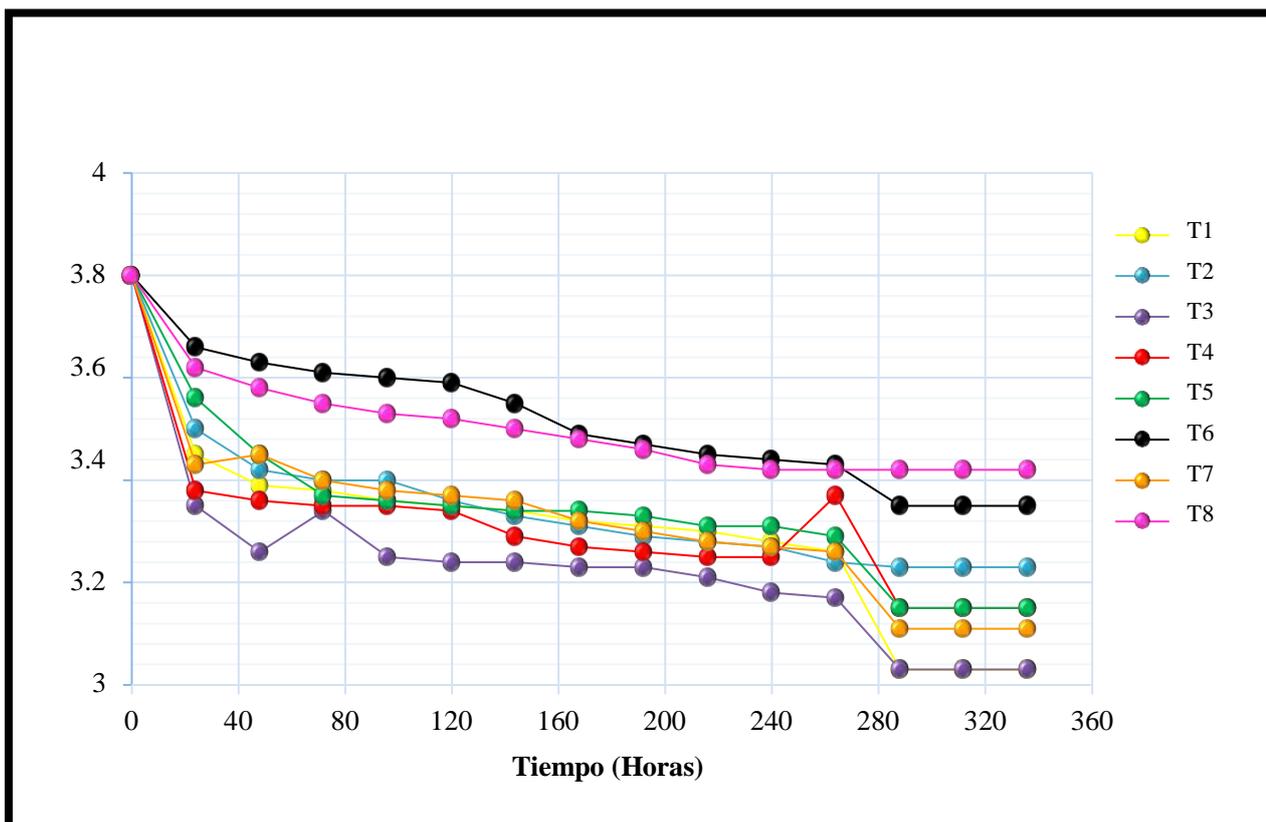


Figura 44 — pH vs tiempo de la bebida fermentada

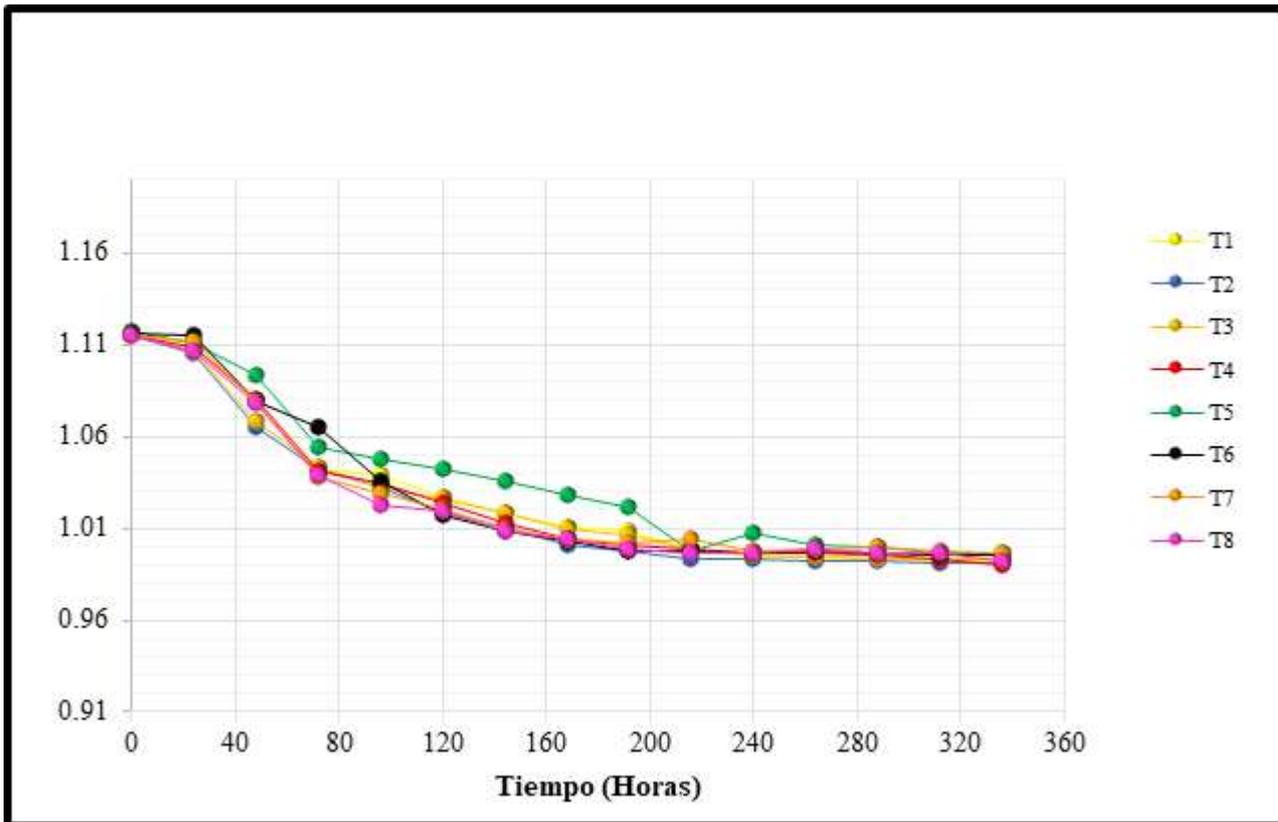


Figura 45 — Densidad vs tiempo de la bebida fermentada.

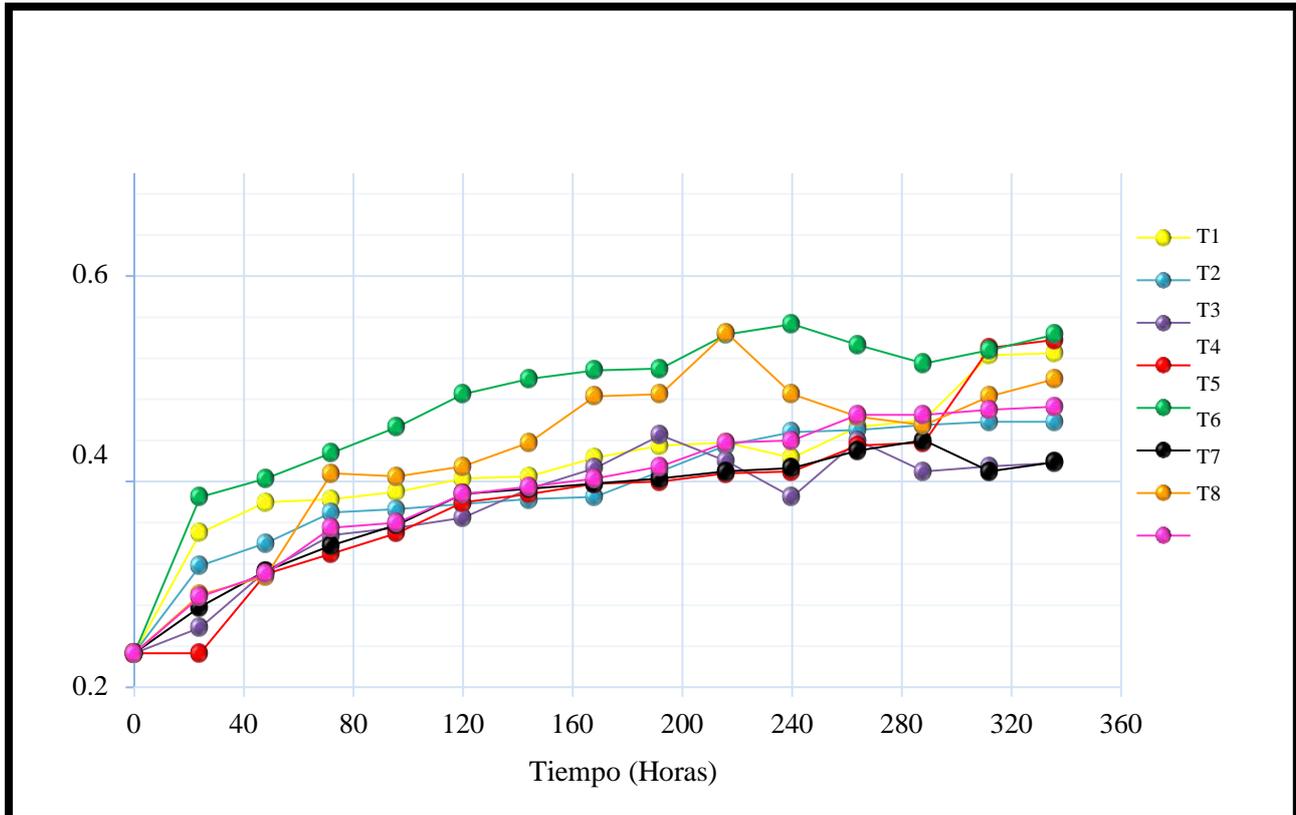


Figura 46 — Acidez vs tiempo de la bebida fermentada

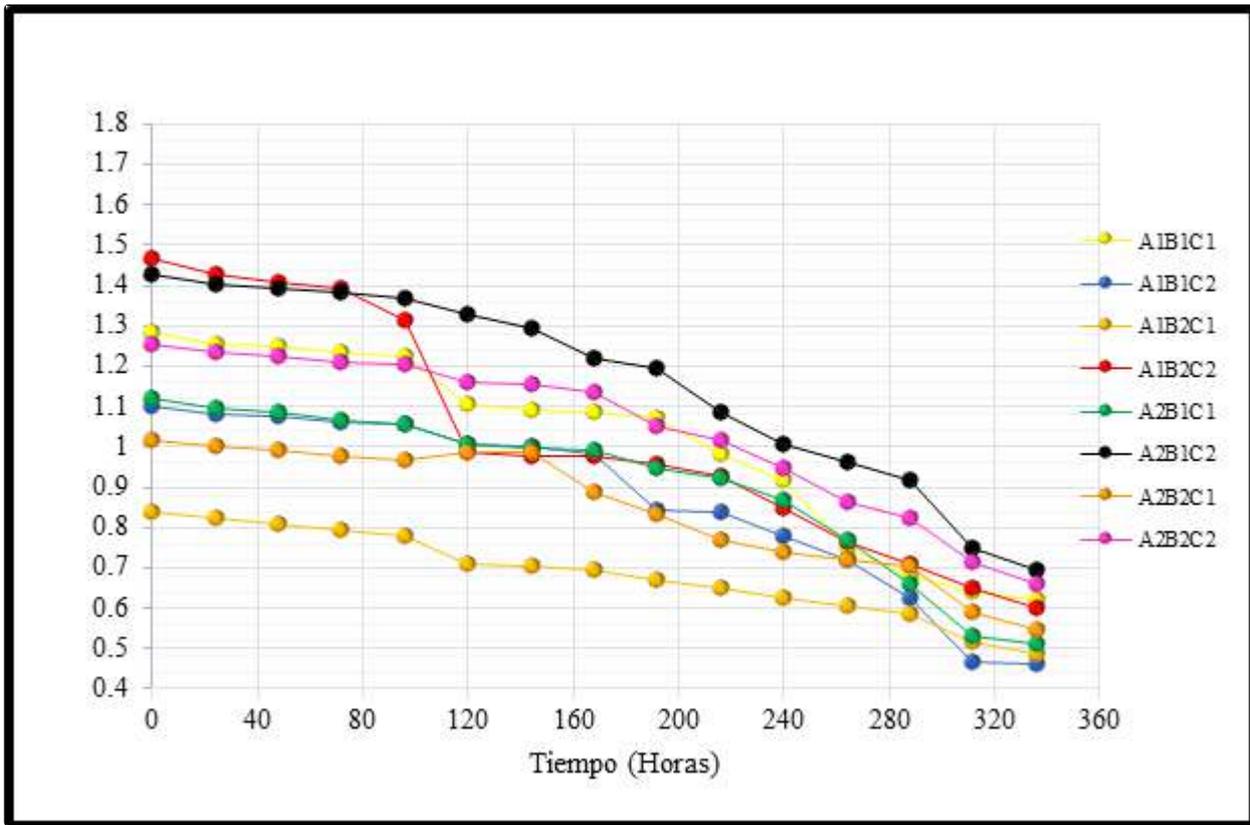


Figura 47 — Intensidad de Color (IC) vs tiempo de la bebida fermentada

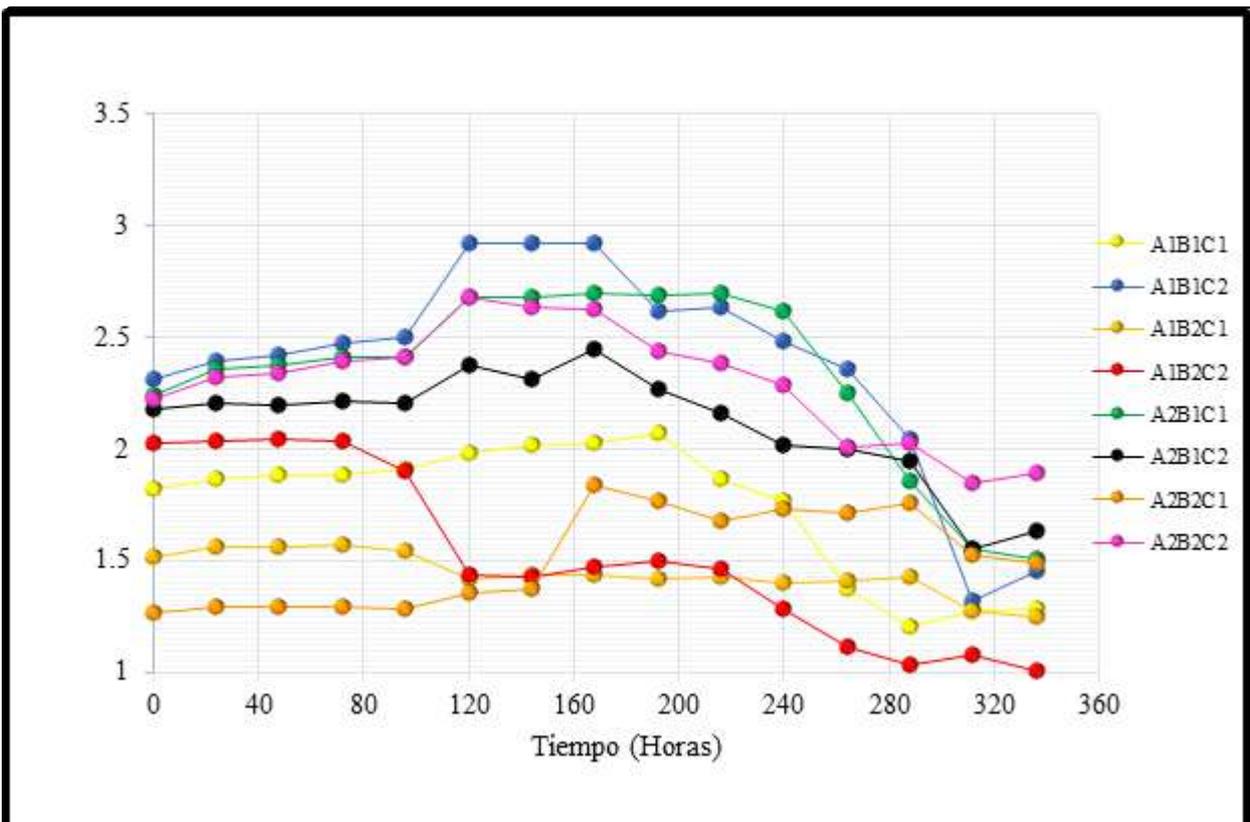


Figura 48 — Tonalidad (TON) vs tiempo de la bebida fermentada

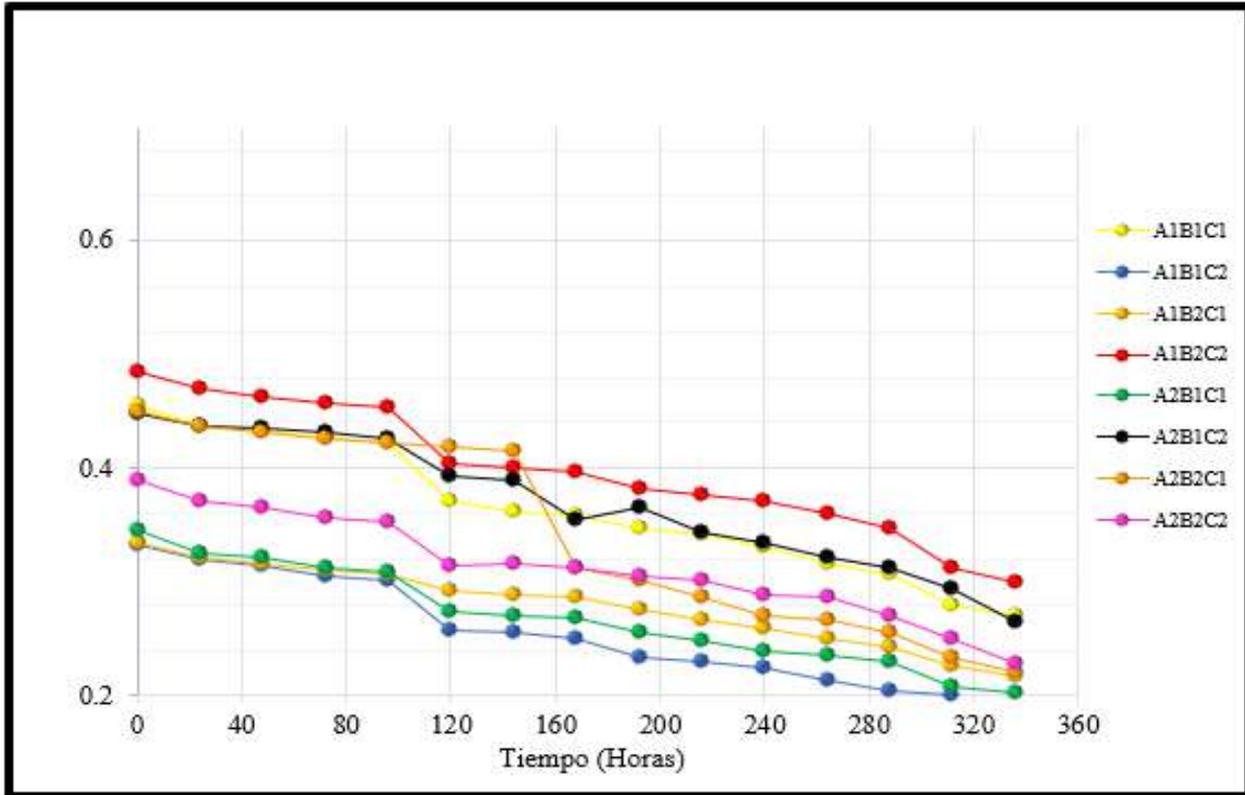
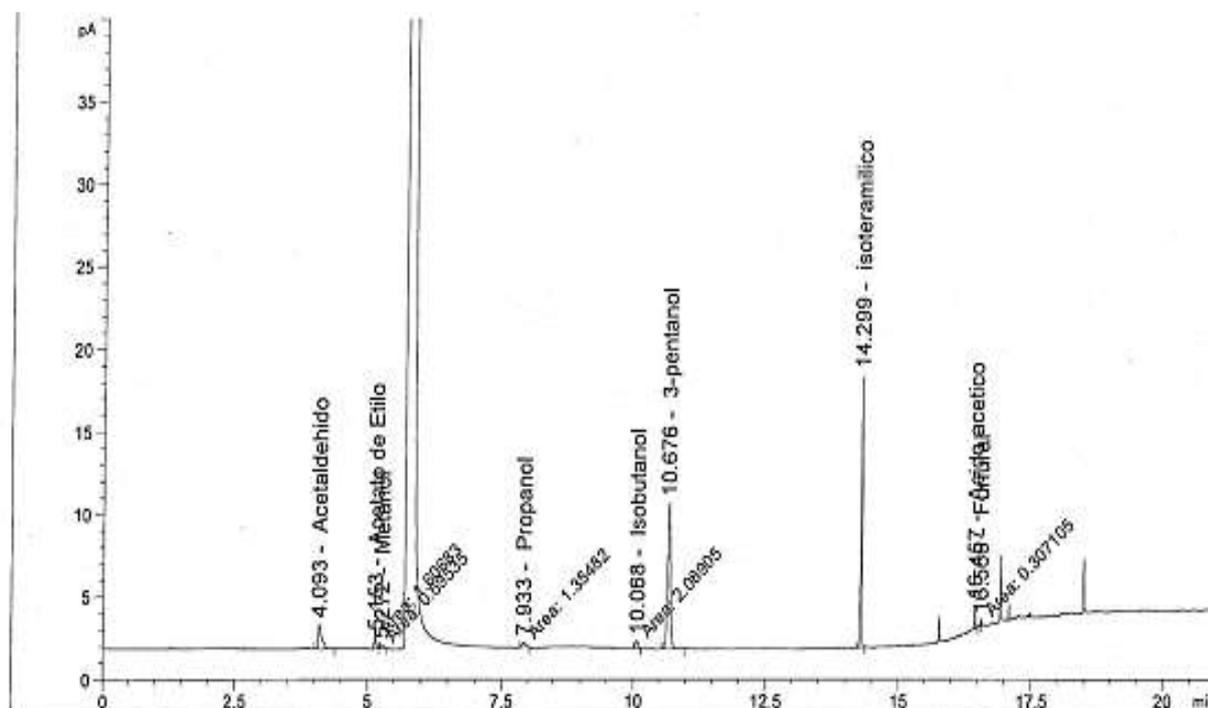


Figura 49 — Color del vino (WC) vs tiempo de la bebida fermentada

**Figura 50 — Cromatograma del tratamiento de la bebida con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>**



=====  
 Area Percent Report  
 =====

Sorted By : Signal  
 Calib. Data Modified : Tuesday, December 4, 2018 7:54:06 PM  
 Multiplier : 1.0000  
 Dilution : 1.0000  
 Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

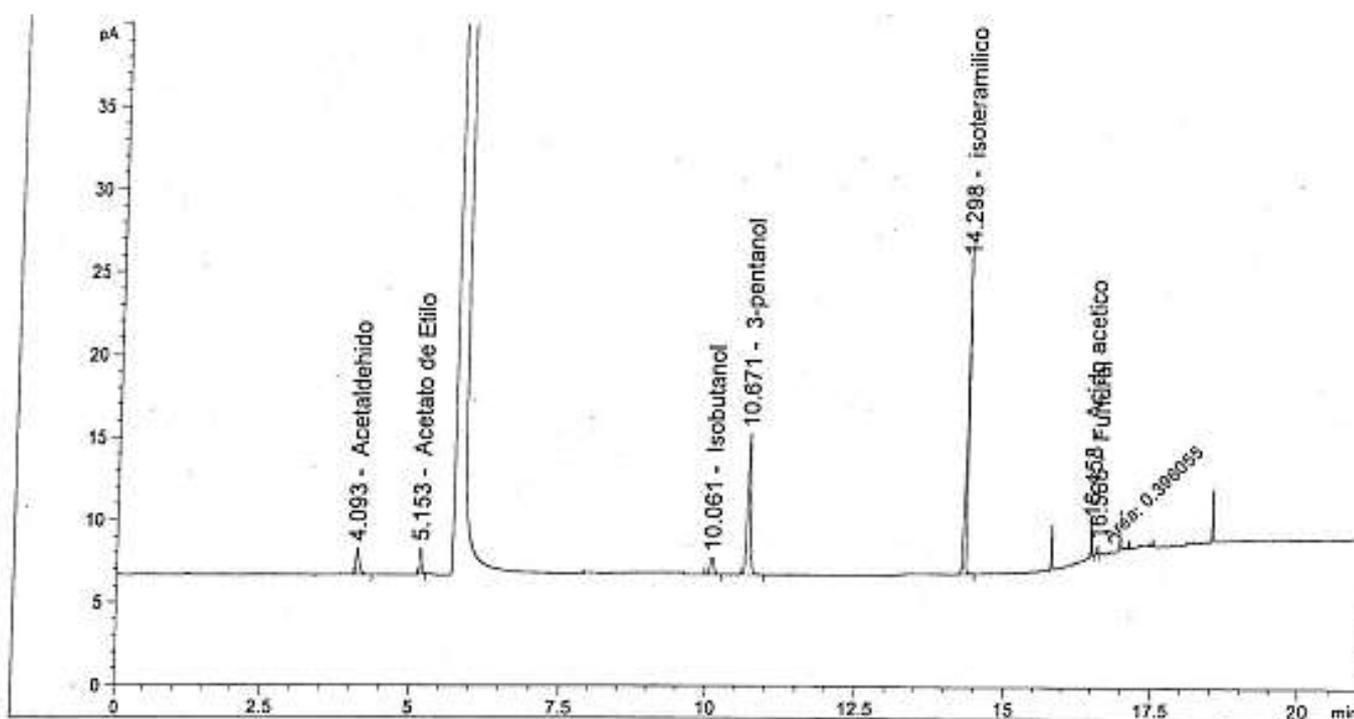
Signal 1: FID1 A, Detector 1 Signal

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	4.093	BB	0.0619	6.61015	9.21688	Acetaldehído
2	4.633		0.0000	0.00000	0.00000	Formiato de Etilo
3	5.153	MM	0.0379	1.60683	2.24030	Acetato de Etilo
4	5.272	MM	0.0645	6.95350e-1	0.96948	Metanol
5	5.703		0.0000	0.00000	0.00000	Isopropanol
6	7.933	MM	0.0776	1.35482	1.88893	Propanol
7	10.068	MM	0.0745	2.08905	2.91262	Isobutanol

**Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú**



Figura 51 — Cromatograma del tratamiento de la bebida con miel de Kerapata y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>



=====  
 Area Percent Report  
 =====

Sorted By : Signal  
 Calib. Data Modified : Tuesday, December 4, 2018 7:54:06 PM  
 Multiplier : 1.0000  
 Dilution : 1.0000  
 Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

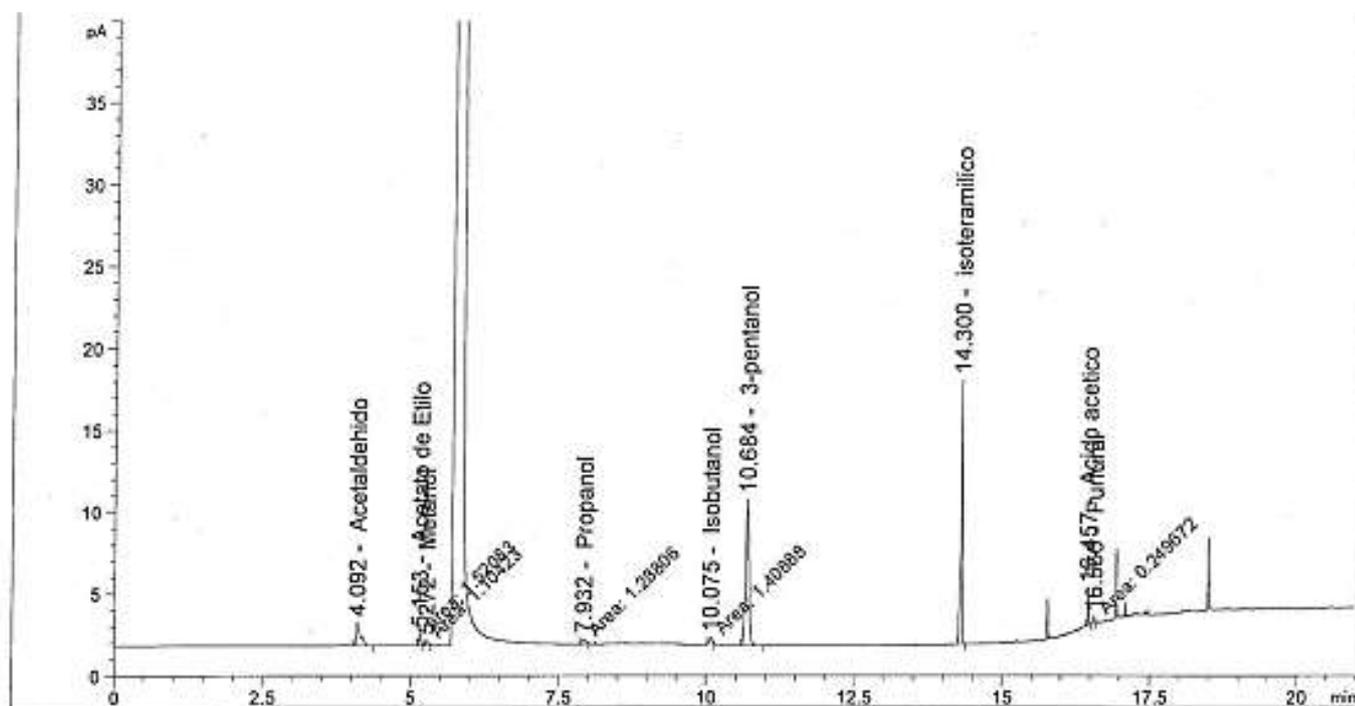
Signal 1: FID1 A, Detector 1 Signal

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	4.093	BB	0.0508	5.66639	7.05889	Acetaldehído
2	4.633		0.0000	0.00000	0.00000	Formiato de Etilo
3	5.153	BB	0.0360	3.77683	4.70498	Acetato de Etilo
4	5.312		0.0000	0.00000	0.00000	Metanol
5	5.703		0.0000	0.00000	0.00000	Isopropanol
6	8.008		0.0000	0.00000	0.00000	Propanol
7	10.061	BB	0.0735	4.76502	5.93602	Isobutanol

Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú



Figura 52 — Cromatograma del p tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>



=====  
 Area Percent Report  
 =====

Sorted By : Signal  
 Calib. Data Modified : Tuesday, December 4, 2018 7:54:06 PM  
 Multiplier : 1.0000  
 Dilution : 1.0000  
 Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

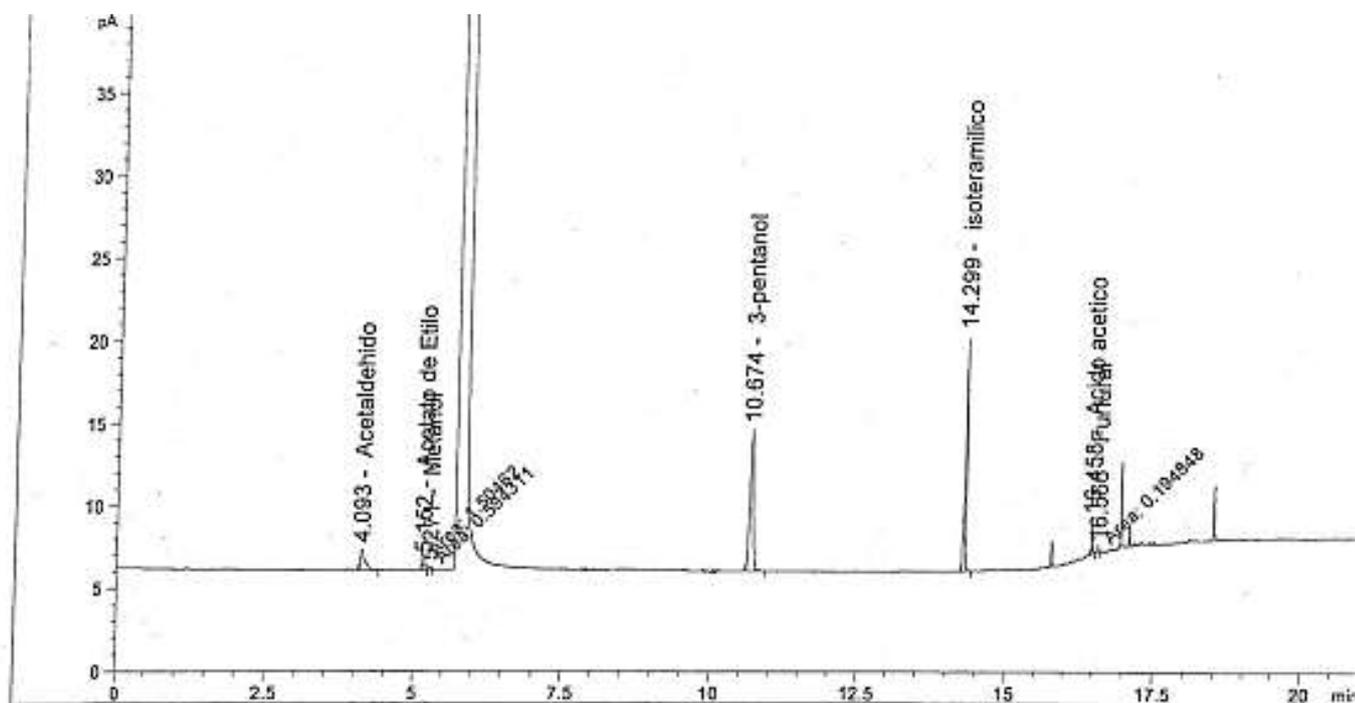
Signal 1: FID1 A, Detector 1 Signal

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	4.092	BB	0.0646	6.74553	9.24401	Acetaldehído
2	4.633		0.0000	0.00000	0.00000	Formiato de Etilo
3	5.153	MM	0.0355	1.52083	2.08414	Acetato de Etilo
4	5.272	MM	0.0626	1.10423	1.51322	Metanol
5	5.783		0.0000	0.00000	0.00000	Isopropanol
6	7.932	MM	0.0787	1.28806	1.76515	Propanol
7	10.075	MM	0.0632	1.40888	1.93071	Isobutanol

Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú



Figura 53 — Cromatograma del tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna amarilla, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>



=====  
Area Percent Report  
=====

Sorted By : Signal  
 Calib. Data Modified : Tuesday, December 4, 2018 7:54:06 PM  
 Multiplier : 1.0000  
 Dilution : 1.0000  
 Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

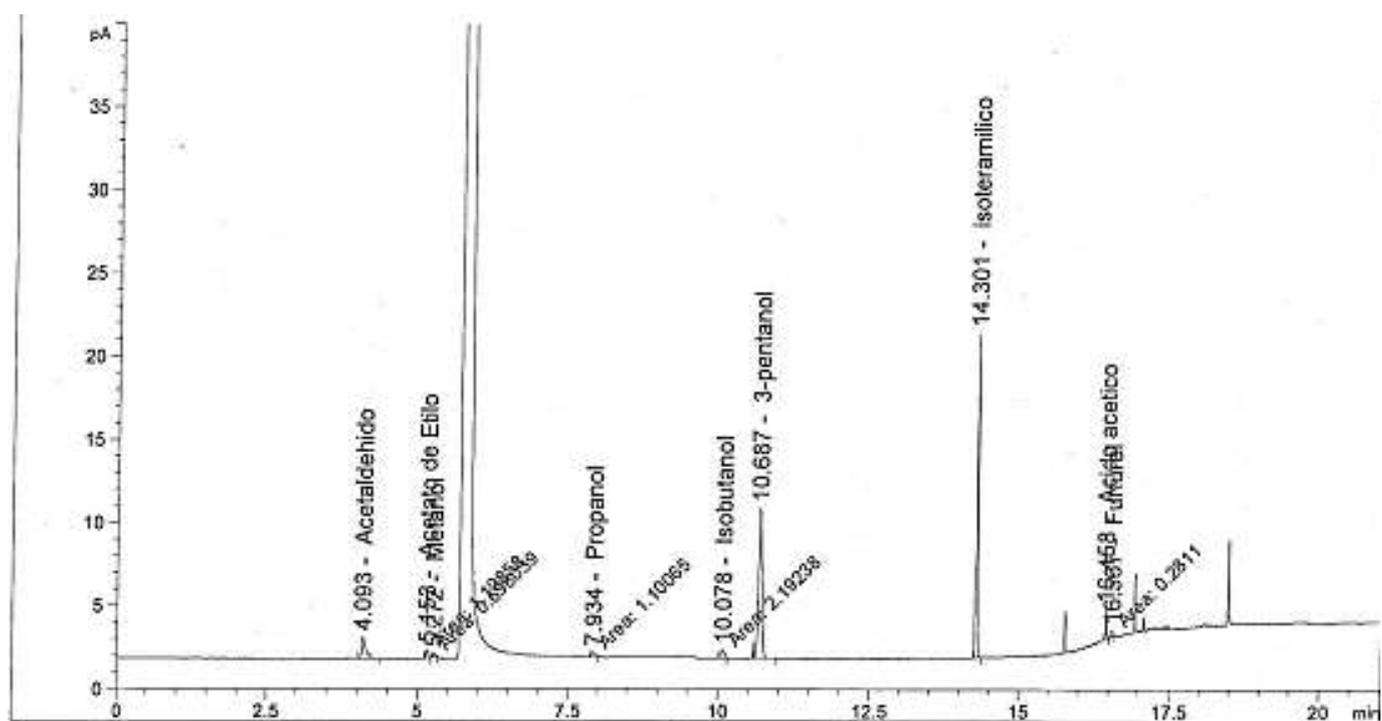
Signal 1: FID1 A, Detector 1 Signal

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	4.093	BB	0.0626	5.79835	8.98738	Acetaldehido
2	4.633		0.0000	0.00000	0.00000	Formiato de Etilo
3	5.152	MM	0.0374	1.50462	2.33215	Acetato de Etilo
4	5.271	MM	0.0550	5.94311e-1	0.92118	Metanol
5	5.703		0.0000	0.00000	0.00000	Isopropanol
6	8.008		0.0000	0.00000	0.00000	Propanol
7	10.099		0.0000	0.00000	0.00000	Isobutanol

Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú



Figura 54 — Cromatograma del tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura *Saccharomyces cerevisiae* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>



=====  
 Area Percent Report  
 =====

Sorted By : Signal  
 Calib. Data Modified : Tuesday, December 4, 2018 7:54:06 PM  
 Multiplier : 1.0000  
 Dilution : 1.0000  
 Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

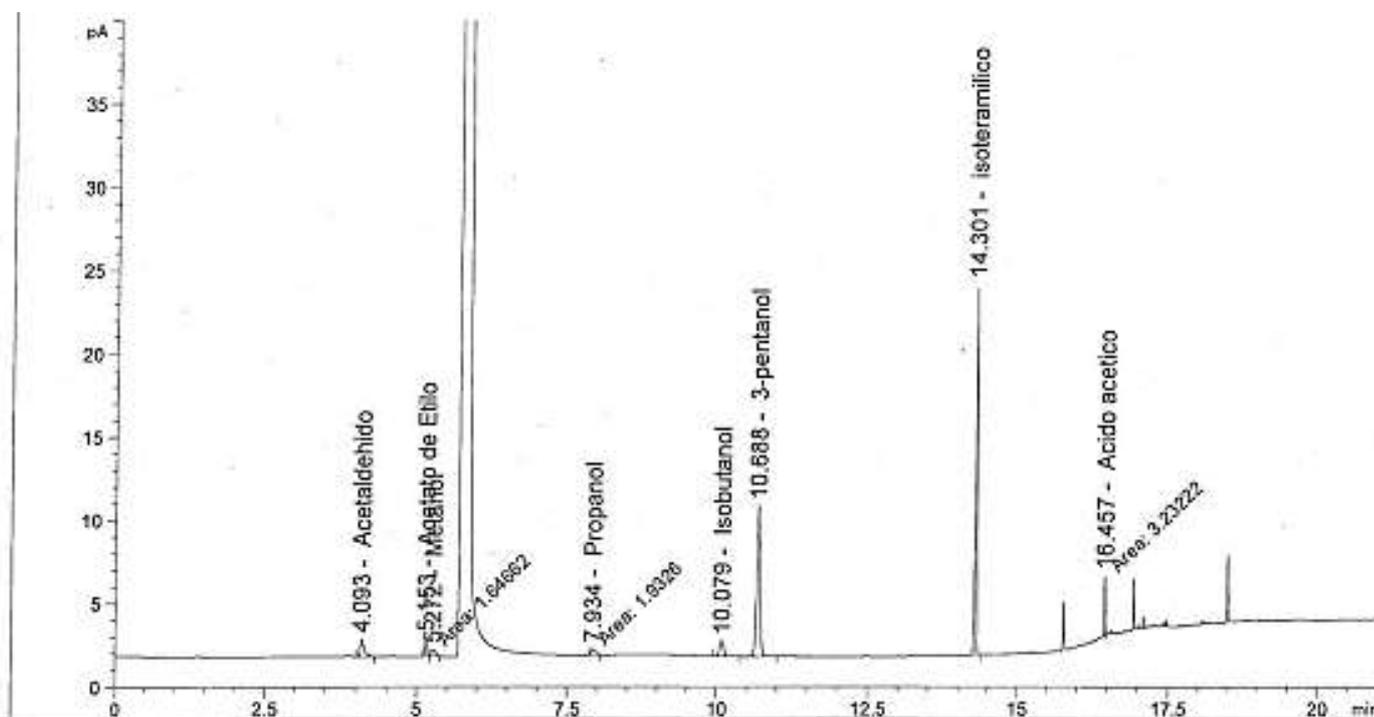
Signal 1: FID1 A, Detector 1 Signal

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	4.093	BB	0.0591	5.56592	7.22983	Acetaldehído
2	4.633		0.0000	0.00000	0.00000	Formiato de Etilo
3	5.153	MM	0.0370	1.19858	1.55690	Acetato de Etilo
4	5.272	MM	0.0518	6.98039e-1	0.90672	Metanol
5	5.703		0.0000	0.00000	0.00000	Isopropanol
6	7.934	MM	0.0689	1.10065	1.42969	Propanol
7	10.078	MM	0.0732	2.19238	2.84779	Isobutanol

Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú



Figura 55 — Cromatograma del tratamiento de la bebida con miel de Vilcabamba y adición de tuna purpura, inoculada con levadura vínica *Saccharomyces bayanus* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>



=====  
 Area Percent Report  
 =====

Sorted By : Signal  
 Calib. Data Modified : Tuesday, December 4, 2018 7:54:06 PM  
 Multiplier : 1.0000  
 Dilution : 1.0000  
 Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FID1 A, Detector 1 Signal

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	4.093	BB	0.0549	4.03030	4.71459	Acetaldehído
2	4.633		0.0000	0.00000	0.00000	Formiato de Etilo
3	5.153	BB	0.0336	2.37033	2.77278	Acetato de Etilo
4	5.272	MM	0.0665	1.64662	1.92620	Metanol
5	5.703		0.0000	0.00000	0.00000	Isopropanol
6	7.934	MM	0.0849	1.93260	2.26072	Propanol
7	10.079	BB	0.0762	4.58226	5.36026	Isobutanol

Extraído: Laboratorio de Ensayos Analíticos (LEA). Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos (UNALM). Lima – Perú



**Figura 56 — Miel de abeja de Kerapata y Vilcabamba.**



**Figura 57 — Tuna amarilla y purpura**



Figura 58 — Cepas de levadura *S. cerevisiae* y *S. bayanus*.



Figura 59 — Lavado de la fruta



Figura 60 — Pasteurización



**Figura 61 — Fermentación**



**Figura 62 — Análisis fisicoquímicos de las bebidas fermentadas**