



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Química**

**Producción de cerveza artesanal con sabor a arandano (*Vaccinium myrtillus*),  
a nivel experimental**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico**

**Autores**

**Joseph Arturo Salis Garcia  
Jhosseline Geraldine Palacios Penadillo**

**Asesora**

**Ing. Edelmira Torres Corcino**

**Huacho – Perú**

**2025**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Indicar nombre de la Facultad/Escuela o Escuela de Posgrado

## METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Salis Garcia, Joseph Arturo	72697217	08/11/2024
Palacios Penadillo, Jhosseline Geraldine	74082497	08/11/2024
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Torres Corcino, Edelmira	15649132	0009-0009-7903-4652
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Salcedo Meza, Maximo Tomas	15602588	0000-0003-1993-2513
Coca Ramirez, Victor Raul	15601160	0000-0002-2287-7060
Iman Mendoza, Jaime	40936175	0000-0001-6232-0884

# Salis Garcia, Joseph Arturo Palacios Penadillo, Jhos...

## PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL CON SABOR A ARANDANO (vaccinium myrtillus) A NIVEL EXPERIMENTAL

Quick Submit

Quick Submit

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3007204622

Fecha de entrega

13 sep 2024, 11:32 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

13 sep 2024, 11:52 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

tesis\_cerveza\_final.docx

Tamaño de archivo

25.8 MB

141 Páginas

20,291 Palabras

107,606 Caracteres



Página 2 of 148 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3007204622



Página 2 of 148 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3007204622

## 10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

9% Fuentes de Internet

1% Publicaciones

5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mis queridos padres, sin ellos nada de esto hubiera sido posible, que siempre me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos

A mi familia en general por el apoyo que siempre me brindaron en cada etapa de mis estudios universitarios

A dios por haberme dado salud, sabiduría y guiar mi camino a lo largo de mis estudios universitarios

Joseph

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios ya que sin el no hubiera sido posible lograrlo y a mi querida madre que me impulsó en todo momento para lograr mis metas desde mis inicios hasta poder llegar a mi proceso de Titulación. También dedico esta Tesis a mi amado hijo Benjamín y a mi esposo Renzo ya que fueron mi motivación constante para culminar esta etapa universitaria.

Jhosseline

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a dios por guiarme en mi camino y por permitirme seguir cumpliendo mis metas.

A mis padres quienes son mi mayor inspiración, por enseñarme buenos valores y darme siempre consejos para la vida y los estudios.

A mis profesores por sus enseñanzas, sus consejos, sus orientaciones y guiarnos para ser buenos profesionales

Y por supuesto a mi querida universidad que fue la que me acompañó estos años y me formo como un profesional.

Joseph

En primer lugar, agradezco a Dios por guiar mi vida desde muy pequeña hasta la actualidad y permitir lograr una meta más en mi vida. A mi querida madre que siempre estuvo guiándome en mis estudios para lograr ser una gran profesional y una buena persona, por enseñarme a que los sueños se pueden lograr con constancia, disciplina, ya que nunca dejó de aconsejarme para cumplir mis metas, a mi familia Benjamín y Renzo que estuvieron motivándome constantemente, a mis profesores universitarios por sus grandes enseñanzas por sus buenos consejos para llegar a ser un gran profesional y por último a mi casa de estudios JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION que me acogió como una integrante más de sus diversas carreras que brindan.

Jhosseline

## INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>20</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>22</b>
1.2.1 Problema general.....	22
1.2.2 Problemas específicos.....	22
<b>1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>23</b>
1.3.1 Objetivo general .....	23
1.3.2 Objetivos específicos.....	23
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>1.5 DELIMITACIONES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>24</b>
1.5.1 Delimitación por geografía .....	24
1.5.2 Delimitación del espacio.....	24
1.5.3 Límites sociales .....	24
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEORICO .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
2.1.1 Investigación Internacionales .....	25
2.1.2 Investigaciones nacionales .....	27
<b>2.2 BASES TEÓRICAS.....</b>	<b>30</b>
2.2.1 Arándano.....	30
2.2.1.1 Taxonomía .....	31
2.2.1.2 Variedades .....	31
2.2.1.3 Propiedades y aspectos nutricionales del fruto .....	32
2.2.2 Cerveza .....	33
2.2.3 Cerveza Artesanal .....	33
2.2.4 Tipos de Cerveza Artesanales en el Perú.....	33
2.2.5 Composición de la Cerveza.....	39
2.2.6 Proceso de elaboración.....	40
2.2.7 Definiciones de Términos Básicos .....	42
2.2.8 Hipótesis específicas .....	44
<b>2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>45</b>

<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 LUGAR DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3 MATERIALES, EQUIPO E INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.1 Insumos .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.2 Materiales, equipos e instrumentos.....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.3 Reactivos .....</b>	<b>48</b>
<b>3.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>48</b>
<b>3.4.1 Cerveza base .....</b>	<b>50</b>
3.4.1.1 Molienda.....	50
3.4.1.2 Maceración y Estandarizado.....	50
3.4.1.3 Clarificación .....	50
3.4.1.4 Filtración.....	51
3.4.1.5 Cocción.....	51
3.4.1.6 Whirpool y Enfriado .....	51
3.4.1.7 Inoculación y Fermentación.....	51
3.4.1.8 Trasvasado y Madurado.....	52
<b>3.4.2 Fermento de Arándano .....</b>	<b>52</b>
3.4.2.1 Recolección de materia prima.....	52
3.4.2.2 Lavado y selección del arándano.....	52
3.4.2.3 Molienda.....	53
3.4.2.4 Evaluación y ajuste de grados brix .....	53
3.4.2.5 Inoculación y Fermentación.....	53
3.4.2.6 Filtrado.....	53
3.4.2.7 Trasvasado y maduración .....	53
<b>3.4.3 Mezclado .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4.4 Madurado.....</b>	<b>54</b>
<b>3.4.5 Envasado .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4.6 Carbonatación .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4.7 Almacenamiento .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5 MUESTREO .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5.1 Población .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5.2 Muestra .....</b>	<b>55</b>
3.5.2.1 Codificación.....	55
3.5.2.2 Aleatorizado.....	55
<b>3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>56</b>
<b>3.6.1 Determinación de acidez titulable.....</b>	<b>56</b>
<b>3.6.2 3.3.2 Determinación de Sólidos Solubles (Brix).....</b>	<b>57</b>

3.6.3	Determinación de pH .....	57
3.6.4	Determinación de porcentaje de alcohol (%AVP).....	58
3.6.5	Análisis Sensorial.....	58
3.7	<b>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....</b>	<b>58</b>
3.8	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>59</b>
3.8.1	Método Estadístico .....	59
3.8.2	Análisis Estadístico.....	60
3.8.2.1	ANOVA Unifactorial.....	60
3.8.2.2	Prueba de comparación múltiple de HSD Tukey .....	61
3.8.2.3	Prueba no paramétrica de Friedman.....	61
	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
4.1	<b>CARACTERIZACIÓN DEL ZUMO ARÁNDANO.....</b>	<b>62</b>
4.1.1	Acidez titulable. ....	62
4.1.2	Brix del zumo de arándano.....	62
4.1.3	Potencial de hidrógeno (pH) del zumo de arándano. ....	62
4.2.4	Resumen de la caracterización del zumo de arándano. ....	63
4.2	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA CERVEZA BASE.....</b>	<b>63</b>
4.2.1	Acidez Titulable de la cerveza base.....	63
4.2.2	Brix de la cerveza base. ....	64
4.2.3	Potencial de hidrógeno (pH) de la cerveza base.....	64
4.2.4	Porcentaje de alcohol (%AVP).....	64
4.2.5	Resumen de la caracterización de la cerveza base.....	65
4.3	<b>CARACTERIZACIÓN DEL FERMENTO DE ARÁNDANO.....</b>	<b>65</b>
4.3.1	Acidez titulable del fermento de arándano. ....	65
4.3.2	Brix del fermento de arándano. ....	66
4.3.3	Potencial de hidrógeno (pH) del fermento de arándano. ....	66
4.3.4	%Alcohol (%AVP) del fermento de arándano. ....	66
4.3.5	Resumen de la caracterización del fermento de arándano. ....	67
4.4	<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ANÁLISIS DE ESTADÍSTICO DE LOS TRATAMIENTOS. ....</b>	<b>67</b>
4.4.1	Acidez titulable. ....	67
4.4.1.1	Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de acidez titulable. ....	68
4.4.1.2	ANOVA para los resultados del análisis de acidez titulable.....	69
4.4.1.3	Prueba Post Hoc.....	70
4.4.1.4	Subconjuntos homogéneos para la variable acidez titulable. ....	71
4.4.2	Brix.....	73
4.4.2.1	Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de brix.....	73
4.4.2.2	ANOVA para los resultados del análisis de brix. ....	74

<b>4.4.3</b>	<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b> .....	<b>74</b>
4.4.3.1	Estadísticos descriptivos para los resultados del análisis del potencial de hidrógeno (pH).	75
4.4.3.2	ANOVA para los resultados del análisis de potencial de hidrógeno (pH).	76
4.4.3.3	Prueba Post Hoc .....	76
4.4.3.4	Subconjuntos homogéneos para la variable potencial de hidrógeno (pH).	77
<b>4.4.4</b>	<b>Porcentaje de alcohol (%AVP)</b> .....	<b>79</b>
4.4.4.1	Estadísticos descriptivos para los resultados del análisis del porcentaje de alcohol (%AVP). 80	
4.4.4.2	ANOVA para los resultados del análisis de porcentaje de alcohol (%AVP).	80
4.4.4.3	Prueba Post Hoc .....	81
4.4.4.4	Subconjuntos homogéneos para la variable porcentaje de alcohol (%AVP).	82
<b>4.4.5</b>	<b>Resumen del análisis fisicoquímico y estadístico de los tratamientos.</b> .....	<b>84</b>
<b>4.5</b>	<b>ANÁLISIS SENSORIAL.</b> .....	<b>85</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Evaluación y calificación de los tratamientos por los panelistas.</b> .....	<b>85</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Análisis estadístico e interpretación de resultados del análisis sensorial.</b> .....	<b>87</b>
4.5.2.1	Análisis sensorial del atributo olor.....	87
4.5.2.2	Análisis sensorial del atributo color.....	91
4.5.2.3	Análisis sensorial del atributo sabor. ....	94
4.5.2.4	Análisis sensorial del atributo textura.....	98
4.5.2.5	Aceptabilidad de la cerveza artesanal de arándano.....	101
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN</b> .....		<b>107</b>
<b>5.1</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>107</b>
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		<b>109</b>
<b>6.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>109</b>
<b>6.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>111</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>115</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del Arándano .....	31
Tabla 2. Variedades comerciales de Arándanos .....	31
Tabla 3. Composición nutricional del arándano .....	32
Tabla 4. Diagrama de Flujo de Elaboración de Cerveza Artesanal .....	33
<b>Tabla 5.</b> Proporciones de mezclado para cada tratamiento.....	54
<b>Tabla 6.</b> Niveles del factor concentración del fermento de arándano en la cerveza artesanal.....	59
<b>Tabla 7.</b> Matriz de ANOVA para diseños unifactoriales .....	60
<b>Tabla 8.</b> Acidez titulable del zumo de arándano.....	62
<b>Tabla 9.</b> Brix del zumo de arándano.....	62
<b>Tabla 10.</b> Potencial de hidrógeno (pH) del zumo de arándano.....	63
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la caracterización del zumo de arándano.....	63
<b>Tabla 12.</b> Acidez titulable de la cerveza base.....	63
<b>Tabla 13.</b> Brix de la cerveza base.....	64
<b>Tabla 14.</b> Potencial de hidrógeno (pH) de la cerveza base.....	64
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de alcohol (%AVP) de la cerveza base.....	64
<b>Tabla 16.</b> Resultados de la caracterización de la cerveza base.....	65
<b>Tabla 17.</b> Acidez titulable del fermento de arándano.....	65
<b>Tabla 18.</b> Brix del fermento de arándano.....	66
<b>Tabla 19.</b> Potencial de hidrógeno (pH) del fermento de arándano .....	66
<b>Tabla 20.</b> % Alcohol (%AVP) del fermento de arándano.....	67
<b>Tabla 21.</b> Resultados de la caracterización del fermento de arándano.....	67
<b>Tabla 22.</b> Acidez titulable de los tratamientos.....	68
<b>Tabla 23.</b> Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de acidez titulable. ..	69
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza para la variable acidez titulable.....	69
<b>Tabla 25.</b> Comparaciones múltiples HSD Tukey (alfa=0,05) para la variable acidez titulable.....	70
<b>Tabla 26.</b> Subconjuntos homogéneos para la variable acidez titulable (alfa=0,05).....	71
<b>Tabla 27.</b> Brix de los tratamientos.....	73
<b>Tabla 28.</b> Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de brix.....	73
<b>Tabla 29.</b> Análisis de varianza para la variable brix.....	74

<b>Tabla 30.</b> Potencial de hidrógeno (pH) de los tratamientos.....	75
<b>Tabla 31.</b> Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis del potencial de hidrógeno (pH). .....	75
<b>Tabla 32.</b> Análisis de varianza para la variable potencial de hidrógeno (pH). .....	76
<b>Tabla 33.</b> .....	77
<b>Tabla 34.</b> Subconjuntos homogéneos para la variable potencial de hidrógeno(alfa=0,05). .....	77
<b>Tabla 35.</b> Porcentaje de alcohol (%AVP) de los tratamientos.....	79
<b>Tabla 36.</b> Estadísticos descriptivos para los resultados del análisis del porcentaje de alcohol (%AVP). .....	80
<b>Tabla 37.</b> Análisis de varianza para la variable porcentaje de alcohol (%AVP). .....	81
<b>Tabla 38.</b> Comparaciones múltiples HSD Tukey (alfa=0,05) para la variable porcentaje de alcohol (%AVP).....	81
<b>Tabla 39.</b> Subconjuntos homogéneos para la variable porcentaje de alcohol (alfa=0,05). .....	82
<b>Tabla 40.</b> Cuadro resumen de la caracterización fisicoquímica de los tratamientos. ....	84
<b>Tabla 41.</b> Evaluación y calificación de los tratamientos por los panelistas.....	85
<b>Tabla 42.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo olor.....	87
<b>Tabla 43.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo color.....	91
<b>Tabla 44.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo sabor. ....	94
<b>Tabla 45.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo textura. ....	98
<b>Tabla 46.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para la aceptabilidad.....	101
<b>Tabla 47.</b> Comparaciones múltiples por pareja para la aceptabilidad de los tratamientos. ....	102
<b>Tabla 48.</b> Subconjuntos homogéneo (alfa=0,05) para la aceptabilidad de los tratamientos. ....	103
<b>Tabla 49.</b> Estandarización de hidróxido de sodio. ....	119
<b>Tabla 50.</b> Dosificación de insumos para 3 litros de cada tratamiento. ....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Arándano .....	30
Figura 2. Cerveza Artesanal Barbarían .....	34
Figura 3. Cerveza Artesanal Magdalena .....	34
Figura 4. Cerveza Artesanal Maddok .....	35
Figura 5. Cerveza Artesanal Cumbres .....	36
Figura 6. Cerveza Artesanal Nuevo Mundo .....	36
Figura 7. Cerveza Artesanal Melkim .....	37
Figura 8. Cerveza Artesanal Barranco Beer Company .....	37
Figura 9. Cerveza Artesanal SAQRA .....	38
Figura 10. Cerveza Artesanal Sierra Andina .....	39
<b>Figura 11.</b> Localización Geográfica en la Universidad José Faustino Sánchez Carrión. .....	47
<b>Figura 12.</b> Diagrama de Flujo de Bloques del Procedimiento Experimental para la Elaboración de Cerveza de Arándano. ....	49
<b>Figura 13.</b> Gráfico de barras de los subconjuntos homogéneos para la variable acidez titulable ( $\alpha=0,05$ ). ....	72
<b>Figura 14.</b> Gráfico de medias de la variable acidez titulable de cada tratamiento. ....	72
<b>Figura 15.</b> Gráfico de barras de los subconjuntos homogéneos para la variable potencial de hidrógeno ( $\alpha=0,05$ ). ....	78
<b>Figura 16.</b> Gráfico de medias de la variable potencial de hidrógeno (pH) de cada tratamiento. ....	79
<b>Figura 17.</b> Gráfico de barras de los subconjuntos homogéneos para la variable porcentaje de alcohol ( $\alpha=0,05$ ). ....	83
<b>Figura 18.</b> Gráfico de medias de la variable porcentaje de alcohol (%AVP) de cada tratamiento. ....	83
<b>Figura 19.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo olor.....	88
<b>Figura 20.</b> Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 20% de fermento de arándano.....	89
<b>Figura 21.</b> Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 30% de fermento de arándano.....	89

<b>Figura 22.</b> Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 40% de fermento de arándano.....	90
<b>Figura 23.</b> Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 50% de fermento de arándano.....	90
<b>Figura 24.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo color.....	91
<b>Figura 25.</b> Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 20% de fermento de arándano.....	92
<b>Figura 26.</b> Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 30% de fermento de arándano.....	93
<b>Figura 27.</b> Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 40% de fermento de arándano.....	93
<b>Figura 28.</b> Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 50% de fermento de arándano.....	94
<b>Figura 29.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo sabor. ....	95
<b>Figura 30.</b> Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 20% de fermento de arándano.....	96
<b>Figura 31.</b> Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 30% de fermento de arándano.....	96
<b>Figura 32.</b> Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 40% de fermento de arándano.....	97
<b>Figura 33.</b> Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 50% de fermento de arándano.....	97
<b>Figura 34.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo textura.....	98
<b>Figura 35.</b> Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 20% de fermento de arándano. ....	99
<b>Figura 36.</b> Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 30% de fermento de arándano.....	100
<b>Figura 37.</b> Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 40% de fermento de arándano. ....	100

<b>Figura 38.</b> Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 50% de fermento de arándano. ....	101
<b>Figura 39.</b> Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para la aceptabilidad. ....	102
<b>Figura 40.</b> Diagrama de módulos para la comparación múltiple por pareja de los tratamientos. ....	103
<b>Figura 41.</b> Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 20% de fermento de arándano. ....	104
<b>Figura 42.</b> Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 30% de fermento de arándano. ....	105
<b>Figura 43.</b> Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 40% de fermento de arándano. ....	105
<b>Figura 44.</b> Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 50% de fermento de arándano. ....	106
<b>Figura 45.</b> Distribución del volumen gastado para la estandarización de hidróxido de sodio. ....	120

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Acidez titulable de la cerveza. ....	56
<b>Ecuación 2.</b> Acidez titulable del zumo de arándano. ....	57
<b>Ecuación 3.</b> Acidez titulable del fermento de arándano. ....	57
<b>Ecuación 4.</b> Modelo lineal aditivo para un solo factor. ....	60
<b>Ecuación 5.</b> Estadístico de Friedman. ....	61
<b>Ecuación 6.</b> Concentración real para la estandarización de hidróxido de sodio. ....	118
<b>Ecuación 7.</b> Estadístico de Grubb para una muestra. ....	119

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Ficha técnica de la levadura Safale™ US-05.....	116
<b>ANEXO 2.</b> Ficha técnica de la levadura Uvaferm 43®.....	117
<b>ANEXO 3.</b> Estandarización de hidróxido de sodio.....	118
<b>ANEXO 4.</b> Dosificación de insumos para cada tratamiento de 3L.....	121
<b>ANEXO 5.</b> Valores críticos para estadístico de Grubb.....	122
<b>ANEXO 6.</b> Proceso de Elaboración.....	123
<b>ANEXO 7.</b> Procedimientos analíticos.....	128
<b>ANEXO 8.</b> Ficha hedónica de 9 puntos.....	133

## RESUMEN

El estudio presenta como objetivo principal la elaboración de cerveza artesanal con sabor arándano (*vaccinium myrtillus*) a nivel experimental, la formulación, evaluación de parámetros fisicoquímicos y sensoriales. Desarrollándolo a través de un enfoque cuantitativo, ya que la información recolectado se obtuvo a través de pruebas y ensayos experimentales. La población de estudio fueron los productos elaborados por las diversas cerveceras de la región Lima mientras que las muestras empleadas para la investigación fueron los prototipos de cerveza a distintos niveles de concentración (20%, 30%, 40% y 50%) de fermento de arándano elaboradas. Mediante la caracterización fisicoquímica se concluyó que las concentraciones del fermento de arándano debido a la composición de la fruta influyen en las variables de acidez titulable, pH (potencial de hidrógeno) y porcentaje de alcohol, exceptuando la variable brix cuyos valores medidos en el producto final estadísticamente son iguales y no presentan diferencias significativas entre tratamientos; obteniendo como mejor tratamiento la cerveza con 30% de fermento de arándano con 5,50 gramos/litro de acidez titulable; 4,80 de brix; 2,83 de pH y 4,43 de porcentaje de alcohol. En el apartado sensorial evaluado por 20 panelistas se determina que individualmente no presentan diferencias en sus atributos (color, olor, sabor, textura), sin embargo, en la apreciación general valor medido como la suma de los valores individuales de cada atributo se concluye que la cerveza con concentración al 30% de fermento de arándano es la que más gustó y tiene mayor aceptabilidad obteniendo un puntaje de 28,40 de 36 puntos totales.

**Palabras claves:** Acidez titulable, brix, elaboración de cerveza, fermento de arándano, parámetros sensoriales, potencial de hidrógeno, porcentaje de alcohol.

## **ABSTRACT**

The main objective of this study is to produce craft beer with blueberry (*vaccinium myrtillus*) flavour at an experimental level, as well as to formulate and evaluate the physicochemical and sensory parameters. It was developed through a quantitative approach, since the information collected was obtained through experimental tests and trials. The study population consisted of products produced by various breweries in the Lima region, while the samples used for the research were prototypes of beer at different concentration levels (20%, 30%, 40% and 50%) of blueberry ferment. Through physicochemical characterization, it was concluded that the concentrations of blueberry ferment due to the composition of the fruit influence the variables of titratable acidity, pH (potential hydrogen) and percentage of alcohol, except for the variable brix, whose values measured in the final product are statistically equal and do not present significant differences between treatments; obtaining as the best treatment the beer with 30% cranberry ferment with 5.50 grams/liter of titratable acidity; 4.80 brix; 2.83 pH and 4.43 alcohol percentage. In the sensory section evaluated by 20 panelists it is determined that individually they do not present differences in their attributes (color, smell, flavor, texture), however, in the general appreciation value measured as the sum of the individual values of each attribute it is concluded that the beer with 30% cranberry ferment concentration is the most liked and has greater acceptability obtaining a score of 28.40 out of 36 total points.

**Keywords:** Titratable acidity, brix, brewing, cranberry ferment, sensory parameters, hydrogen potential, alcohol percentage.

## INTRODUCCION

La producción de cerveza artesanal con sabores únicos y distintivos ha ganado popularidad en los últimos años, y la adición de ingredientes naturales como frutas y bayas ha sido una tendencia creciente en la industria cervecera. En este contexto, el proyecto de investigación sobre la producción de cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*) a nivel experimental, cuyo objetivo es obtener una formulación que contenga una mezcla de cerveza base y la proporción de fermentado de arándano más óptima, es de gran relevancia.

El arándano (*Vaccinium myrtillus*) es una baya rica en antioxidantes y compuestos fenólicos, lo que puede aportar beneficios para la salud y propiedades organolépticas únicas a la cerveza. Sin embargo, la adición de arándanos a la cerveza puede ser un desafío, ya que estos contienen altos niveles de taninos y ácidos orgánicos que pueden afectar el sabor y la estabilidad de la bebida.

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto de investigación es obtener una formulación óptima de cerveza artesanal con sabor a arándano, mediante la experimentación con diferentes proporciones de cerveza base y fermentado de arándano. Se espera que este proyecto contribuya a la comprensión de los efectos de la adición de arándanos en la producción de cerveza artesanal, y proporcione una base para el desarrollo de nuevas formulaciones y sabores en la industria cervecera.

La investigación se llevará a cabo mediante la experimentación en laboratorio, utilizando diferentes técnicas de fermentación y mezcla de ingredientes. Se evaluarán las propiedades organolépticas y físico-químicas de las diferentes formulaciones, y se seleccionará la proporción de cerveza base y fermentado de arándano más óptima.

En resumen, el proyecto de investigación sobre la producción de cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*) a nivel experimental, cuyo objetivo es obtener una formulación que contenga una mezcla de cerveza base y la proporción de fermentado de arándano más óptima, es un aporte significativo a la industria cervecera y a la comprensión de los efectos de la adición de ingredientes naturales en la producción de cerveza artesanal.

## **CAPITULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Si bien la mayoría de las cervecerías en Perú producen una cerveza básica, las cervezas artesanales están comenzando a ganar popularidad debido a su sabor único, que se deriva del uso de frutas o hierbas naturales en su preparación. Encontrar arándanos frescos y de primera calidad puede resultar difícil, especialmente si desea que el sabor y el aroma se mantengan consistentes. La reproducibilidad de la elaboración puede verse afectada por variaciones en la calidad y disponibilidad de los arándanos.

El azúcar y la acidez de los arándanos pueden interferir con la fermentación de la cerveza, así que tenga esto en cuenta antes de agregarlos. La fermentación debe regularse cuidadosamente para evitar resultados inesperados como una fermentación excesiva o la formación de subproductos no deseados. Si bien algunos segmentos del mercado pueden encontrar atractivos los nuevos sabores de la cerveza artesanal, es crucial evaluar la aceptación del cliente y su disposición a pagar por un producto con sabor a arándanos. Comprender las inclinaciones del consumidor y modificar la estrategia de producción y marketing en consecuencia, puede ser necesaria una investigación de mercado y una prueba de concepto.

#### **1.2 Formulación del problema**

##### **1.2.1 Problema general**

¿Es posible obtener una cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*), a nivel experimental?

##### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el procedimiento para la obtención de una cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*), a nivel experimental?

- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de control en la obtención de una cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*), a nivel experimental?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Obtener una cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*), a nivel experimental

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar el procedimiento para producir cerveza artesanal con sabor arándano (*Vaccinium myrtillus*), a nivel experimental.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos de control en la producción de cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*), a nivel experimental.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Aunque el mercado para la producción de cerveza artesanal aún es pequeño, cuenta con seguidores devotos que valoran el sabor y la presentación innovadores, así como la producción individualizada, destacando el hecho de que la producción artesanal se basa en una variedad de gustos, algo que no se consigue con la fabricación industrial. Con el fin de crear pequeñas empresas o microempresas, la actual investigación pretende sustituirla parcialmente por complementos para la producción de cerveza artesanal. Prueba un enfoque diferente para hacer cerveza artesanal en reactores Brewmart y busca una alternativa a la producción industrial. De igual forma, ante un nuevo producto en el mercado, se pretende estimular un mayor estudio para buscar nuevas opciones productivas y empresariales. ayudará a crecer la económica y socialmente preservando las características microbiológicas y sensoriales del producto como lo exigen las normas nacionales.

## **1.5 Delimitaciones del estudio**

### **1.5.1 Delimitación espacial**

El distrito de Huacho en la provincia de Huaura será el sitio de este proyecto de estudio.

### **1.5.2 Delimitación temporal**

Este estudio se realizará entre los meses de junio 2023 y marzo 2024.

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1 Investigación Internacionales**

Según Urea y Calapucha (2019) su investigación tuvo como objetivo la elaboración de cerveza artesanal se preparó un modelo al estilo Golden Ale llamado “Magic beer” con una fórmula de graduación alcohólica de 4,2 y amargor de 24 IBUS. Durante la fase piloto, mediante degustación, se determinó gracias a las tres muestras realizadas, la segunda fue aceptada de 1 gramo de fruto de chontaduro en almíbar por litro de cerveza añadido durante la fermentación. La propuesta es ofrecer a la Población de Wamani que es un producto beneficioso y por 300ml, se vende por 2.30 dólares. La muestra encuestada aproximadamente 260 personas, o el 97% de la población menciona que desearían saborear una cerveza artesanal de chonta como sabor y el 96% estaba dispuesto a comprar el producto.

Según Cantos y Campoverde (2019) Su investigación buscó examinar la viabilidad de producir tres variedades distintas de cerveza artesanal.: rubia, roja y verde, a base de quinua para las personas intolerantes al gluten en Cuenca. Se emplearon técnicas para realizar un análisis de mercado tanto cuantitativas como cualitativas, incluyendo entrevistas realizado en diversos restaurantes de la ciudad., para poder determinar el alto nivel de aceptación del producto en la industria restaurantera y el público en general. Las fases de fabricación incluyen el tostado y el secado. después de la quinua y semillas de maíz han experimentado la germinación. Hayan pasado por la germinación mediante malteado. Luego vino la molienda, que produjo la malta. El componente principal del proceso de elaboración del mosto es el reposo de la malta en agua; este se filtra y luego se cuece por 60 minutos, agregando el lúpulo al minuto 45. el proceso es el reposo de la malta en agua; este se filtra y después de 60 minutos de cocción se añade el lúpulo en el minuto 45. justo después se inicia la comienza la primera

fermentación se realiza el enfriamiento, para ello se utiliza un sistema de recirculación de agua: Posteriormente produce una segunda fermentación adicional dentro de la botella, generando el contenido de alcohol y el gas. Esta fermentación mantenida a una temperatura controlada de entre 18 y 25°C, Esto promueve la madurez de la cerveza.

Según Díaz (2023) La industria cervecera es actualmente una de las de mayor crecimiento en términos de avance económico y tecnológico. Está invirtiendo una importante cantidad de capital para mejorar la calidad de sus productos, así como para reducir la energía y las emisiones medioambientales. Es una de las industrias con mayor crecimiento en términos de nuevos empleos. El principal objetivo del proyecto es definir los diferentes procesos que se llevan a cabo en la industria cervecera, comenzando por la recolección en campo de la cebada, que luego es recibida y tratada en malterías. También cubre todos los procesos que tienen lugar dentro de una cervecería, incluidas las operaciones de maduración, elaboración de cerveza, filtrado, carbonatación, pasteurización y envasado, sin olvidar la limpieza de tuberías y equipos para garantizar la calidad del producto. Cada La operación involucra equipos y parámetros de diseño que deben cumplirse .se deben cumplir.

Según Hernández (2022) en su investigación tuvo como objetivo el proyecto propondrá y generará adaptaciones en los procesos productivos, así como la factibilidad de producir cervezas artesanales a partir de frutos autóctonos del Departamento del Putumayo. La falta de cervezas especiales del departamento del Putumayo y la disponibilidad de frutas amazónicas reconocidas a nivel nacional. El consumo en Colombia y el Departamento del Putumayo ha aumentado considerablemente de tamaño recientemente. La industria cervecera considera que las cervezas artesanales contribuyen significativamente a esta industria, por lo que el proyecto apunta a crear nuevos sabores de cerveza incorporando frutas amazónicas, elevando las expectativas de los consumidores.

Según Ortiz y Velastegui (2023) en su investigación tuvo como hacer un diagnóstico de mercado, financiero, tecnológico y organizacional. A partir de encuestas realizadas a quiteños de entre 18 y 64 años, quienes manifestaron interés en el producto, La investigación de mercado establece la demanda y la oferta. Una infusión de café arábica al 15 por ciento, Cumple los estándares microbiológicos y fisicoquímicos fundado por la norma INEN 2262. La sede de la cervecería estará ubicada en Quito y empleará trabajadores calificados para permitir una producción suficiente.

### **2.1.2 Investigaciones nacionales**

Según Solano (2023) su investigación con el objetivo de la pitahaya (*Hylocereus triangularis*) tiene altos niveles de magnesio, fosforo y potasio. También contiene antioxidantes que apoyan la función inmune saludable, fortalecen la actividad muscular y mejoran huesos, dientes y sistema neurológico. Tiene varias propiedades medicinales que pueden usarse solo por si mismo combinados para crear productos con ciertos rasgos nutricionales, inmunológicos y fisicoquímicos. Al poseer un alto contenido de Brix que nos resulta más fácil producir cerveza artesanal, con pH=4.67 y Brix final 7.20. Esto depende de la concentración de sales minerales niacina, calcio, fósforo y vitamina C, riboflavina y ácido ascórbico. El objetivo principal de este estudio es: Explicar la novedosa fabricación de cerveza artesanal cerveza a partir de pulpa de Pitahaya. Se establecieron los procedimientos y elementos que aseguran un resultado final de alta calidad. Por último, considerando los Siguiendo factores que alientan y apoyan el crecimiento continuo, el fruto en el Perú ofrece perspectivas de expansión a corto plazo dadas las cualidades de la fruta.

Según Cruz (2020) en su investigación tuvo como objetivo conocer en 2019 cómo el marketing digital marketing afecta el comercio de cerveza artesanal Beerlú , de la provincia de Huaura Técnicas: Dado que la población se consideró ilimitada 245,86 individuos de

encuesta se aplicó a residentes de la provincia de Huaura , mayores de 18 años , y se tomaron en consideración los aspectos de flujo, funcionalidad, lealtad y retroalimentación del marketing digital. Por otro lado, las dimensiones del comercio fueron las Transacciones Comerciales Electrónicas y la seguridad del comercio electrónico. Se utilizó el coeficiente de Cronbach para confirmar la confiabilidad. Se utiliza para confirmar la confiabilidad de los instrumentos. Resultado: Según hallazgos, Según el 42% de los encuestados, el marketing en internet tiene un efecto en la industria cervecera en la provincia de Huaura en 2019. En conclusión, los hallazgos demuestran una fuerte correlación positiva entre el marketing digital y el comercio ( $p < 0,01$ ,  $Rho = 0,525$ )

Según Espezúa (2021) en su investigación tuvo como objetivo separar las levaduras autóctonas encontrado en la chicha, las cuales se encargan de fermentación y se utiliza para elaborar cerveza artesanal de alta calidad. además de pruebas moleculares como secuenciación de Sanger, extracción de ADN genómico GeneJet, amplificación de punto final por PCR y análisis bioinformático, en esta investigación fue posible separar una cepa de levadura *Saccharomyces especie cerevisiae*, significa que la levadura natural y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que muestran en los datos del NCBI son 97,51% similitud. Se realizó una comparación de cepa de levadura para crear cerveza artesanal al estilo de un proyecto piloto de “Amber Ale” . levadura comercial con capacidad fermentativa de Safale-04, El resultado demostró lo siguiente: cualidades Comparable en cuanto a densidades y porcentaje de alcohol, destacando la turbidez generada por la levadura autóctona que contiene 6,6% de alcohol; cumplimiento de inicio al final en los parámetros de densidad; Atributo de estilo pH, IBUS y NEIPA que presenta buena aceptabilidad, turbidez y frescura en la encuesta de análisis sensorial. La levadura natural aislada de la chicha de Guiñapo podría usarse para crear una cerveza artesanal que Satisface los requisitos comerciales de calidad.

Según Cueva y Moran (2019) en su investigación tuvo como objetivo el diseño de una fábrica que cumpla con las normas y lineamientos establecidos para la elaboración de café artesanal en Piura, que destaque su sabor y aroma. Para ello, La esencia de café está destinada a ser utilizada y los estándares de calidad y cantidad ideales se determinan probando varios prototipos. Estas normas establecen las condiciones para la adecuada ejecución de la fábrica. Asimismo, se evalúan los costos directos e indirectos del proceso para conocer los flujos de caja financieros y económicos que permita reconocer su factibilidad. Durante esta etapa de prueba se elaboran dos cervezas de café negro. sin el uso de aditivos químicos como estabilizantes, colorantes o conservantes, destacando la malta y el lúpulo añadidos a la mezcla específica del producto. Para planificar la planta se utilizó el enfoque de análisis de interrelaciones, identificando las regiones que se requerían y la importancia que tenía ubicarlas. Luego se desarrollaron varias opciones y se utilizó una evaluación multicriterio para seleccionar la mejor opción. Según el análisis de mercado, la población está interesada en los departamentos de Lambayeque, Libertad y Piura. Su rentabilidad también se confirmó prediciendo la demanda, examinando gastos y flujos de caja.

Según Ñaños (2020) El mercado de la cerveza artesanal se ha expandido a un ritmo de alrededor del 20% en todo el mundo y para el 2025, se espera que las ventas superen los 502,9 millones de dólares. El costo de obtención de este microorganismo es uno de los gastos operativos más importantes porque el paso más crucial en el proceso de fermentación es la conversión alcohólica del mosto utilizando diversos tipos de levaduras (que son importadas a nuestro país). La etapa en la elaboración de cerveza artesanal es la fermentación. Hoy en día existe mucho interés en la recirculación y reutilización de este biocatalizador, ya que presenta la posibilidad de reducir costos de producción y tiempos de procesamiento manteniendo la calidad requerida, lo que optimizaría el proceso en su conjunto. El presente trabajo de investigación es una evaluación bibliográfica de las teorías que sustentan el proceso de

fermentación en la industria cervecera, así como los métodos y técnicas empleadas para la recirculación de las levaduras en este proceso. Las ideas nos dan una mejor comprensión del proceso bajo investigación y la mejor manera de abordar el diseño futuro del sistema de recirculación.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Arándano**

Según Santa Cruz (2018) El arándano, conocido como "blueberry", es una fruta pequeña del género *Vaccinium* de la familia Ericaceae. Fue traído a Chile a principios de los años 1980 desde su natal América del Norte.

*Vaccinium corymbosum* es el nombre científico de este pequeño arbusto, que crece hasta una altura de 0,2 a 0,4 metros. El fruto del arándano pertenece a la categoría de frutas que comercialmente se denominan bayas en todo el mundo; Otras frutas de esta categoría incluyen la fresa, la mora, la grosella, el kiwi, el arándano y la frambuesa (roja, negra, morada y amarilla). Tiene un sabor inusualmente agrídulce y tiene semillas diminutas de color azul claro oscuro.

El fruto es una baya esférica que debe tener cualidades específicas, como color que va del azul claro al negro azulado, epidermis que secreta una sustancia cerosa conocida como "pruina", tamaño mínimo de 0,7 a 1,5 cm, firmeza suficiente y apariencia de Pequeña cicatriz seca después de la eliminación del pedúnculo durante la cosecha.

**Figura 1.**  
**Arándano**



Fuente: Sanchez (2018)

### 2.2.1.1 Taxonomía

Un pequeño árbol frutal endémico de Norteamérica es el arándano. Es miembro del género *Vaccinium*, que también se compone de otros arbustos indómitos que producen bayas sabrosas con copas redondas tal como indica la tabla 1.

Tabla 1.

Taxonomía del Arándano

Reino	Ericaceae
Orden	Ericales
Familia	Ericáceas
Subgénero	Cyanococcus
Genero	Vaccinium

### 2.2.1.2 Variedades

El género *Vaccinium* contiene treinta especies a más, son importantes para el sector farmacéutico. Estas especies incluyen el arándano alto, el arándano bajo, el arándano, el arándano ojo de conejo, arándano europeo y arándano ojo de conejo. Los cultivares comerciales son el resultado de iniciativas de mejoramiento. Cualquier cultivar de arándano se puede dividir en los grupos indicados en la tabla 2.

Tabla 2.

Variedades comerciales de Arándanos

Categorías		
Especies	Nombre	Requerimiento frio
V. <i>Corymbosum</i> L.	Arándanos Altos del Norte	800-1000 H.F.
V. <i>Corymbosum</i> L. y V. <i>darrowi</i>	Arándanos Alto del Sur	200-400 H.F.
V. <i>angustifolium</i> y V. <i>mytilloides</i>	Arándanos Chicos	Menos requisito en H.F

V. vigratum y Vashei Reade	Arándanos Ojo de Conejo	400-800 H.F
V. Corymbosum L. y V angustifolium	Arándanos Medios-Altos	Menos requisito de frio

**Fuente:** Santa Cruz (2018)

### 2.2.1.3 Propiedades y aspectos nutricionales del fruto

Según Santa Cruz (2018) Las cualidades nutricionales y nutraceuticas de los arándanos siempre están siendo investigadas y promocionadas. Se ha recomendado su consumo a todo tipo de personas, siendo los beneficios su alto nivel de potasio, bajo aporte de calorías, excelente fuente de vitaminas A y C. Según los estándares alimentarios los arándanos tienen un alto valor nutricional y son bajos en grasa y sodio, libres de colesterol, ricos en fibra y vitamina C. Comer porciones de esta fruta que pesan alrededor de 142 g (5 onzas) todos los días se suma a la dieta diaria como se indica en Tabla 3.

*Tabla 3.*

*Composición nutricional del arándano*

<b>Nutriente</b>	<b>Valor por 100g</b>
<b>Agua (g)</b>	87.4
<b>Proteínas (g)</b>	0.3
<b>Fibras (g)</b>	1.7
<b>Calorías (Kcal)</b>	42
<b>Vitaminas</b>	
<b>Vitamina A</b>	30
<b>Vitamina B1</b>	0.014
<b>Vitamina B2</b>	0.0024
<b>Vitamina B6</b>	0.012
<b>Vitamina C</b>	12
<b>Acido nicotínico</b>	0.2
<b>Minerales</b>	
<b>Sodio</b>	2
<b>Potasio</b>	72
<b>Calcio</b>	14

<b>Magnesio</b>	6
<b>Manganeso</b>	0.5
<b>Hierro</b>	0.5
<b>Fosforo</b>	10

---

Fuente: Santa Cruz (2018)

### **2.2.2 Cerveza**

Según Pinillos (2020) La industria cervecera es responsable del 80% de la producción mundial de bebidas alcohólicas, lo que lo ubica entre los segmentos más importantes de la industria. Gracias a los continuos avances técnicos, la cerveza ahora se elabora mediante un proceso regulado que tiene como objetivo mejorar tanto la calidad como la rentabilidad del producto. Las exigencias del mercado también han llevado a una diversificación de estilos, cada uno con cualidades únicas. Los diferentes tipos de cerveza están influenciados por el tipo de malta, la variedad de lúpulo, madurez, variables de procesamiento y cepa de levadura.

### **2.2.3 Cerveza Artesanal**

Según Zorrilla (2022) Se trata de cerveza que, por su forma de elaboración, se componen principalmente de Agua, levadura, cebada malteada y lúpulo son los cuatro ingredientes. Además, ingredientes adicionales como frutas y diversas maltas. La cerveza artesanal, a diferencia de la cerveza comercial, no contiene granos de maíz ni arroz para acelerar el proceso de fermentación; En cambio, fermenta espontáneamente sin necesidad de carbonatación artificial, aditivos ni conservantes.

### **2.2.4 Tipos de Cerveza Artesanales en el Perú**

#### **a) Barbarían**

Barbarían es una cerveza artesanal peruana que se lanzó en 2011. La cerveza se elabora con ingredientes naturales, sin aditivos ni conservantes artificiales. Tiene un contenido de

alcohol del 6,5 por ciento. El año pasado en Alemania, en el Global Craft Beer Festival, su Barbaría Real Ale se llevó el premio de bronce.

*Figura 2. Cerveza Artesanal Barbarían*



**Fuente:** Gestión (2015)

#### **b) Magdalena**

Magdalena es una cerveza artesanal que se elabora con agua, levadura, lúpulo y cereales. Para ser considerada artesanal, no debe ser estabilizada por microfiltración ni por pasteurización.

Conocida por su apariencia, "La Muertecita" es una cerveza doble IPA de textura espesa y muy espumosa.

*Figura 3. Cerveza Artesanal Magdalena*



**Fuente:** Maclau (2020)

### c) Maddock

Maddock es una cervecería en Perú que se especializa en producir excelentes cervezas artesanales. Ofrece una selección de cervezas con sabores de rocoto.

*Figura 4. Cerveza Artesanal Maddock*



**Fuente:** Gestión (2015)

### d) Cumbres

Si hay algo a lo que Cumbres nos tiene acostumbrados es a que todas sus cervezas están elaboradas con granos e ingredientes del Perú, de ahí su reputación como cervecería gourmet. Esta vez vamos a hablar de su cerveza ROJA, una cerveza escocesa de exportación. Una auténtica cerveza roja con semillas de cacao tostadas como ingrediente único y que muestra una fantástica maltosidad gracias a sus cinco maltas. Este grano le da a esta cerveza su sabor distintivo y alto valor nutricional, identificándola como una cerveza roja peruana.

*Figura 5. Cerveza Artesanal Cumbres*



**Fuente:** Gestión (2015)

#### **e) Nuevo Mundo**

Cerveza de color amarillo dorado con reflejos amarillo claro. últimas notas de melón, albaricoque y mandarina. En la boca tiene un sabor amargo, a piel de naranja y frutas ácidas, y termina con un sabor a kumquat y hierbas. En la South Beer Cup, su variación Panam Pale Ale se llevó a casa la medalla de plata.

*Figura 6. Cerveza Artesanal Nuevo Mundo*



**Fuente:** Gestión (2015)

**f) Melkim**

Cerveza de estilo americano, de color dorado, con aromas a frutas tropicales y con predominio a mango y notas cítricas por el sancayo utilizado, de cuerpo medio-ligero, final amargo. Fabricado en Arequipa, Perú. Allí se producen las cervezas Ale, Pale, Red y Porter.

Figura 7. Cerveza Artesanal Melkim



**Fuente:** Gestión (2015)

**g) Barranco Beer Company**

Cerveza Artesanal con un toque de ají limo, miel, semillas de cacao y algarroba, esta es nuestra Imperial Stout peruana. Bien equilibrado, ligeramente picante, moderadamente carbonatado y retrogusto seco. La cerveza surgió de nuestra peruanidad.

*Figura 8. Cerveza Artesanal Barranco Beer Company*



**Fuente:** Gestión (2015)

## **h) Saqra**

Saqra es una cerveza artesanal peruana que se elabora en pequeñas plantas. El nombre Saqra se presenta en tres variedades: Saqra Witbier Edición Especial, Saqra Dubbel y Saqra Tripel. La Saqra Dubbel es una cerveza de abadía, de color ámbar oscuro, con un contenido medio de alcohol y un amargor bajo. Su sabor y aroma son predominantes a frutos blancos y rojos, caramelo, clavo y granos tostados.

Figura 9. Cerveza Artesanal SAQRA



**Fuente:** Gestión (2015)

## **i) Sierra Andina**

Sierra Andina es una micro cervecería y marca de cervezas artesanales creada en 2011 en la ciudad de Huaraz, Perú. La empresa produce y comercializa ocho variedades de cervezas.

Sierra Andina produce cervezas con cebada malteada alemana y lúpulos de primera. Algunas de sus cervezas son:

Mama Killa: Cerveza fresca, malteada y con sabor a jengibre.

Huaracina Pale Ale: Cerveza popular entre los paladares que aprecian el amargor.

Pachacutec: Cerveza artesanal estilo Imperial Ale con aromas a malta y caramelo.

Ko Spice: Golden Ale con aromas florales y una sensación de cítrica media amarga.

*Figura 10. Cerveza Artesanal Sierra Andina*



**Fuente:** Gestión (2015)

### **2.2.5 Composición de la Cerveza**

- **Agua**

Según Solano (2023) representa casi el 95% del peso de la cerveza, este elemento es crucial y, por lo tanto, incluso después del tratamiento, debe superar los estándares de calidad. Debido a su importancia y al hecho de que constituye entre el 93% y el 96% entre todos los componentes utilizados para hacer cerveza, es el ingrediente más importante.

Según Cueva y Moran (2019) El factor principal que debe tener en cuenta un maestro cervecero es la dureza del agua. Las aguas duras son más adecuadas para las cervezas negras, mientras que las aguas blandas suelen ser mejores para las cervezas ligeras. Concentración de compuestos minerales, en particular venta de compuestos minerales de calcio y magnesio, en un volumen específico Se le conoce como dureza del agua "blanda" tiene muy pocas sales de este tipo como el agua "dura" comparable tiene una gran concentración de ellas.

- **Levadura**

Según Solano (2023) Es un hongo unicelular que puede fermentar alcohol en un promedio de 4 a 12 (% vol. de alcohol) principalmente azúcares presentes en el mosto. Como

resultado, es necesario controlar la fermentación, incluida la temperatura y los insumos utilizados para producir el mosto.

- **Lúpulo**

Según Cueva y Moran (2019) La planta que proporciona a la cerveza su sabor y aroma distintivos y amargos se llama lúpulo. Surge de una cepa enterrada con una vida media de 12 a 15 años. Contienen glándulas rebosantes de una resina amarillenta con una gran cantidad de componentes conocidos como alfaácidos. Estos componentes dan a la cerveza su sabor amargo, ayudan en producción de espuma y ayuda a su conservación. Además, la luteína tiene ácidos beta que, aunque no tanto como los ácidos alfa, al oxidarse le dan a la cerveza un sabor amargo.

- **Cebada**

Según Cantos y Campoverde (2019) Es un grano brotado que se presenta en dos variedades y que tiene cualidades especiales para la elaboración de cerveza:

La cebada de dos carreras tiene menos proteínas y más almidón.

Cebada de seis carreras: más proteínas y menor contenido en almidón.

Este cereal genera varias amilasas, que ayudan en la desintegración de la cadena de carbohidratos y almidón.

## **2.2.6 Proceso de elaboración**

- **Molienda**

El primer paso es moler los granos de malta, que pueden ser cebada u otros granos como el trigo o el centeno, para exponer el almidón en su interior.

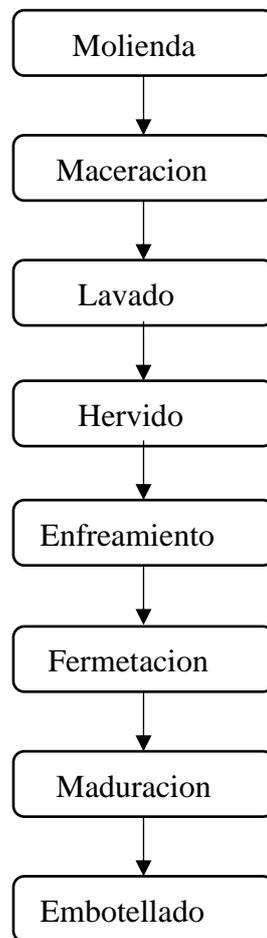
- **Maceración**

Los granos molidos se mezclan con agua caliente en un recipiente llamado macerador. Aquí se produce la conversión de almidón en azúcares fermentables. Esta mezcla se deja reposar a una temperatura específica durante un período de tiempo determinado para permitir que las enzimas en los granos realicen su trabajo.

- **Lavado**

Después de la maceración, se realiza un lavado para extraer los azúcares y otros compuestos solubles de los granos. Este proceso implica agregar agua caliente al macerador y dejar que drene a través de los granos, recogiendo el líquido dulce resultante conocido como mosto.

Tabla 4. Diagrama de Flujo de Elaboración de Cerveza Artesanal



**Fuente:** Elaboración Propia

- **Hervido**

El mosto se transfiere a una olla grande llamada hervidor y se hierve durante un período de tiempo determinado. Durante este proceso, se agregan lúpulos en diferentes momentos para

agregar amargor, sabor y aroma a la cerveza. También se pueden agregar otros ingredientes como especias o frutas en este punto.

- **Enfriamiento**

El mosto es rápidamente enfriado a la temperatura ideal para la fermentación una vez que ha hervido. Para ello se pueden utilizar otras técnicas de refrigeración como intercambiador de calor.

- **Fermentación**

El mosto se transfiere al fermentador y se inocula con levadura una vez que alcanza la temperatura adecuada. Como resultado del consumo de carbohidratos del mosto por parte de la levadura, se producen dióxido de carbono y alcohol. Dependiendo del tipo de cerveza y del entorno de fermentación, el proceso puede durar desde unos pocos días hasta varias semanas.

- **Maduración**

Después de la fermentación primaria, algunas cervezas se someten a un período adicional de maduración, que puede ocurrir en el mismo fermentador o en otro recipiente. Durante este tiempo, los sabores se suavizan y se desarrollan más complejidades en la cerveza.

- **Embotellado o barrilado**

La cerveza se embotella o se traslada a barriles para su almacenamiento y consumo una vez que alcanza el grado adecuado de carbonatación y maduración.

## **2.3 Definiciones de Términos Básicos**

- **Cerveza Ale**

Según Guimaraes (2022) Las cepas de levadura suben a la superficie porque estas cervezas se fermentan a altas temperaturas. Este proceso de alta fermentación le da al producto final ricos sabores, una amplia gama de tonos y fragancias frutales. Como resultado, la variedad de cervezas producidas es enorme. La palabra "ale" se refiere únicamente al proceso de fermentación; no influye en los tipos de maltas o lúpulos que se pueden utilizar, ni en el color

o la concentración de alcohol del producto. El maestro cervecero determina el color característico de esta cerveza.

- **Porter**

Esta cerveza oscura, que pertenece a la familia de las ale, tiene un fuerte sabor a malta debido al tostado y un sabor amargo debido al lúpulo. Las Porter son secas, tienen un sabor fuerte y su porcentaje de alcohol oscila entre el 4,5% y el 5,5%.

- **Pale Ale**

Las cervezas Pale Ale huelen a malta, que a menudo está caramelizada. Presentan una espuma densa, un llamativo color dorado a ámbar y un sabor entre agradable y algo afrutado entre 4% y 5%.

- **Brown Ale**

Por lo general, son de tono oscuro o castaño. Son cervezas secas, de color tostado y con un potente sabor a malta. Este estilo se hace más oscuro, más dulce y con menos alcohol en otras partes de Inglaterra. Su contenido alcohólico oscila entre el 4% y el 5%.

- **Cerveza Lager**

Según Guimaraes (2022) El uso de una levadura regulada, *Saccharomyces carlsbergensis* o *Saccharomyces uvarum*, cuyo rango de temperatura de funcionamiento es a bajas temperaturas, caracteriza a esta cerveza fermentada. Durante este proceso pasan unas dos semanas. Una vez finalizada la operación de esta unidad, se debe mantener en tanques a una temperatura casi exacta de cero grados Celsius para su posterior almacenamiento.

- **Lager Pilsen**

Es una bebida pálida con un nivel de alcohol del 3% al 5%, un ligero sabor a lúpulo y un cuerpo y una espuma más ligeros. La Pilsen tradicional requiere un mínimo de uno o dos meses para madurar y está hecha únicamente de cebada malteada, lúpulo, levadura y agua. A nivel mundial es el estilo de cerveza más imitado.

- **Bock**

Esta tradicional cerveza tipo lager fuerte se fermenta de abajo hacia arriba. Siempre tiene bastante cuerpo y tiene una alta concentración de alcohol (entre 4,5% y 6,5%), independientemente de cuán claro o negro sea. Si bien la cebada es el ingrediente principal en la mayoría de los bocks, ocasionalmente también se agrega trigo; estos se conocen como weizenbock o bock de trigo.

- **American Pale Lager**

Esta cerveza tiene un hermoso aspecto cobrizo, un cuerpo ligero y refrescante que llega al paladar y un delicioso amargor que persiste mucho después de terminarla. Esta cerveza, que tiene un 5% de graduación alcohólica, tiene un sorprendente aroma floral, afrutado y herbáceo.

- **Mosto**

Es el líquido dulce que queda cuando se utiliza agua caliente para macerar los granos de malta. La materia prima para elaborar cerveza se llama mosto, que fermenta los carbohidratos hasta convertirlos en alcohol.

- **Carbohidratos del almidón**

Los azúcares complejos que se encuentran en el almidón del grano de malta, que se utiliza para hacer cerveza. La levadura es capaz de fermentar azúcares más simples como la glucosa y la maltosa, que se producen cuando el almidón de los granos de malta se descompone. Este procedimiento es crucial para elaborar cerveza, ya que proporciona el suministro de carbohidratos necesarios para la fermentación y la formación del producto terminado.

## **2.4 Hipótesis de Investigación**

### **2.4.1 Hipótesis general**

La producción de una cerveza artesanal con sabor a arándano (*Vaccinium myrtillus*), a nivel experimental es de un nivel aceptable

### **2.5 Hipótesis específicas**

- La mezcla de cerveza base y el fermento de arándano (*Vaccinium myrtillus*) nos permite obtener una cerveza artesanal de buena calidad
- El análisis de los parámetros fisicoquímicos (acidez titulable, % de alcohol, pH, °brix) así como el % de fermento de arándano en la mezcla, nos permite obtener una cerveza artesanal muy agradable.

## 2.6 Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
<b>Cerveza Artesanal</b>	Bebida alcohólica fermentada elaborada a partir de cereales malteados, lúpulo y levadura, caracterizada por su producción en pequeñas cantidades y su diversidad en estilos y sabores.	Medida en litros producidos, proceso de elaboración documentado (ingredientes y técnicas), y evaluación sensorial a través de un panel de catadores que califique aroma, sabor y apariencia. Evaluado mediante un análisis sensorial
<b>Sabor a Arándano</b>	Presencia y percepción del sabor característico de los arándanos en la cerveza, que puede ser evaluado a través de análisis sensoriales.	estructurado, donde un grupo de catadores calificará la intensidad del sabor a arándano en una escala hedónica y la aceptación general de la cerveza.
<b>Fermentación</b>	Proceso bioquímico mediante el cual las levaduras convierten azúcares en alcohol y dióxido de carbono, influenciado por factores como temperatura, tiempo y tipo de levadura.	Medido a través de la duración del proceso de fermentación (en días), temperatura controlada (en °C), y análisis de densidad para determinar el progreso de la fermentación y el contenido alcohólico.
<b>Calidad de la Cerveza</b>	Conjunto de características que determinan la aceptación del producto final, incluyendo aroma, sabor, apariencia y estabilidad.	Evaluada mediante un análisis sensorial en el que un panel de catadores califique la cerveza en una escala hedónica en cada una de las características mencionadas, además de pruebas de laboratorio para verificar la estabilidad.

## **CAPÍTULO III:**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño Metodológico**

Teniendo en cuenta la naturaleza y propósito del estudio, se adoptó un enfoque cuantitativo ya que es necesario monitorear y evaluar los parámetros del proceso de elaboración de la cerveza artesanal, como también realizar un análisis de las características fisicoquímicas y sensoriales respectivas de cada tratamiento. Los resultados obtenidos y recopilados deberán ser sometidos a pruebas estadísticas para establecer que las conclusiones obtenidas del estudio puedan ser aplicadas y contrastadas con otros estudios de similares características, así como a la población de la que proviene la muestra del estudio en cuestión.

Como tal el trabajo es un diseño experimental, ya que implica varios ensayos con la manipulación de la variable concentración de fermento de arándano, esto con el objetivo de poder determinar el proceso de elaboración; la evaluación los parámetros fisicoquímicos y nivel de aceptabilidad en los consumidores.

#### **3.2 Lugar de Ejecución**

El desarrollo de los ensayos y pruebas, fueron realizados en los ambientes de laboratorio de Análisis Instrumental e Innovación Tecnológica en la facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad José Faustino Sánchez Carrión, distrito de Huacho, provincia de Huaura, en el presente año 2024. La ubicación dentro del campus universitario se muestra en la Figura 11.

## Figura 11.

*Localización Geográfica en la Universidad José Faustino Sánchez Carrión.*



**Fuente:** Google Maps (2024)

### 3.3 Materiales, equipo e instrumentos utilizados

#### 3.3.1 Insumos

- Agua Tratada
- Arándano (*Vaccinium corymbosum*)
- Malta Pilsen
- Lúpulo Cascade

#### 3.3.2 Materiales, equipos e instrumentos

- Balanza analítica.
- Botellas de vidrio.
- Coladores, embudos, recipientes de plásticos.
- Damajuanas.

- Equipo esterilizador.
- Equipos de vidrio variado (Erlenmeyer, vasos precipitados, bureta, pipeta, etc).
- Licuadora.
- Materiales de cocina de acero inoxidable (cuchillos, espátulas, cucharas, etc).
- Multiparámetros de mesa HI-2213 (HANNA).
- Picnómetro.
- Recipiente de acero inoxidable (ollas, vasijas, etc).
- Refractómetro (% vol/vol, °Brix Portable Refractometer for hand held).
- TDS-139 portable digital.

### **3.3.3 Reactivos**

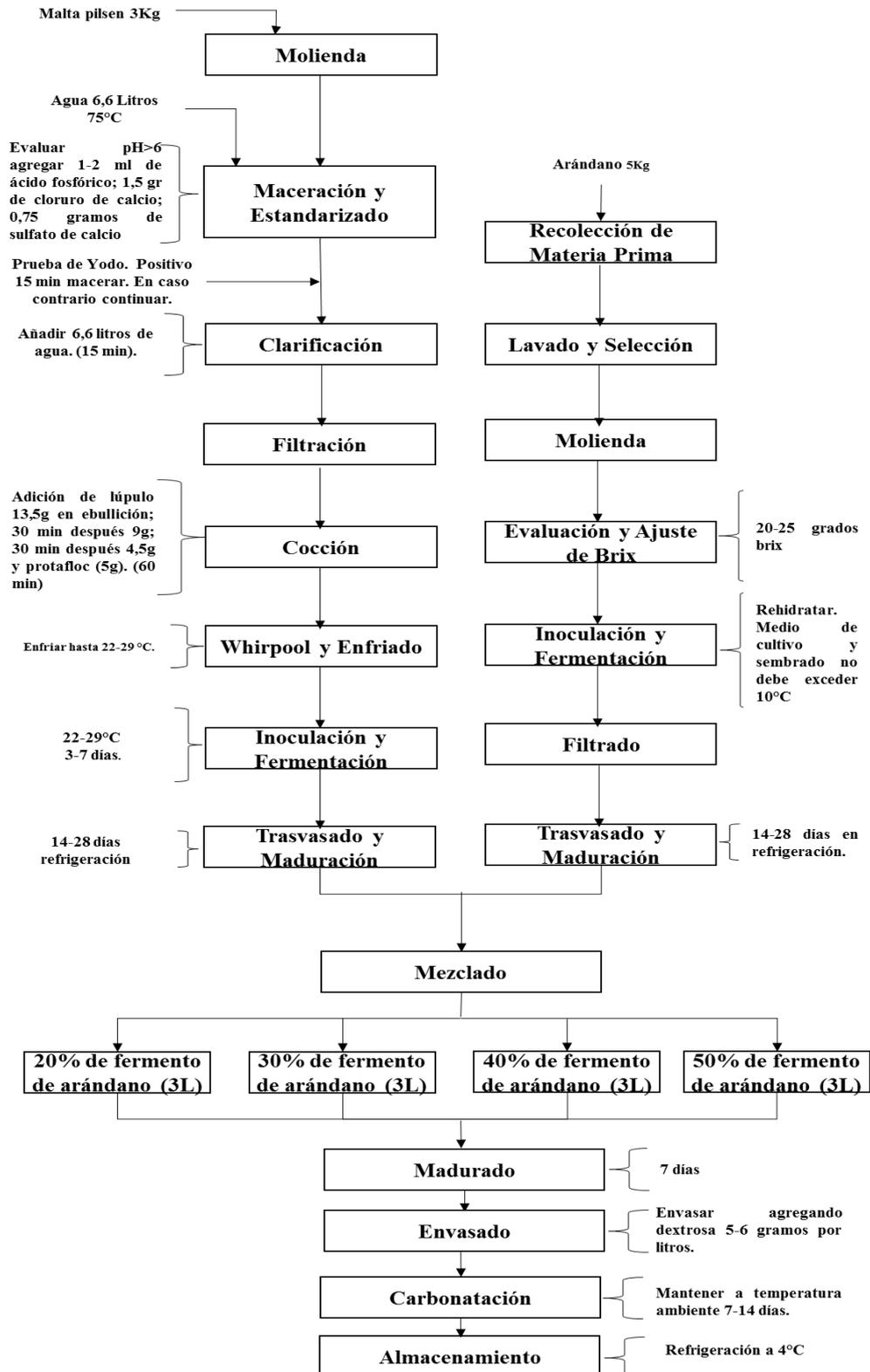
- Azúcar rubia.
- Ácido fosfórico.
- Cloruro de calcio
- Dextrosa
- Levadura SafeAle US-05 (*Sacharomyces cereviceae*)
- Protafloc
- Sulfato de calcio
- Uvafermen 43 (*Sacharomyces cereviceae bayanus*)

### **3.4 Procedimiento Experimental**

En la Figura 12 se explica el procedimiento de la elaboración de cada tratamiento.

**Figura 12.**

*Diagrama de Flujo de Bloques del Procedimiento Experimental para la Elaboración de Cerveza de Arándano.*



### **3.4.1 Cerveza base**

#### **3.4.1.1 Molienda**

Los granos de malta se muelen sin reducirlos a polvo en un esfuerzo por fragmentarlos y aumentar la superficie efectiva que entra en contacto con el agua en la siguiente etapa del proceso.

#### **3.4.1.2 Maceración y Estandarizado**

Con la finalidad de convertir los azúcares de cadena larga como el almidón (25% amilasa, 75% amilopectina) en azúcares fermentables que puedan ser aprovechados por la levadura durante el proceso de fermentación, los granos triturados se colocan en un saco especial de tela de organza el cual es dispuesto en un recipiente que pueda conservar el calor con agua a 75°C. Antes de comenzar el proceso, se añaden cloruro y sulfato de calcio con la intención de precipitar algunas partículas en suspensión y neutralizar algunos ácidos. Tras 10 minutos de maceración, tomaremos una muestra para evaluar el pH. Si es mayor de 6 se dosificará de 1-2 ml de ácido fosfórico hasta que descienda en el rango de 5,4 a 5,8. Esto se debe a que las enzimas del grano principalmente la alfa-amilasa y beta-amilasa requieren de esta condición para activarse e iniciar la reacción de conversión almidón en azúcares fermentables mediante la ruptura de sus enlaces.

#### **3.4.1.3 Clarificación**

Antes de este paso se realiza una prueba con yodo, la cual consiste en extraer 50 ml de mosto y añadir unas gotas de una disolución al 2% de yodo en etanol; si colorea se ajustará la temperatura a 75°C y se dejará macerando 15 minutos adicionales para luego volver a evaluarse. En caso contrario procederemos con la siguiente etapa, la clarificación.

Previamente se completará el volumen con agua tratada (se recomienda que se encuentre tibia) tratando de lavar los granos, luego se recirculará el mosto en forma de lluvia durante 15 minutos, con la finalidad de aprovechar al máximo los azúcares residuales que no se hayan disueltos durante la maceración y al mismo tiempo que sedimenten por gravedad las partículas más pesadas en el fondo de la olla como lodos.

#### **3.4.1.4 Filtración**

Se retiran los granos del saco de organza tratando de no remover el fondo donde quedan los lodos provenientes de la malta. Se lleva el mosto a un nuevo recipiente donde procederemos a cocinar. Los granos pueden ser secados y empleado como alimento para animales.

#### **3.4.1.5 Cocción**

Se procederá a cocinar el mosto hasta ebullición, mientras calentamos se retirará toda la espuma formada. Una vez rompa en hervor se procederá a agregar la primera dosis de lúpulo la cual aportará principalmente el amargor (13,5g); 30 minutos después se adicionará la segunda dosis la cual aportará principalmente el sabor (9,0g); a partir de los 50 minutos o una vez apagada la cocina se agregará la última dosis (4,5g) y el protafloc (5,0g), igualmente se retirará la espuma que se haya podido formar durante el proceso.

#### **3.4.1.6 Whirpool y Enfriado**

Una vez retirado del fuego el mosto con una espátula se procederá a realizar movimientos circulares creando un torbellino (whirpool), mientras más marcado será mucho mejor; esto se realizará hasta que la temperatura descienda a 80°C. Se dejará reposar entre 10 a 15 minutos para empezar el enfriado hasta la temperatura que requiere el sembrado de la levadura (22-29°C). Se recomienda enfriar rápidamente con hielo o en su defecto agua helada, siempre teniendo cuidado de no excederse del rango de temperatura que requiere la levadura.

#### **3.4.1.7 Inoculación y Fermentación**

El cultivo usado es para fermentación de cerveza tipo Ale empleado es el cultivo SafeAle US-05 la cual se dosificó 6,9 gramos para alrededor de 12 litros. Esta fue cultivada en un Erlenmeyer de 1 litro de capacidad con el propio mosto a una temperatura de 29°C. Tomó alrededor de 15 minutos en notarse la primera burbuja, 15 minutos más en activarse completamente. Se procedió a verterlo sobre el mosto previamente enfriado en el fermentador y colocar el airlock con alcohol. Se dejará fermentar 7 días, se recomienda agitar suavemente el fermentador durante los primeros 3 días con la finalidad de que la levadura activa o los azúcares que puedan precipitar en el fondo asciendan en la parte superior del fermentador.

#### **3.4.1.8 Trasvasado y Madurado**

Una vez culminado la fermentación se verterá el contenido del fermentador en otro recipiente esterilizado y limpio tratando de no arrastrar los lodos que hayan sedimentado, se sellará el nuevo envase y colocará en refrigeración o en su defecto a temperatura ambiente pero que no exceda los 25°C con la finalidad de que se acentúen los sabores y olores, además de disminuir la turbidez de la misma ya que irá lentamente sedimentando. El propósito de esta etapa es la conversión de una bebida rústica en una que sea agradable al gusto del consumidor.

### **3.4.2 Fermento de Arándano**

#### **3.4.2.1 Recolección de materia prima**

El arándano (*Vaccinium corymbosum*) fue obtenido en mercado de abasto en la región de Lima, provincia de Huaura, distrito de Huacho.

#### **3.4.2.2 Lavado y selección del arándano.**

Los arándanos se lavaron con agua para eliminar las impurezas y polvo que pudieran estar presente la piel, asimismo se descartaron aquellos que presentaran superficies rugosas o estén demasiados maduros.

### **3.4.2.3 Molienda**

Los frutos fueron licuados para posteriormente ser pasados por un colador para separar las partes sólidas del jugo de arándano.

### **3.4.2.4 Evaluación y ajuste de grados brix**

Se toma una muestra del jugo arándano de la etapa anterior el cual se filtrará con papel filtro, luego con una pipeta Pasteur se tomarán una muestra para medir los grados brix del zumo y determinar si cumplen con los requerimientos para que la fermentación se lleve a cabo de forma óptima. Por lo general solo se realiza este paso en caso no se lleguen a los niveles requeridos, pues el atractivo de un producto artesanal es estar libre de aditivos, pero solo en caso se requiera se empleará azúcar rubia para elevar los niveles hasta el rango de 15-20 grados brix.

### **3.4.2.5 Inoculación y Fermentación**

El cultivo usado es para fermentación es el cultivo Uvafermen-43 (*Sacharomyces cereviceae bayanus*) la cual se dosificó 2 gramos para alrededor de 4-5 litros. Esta fue rehidratada en un Erlenmeyer con agua a temperatura ambiente. La rehidratación tomó alrededor de 30 minutos, el contenido fue vertido en el tanque fermentador y se le colocó su airlock con alcohol. La fermentación tomó alrededor de 7 días.

### **3.4.2.6 Filtrado**

El fermentado fue tamizado en un colador con una tela de organza con la finalidad de separar la materia sólida de la parte líquida.

### **3.4.2.7 Trasvasado y maduración**

Luego del proceso de filtrado la fase líquida fue colocada en otro envase, el cual fue sellado para que empiece el proceso de maduración donde se mezclaran y acentuarán los sabores.

### 3.4.3 Mezclado

Se procederá a mezclar en las proporciones planteadas en el presente trabajo para cada tratamiento según la **Tabla 5**.

**Tabla 5.**

*Proporciones de mezclado para cada tratamiento.*

<i>Tratamientos</i>	<i>Volúmen (L)</i>	<i>Cerveza Base (L)</i>	<i>Fermento de Arándano (L)</i>
<b><i>T<sub>1</sub>: 20% de fermento de arándano</i></b>	3	2,4	0,6
<b><i>T<sub>2</sub>: 30% de fermento de arándano</i></b>	3	2,1	0,9
<b><i>T<sub>3</sub>: 40% de fermento de arándano</i></b>	3	1,8	1,2
<b><i>T<sub>4</sub>: 50% de fermento de arándano</i></b>	3	1,5	1,5

### 3.4.4 Madurado

Una vez preparadas las mezclas estas se dejarán reposar en refrigeración con la finalidad de que se mezclen los sabores y olores durante 7 días.

### 3.4.5 Envasado

Se procede a envasar en botellas de 375 ml a las cuales se le colocará aproximadamente 2 gramos de dextrosa que será utilizada por la levadura residual para producir gas dentro de la botella una vez sea sellada.

### 3.4.6 Carbonatación

Durante una semana se dejará en un lugar oscuro y fresco a temperatura ambiente con la finalidad de que la levadura vuelva a activarse y consuma la dextrosa para generar gas carbónico que se disolverá en la bebida.

### **3.4.7 Almacenamiento**

Culminada la carbonatación se refrigerará a 4°C para inactivar la levadura y asimismo extender la vida útil de la cerveza.

## **3.5 Muestreo**

### **3.5.1 Población**

La población está comprendida por los productos elaborados por las cervecerías artesanales en Lima.

### **3.5.2 Muestra**

Las muestras analizadas para la evaluación fisicoquímica como sensorial corresponden a los prototipos elaborados a base de cerveza y fermento de arándano a distintas concentraciones (20%, 30%, 40% y 50%) que se muestran en la Tabla 5.

#### **3.5.2.1 Codificación**

Las muestras serán presentadas en recipientes iguales a los panelistas, cada uno codificado con números aleatorios de 3 dígitos.

Para el proceso de codificación se utilizó la función “=ALEATORIO.ENTRE()” de MICROSOFT EXCEL.

Tratamiento 1 (20%): 614 (A)

Tratamiento 2 (30%): 539 (B)

Tratamiento 3 (40%): 781(C)

Tratamiento 4 (50%): 860 (D)

#### **3.5.2.2 Aleatorizado**

Para cada panelista el orden de presentación de cada muestra fue aleatoriza haciendo uso de MICROSOFT EXCEL, empleando la función “=ALEATORIO” y de un criterio de ordenamiento predeterminado del programa, el cual se presentará en la siguiente matriz:

<b>Número de panelista</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
1	860 (D)	781 (C)	614 (A)	539 (B)
2	781 (C)	539 (B)	860 (D)	614 (A)
3	614 (A)	781 (C)	539 (B)	860 (D)
4	539 (B)	860 (D)	781 (C)	614 (A)
5	781 (C)	539 (B)	614 (A)	860 (D)
6	781 (C)	860 (D)	539 (B)	614 (A)
7	539 (B)	860 (D)	614 (A)	781 (C)
8	614 (A)	781 (C)	860 (D)	539 (B)
9	539 (B)	781 (C)	860 (D)	614 (A)
10	614 (A)	860 (D)	781 (C)	539 (B)
11	614 (A)	539 (B)	860 (D)	781 (C)
12	781 (C)	614 (A)	539 (B)	860 (D)
13	781 (C)	860 (D)	539 (B)	614 (A)
14	860 (D)	614 (A)	539 (B)	781 (C)
15	860 (D)	781 (C)	614 (A)	539 (B)
16	781 (C)	539 (B)	614 (A)	860 (D)
17	860 (D)	539 (B)	614 (A)	781 (C)
18	781 (C)	860 (D)	539 (B)	614 (A)
19	539 (B)	860 (D)	781 (C)	614 (A)
20	539 (B)	781 (C)	860 (D)	614 (A)

### 3.6 Técnicas de recolección de datos

#### 3.6.1 Determinación de acidez titulable.

Para determinar la acidez titulable de la cerveza se siguieron los pasos de la metodología descrita en la Association of Analytical Communities (AOAC, 950.07, 2000), metodología en la cual se toman 10 mL que será diluida en 100 mL de agua, se agrega indicador fenolftaleína y se titula con hidróxido de sodio al 0,1N hasta el punto de viraje, con el volumen gastado se procederá a calcular la acidez titulable con la Ecuación 1.

#### Ecuación 1.

*Acidez titulable de la cerveza.*

$$\text{Acidez Titulable} = \left( \frac{\text{g ácido láctico}}{\text{litro de cerveza}} \right) = \frac{V_{[Mx]} \times C_{[NaOH]} \times f_{[\text{ácido láctico}]}}{\text{Volúmen de muestra (0.01 L)}}$$

Donde:

$V_{[Mx]}$  = Volumen gastado de NaOH (L)

$C_{[NaOH]}$  = Concentración de la solución de NaOH estandarizado(0.0998N)

$$f_{[\text{ácido láctico}]} = \text{Peso Equivalente del ácido láctico} \left( 90 \frac{\text{gramos de ácido láctico}}{\text{equivalente}} \right)$$

Cabe señalar que la metodología es la misma a emplearse para el análisis del zumo de arándano y el fermento de arándano, el único ajuste se realiza en la fórmula anterior reemplazando el peso equivalente del ácido láctico por el ácido cítrico en el caso de la fruta, mientras en el fermento se reemplazará por el ácido tartárico al utilizar un cultivo especial para vino.

### **Ecuación 2.**

*Acidez titulable del zumo de arándano.*

$$\text{Acidez Titulable} = \left( \frac{\text{g ácido cítrico}}{100 \text{ gramos}} \right) = \frac{V_{[Mx]} \times C_{[NaOH]} \times f_{[\text{cítrico}]}}{\text{masa de la muestra gramos}} \times 100$$

Donde:

$$V_{[Mx]} = \text{Volumen gastado de NaOH (L)}$$

$$C_{[NaOH]} = \text{Concentración de la solución de NaOH estandarizado (0.0998N)}$$

$$f_{[\text{cítrico}]} = \text{Peso Equivalente del ácido láctico} \left( 64 \frac{\text{gramos de ácido cítrico}}{\text{equivalente}} \right)$$

### **Ecuación 3.**

*Acidez titulable del fermento de arándano.*

$$\text{Acidez Titulable} = \left( \frac{\text{g ácido cítrico}}{\text{litro fermento}} \right) = \frac{V_{[Mx]} \times C_{[NaOH]} \times f_{[\text{cítrico}]}}{\text{Volúmen de muestra (0.01 L)}}$$

Donde:

$$V_{[Mx]} = \text{Volumen gastado de NaOH (L)}$$

$$C_{[NaOH]} = \text{Concentración de la solución de NaOH estandarizado (0.0998N)}$$

$$f_{[\text{tartárico}]} = \text{Peso Equivalente del ácido tartárico} \left( 75 \frac{\text{gramos de ácido tartárico}}{\text{equivalente}} \right)$$

### **3.6.2 3.3.2 Determinación de Sólidos Solubles (Brix).**

Se determinó utilizando un refractómetro portátil de acuerdo a la metodología descrita en la Association of Analytical Communities (AOAC, 932.12, 1980).

### **3.6.3 Determinación de pH.**

Se determinó el pH con la metodología descrita en la Association of Analytical Communities (AOAC, 981.12, 2017). Se tomó una muestra de 100mL en un vaso precipitado y se tomó la lectura el multiparamétrico marca HANNA modelo HI 2213 (HANNA instruments, Rumania) con el electrodo de pH (HI 1131B) y la sonda de temperatura (HI 7662), previamente calibrado antes de cada ensayo.

#### **3.6.4 Determinación de porcentaje de alcohol (%AVP).**

Se determinó mediante un densímetro de cerveza que es un densímetro cuya escala está graduada con concentración de alcohol. Se obtiene el grado alcohólico directamente sobre la muestra de acuerdo a la metodología descrita en la Association of Analytical Communities (AOAC, 945.06, 2000). La muestra es colocada en una probeta en cuyo interior se encuentra el instrumento y se tomara la lectura que marque el nivel del líquido cuando este empiece a flotar.

#### **3.6.5 Análisis Sensorial**

Se realizó con 20 panelista no entrenados que eran consumidores frecuentes de este tipo de bebidas, pertenecientes a la facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho.

La evaluación fue realizada según la ficha que se muestra en el **Anexo 8** basada en una escala hedónica de 9 puntos para distintos atributos (color, olor, sabor y textura).

### **3.7 Técnicas de Procesamiento de Datos**

Todos los datos obtenidos serán procesados y analizados a través de Microsoft Excel 2016 y SPSS Statistic. Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza univariado (ANOVA) con la finalidad de determinar si existe diferencia significativa en las medias de los tratamientos, si la hipótesis a la que postula es conservada se acepta que las medias de los tratamientos son estadísticamente iguales, en caso contrario se procede a realizar la prueba de HSD Tukey al 5% para encontrar entre que rangos y suma de rangos existen diferencias, asimismo establecer los subconjuntos homogéneos.

El análisis sensorial fue realizado a través de una prueba hedónica de 9 puntos (Drake, <https://www.journalofdairyscience.org/>, 2007) cuyos datos serán procesados mediante la prueba no paramétrica de Friedman (análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos) debido a que la distribución de los datos no es normal, si la hipótesis planteada por la prueba es aceptada se concluye que no existe diferencia en el atributo estudiado para los tratamientos; en el caso de que se rechace se deberá proceder a realizar comparaciones múltiples para determinar si hay diferencia significativa entre la media de los rangos y suma de rangos calculados por la prueba de Friedman.

### 3.8 Análisis e Interpretación de la Información

El diseño es un experimento unifactorial con 4 niveles y 5 repeticiones (estudiaremos la influencia de un factor con distintos niveles en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del producto final). El factor a estudiar la concentración del fermento de arándano en los distintos prototipos de cerveza.

**Tabla 6.**

*Niveles del factor concentración del fermento de arándano en la cerveza artesanal.*

<i>Factor</i>	<i>Nivel</i>	<i>Descripción</i>
<b>Concentración del fermento de arándano en la cerveza</b>	$T_1$	20% de fermento de arándano
	$T_2$	30% de fermento de arándano
	$T_3$	40% de fermento de arándano
	$T_4$	50% de fermento de arándano

#### 3.8.1 Método Estadístico

Las respuestas experimentales seguirán el modelo estadístico lineal para un diseño experimental unifactorial el cuál sigue el siguiente modelo matemático.

#### **Ecuación 4.**

*Modelo lineal aditivo para un solo factor.*

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : valor atribuido a la medición realizada por el investigador

$\mu$ : media global.

$\tau_i$ : efecto del tratamiento i.

$\varepsilon_{ij}$ : error atribuible a la medición  $Y_{ij}$

### **3.8.2 Análisis Estadístico**

#### **3.8.2.1 ANOVA Unifactorial**

El ANOVA unifactorial es una prueba estadística empleada para probar la hipótesis nula de que las medias de la población son igual a la media de cada unidad muestral, en caso esta se rechace se postula a una hipótesis alternativa donde se plantea que al menos una de las medias de alguna de las unidades muestrales es diferente.

#### **Tabla 7.**

*Matriz de ANOVA para diseños unifactoriales*

<b>Origen de la variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Media de Cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Factor</b>	$SC_F$	$n-1$	$CM_F$	$CM_F/CM_E$	
<b>Error</b>	$SC_E$	$N-n$	$CM_E$		
<b>Total</b>	$SC_T$	$N-1$			

Donde:

$SC_F$  : Suma de cuadrado del factor estudiado.

$SC_E$ : Suma de cuadrado del error.

$SC_T$ : Suma de cuadrado total.

n: Niveles del factor estudiado.

N: número total de repeticiones

CM<sub>F</sub>: Cuadrado medio del factor estudiado.

CM<sub>E</sub>: Cuadrado medio del error.

F: Estadístico F del factor estudiado.

### 3.8.2.2 Prueba de comparación múltiple de HSD Tukey

El Test HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey es una prueba estadística realizada en caso la hipótesis de la prueba ANOVA sea rechazada y existan diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. A través de comparaciones múltiples establece entre que tratamientos existen variación y de acuerdo a ello los agrupa en rangos o subconjuntos que a nivel estadístico pueden ser considerados iguales.

### 3.8.2.3 Prueba no paramétrica de Friedman

Realizada las pruebas sensoriales de las cuales obtendremos resultados cualitativos, las cuales serán interpretados en una escala hedónica se procede a realizar la prueba no paramétrica de Friedman, a un nivel de confianza del 95%, en medidas repetidas para determinar las muestras con mejores características organolépticas.

#### **Ecuación 5.**

*Estadístico de Friedman.*

$$F = \frac{12}{HK(K+1)} \sum Rc^2 - 3H(K+1)$$

Donde:

F: Estadístico calculado del análisis de varianza por rangos de Friedman.

H: Número de elemento o bloques (número de hileras).

K: Número de variables relacionadas.

$\sum Rc^2$  : suma de rangos por columna al cuadrado.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Caracterización del zumo arándano.

#### 4.1.1 Acidez titulable.

Los resultados del análisis realizado se muestran en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.**

*Acidez titulable del zumo de arándano.*

<i>Réplica</i>	<i>Masa de muestra (g)</i>	<i>Volumen Gastado (mL)</i>	<i>Acidez Titulable</i>
1	10,000	15	0,96*
2	10,000	16	1,02*
3	10,000	15	0,96*
4	10,000	14	0,89*
5	10,000	15	0,96*
<b>Promedio</b>			0,96*
<b>Desviación</b>			0,05*

\*Se expresa en función de gramos de ácido cítrico por cada 100g de arándano.

#### 4.1.2 Brix del zumo de arándano.

Los resultados del análisis realizado se muestran en la **Tabla 9**.

**Tabla 9.**

*Brix del zumo de arándano.*

<i>Réplica</i>	<i>Brix</i>	
1	12,0*	
2	11,5*	
3	11,5*	
4	12,0*	
5	11,5*	
<b>Promedio</b>		11,7
<b>Desviación</b>		0,3

\*Se expresan de forma adimensional ya que corresponde al porcentaje en peso de sacarosa por cada 100 gramos de muestra.

#### 4.1.3 Potencial de hidrógeno (pH) del zumo de arándano.

Los resultados del análisis realizado se muestran en la **Tabla 10**.

**Tabla 10.***Potencial de hidrógeno (pH) del zumo de arándano.*

<i>Réplica</i>	<i>pH</i>
1	3,38
2	3,35
3	3,36
4	3,40
5	3,38
<b>Promedio</b>	3,37
<b>Desviación</b>	0,02

**4.2.4. Resumen de la caracterización del zumo de arándano.**

Los resultados obtenidos de la caracterización de la fruta se muestran en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.***Resultados de la caracterización del zumo de arándano.*

<i>Parámetro</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación</i>
<b>Acidez Titulable</b>	0,96	0,05
<b>Brix</b>	11,7	0,3
<b>pH</b>	3,37	0,02

**4.2 Caracterización de la cerveza base.****4.2.1 Acidez Titulable de la cerveza base.**

Los resultados del análisis realizado se muestran en la **Tabla 12**.

**Tabla 12.***Acidez titulable de la cerveza base.*

<i>Réplica</i>	<i>Volumen de Muestra (mL)</i>	<i>Volumen Gastado (mL)</i>	<i>Acidez Titulable (g/L)</i>
1	10,000	2,2	1,98*
2	10,000	2,3	2,07*
3	10,000	2,0	1,80*
4	10,000	2,2	1,98*
5	10,000	2,2	1,98*
<b>Promedio</b>			1,96*
<b>Desviación</b>			0,05*

\*Se expresa en función de gramos de ácido láctico por cada litro de cerveza.

#### 4.2.2 Brix de la cerveza base.

Los resultados del análisis realizado se muestran en la **Tabla 13**.

**Tabla 13.**

*Brix de la cerveza base.*

<i>Réplica</i>	<i>Brix</i>
1	5,0*
2	5,5*
3	6,0*
4	5,0*
5	5,5*
<b>Promedio</b>	<b>5,4*</b>
<b>Desviación</b>	<b>0,3*</b>

\*Se expresan de forma adimensional ya que corresponde al porcentaje en peso de sacarosa por cada 100 gramos de muestra.

#### 4.2.3 Potencial de hidrógeno (pH) de la cerveza base.

Los resultados del análisis realizado se muestran en la **Tabla 14**.

**Tabla 14.**

*Potencial de hidrógeno (pH) de la cerveza base.*

<i>Réplica</i>	<i>pH</i>
1	4,09
2	4,05
3	4,07
4	4,10
5	4,10
<b>Promedio</b>	<b>4,08</b>
<b>Desviación</b>	<b>0,02</b>

#### 4.2.4 Porcentaje de alcohol (%AVP).

Los resultados del análisis realizado se muestran en la **Tabla 15**.

**Tabla 15.**

*Porcentaje de alcohol (%AVP) de la cerveza base.*

<i>Réplica</i>	<i>%AVP</i>
1	3,94

2	4,20
3	4,20
4	4,20
5	4,20
<b>Promedio</b>	4,15
<b>Desviación</b>	0,12

#### 4.2.5 Resumen de la caracterización de la cerveza base.

La caracterización de la cerveza base se muestran en la **Tabla 16**.

**Tabla 16.**

*Resultados de la caracterización de la cerveza base.*

<i>Parámetro</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación</i>
<b>Acidez Titulable (g/L)</b>	1,96	0,05
<b>Brix</b>	5,4	0,3
<b>pH</b>	4,08	0,02
<b>%Alcohol (%AVP)</b>	4,15	0,12

#### 4.3 Caracterización del fermento de arándano.

##### 4.3.1 Acidez titulable del fermento de arándano.

Los resultados del análisis se muestran en la **Tabla 17**.

**Tabla 17.**

*Acidez titulable del fermento de arándano.*

<i>Réplica</i>	<i>Volumen de Muestra (mL)</i>	<i>Volumen Gastado (mL)</i>	<i>Acidez Titulable (g/L)</i>
1	10,000	7,4	5,54*
2	10,000	7,3	5,46*
3	10,000	7,5	5,61*
4	10,000	7,4	5,54*
5	10,000	7,5	5,61*
<b>Promedio</b>			5,55*
<b>Desviación</b>			0,06*

\*Se expresa en función de gramos de ácido tartárico por cada litro de fermento

#### 4.3.2 Brix del fermento de arándano.

Los resultados del análisis se muestran en la **Tabla 18**.

**Tabla 18.**

*Brix del fermento de arándano.*

<i>Réplica</i>	<i>Brix</i>
1	6,0*
2	6,5*
3	6,0*
4	6,0*
5	6,5*
<b>Promedio</b>	6,2*
<b>Desviación</b>	0,3*

\*Se expresan de forma adimensional ya que corresponde al porcentaje en peso de sacarosa por cada 100 gramos de muestra.

#### 4.3.3 Potencial de hidrógeno (pH) del fermento de arándano.

Los resultados del análisis se muestran en la **Tabla 19**.

**Tabla 19.**

*Potencial de hidrógeno (pH) del fermento de arándano*

<i>Réplica</i>	<i>pH</i>
1	2,94
2	3,06
3	3,05
4	3,01
5	3,05
<b>Promedio</b>	3.02
<b>Desviación</b>	0,05

#### 4.3.4 %Alcohol (%AVP) del fermento de arándano.

Los resultados del análisis se muestran en la **Tabla 20**.

**Tabla 20.**

*%Alcohol (%AVP) del fermento de arándano.*

<i>Réplica</i>	<i>%AVP</i>
1	5,25
2	4,99
3	4,73
4	5,25
5	5,25
<b>Promedio</b>	<b>5,09</b>
<b>Desviación</b>	<b>0,24</b>

#### **4.3.5 Resumen de la caracterización del fermento de arándano.**

Los resultados obtenidos de la caracterización de la cerveza base se muestran en la

**Tabla 21.**

**Tabla 21.**

*Resultados de la caracterización del fermento de arándano.*

<i>Parámetro</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación</i>
<b>Acidez Titulable (g/L)</b>	5,55	0,06
<b>Brix</b>	6,2	0,3
<b>pH</b>	3,02	0,05
<b>%Alcohol (%AVP)</b>	5,09	0,24

#### **4.4 Caracterización fisicoquímica y análisis de estadístico de los tratamientos.**

##### **4.4.1 Acidez titulable.**

Los resultados del análisis de acidez titulables para cada tratamiento se muestran a continuación en la **Tabla 22.**

**Tabla 22.**

*Acidez titulable de los tratamientos.*

<i>Tratamientos</i>	<i>Réplica</i>	<i>Volúmen Gastado (mL)</i>	<i>Acidez Titulable (g/L)</i>
<b>T<sub>1</sub>: 20% de fermento de arándano</b>	1	5,9	5,30*
	2	6,0	5,39*
	3	5,9	5,30*
	4	5,9	5,30*
	5	5,8	5,21*
<b>T<sub>2</sub>: 30% de fermento de arándano</b>	1	6,2	5,57
	2	6,0	5,39
	3	6,0	5,39
	4	6,1	5,48
	5	6,3	5,66
<b>T<sub>3</sub>: 40% de fermento de arándano</b>	1	7,3	6,56
	2	7,0	6,29
	3	7,2	6,47
	4	7,2	6,47
	5	7,2	6,47
<b>T<sub>4</sub>: 50% de fermento de arándano</b>	1	7,5	6,74
	2	7,4	6,65
	3	7,4	6,65
	4	7,7	6,92
	5	7,3	6,56

\*Se expresa en función de gramos de ácido láctico por cada litro de cerveza.

#### 4.4.1.1 Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de acidez titulable.

Los principales indicadores estadísticos de los resultados mostrados en la **Tabla 22** se muestran a continuación en la **Tabla 23**.

**Tabla 23.***Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de acidez titulable.*

Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95,0% de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
20%	5	5,3000	0,06364	0,02846	5,2210	5,3790
30%	5	5,4980	0,11735	0,05248	5,3523	5,6437
40%	5	6,4520	0,09859	0,04409	6,3296	6,5744
50%	5	6,7040	0,13649	0,06104	6,5345	6,8735
<b>Total</b>	20	5,9885	0,62373	0,13947	5,6966	6,2804
<b>Modelo</b>	<b>Efectos fijos</b>		0,10744	0,02402	5,9376	6,0394
	<b>Efectos aleatorios</b>			0,34658	4,8855	7,0915

**4.4.1.2 ANOVA para los resultados del análisis de acidez titulable.**

El análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos de la **Tabla 22** para cada tratamiento se muestran en la **Tabla 24**.

**Tabla 24.***Análisis de varianza para la variable acidez titulable.*

Origen de la variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media de cuadrados	F	Significancia
<b>Entre grupos</b>	7,207	3	2,402	208,129	5,01x10 <sup>-13</sup>
<b>Dentro de grupos</b>	0,185	16	0,012		
<b>Total</b>	7,392	19			

Realizado el análisis de varianza según la **Tabla 24** tenemos como resultado que la significancia es 5,01x10<sup>-13</sup>, este valor es menor que 0,05 que representa el nivel de confianza, se debe rechazar la hipótesis a la que postula esta prueba “no existen diferencia significativa entre las medias de los tratamientos”. Por ende, se debe recurrir a la prueba HSD Tukey para

encontrar los subconjuntos homogéneos mediante comparaciones múltiples al 95 % de confianza.

#### 4.4.1.3 Prueba Post Hoc

Al rechazar la hipótesis del ANOVA se procede a realizar comparaciones múltiples mediante la prueba de HSD Tukey, estas se muestran en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.**

Comparaciones múltiples HSD Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para la variable acidez titulable.

Variable dependiente: Acidez Titulable (g/mL)							
Prueba	Tratamiento (i)	Tratamiento (j)	Diferencia de medias (i-j)	Error estándar	Significancia	95,0% de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	20%	30%	-0,19800*	0,06795	0,045	-0,3924	-0,0036
		40%	-1,15200*	0,06795	0,000	-1,3464	-0,9576
		50%	-1,40400*	0,06795	0,000	-1,5984	-1,2096
	30%	20%	0,19800*	0,06795	0,045	0,0036	0,3924
		40%	-0,95400*	0,06795	0,000	-1,1484	-0,7596
		50%	-1,20600*	0,06795	0,000	-1,4004	-1,0116
	40%	20%	1,15200*	0,06795	0,000	0,9576	1,3464
		30%	0,95400*	0,06795	0,000	0,7596	1,1484
		50%	-0,25200*	0,06795	0,009	-0,4464	-0,0576
	50%	20%	1,40400*	0,06795	0,000	1,2096	1,5984
		30%	1,20600*	0,06795	0,000	1,0116	1,4004
		40%	0,25200*	0,06795	0,009	0,0576	0,4464

\*La diferencia de medias es superior al nivel de confianza  $\alpha$  0,05 por ende se tratan como datos estadísticamente diferente por la prueba.

#### 4.4.1.4 Subconjuntos homogéneos para la variable acidez titulable.

Con los datos de la **Tabla 25** podemos determinar los subconjuntos homogéneos para la variable de acidez titulable, los cuales se muestran en la **Tabla 26**.

**Tabla 26.**

*Subconjuntos homogéneos para la variable acidez titulable (alfa=0,05).*

Prueba	Tratamientos	N	Subconjunto (nivel de confianza = 0,05)			
			1	2	3	4
HSD Tukey	20%	5*	5,3000 <sup>a</sup>			
	30%	5*		5,4980 <sup>a</sup>		
	40%	5*			6,4520 <sup>a</sup>	
	50%	5*				6,7040 <sup>a</sup>
	<b>Significancia</b>		1,000	1,000	1,000	1,000

\* La tabla muestra el valor promedio de cada grupo en un subconjunto homogéneo.

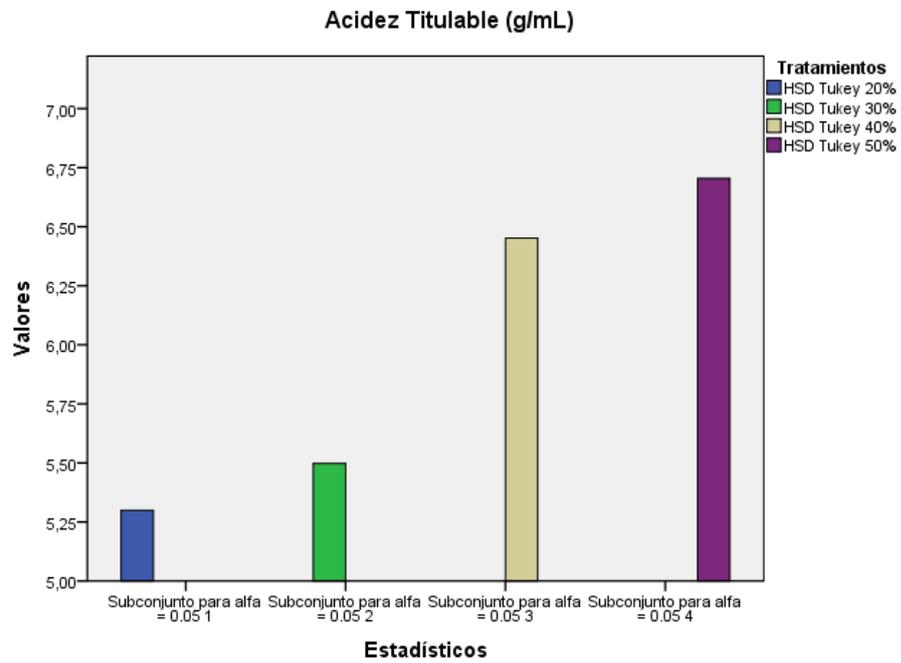
El tamaño de muestra usado es la media armónica 5.

<sup>a</sup> No hay coincidencia entre los tratamientos, cada uno de ellos representa un subconjunto distinto, por ende, todos los tratamientos son diferentes estadísticamente.

En la **Figura 13** se muestran los subconjuntos de la acidez titulables determinados en la **Tabla 26**, mientras en la **Figura 14** se observan las medias de cada tratamiento y la tendencia en el rango de 20-50% de concentración de fermento de arándano en la cerveza artesanal

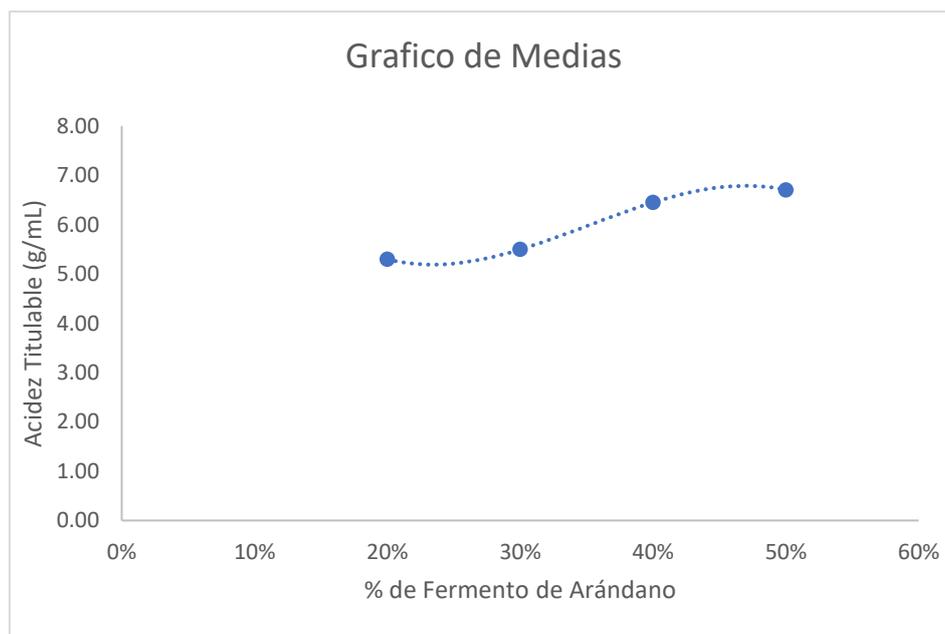
**Figura 13.**

*Gráfico de barras de los subconjuntos homogéneos para la variable acidez titulable (alfa=0,05).*



**Figura 14.**

*Gráfico de medias de la variable acidez titulable de cada tratamiento.*



#### 4.4.2 Brix.

Los resultados de brix para cada tratamiento se muestran en la **Tabla 27**.

**Tabla 27.**

*Brix de los tratamientos.*

<i>Tratamientos</i>	<i>Réplica</i>	<i>Brix</i>
<b>T<sub>1</sub>: 20% de fermento de arándano</b>	1	5,0
	2	5,0
	3	4,5
	4	4,5
	5	4,5
<b>T<sub>2</sub>: 30% de fermento de arándano</b>	1	4,5
	2	5,0
	3	5,5
	4	4,5
	5	4,5
<b>T<sub>3</sub>: 40% de fermento de arándano</b>	1	5,0
	2	5,0
	3	5,0
	4	4,5
	5	4,5
<b>T<sub>4</sub>: 50% de fermento de arándano</b>	1	5,0
	2	5,0
	3	4,5
	4	5,5
	5	5,0

##### 4.4.2.1 Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de brix.

Los principales indicadores estadísticos de los resultados mostrados en la **Tabla 27** se muestran a continuación en la **Tabla 28**.

**Tabla 28.**

*Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis de brix.*

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Error estándar</b>	<b>95,0% de confianza</b>	
					<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
<b>20%</b>	5	4,800	0,2739	0,1225	4,460	5,140
<b>30%</b>	5	4,800	0,4472	0,2000	4,245	5,355
<b>40%</b>	5	4,800	0,2739	0,1225	4,460	5,140
<b>50%</b>	5	5,000	0,3536	0,1581	4,561	5,439

	<b>Total</b>	20	4,850	0,3285	0,0734	4,696	5,004
<b>Modelo</b>	<b>Efectos fijos</b>			0,3446	0,0771	4,687	5,013
	<b>Efectos aleatorios</b>				0,0771	4,605	5,095

#### 4.4.2.2 ANOVA para los resultados del análisis de brix.

El análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos de la **Tabla 27** para cada tratamiento se muestran en la **Tabla 29**.

**Tabla 29.**

*Análisis de varianza para la variable brix.*

<b>Origen de la variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Media de Cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Entre grupos</b>	0,150	3	0,050	0,421	0,740
<b>Dentro de grupos</b>	1,900	16	0,119		
<b>Total</b>	2,050	19			

Realizado el análisis de varianza según la **Tabla 29** tenemos como resultado que la significancia es 0,740; este valor es mayor que 0,05 que representa el nivel de confianza, se debe conservar la hipótesis a la que postula esta prueba “no existen diferencia significativa entre las medias de los tratamientos”. Dado que el ANOVA ha conservado su hipótesis no es necesario efectuar la pruebas de HSD Tukey ya que todas las medias de los tratamientos son estadísticamente iguales. Es decir, para fines estadísticos o de investigación podemos decir que la concentración de fermento de arándano (*variable independiente*) no influye en los brix de la cerveza artesanal (*variable dependiente*).

#### 4.4.3 Potencial de hidrógeno (pH)

Los resultados del análisis para cada tratamiento se muestran en la **Tabla 30**.

**Tabla 30.***Potencial de hidrógeno (pH) de los tratamientos.*

<i>Tratamientos</i>	<i>Réplica</i>	<i>pH</i>
<b>T<sub>1</sub>: 20% de fermento de arándano</b>	1	2,94
	2	2,96
	3	2,97
	4	2,96
	5	2,96
<b>T<sub>2</sub>: 30% de fermento de arándano</b>	1	2,83
	2	2,83
	3	2,83
	4	2,83
	5	2,82
<b>T<sub>3</sub>: 40% de fermento de arándano</b>	1	2,72
	2	2,72
	3	2,71
	4	2,71
	5	2,72
<b>T<sub>4</sub>: 50% de fermento de arándano</b>	1	2,59
	2	2,60
	3	2,59
	4	2,61
	5	2,60

#### 4.4.3.1 Estadísticos descriptivos para los resultados del análisis del potencial de hidrógeno (pH).

Los principales indicadores estadísticos de los resultados mostrados en la **Tabla 30** se muestran a continuación en la **Tabla 31**.

**Tabla 31.**

*Estadísticos descriptivos de los resultados del análisis del potencial de hidrógeno (pH).*

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Error estándar</b>	<b>95,0% de confianza</b>	
					<b>Límite Inferior</b>	<b>Límite superior</b>
<b>20%</b>	5	2,9580	0,01095	0,00490	2,9444	2,9716
<b>30%</b>	5	2,8280	0,00447	0,00200	2,8224	2,8336
<b>40%</b>	5	2,7160	0,00548	0,00245	2,7092	2,7228
<b>50%</b>	5	2,5980	0,00837	0,00374	2,5876	2,6084

	<b>Total</b>	20	2,7750	0,13698	0,03063	2,7109	2,8391
	<b>Efectos fijos</b>			0,00775	0,00173	2,7713	2,7787
<b>Modelo</b>	<b>Efectos aleatorios</b>				0,07698	2,5300	3,0200

#### 4.4.3.2 ANOVA para los resultados del análisis de potencial de hidrógeno (pH).

El análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos de la **Tabla 30** para cada tratamiento se muestran en la **Tabla 32**.

**Tabla 32.**

*Análisis de varianza para la variable potencial de hidrógeno (pH).*

Origen de la variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	F	Significancia
<b>Entre grupos</b>	0,356	3	0,119	1975,222	$9,22 \times 10^{-21}$
<b>Dentro de grupos</b>	0,001	16	$6,00 \times 10^{-5}$		
<b>Total</b>	0,357	19			

Realizado el análisis de varianza según la **Tabla 32** tenemos como resultado que la significancia es  $9,22 \times 10^{-21}$ , este valor es menor que 0,05 que representa el nivel de confianza, se debe rechazar la hipótesis a la que postula esta prueba “no existen diferencia significativa entre las medias de los tratamientos”. Por ende, se debe recurrir a la prueba HSD Tukey para encontrar los subconjuntos homogéneos mediante comparaciones múltiples al 95 % de confianza.

#### 4.4.3.3 Prueba Post Hoc

Al rechazar la hipótesis del ANOVA se procede a realizar comparaciones múltiples mediante la prueba de HSD Tukey, estas se muestran en la **Tabla 33**.

**Tabla 33.**

Comparaciones múltiples HSD Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para la variable (pH).

Variable dependiente: pH							
Prueba	Tratamiento (i)	Tratamientos (j)	Diferencia de medias (i-j)	Error estándar	Significancia	95,0% de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	20%	30%	0,13000*	0,00490	$1,12 \times 10^{-12}$	0,1160	0,1440
		40%	0,24200*	0,00490	$1,08 \times 10^{-12}$	0,2280	0,2560
		50%	0,36000*	0,00490	$1,08 \times 10^{-12}$	0,3460	0,3740
	30%	20%	-0,13000*	0,00490	$1,12 \times 10^{-12}$	-0,1440	-0,1160
		40%	0,11200*	0,00490	$1,68 \times 10^{-12}$	0,0980	0,1260
		50%	0,23000*	0,00490	$1,08 \times 10^{-12}$	0,2160	0,2440
	40%	20%	-0,24200*	0,00490	$1,08 \times 10^{-12}$	-0,2560	-0,2280
		30%	-0,11200*	0,00490	$1,68 \times 10^{-12}$	-0,1260	-0,0980
		50%	0,11800*	0,00490	$1,33 \times 10^{-12}$	0,1040	0,1320
	50%	20%	-0,36000*	0,00490	$1,08 \times 10^{-12}$	-0,3740	-0,3460
		30%	-0,23000*	0,00490	$1,08 \times 10^{-12}$	-0,2440	-0,2160
		40%	-0,11800*	0,00490	$1,33 \times 10^{-12}$	-0,1320	-0,1040

\*. La diferencia de medias es superior al nivel de confianza alfa 0,05 por ende se tratan como datos estadísticamente diferente por la prueba.

#### 4.4.3.4 Subconjuntos homogéneos para la variable potencial de hidrógeno (pH).

Con los datos de la **Tabla 33** podemos determinar los subconjuntos homogéneos para la variable potencial de hidrógeno (pH), los cuales se muestran en la **Tabla 34**.

**Tabla 34.**

Subconjuntos homogéneos para la variable potencial de hidrógeno ( $\alpha=0,05$ ).

Prueba	Tratamientos	N	Subconjunto (nivel de confianza = 0,05)			
			1	2	3	4
HSD Tukey	50%	5*	2,5980 <sup>a</sup>			
	40%	5*		2,7160 <sup>a</sup>		
	30%	5*			2,8280 <sup>a</sup>	
	20%	5*				2,9580 <sup>a</sup>
	Sig.			1,000	1,000	1,000

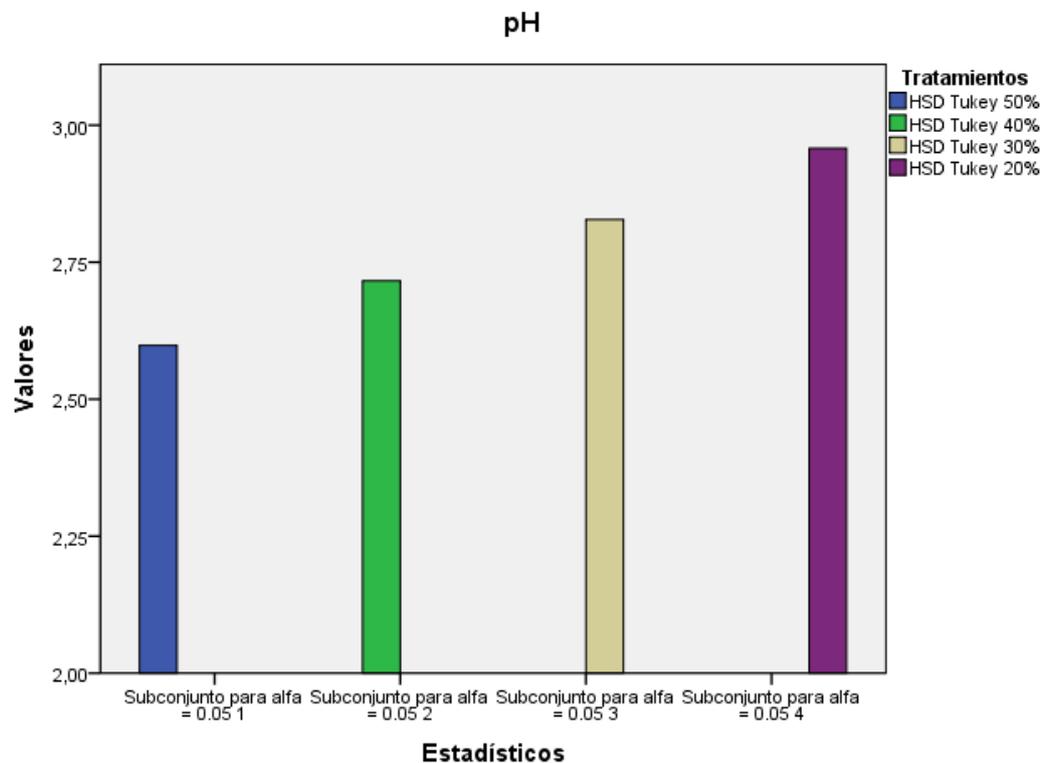
\* La tabla muestra el valor promedio de cada grupo en un subconjunto homogéneo. El tamaño de muestra usado es la media armónica 5.

<sup>a</sup> No hay coincidencia entre los tratamientos, cada uno de ellos representa un subconjunto distinto, por ende, todos los tratamientos son diferentes estadísticamente.

En la **Figura 15** se muestran los subconjuntos del potencial de hidrógeno (pH) determinados en la **Tabla 34**, mientras en la **Figura 16** se observan las medias de cada tratamiento y la tendencia en el rango de 20-50% de concentración de fermento de arándano en la cerveza artesanal.

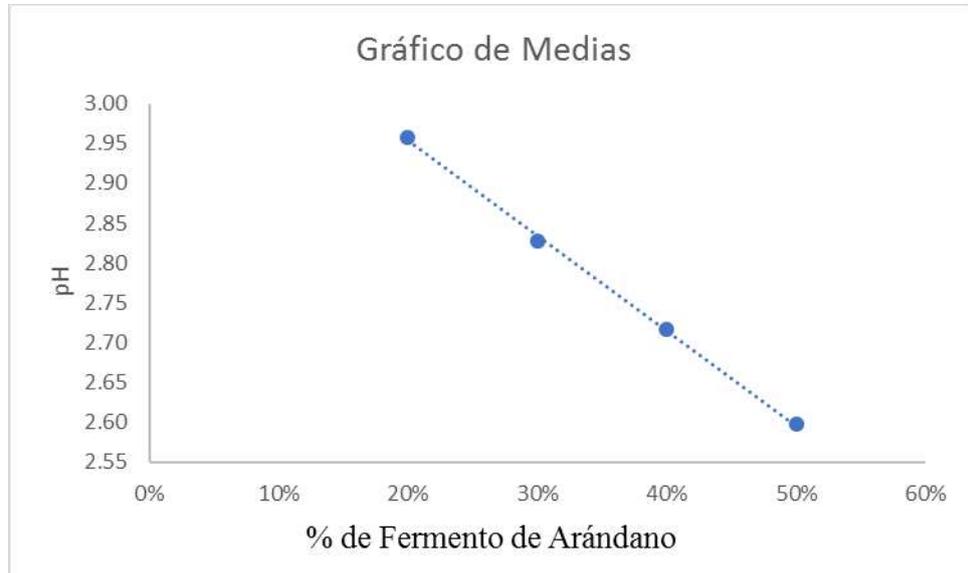
**Figura 15.**

*Gráfico de barras de los subconjuntos homogéneos para la variable potencial de hidrógeno (alfa=0,05).*



**Figura 16.**

*Gráfico de medias de la variable potencial de hidrógeno (pH) de cada tratamiento.*



#### 4.4.4 Porcentaje de alcohol (%AVP).

Los resultados del análisis para cada tratamiento se muestran a continuación en la

**Tabla 35.**

**Tabla 35.**

*Porcentaje de alcohol (%AVP) de los tratamientos*

<i>Tratamientos</i>	<i>Réplica</i>	<i>%AVP</i>
<b><i>T<sub>1</sub>: 20% de fermento de arándano</i></b>	1	4,20
	2	4,36
	3	4,31
	4	4,41
	5	4,41
<b><i>T<sub>2</sub>: 30% de fermento de arándano</i></b>	1	4,33
	2	4,44
	3	4,36
	4	4,52
	5	4,52
<b><i>T<sub>3</sub>: 40% de fermento de arándano</i></b>	1	4,62
	2	4,46
	3	4,62
	4	4,52

	5	4,41
<b>T<sub>4</sub>: 50% de fermento de arándano</b>	1	4,60
	2	4,60
	3	4,47
	4	4,73
	5	4,73

#### 4.4.4.1 Estadísticos descriptivos para los resultados del análisis del porcentaje de alcohol (%AVP).

Los principales indicadores estadísticos de los resultados mostrados en la **Tabla 35** se muestran a continuación en la **Tabla 36**.

**Tabla 36.**

*Estadísticos descriptivos para los resultados del análisis del porcentaje de alcohol (%AVP).*

Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95,0% de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
<b>20%</b>	5	4,3380	0,08758	0,03917	4,2293	4,4467
<b>30%</b>	5	4,4340	0,08820	0,03945	4,3245	4,5435
<b>40%</b>	5	4,5260	0,09423	0,04214	4,4090	4,6430
<b>50%</b>	5	4,6260	0,10877	0,04864	4,4909	4,7611
<b>Total</b>	20	4,4810	0,14015	0,03134	4,4154	4,5466
<b>Modelo</b>	<b>Efectos fijos</b>		0,09508	0,02126	4,4359	4,5261
	<b>Efectos aleatorios</b>			0,06172	4,2846	4,6774

#### 4.4.4.2 ANOVA para los resultados del análisis de porcentaje de alcohol (%AVP).

El análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos de la **Tabla 35** para cada tratamiento se muestran en la **Tabla 37**.

**Tabla 37.**

*Análisis de varianza para la variable porcentaje de alcohol (%AVP).*

Origen de la variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	F	Significancia
Entre grupos	0,229	3	0,076	8,427	1,38x10 <sup>-3</sup>
Dentro de grupos	0,145	16	0,009		
<b>Total</b>	<b>0,373</b>	<b>19</b>			

Realizado el análisis de varianza según la **Tabla 37** tenemos como resultado que la significancia es 1,38x10<sup>-3</sup>, este valor es menor que 0,05 que representa el nivel de confianza, se debe rechazar la hipótesis a la que postula esta prueba “no existen diferencia significativa entre las medias de los tratamientos”. Por ende, se debe recurrir a la prueba HSD Tukey para encontrar los subconjuntos homogéneos mediante comparaciones múltiples al 95 % de confianza.

#### 4.4.4.3 Prueba Post Hoc

Al rechazar la hipótesis del ANOVA se procede a realizar comparaciones múltiples mediante la prueba de HSD Tukey, estas se muestran en la **Tabla 38**.

**Tabla 38.**

Comparaciones múltiples HSD Tukey (alfa=0,05) para la variable porcentaje de alcohol (%AVP).

Variable dependiente: %AVP							
Prueba	Tratamientos (i)	Tratamiento (j)	Diferencia de medias (i-j)	Error estándar	Significancia	95,0% de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey		30%	-0,09600	0,06013	0,408	-0,2680	0,0760
	20%	40%	-0,18800*	0,06013	0,030	-0,3600	-0,0160
		50%	-0,28800*	0,06013	0,001	-0,4600	-0,1160
	30%	20%	0,09600	0,06013	0,408	-0,0760	0,2680

	<b>40%</b>	-0,09200	0,06013	0,444	-0,2640	0,0800
	<b>50%</b>	-0,19200*	0,06013	0,026	-0,3640	-0,0200
	<b>20%</b>	0,18800*	0,06013	0,030	0,0160	0,3600
<b>40%</b>	<b>30%</b>	0,09200	0,06013	0,444	-0,0800	0,2640
	<b>50%</b>	-0,10000	0,06013	0,374	-0,2720	0,0720
	<b>20%</b>	0,28800*	0,06013	0,001	0,1160	0,4600
<b>50%</b>	<b>30%</b>	0,19200*	0,06013	0,026	0,0200	0,3640
	<b>40%</b>	0,10000	0,06013	0,374	-0,0720	0,2720

\*. La diferencia de medias es superior al nivel de confianza 0,05 por ende se tratan

como datos estadísticamente diferente por la prueba

#### 4.4.4.4 Subconjuntos homogéneos para la variable porcentaje de alcohol (%AVP).

Con los datos de la **Tabla 38** podemos determinar los subconjuntos homogéneos para la variable porcentaje de alcohol (%AVP), los cuales se muestran en la **Tabla 39**.

**Tabla 39.**

*Subconjuntos homogéneos para la variable porcentaje de alcohol (alfa=0,05).*

Prueba	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
<b>HSD Tukey</b>	<b>20%</b>	5*	4,3380 <sup>a</sup>		
	<b>30%</b>	5*	4,4340 <sup>ab</sup>	4,4340 <sup>ab</sup>	
	<b>40%</b>	5*		4,5260 <sup>bc</sup>	4,5260 <sup>bc</sup>
	<b>50%</b>	5*			4,6260 <sup>c</sup>
	<b>Sig.</b>			0,408	0,444

\* La tabla muestra el valor promedio de cada grupo en un subconjunto homogéneo.

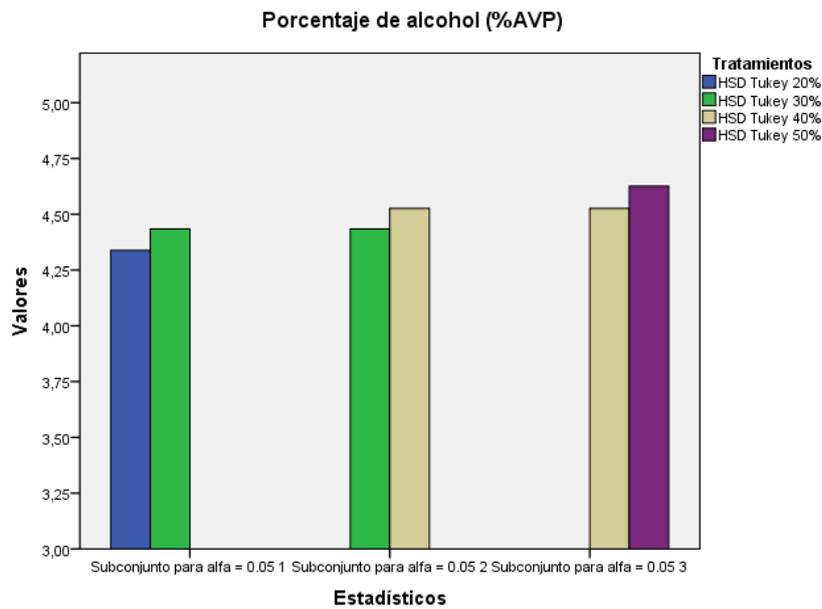
El tamaño de muestra usado es la media armónica 5.

<sup>a,ab,bc,c</sup> Hay coincidencias entre dichos tratamientos y estadísticamente pueden ser considerados iguales. Lo mismo se aplica para aquellos que presentan letras coincidentes y se encuentran en la misma columna. En cualquier otro caso debe aceptarse que presentan diferencias significativas en sus medias.

En la **Figura 17** se muestran los subconjuntos del porcentaje de alcohol (%AVP) determinados en la **Tabla 39**, mientras en la **Figura 18** se observan las medias de cada tratamiento y la tendencia en el rango de 20-50% de concentración de fermento de arándano en la cerveza artesanal.

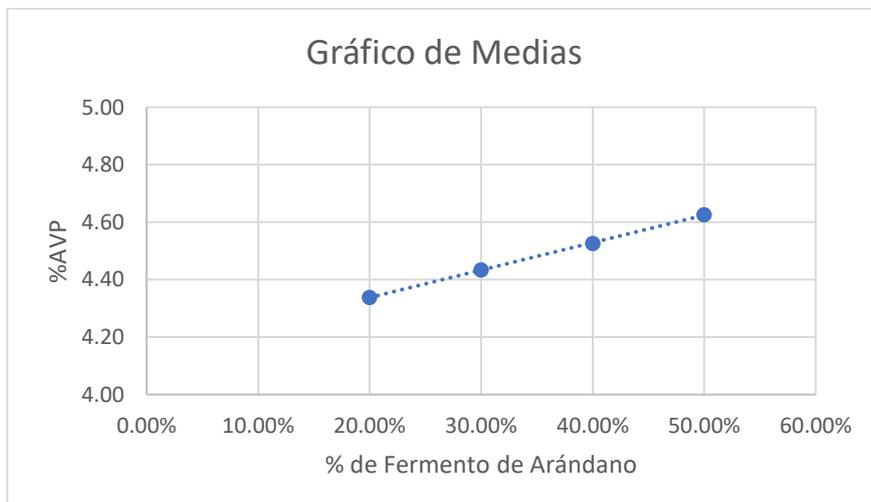
**Figura 17.**

Gráfico de barras de los subconjuntos homogéneos para la variable porcentaje de alcohol (alfa=0,05).



**Figura 18.**

Gráfico de medias de la variable porcentaje de alcohol (%AVP) de cada tratamiento.



#### 4.4.5 Resumen del análisis fisicoquímico y estadístico de los tratamientos.

Se resumen en la **Tabla 40** todos los datos obtenidos en la sección 4.4. para un mejor contraste y comprensión.

**Tabla 40.**

*Cuadro resumen de la caracterización fisicoquímica de los tratamientos.*

Variable Independiente	Variable Dependiente	Tratamientos	Mediana	Desviación Estándar	Error Estándar	ANOVA	Subconjunto Tukey alfa = 0.05			
							1	2	3	4
Concentración de Fermento de Arándano	Acidez Titulable (g/L)	T <sub>1</sub> : 20%	5,300 0	0,06364	0,02846	Las medias de los tratamientos no son estadísticamente iguales.	5,300 0			
		T <sub>2</sub> : 30%	5,498 0	0,11735	0,05248			5,498 0		
		T <sub>3</sub> : 40%	6,452 0	0,09859	0,04409				6,452 0	
		T <sub>4</sub> : 50%	6,704 0	0,13649	0,06104					6,704 0
Concentración de Fermento de Arándano	Brix	T <sub>1</sub> : 20%	4,800	0,2739	0,1225	Las medias de los tratamientos son estadísticamente iguales.				
		T <sub>2</sub> : 30%	4,800	0,4472	0,2000					
		T <sub>3</sub> : 40%	4,800	0,2739	0,1225					
		T <sub>4</sub> : 50%	5,000	0,3536	0,1581					
Concentración de Fermento de Arándano	pH	T <sub>1</sub> : 20%	2,958 0	0,01095	0,00490	Las medias de los tratamientos no son estadísticamente iguales.				2,958 0
		T <sub>2</sub> : 30%	2,828 0	0,00447	0,00200				2,828 0	
		T <sub>3</sub> : 40%	2,716 0	0,00548	0,00245			2,716 0		
		T <sub>4</sub> : 50%	2,598 0	0,00837	0,00374			2,598 0		
Concentración de Fermento de Arándano	%Alcohol (%AVP)	T <sub>1</sub> : 20%	4,338 0	0,08758	0,03917	Las medias de los tratamientos no son estadísticamente iguales.	4,338 0			
		T <sub>2</sub> : 30%	4,434 0	0,08820	0,03945			4,434 0	4,434 0	
		T <sub>3</sub> : 40%	4,526 0	0,09423	0,04214				4,526 0	4,526 0
		T <sub>4</sub> : 50%	4,626 0	0,10877	0,04864					4,626 0

## 4.5 Análisis Sensorial.

### 4.5.1 Evaluación y calificación de los tratamientos por los panelistas.

La calificación hecha por los panelistas se resume en la **Tabla 41** según la encuesta que se ilustra en el **Anexo**.

**Tabla 41.**

*Evaluación y calificación de los tratamientos por los panelistas.*

Panelista	Tratamiento	Código	Puntaje para cada Atributo				Puntaje Total
			Olor	Color	Sabor	Textura	
1	20% de fermento	614	7	6	4	7	24
	30% de fermento	539	7	6	7	7	27
	40% de fermento	781	6	7	4	6	23
	50% de fermento	860	6	8	6	5	25
2	20% de fermento	614	7	7	7	8	29
	30% de fermento	539	6	7	7	7	27
	40% de fermento	781	5	7	8	7	27
	50% de fermento	860	7	8	8	6	29
3	20% de fermento	614	7	8	6	9	30
	30% de fermento	539	7	8	6	9	30
	40% de fermento	781	4	5	4	4	17
	50% de fermento	860	4	3	7	9	23
4	20% de fermento	614	7	8	7	8	30
	30% de fermento	539	8	7	7	7	29
	40% de fermento	781	8	7	7	8	30
	50% de fermento	860	7	7	7	6	27
5	20% de fermento	614	3	6	7	8	24
	30% de fermento	539	5	7	6	4	22
	40% de fermento	781	1	6	5	4	16
	50% de fermento	860	5	4	1	4	14
6	20% de fermento	614	7	7	7	7	28
	30% de fermento	539	6	6	6	6	24
	40% de fermento	781	6	6	6	6	24
	50% de fermento	860	6	6	6	6	24
7	20% de fermento	614	8	8	6	7	29
	30% de fermento	539	7	8	8	8	31
	40% de fermento	781	8	8	7	7	30
	50% de fermento	860	8	8	7	8	31

Panelista	Tratamiento	Código	Puntaje para cada Atributo				Total
			Olor	Color	Sabor	Textura	
8	20% de fermento	614	3	6	8	6	23
	30% de fermento	539	3	7	7	6	23
	40% de fermento	781	3	7	4	7	21

	50% de fermento	860	3	7	6	5	21
9	20% de fermento	614	7	7	7	7	28
	30% de fermento	539	7	7	6	5	25
	40% de fermento	781	7	7	7	7	28
	50% de fermento	860	7	7	7	8	29
	20% de fermento	614	7	7	6	7	27
10	30% de fermento	539	7	7	7	7	28
	40% de fermento	781	7	7	4	6	24
	50% de fermento	860	8	8	8	8	32
11	20% de fermento	614	6	7	6	7	26
	30% de fermento	539	7	8	7	8	30
	40% de fermento	781	7	7	7	7	28
	50% de fermento	860	7	8	8	8	31
12	20% de fermento	614	6	6	7	6	25
	30% de fermento	539	7	7	8	7	29
	40% de fermento	781	8	7	5	6	26
	50% de fermento	860	8	8	7	7	30
13	20% de fermento	614	7	7	5	6	25
	30% de fermento	539	8	7	6	6	27
	40% de fermento	781	7	6	3	7	23
	50% de fermento	860	8	8	5	6	27
14	20% de fermento	614	6	7	6	6	25
	30% de fermento	539	7	6	7	6	26
	40% de fermento	781	7	7	7	7	28
	50% de fermento	860	3	6	5	7	21
15	20% de fermento	614	7	7	7	7	28
	30% de fermento	539	8	8	7	7	30
	40% de fermento	781	5	5	6	5	21
	50% de fermento	860	5	6	4	2	17
16	20% de fermento	614	8	8	9	8	33
	30% de fermento	539	9	9	8	8	34
	40% de fermento	781	8	8	6	8	30
	50% de fermento	860	8	8	7	8	31
17	20% de fermento	614	9	8	8	9	34
	30% de fermento	539	9	9	9	9	36
	40% de fermento	781	8	8	9	8	33
	50% de fermento	860	8	9	8	8	33

Panelista	Tratamiento	Código	Puntaje para cada Atributo				Total
			Olor	Color	Sabor	Textura	
18	20% de fermento	614	8	9	9	9	35
	30% de fermento	539	8	8	9	8	33
	40% de fermento	781	6	8	6	7	27
	50% de fermento	860	7	8	8	8	31
19	20% de fermento	614	8	7	7	7	29
	30% de fermento	539	7	7	7	7	28
	40% de fermento	781	8	8	6	6	28

	50% de fermento	860	8	7	6	7	28
20	20% de fermento	614	9	8	7	7	31
	30% de fermento	539	8	7	6	8	29
	40% de fermento	781	8	9	7	7	31
	50% de fermento	860	8	7	6	6	27

Todos los panelistas fueron entrevistados el mismo día. Se les entregó cada muestra según el apartado 3.5.2.2. Aleatorizado donde se encuentra el orden en que se les entregó cada muestra codificada. La evaluación entre muestras se llevo en intervalos de 10 minutos, en ese periodo de tiempo se les entregó agua y snack para con la finalidad de limpiar el paladar.

#### 4.5.2 Análisis estadístico e interpretación de resultados del análisis sensorial.

El análisis de los datos recopilados en la **Tabla 41** se realizó individualmente para cada atributo evaluado, asimismo la aceptabilidad de la cerveza artesanal se midió en base a la sumatoria de los puntajes de cada atributo.

##### 4.5.2.1 Análisis sensorial del atributo olor.

**Tabla 42.**

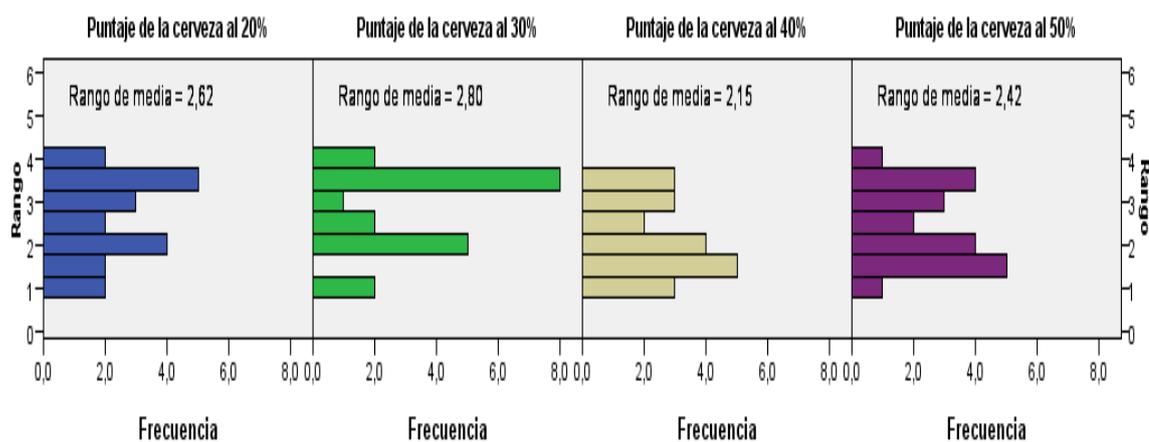
*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo olor.*

Hipótesis nula	Prueba	Significancia	Decisión
No existen diferencia significativa entre los puntajes de las cervezas al 20%, 30%, 40% y 50% de fermento de arándano.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,248	Conservar hipótesis nula.

\*El nivel de confianza de la prueba realizada es 0,05.

**Figura 19.**

*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo olor.*

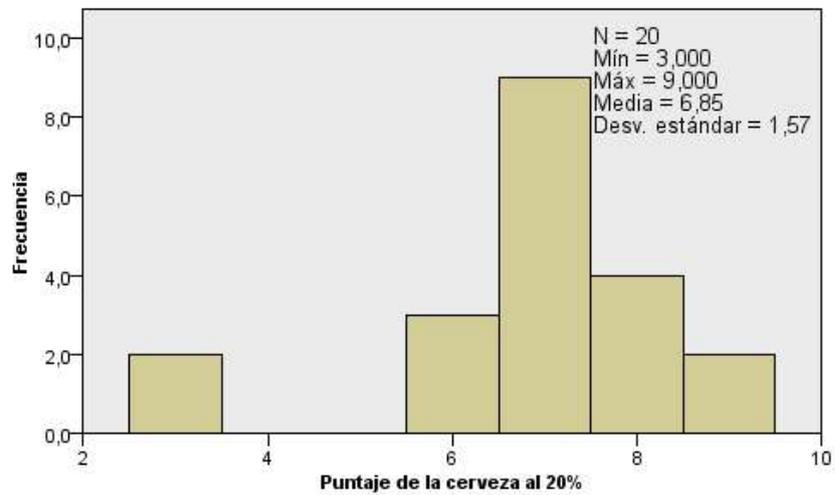


La evaluación sensorial atributo olor fue realizada con 20 panelistas, con 3 grados de libertad para el sistema y empleando como estadístico de contraste 4,125. Dado que la significancia que se muestra en la **Tabla 42** obtenida es 0,248 valor mayor al nivel de confianza de la prueba realizada se debe conservar la hipótesis de que no hay diferencias significativas en el atributo *olor* de los tratamientos. Es decir, no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

No será necesario realizar una prueba para comparar la diferencia de la media entre cada tratamiento debido a que no existen diferencias significativas entre los puntajes de cada tratamiento. Según la **Figura 19** se observa que la cerveza con 30% de fermento de arándano presenta el puntaje mayor, mientras que la cerveza con 40% presenta el puntaje menor. Mientras la **Figura 20**, **Figura 21**, **Figura 22** y **Figura 23** se observa los histogramas de frecuencia de los puntajes para el atributo olor, así como los principales estadísticos descriptivos.

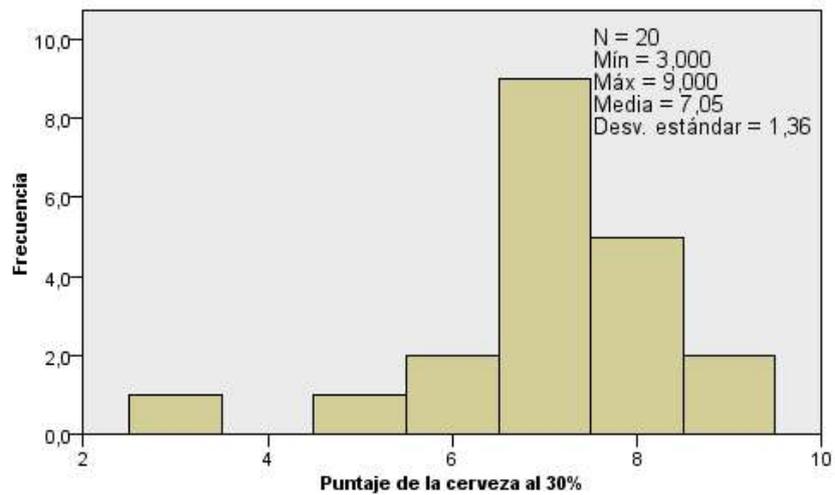
**Figura 20.**

*Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 20% de fermento de arándano.*



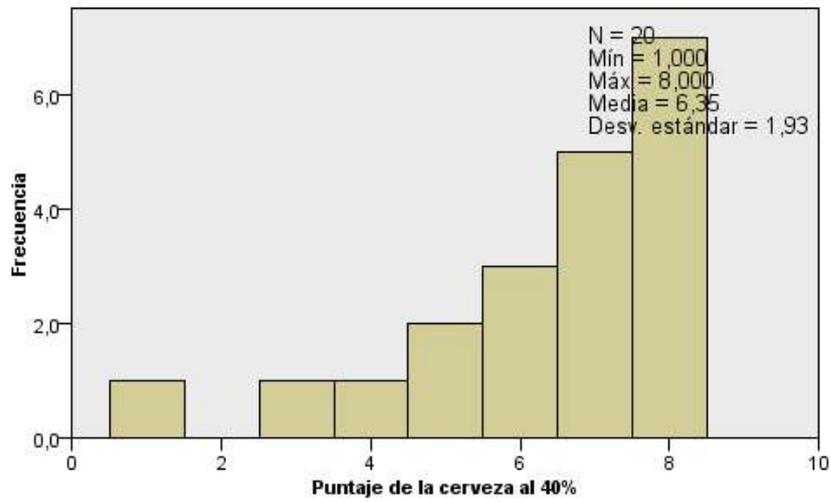
**Figura 21.**

*Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 30% de fermento de arándano.*



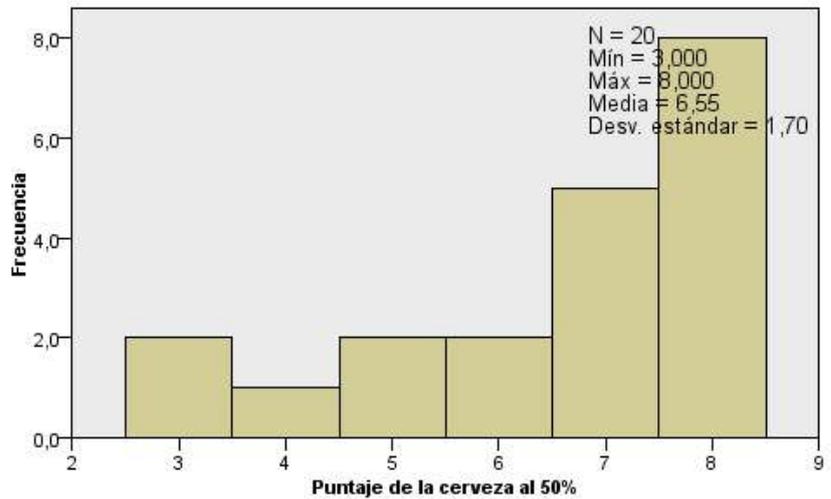
**Figura 22.**

*Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 40% de fermento de arándano.*



**Figura 23.**

*Histograma de frecuencia del atributo olor de la cerveza con 50% de fermento de arándano.*



#### 4.5.2.1 Análisis sensorial del atributo color.

**Tabla 43.**

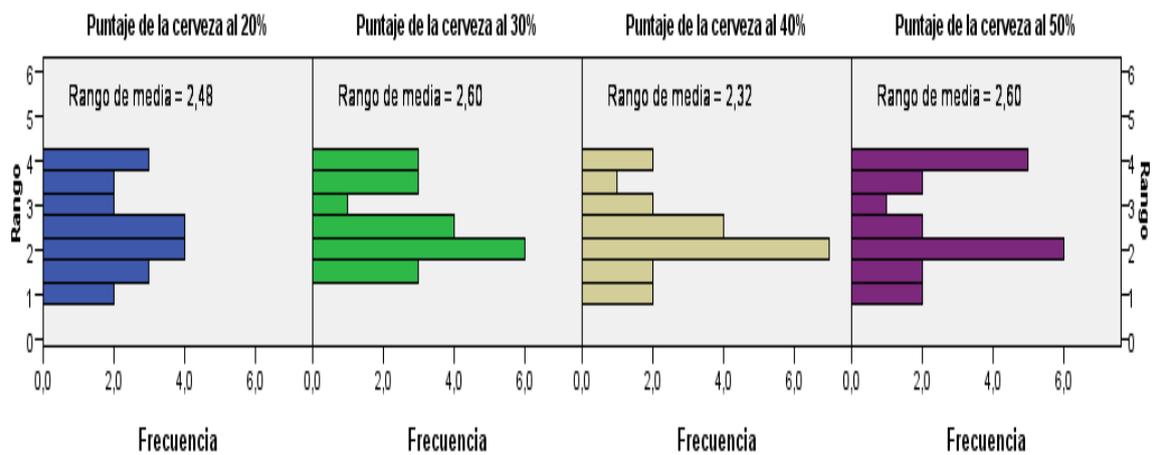
*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo color.*

Hipótesis nula	Prueba	Significancia	Decisión
No existen diferencia significativa entre los puntajes de las cervezas al 20%, 30%, 40% y 50% de fermento de arándano.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,824	Conservar hipótesis nula.

\*El nivel de confianza de la prueba realizada es 0,05.

**Figura 24.**

*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo color.*

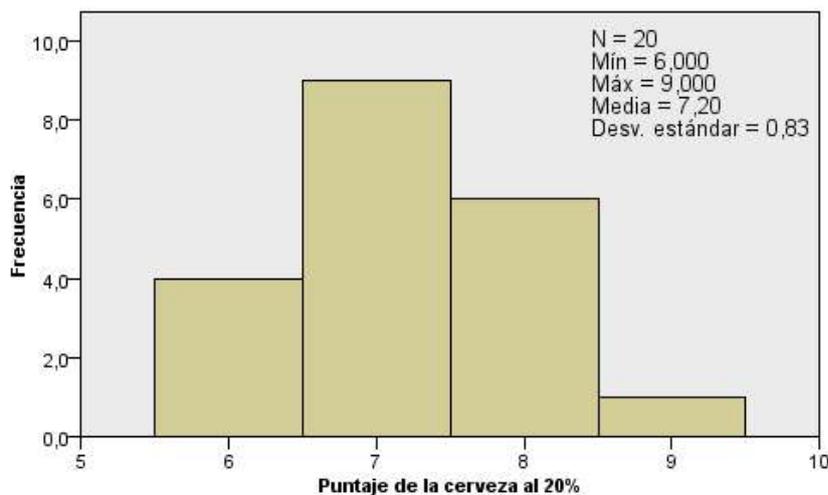


La evaluación sensorial atributo color fue realizada con 20 panelistas, con 3 grados de libertad para el sistema y empleando como estadístico de contraste 0,904. Dado que la significancia que se muestra en la **Tabla 43** obtenida es 0,824 valor mayor al nivel de confianza de la prueba realizada se debe conservar la hipótesis de que no hay diferencias significativas en el atributo *color* de los tratamientos. Es decir, no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

No será necesario realizar una prueba para comparar la diferencia de la media entre cada tratamiento debido a que no existen diferencias significativas entre los puntajes de cada tratamiento. Según la **Figura 24** se observa que la cerveza con 30% y con 50% de fermento de arándano presenta el puntaje mayor, mientras que la cerveza con 40% presenta el puntaje menor. Mientras la **Figura 25, Figura 26, Figura 27 y Figura 28** se observa los histogramas de frecuencia de los puntajes para el atributo color, así como los principales estadísticos descriptivos.

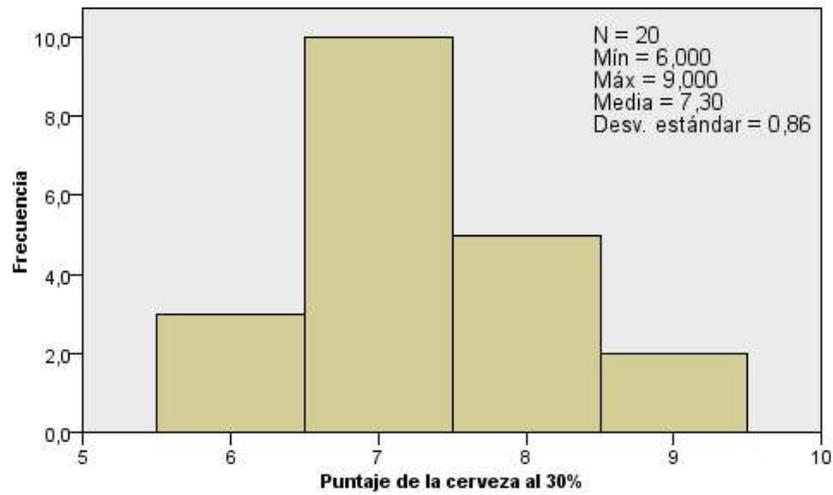
**Figura 25.**

*Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 20% de fermento de arándano.*



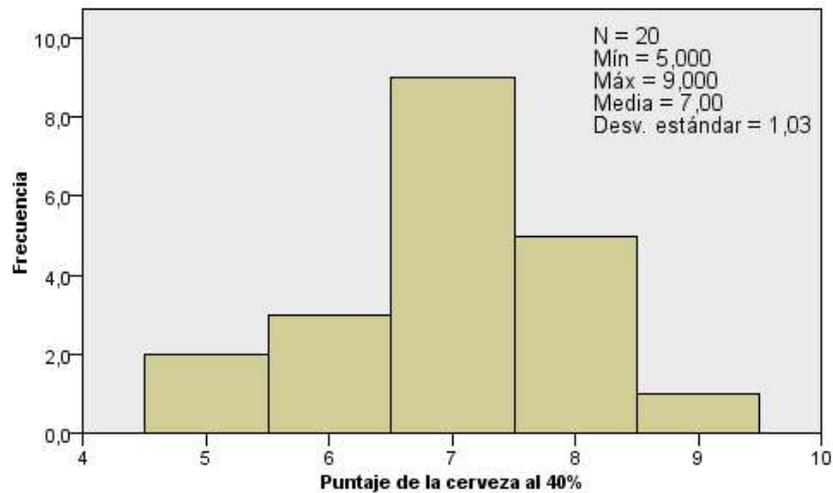
**Figura 26.**

*Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 30% de fermento de arándano.*



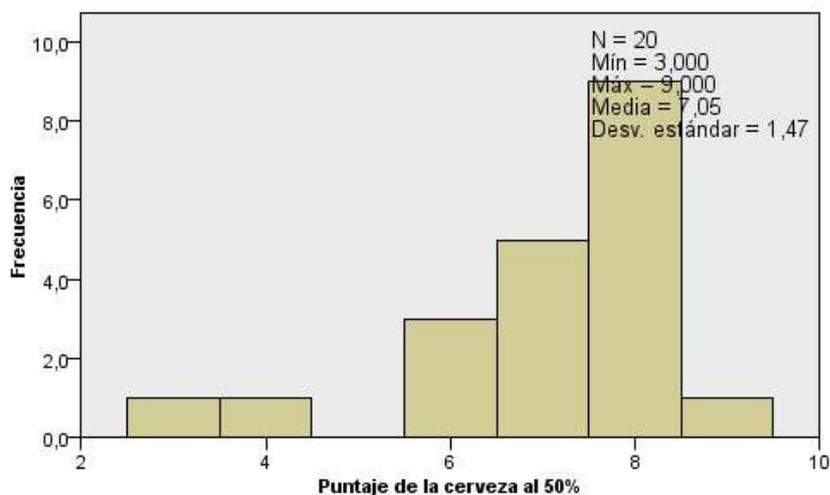
**Figura 27.**

*Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 40% de fermento de arándano.*



**Figura 28.**

*Histograma de frecuencia del atributo color de la cerveza con 50% de fermento de arándano.*



#### 4.5.2.2 Análisis sensorial del atributo sabor.

**Tabla 44.**

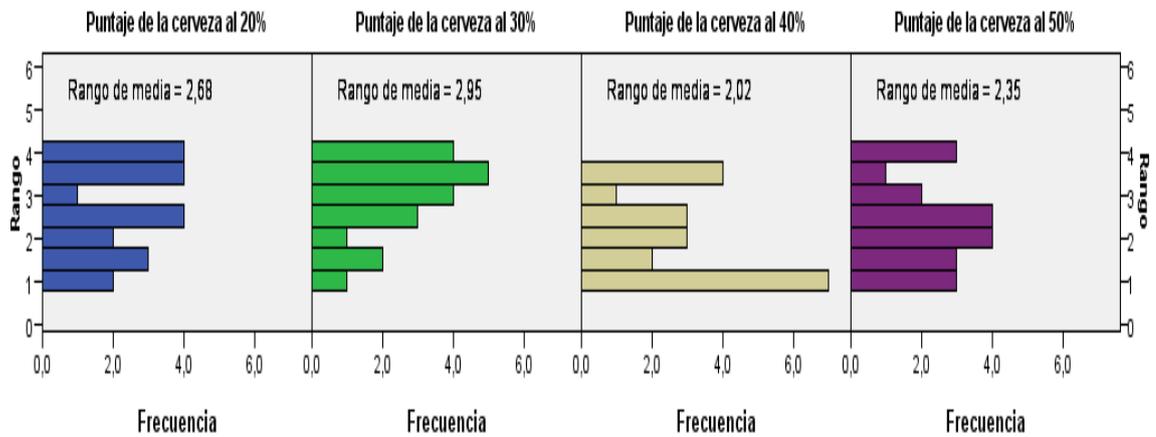
*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo sabor.*

Hipótesis nula	Prueba	Significancia	Decisión
No existen diferencia significativa entre los puntajes de las cervezas al 20%, 30%, 40% y 50% de fermento de arándano.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,072	Conservar hipótesis nula.

\*El nivel de confianza de la prueba realizada es 0,05.

**Figura 29.**

*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo sabor*

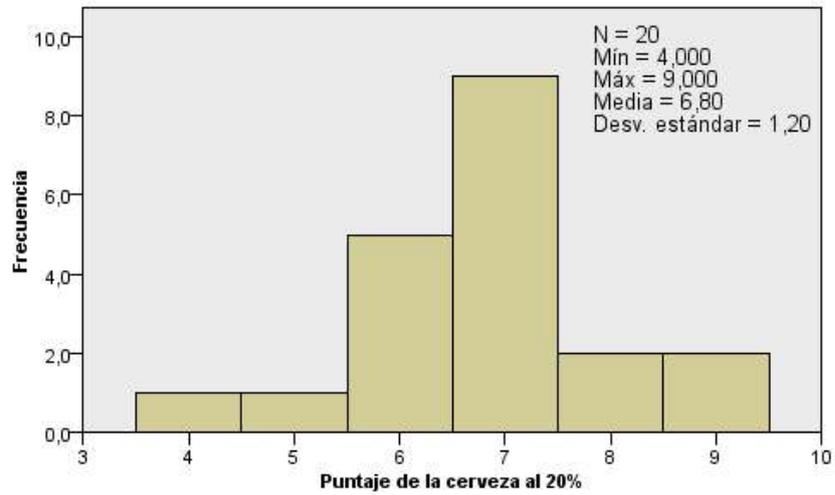


La evaluación sensorial atributo color fue realizada con 20 panelistas, con 3 grados de libertad para el sistema y empleando como estadístico de contraste 7,000. Dado que la significancia que se muestra en la **Tabla 44** obtenida es 0,072 valor mayor al nivel de confianza de la prueba realizada se debe conservar la hipótesis de que no hay diferencias significativas en el atributo *color* de los tratamientos. Es decir, no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

No será necesario realizar una prueba para comparar la diferencia de la media entre cada tratamiento debido a que no existen diferencias significativas entre los puntajes de cada tratamiento. Según la **Figura 29** se observa que la cerveza con 30% de fermento de arándano presenta el puntaje mayor, mientras que la cerveza con 40% presenta el puntaje menor. Mientras la **Figura 30**, **Figura 31**, **Figura 32** y **Figura 33** se observa los histogramas de frecuencia de los puntajes para el atributo sabor, así como los principales estadísticos descriptivos.

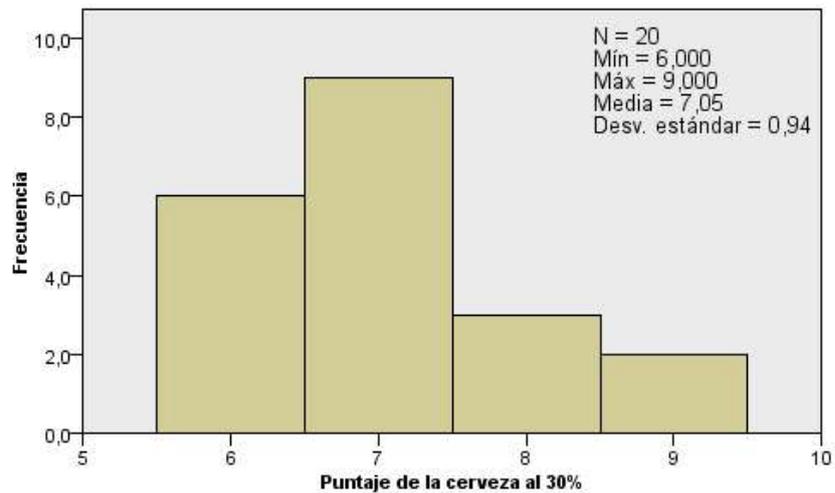
**Figura 30.**

*Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 20% de fermento de arándano.*



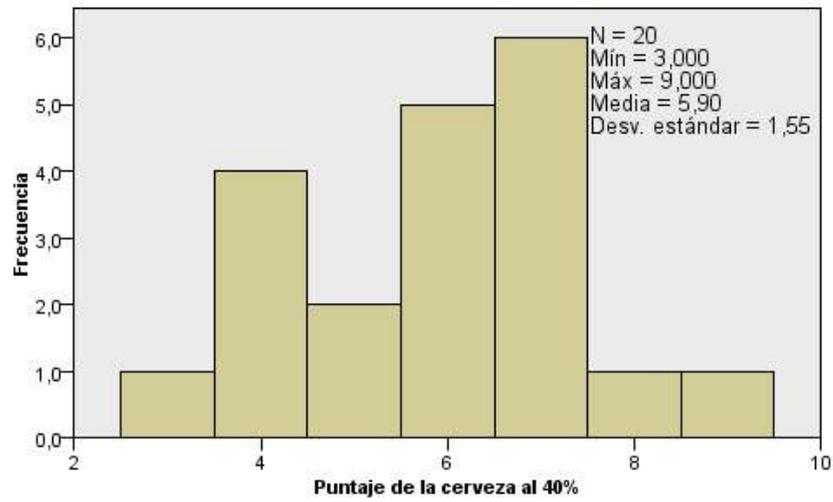
**Figura 31.**

*Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 30% de fermento de arándano.*



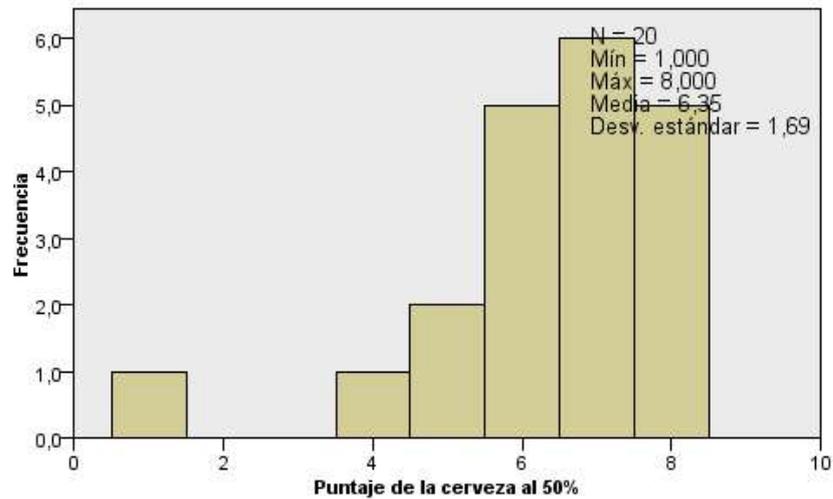
**Figura 32.**

*Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 40% de fermento de arándano.*



**Figura 33.**

*Histograma de frecuencia del atributo sabor de la cerveza con 50% de fermento de arándano.*



#### 4.5.2.2 Análisis sensorial del atributo textura.

**Tabla 45.**

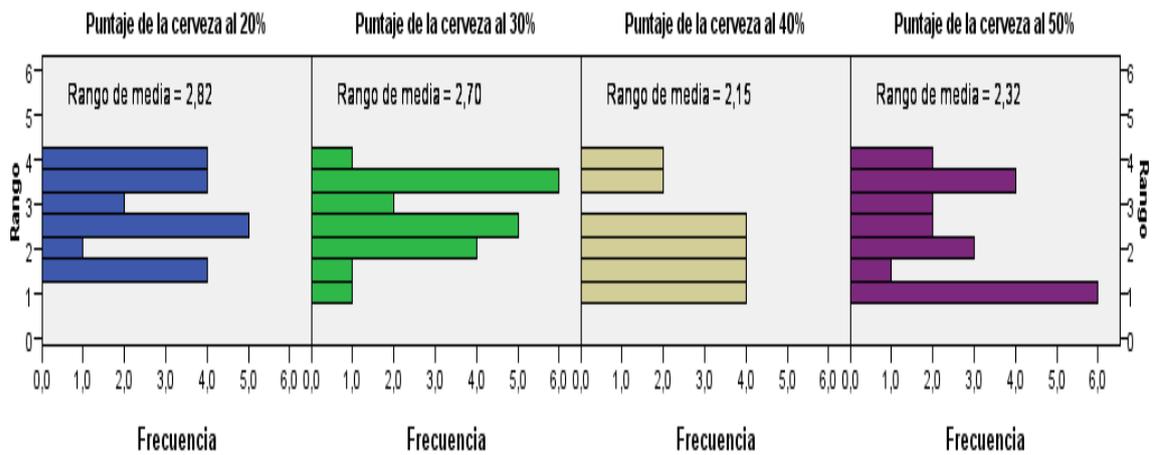
*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo textura.*

Hipótesis nula	Prueba	Significancia	Decisión
No existen diferencia significativa entre los puntajes de las cervezas al 20%, 30%, 40% y 50% de fermento de arándano.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,191	Conservar hipótesis nula.

\*El nivel de confianza de la prueba realizada es 0,05.

**Figura 34.**

*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo textura.*



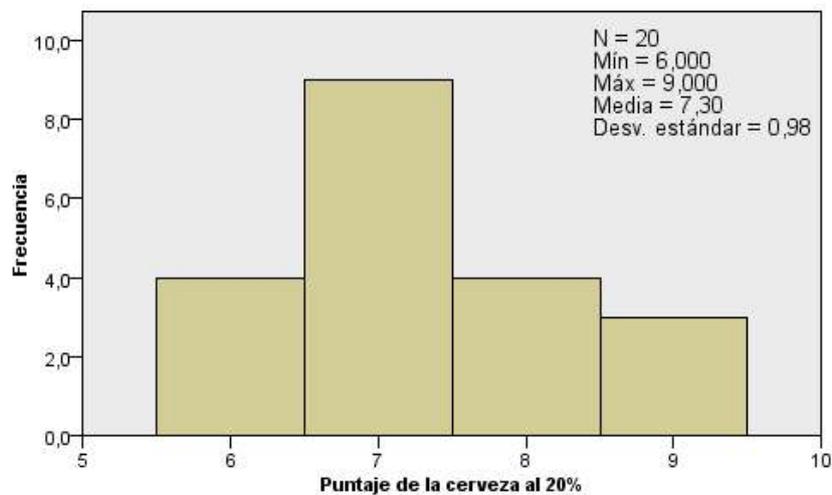
La evaluación sensorial atributo color fue realizada con 20 panelistas, con 3 grados de libertad para el sistema y empleando como estadístico de contraste 4,748. Dado que la significancia que se muestra en la **Tabla 45** obtenida es 0,191 valor mayor al nivel de confianza de la prueba realizada se debe conservar la hipótesis de que no hay diferencias

significativas en el atributo *textura* de los tratamientos. Es decir, no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

No será necesario realizar una prueba para comparar la diferencia de la media entre cada tratamiento debido a que no existen diferencias significativas entre los puntajes de cada tratamiento. Según la **Figura 34** se observa que la cerveza con 20% de fermento de arándano presenta el puntaje mayor, mientras que la cerveza con 40% presenta el puntaje menor. Mientras la **Figura 35**, **Figura 36**, **Figura 37** y **Figura 38** se observa los histogramas de frecuencia de los puntajes para el atributo sabor, así como los principales estadísticos descriptivos.

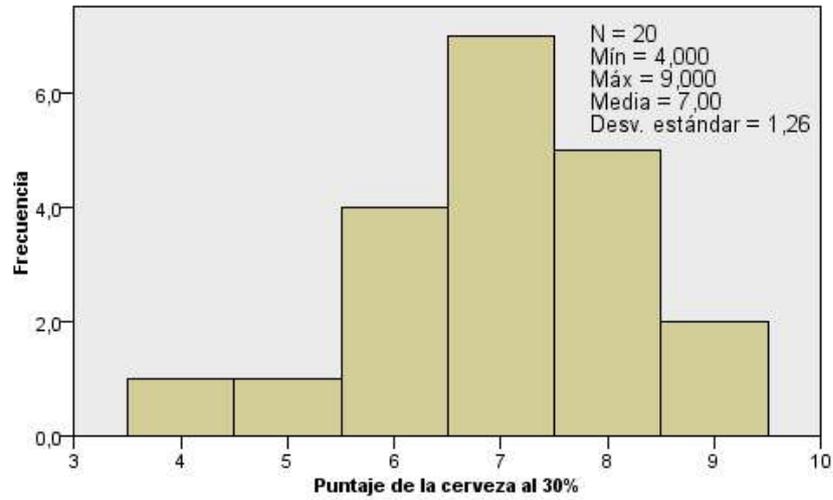
**Figura 35.**

*Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 20% de fermento de arándano.*



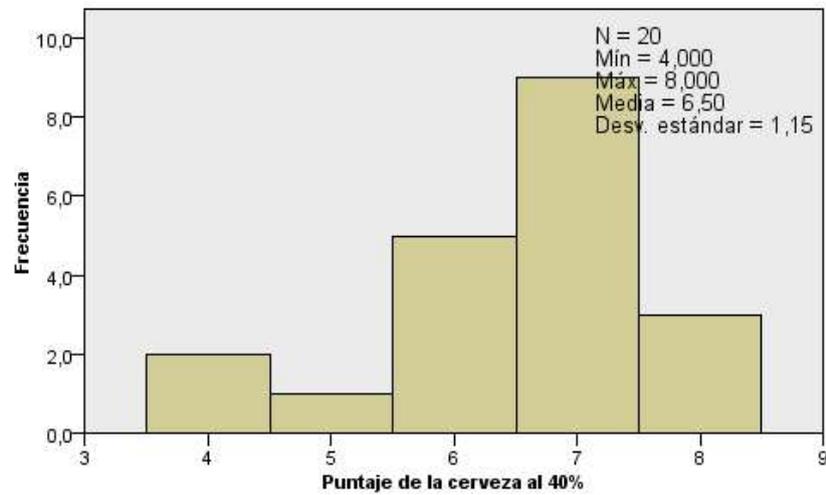
**Figura 36.**

*Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 30% de fermento de arándano.*



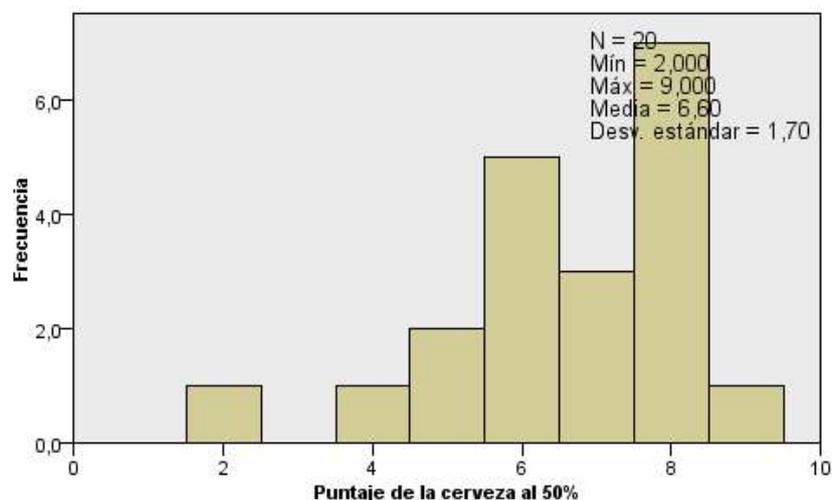
**Figura 37.**

*Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 40% de fermento de arándano.*



**Figura 38.**

*Histograma de frecuencia del atributo textura de la cerveza con 50% de fermento de arándano.*



#### 4.5.2.3 Aceptabilidad de la cerveza artesanal de arándano.

**Tabla 46.**

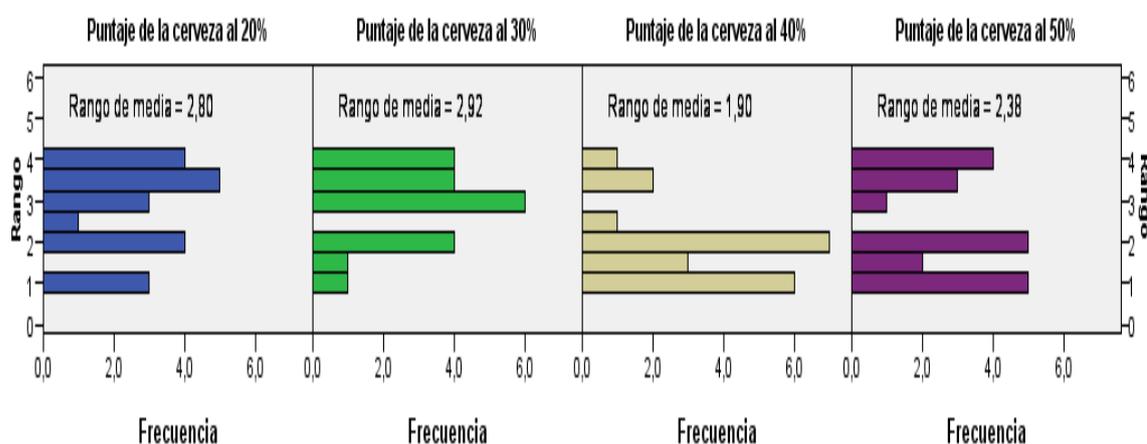
*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para la aceptabilidad.*

Hipótesis nula	Prueba	Significancia	Decisión
No existen diferencia significativa entre los puntajes de las cervezas al 20%, 30%, 40% y 50% de fermento de arándano.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,036	Rechazar la hipótesis nula y hallar los subconjuntos homogéneos mediante comparaciones múltiples.

\*El nivel de confianza de la prueba realizada es 0,05.

**Figura 39.**

*Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos para la aceptabilidad.*



La evaluación sensorial para la aceptabilidad de la cerveza de arándano fue realizada con 20 panelistas, con 3 grados de libertad para el sistema y empleando como estadístico de contraste 8,569. Dado que la significancia que se muestra en la **Tabla 46** obtenida es 0,036 valor menor al nivel de confianza de la prueba realizada se debe rechazar la hipótesis de que no hay diferencias significativas en la aceptabilidad de los tratamientos. Es decir, existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Por lo tanto, es necesario determinar los subconjuntos homogéneos mediante comparaciones múltiples como se muestran en la **Tabla 47** y se ilustran en la **Figura 40**.

**Tabla 47.**

*Comparaciones múltiples por pareja para la aceptabilidad de los tratamientos.*

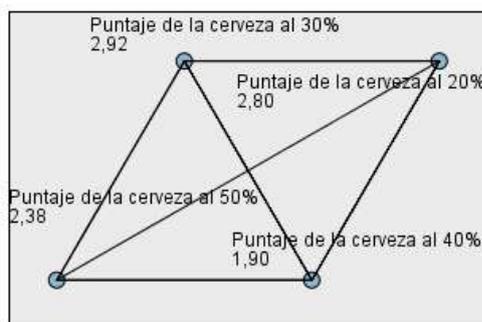
Tratamiento i Tratamiento j	Estadístico de Prueba	Error Estándar	Desviación Estadístico de Prueba	Significancia	Significancia Ajustada
Cerveza al 40% Cerveza al 50%	-0,475	0,408	-1,164	0,245	1,000
Cerveza al 40% Cerveza al 20%	0,900	0,408	2,205	0,027	0,165
Cerveza al 40% Cerveza al 30%	1,025	0,408	2,511	0,012	0,072
Cerveza al 50% Cerveza al 20%	0,425	0,408	1,041	0,298	1,000

Cerveza al 50%	0,550	0,408	1,347	0,178	1,000
Cerveza al 30%					
Cerveza al 20%	-0,125	0,408	-0,306	0,759	1,000
Cerveza al 30%					

Según la **Tabla 47** cada fila pone a prueba la igualdad de los puntajes obtenidos del tratamiento i y tratamiento j.

**Figura 40.**

*Diagrama de módulos para la comparación múltiple por pareja de los tratamientos.*



En la **Figura 40** cada nodo muestra el rango muestral del promedio según el análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.

Con los datos recopilados de la **Tabla 47** y **Figura 40**, se determinarán los rangos para los subconjuntos homogéneos en la **Tabla 48**.

**Tabla 48.**

*Subconjuntos homogéneo (alfa=0,05) para la aceptabilidad de los tratamientos.*

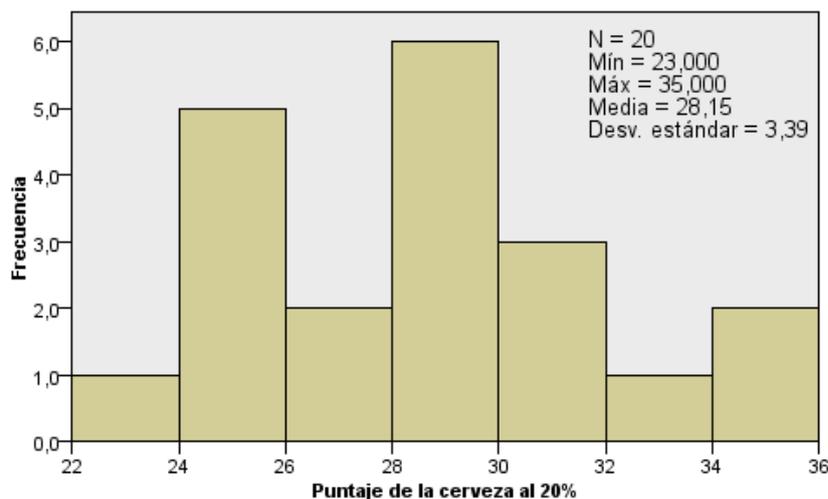
Tratamientos	Subconjuntos	
	1	2
Puntaje de la cerveza al 40%	1,900	
Puntaje de la cerveza al 50%	2,375	2,375
Puntaje de la cerveza al 20%	2,800	2,800
Puntaje de la cerveza al 30%		2,925
Estadístico de Contraste	5,275	2,425
Significancia (Prueba de lado 2)	0,072	0,297
Significancia Ajustada (Prueba de lado 2)	0,072	0,297

Según la **Tabla 48** el subconjunto 2 es el que más aceptabilidad tiene siendo los tratamientos 20%, 30% y 50% los que gustaron más, sin embargo, los tratamientos 20% y 50% junto al de 40% también forman un subconjunto entre los cuales no hay diferencia significativa observable, dada esta disyuntiva se tendrá que optar por el tratamiento al 30% ya que este pertenece al subconjunto con mayor aceptación y difiere significativamente del subconjunto que tiene menor aceptación.

En la **Figura 41**, **Figura 42**, **Figura 43** y **Figura 44** se observa los histogramas de frecuencia de los puntajes para la aceptabilidad de cada tratamiento, así como los principales estadísticos descriptivos.

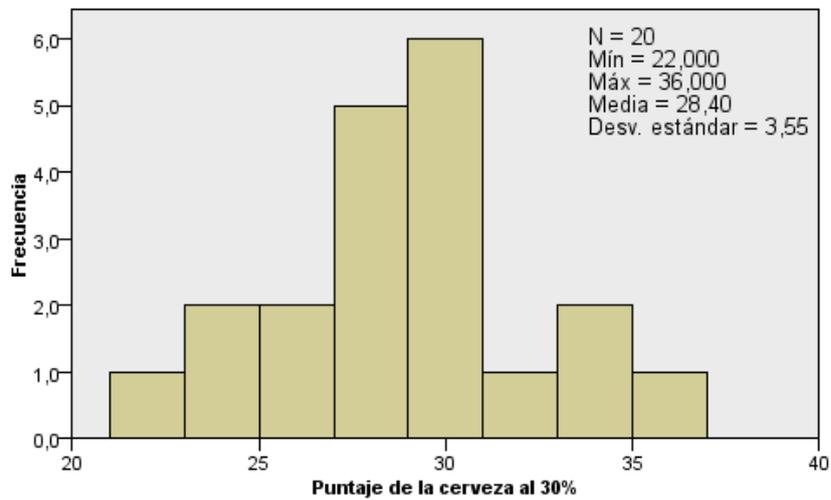
**Figura 41.**

*Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 20% de fermento de arándano.*



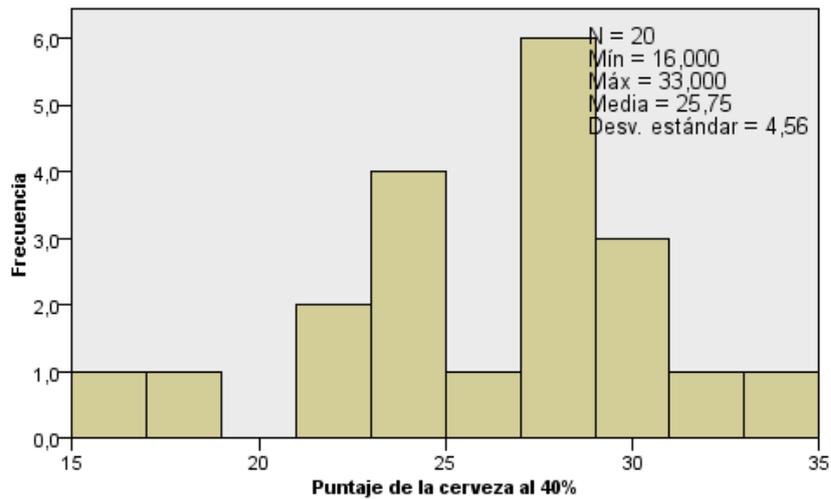
**Figura 42.**

*Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 30% de fermento de arándano.*



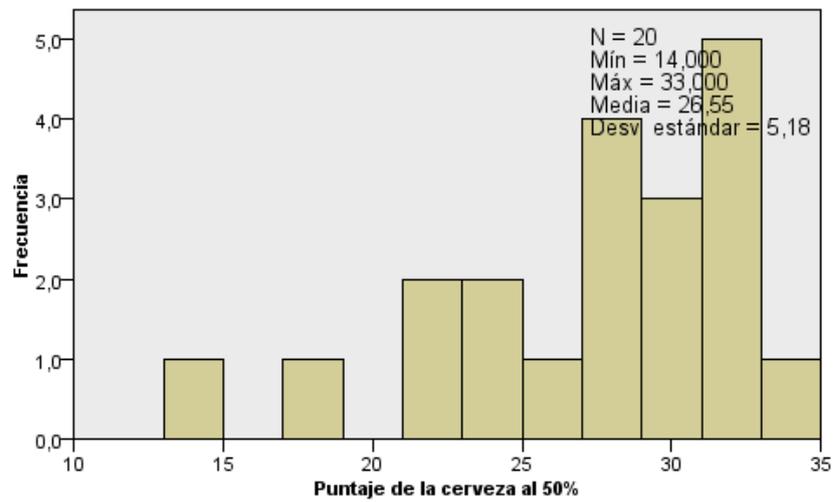
**Figura 43.**

*Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 40% de fermento de arándano.*



**Figura 44.**

*Histograma de frecuencia para la aceptabilidad de la cerveza con 50% de fermento de arándano.*



## CAPITULO V:

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusión

- A nivel global se puede verificar una gran diferencia en el aspecto fisicoquímico de los tratamientos los cuales según la **Tabla 40** las medias de las variables acidez titulable, pH y %alcohol (%AVP) difieren significativamente, a excepción de la variable brix cuyas medias se consideran a nivel estadístico iguales. Mientras en el apartado sensorial la evaluación individual de cada atributo nos muestra que poseen las mismas distribuciones, sin embargo, la aceptabilidad en cambio nos muestra que su distribución no son las misma que hay diferencias estadísticas sin embargo muy bajas.
- La acidez titulable según la **Tabla 40** tal como se esperaba resultaron ser diferente entre sí, esto debido a que la principal fuente de acidez es el arándano, partiendo además de que todas ellas fueron elaboradas a partir de la misma cantidad de granos de malta. Es por ello que a medida que se escala en la concentración de fermento de arándano la acidez titulable aumenta, algo muy similar ocurre con la variable pH ya que igualmente está ligada principalmente a la acidez de la fruta que en un principio es debido a la presencia del ácido cítrico y posteriormente por el metabolismo de las levaduras se transforman en ácido láctico y tartárico.
- El porcentaje de alcohol también según la **Tabla 40** no fue el mismo y está vinculado principalmente a los azúcares fermentables que se transforman en etanol, siendo las principales fuentes los granos de malta y los azúcares de la fruta. Asimismo, al ir escalando la concentración de fermento de arándano se observa que este porcentaje aumenta en debido a que el fermento de arándano no solo aporta azúcares residuales sino también etanol producto de la fermentación

- En cuanto a los brix según la **Tabla 40** se pudo notar que la distribución en el producto final es casi la misma, indiferente de las concentración de fermento de arándano, esto debido a que mientras existan azúcares fermentable la levadura la metabolizará para generar etanol, probablemente no influya en el estado final pero si en la trayectoria del proceso, porque se observó mayor actividad en los tratamiento con mayor concentración de fermento que los que tenían menor, esto relacionado a la generación de gas la cual es observable durante la fermentación..
- En el apartado sensorial podemos notar que no existen diferencias notables en los atributos de cada tratamiento (color, olor, sabor, textura) según las **Tabla 42, Tabla 43, Tabla 44 y Tabla 45** sin embargo, en el apartado global de aceptabilidad (**Tabla 46**) de la cerveza si se puede notar una diferencia significativa entre los subconjuntos homogéneos (**Tabla 48**), siendo estos el grupo de 20%, 40%, 50% y el de 20%,30%,50% donde este último es el que gustó mucho más que el primero, siendo por contraste la cerveza al 30% de fermento de arándano la que sobresale sobre las demás, aunque cabe que señalar que la diferencia es muy baja.

## CAPITULO VI:

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- La concentración del fermento de arándano tiene gran influencia en las características fisicoquímicas del producto final en las variables de acidez titulable, pH y porcentaje de alcohol. Las características de la cerveza se ven influenciadas por la composición de la fruta empleada en su elaboración, obteniendo una cerveza con un más ácida y con pH bajos (**Tabla 40**).
- La concentración de fermento de arándano es proporcional a la acidez titulable, altas concentraciones gustan menos en una cerveza (**Figura 19 y Figura 29**), esto debido a que la acidez titulable influye en el sabor y olor de los alimentos (Nuffield Foundation, 1984).
- El pH es proporcional a la concentración del fermento de arándano siendo la presencia de altas concentraciones un nivel bajo de pH, en forma viceversa bajas concentraciones traen consigo un pH superior. Según la **Tabla 40** el tratamiento de 50% obtuvo el pH más bajo de 2,5980 y el tratamiento de 20% obtuvo el valor más elevado de 2,9580.
- El porcentaje de alcohol se ve influenciado por la concentración del fermento de arándano que según la **Tabla 40** posee un porcentaje de alcohol de 5,09 mientras la cerveza base posee un valor de 4,15; obteniendo que la mezcla al 50% tiene el porcentaje de 4,6260 de alcohol siendo el mayor de todos los tratamientos, mientras el de 20% tiene 4,3380.
- Los niveles de azúcares evaluados con los brix demuestran que no existe diferencia entre los tratamientos, todo al terminar el proceso de

fermentación terminaron con niveles similares siendo el promedio según la **Tabla 40** 4,850.

- En el apartado sensorial se determinó que individualmente para cada atributo puntuado no existen diferencias entre los tratamientos, es decir que el sabor, color, olor y textura son similares. Sin embargo, en la puntuación global para medir la aceptabilidad se determinó que la que más gustó a los panelistas fue la cerveza al 30% de fermento de arándano. Aunque esta no exime mucha diferencia con las cervezas del 20% y 50% que pertenecen al mismo subconjunto según la **Tabla 48**.

## **6.2 Recomendaciones**

- Por limitaciones del estudio se recomienda trabajar con concentraciones en el rango 0-20% que no fueron tomados en cuenta en el presente trabajo.
- Se recomienda no trabajar con concentración elevadas del fermento de arándano si lo que buscamos es un producto agradable al consumidor, ya que según los resultados del presente trabajo las concentraciones bajas tienen mayor aceptabilidad esto relacionado por los niveles de acidez que son proporcionales a la concentración de fermento de arándano.
- Recomendamos que durante el proceso de fermentación supervisar que el airlock siempre tenga presente alcohol para evitar todo contacto con agentes externos del ambiente que puedan contaminar el mosto, así mismo que durante la maduración el recipiente esté sellado herméticamente de lo contrario se producirá en presencia de oxígeno, ácido acético cuyo olor y sabor son desagradables en una cerveza.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bach. Santa Cruz Mego, L. A. (2018). *EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL*. Repositorio Nacional, Pimentel. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/5467>
- Cantos Ayora, M. D., & Campoverde Ordoñez, M. R. (30 de Marzo de 2019). *Plan de negocios para la creación de una empresa de cerveza artesanal*. Repositorio Internacional, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32182>
- Cruz Eguizabal, P. (2020). *EL MARKETING DIGITAL Y EL E- COMMERCE EN LA VENTA DE LA CERVEZA*. Repositorio Nacional, Huacho. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3811>
- Cueva Requena, P. B., & Morán Román, A. R. (2019). *Diseño de una fábrica de cerveza artesanal de café*. Repositorio Nacional, Piura, Peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/3989>
- Díaz Cadenas, J. A. (2023). *Operaciones Básicas en la Industria Cervecera*. Sevilla. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11441/148436>
- Drake, M. A. (2 de Mayo de 2007). <https://www.journalofdairyscience.org/>. Obtenido de Journal of dairy science: <https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2807%2971960-4>
- Drake, M. A. (2 de Mayo de 2007). <https://www.journalofdairyscience.org/>. Obtenido de Journal of dairy science: <https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2807%2971960-4>

- Espezúa Castañeda, B. R. (2021). *Producción de cerveza artesanal estilo Neipa utilizando una cepa de levadura autóctona aislada de chicha de guiñapo de la ciudad de Arequipa*. Repositorio Nacional. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11088>
- Gestión, R. (2015). *Las diez mejores cervezas artesanales hechas en el Perú*. Obtenido de Gestion: <https://gestion.pe/tendencias/diez-mejores-cervezas-artesanales-hechas-peru-97989-noticia/>
- Guimaraes Perez, N. H. (2022). *UTILIZACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PULPA DE CAMU CAMU (Myrciaria dubia) EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA TIPO ALE EN LA CIUDAD DE PUCALLPA*. Pucallpa. Obtenido de [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5681/B8\\_2022\\_UNU\\_AGROI INDUSTRIAL\\_T\\_2022\\_NICK\\_GUIMARAES\\_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5681/B8_2022_UNU_AGROI INDUSTRIAL_T_2022_NICK_GUIMARAES_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández Castro, D. C. (2022). *Propuesta de proceso productivo en la industria de las cervezas artesanales en la región del putumayo*. Repositorio Internacional, PUTUMAYO. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/45842>
- Kaylegian, K., Drake, M., & Clark, S. (2023). *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. Springer International Publishing.
- Maclau. (2020). *Muertecita, la cerveza artesanal de Magdalena*. Obtenido de Yo Cheleo.
- Maddok. (2015). *Cerveza Artesanal*. Obtenido de Facebook: <https://www.facebook.com/carnivoragourmet/photos/t.100069441227491/946827348715498/?type=3>
- Miller, J. N., & Miller, J. C. (2002). *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*. Madrid: Pearson Educación.

Nuffield Foundation. (1984). *Ciencia de la alimentación*. Barcelona: Reverté, S.A.

Ñañez Mouchard, I. J. (2020). *El proceso de producción de cerveza artesanal y su mejoramiento mediante técnicas de recirculación de levaduras en la etapa de fermentación*. Repositorio Nacional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12815/139>

Ortiz Escobar, J. d., & Velastegui Montero, E. X. (2023). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa, dedicada a la elaboración de cerveza artesanal de fermentación alta, saborizada con café orgánico (Coffea arabica) y envasado con Carbonatación forzada, en el cantón Quito, provincia de Pichinc*. Cuenca . Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/37925>

PÉREZ, N. H. (2022). *“UTILIZACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PULPA DE PUCALLPA*. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5681>

Pinillos. (2020). *Aprovechamiento del plátano maduro cv. Hartón (Musa paradisiaca L.) como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal*. lima. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16662>

Reyes. (2019). *Materia prima saborizante y procesos involucrados en la elaboración de cerveza artesanal. Algunas experiencias*. Repositorio Internacional. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8073635>

SÁNCHEZ HUAUYA, i. (2018). *“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO EN LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE LAS (Vaccinium*. Repositorio Nacional, AYACUCHO. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3390>

- Solano Vara, Z. L. (2023). *CERVEZA ARTESANAL DE PITAHAYA (Selenicereus undatus fruta,Hylocereus undatus planta), A NIVEL PILOTO PARA LA CREACIÓN DE PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS O MICROEMPRESAS*. Repositorio Nacional, Huacho. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7342>
- Utrera Velázquez, A. I., & Calapucha Licuy, G. R. (2019). *ELABORACIÓN ARTESANAL DE CERVEZA UTILIZANDO COMO COMPLEMENTO DE SABOR LA FRUTA ANCESTRAL CHONTADURO (BACTRIS GASIPAES), EN LA COMUNIDAD WAMANI, CANTÓN ARCHIDONA*. Repositorio Internacional, Ambato. Obtenido de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/9862>
- Zorrilla Aranguren, C. M. (2022). *Liderazgo y asociatividad en los miembros de la Organización de Cerveceros Caseros (ACECAS) de la ciudad de Lima*. Repositorio Nacional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18587>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1.

### Ficha técnica de la levadura Safale™ US-05.



Safale™ US-05



Levadura ale americana, que produce cervezas bien balanceadas, con baja concentración de diaceto y un paladar final limpio, fresco y vivaz. Forma una capa superficial y se caracteriza por permanecer en suspensión durante la fermentación.

**INGREDIENTES:** Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), agente emulsionante E491

#### ESTERES TOTALES

40

ppm a 18°F y 20°C  
en tubos EBC\*

#### ALCOHOLES SUPERIORES TOTALES

269

ppm a 18°F y 20°C  
en tubos EBC\*

#### AZUCARES RESIDUALES

11 g/l\*

\* corresponde a un atenuación  
aparente de 81%

#### FLOCULACION

media

**TEMPERATURA DE FERMENTACION:** 12-25°C (53.6-77°F) ideal 15-20°C (59-68°F)

**DOSIS:** 50 a 80 g/hl

#### INSTRUCCIONES DE SIEMBRA:

Previamente a la inoculación, se debe rehidratar la levadura seca en un recipiente con agitación hasta formar una crema. El procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en un volumen de agua estéril o mosto 10 veces superior a su propio peso, a una temperatura de 27 °C ± 3 °C (80 °F ± 6°F). Una vez que el peso total de la levadura se encuentre reconstituido en forma de crema (esta etapa lleva de 15 a 30 minutos) se mantiene la agitación suave por otros 30 minutos. Posteriormente se siembra la crema obtenida en los fermentadores. Alternativamente, se puede sembrar directamente levadura seca en el fermentador, asegurando que la temperatura del mosto supere los 20 °C (68 °F). Este procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en forma progresiva sobre la superficie del mosto, asegurando que la misma cubra toda el área disponible, evitando la formación de grumos. Se deja en reposo por 30 minutos y luego se mezcla el mosto, por ejemplo, utilizando aireación.

#### ANÁLISIS TÍPICOS:

% peso seco:	94.0 – 96.5
Células viables al envasado:	> 6 x 10 <sup>9</sup> /g
Bacterias totales*:	< 5 / ml
Bacterias ácido acéticas*:	< 1 / ml
Lactobacilos*:	< 1 / ml
Pedicroccus*:	< 1 / ml
Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i> *:	< 1 / ml
Microorganismos patógenos:	en acuerdo a la regulación vigente

\*Cuando la levadura seca es inoculada a una tasa de 100 g/hl o > 6 x 10<sup>9</sup> células viables / ml

#### ALMACENAMIENTO

Durante el transporte: el producto puede ser transportado y almacenado a temperatura ambiente durante 3 meses, sin que sea afectada su performance.

A destino: Conservar en lugar fresco (< 10 °C / 50 °F) y ambiente seco.

#### VALIDEZ

El producto almacenado bajo condiciones recomendadas posee una validez de 24 meses contando desde la fecha de elaboración. Los sachets abiertos deben ser sellados y almacenados a 4 °C (39 °F) y utilizados dentro de los 7 días siguientes a la apertura. No deben ser utilizados los sachets blandos o que presenten algún tipo de daño.

Se informa que cualquier cambio en el proceso fermentativo puede alterar la calidad final del producto. Por lo tanto, se sugiere realizar ensayos de fermentación antes de utilizar comercialmente nuestra levadura.

TECHNICAL DATA SHEET - Safale™ US-05 - Rev.: OCT2015

The obvious choice for beverage fermentation

Fermentis Division of S.I. Lesaffre - BP 3029 - 137 Rue Gabriel Péri - 59703 Marcq-en-Barœul Cedex - FRANCE - Tel. +33 (0)3 20 81 62 75 - Fax. +33 (0)3 20 81 62 70 - www.fermentis.com

## ANEXO 2.

Ficha técnica de la levadura Uvaferm 43®.

# uvaferm 43®

*Saccharomyces cerevisiae bayanus*

**Levadura de fuerte carácter fructofílico para reactivación de fermentación alcohólica**



Gracias a su nuevo proceso YSEO®, Lallemand obtiene lo mejor de las levaduras adaptadas a condiciones enológicas actuales y futuras. Estas levaduras naturales bajo la forma seca han beneficiado todas aquellas condiciones de producción particulares conservando las características de la cepa seleccionada. Reforzando naturalmente la biodisponibilidad de micronutrientes esenciales, este proceso permite aumentar la resistencia de la levadura y por lo tanto, de incrementar su capacidad de adaptación a condiciones de fermentación difíciles reduciendo los riesgos fermentativos y las posibles desviaciones organolépticas.

## Aplicaciones

Uvaferm 43® ha sido seleccionada por el servicio técnico de Inter-Rhône, por su excepcional habilidad para reiniciar paradas de fermentación, en el marco de un convenio colaboración técnica con Lallemand iniciada en 1997. Resultante de una colección de más de 30 levaduras, ha sido ensayada en vinos con paradas de fermentación. Las paradas de fermentación utilizadas en el proceso de selección fueron provenientes de vinos con alcoholes elevados (14.3% con 21 g/L RS) y alto libre SO<sub>2</sub> (35 mg/L). Estos trabajos se inscriben dentro de la continuidad de los de la Comisión Enológica de la Onivins sobre la prevención y el tratamiento de las paradas de fermentación. Esta cepa ha sido comparada con las mejores levaduras de reactivación de la fermentación, actualmente comercializadas y ha dado los resultados más convincentes. Desde entonces, uvaferm 43® ha demostrado su excelente eficiencia en circunstancias y tipos de vino muy diferentes.

## Propiedades microbiológicas y enológicas

- *Saccharomyces cerevisiae var. bayanus*
- Fuerte carácter fructofílico
- Posee el factor killer
- Alta tolerancia al alcohol: superior a 16%
- Buena implantación en el medio
- Buen rango de fermentación
- Efecto sensorial neutral sobre el vino terminado
- Reinicia la fermentación alcohólica, también en condiciones difíciles.
- Baja producción de acidez volátil
- Baja producción de SO<sub>2</sub> y de H<sub>2</sub>S
- Rapidez de fermentación elevada
- Respeta las cualidades organolépticas de los vinos reactivados
- Excelente para reiniciar paradas de fermentación con elevada proporción fructosa/glucosa
- Utiliza fructosa más fácilmente que la mayoría de las levaduras enológicas
- Relativamente baja demanda de nitrógeno



### **ANEXO 3.**

#### *Estandarización de hidróxido de sodio.*

Procedimiento analítico para determinar la concentración real del hidróxido de sodio preparado a partir 4,652 gramos en una fiola de 1litro. La sustancia patrón utilizada fue biftalato de potasio cuya pureza es de 99,5%. El procedimiento consistió en el secado a 110°C por 90 minutos en una estufa, posteriormente se dejó enfriar en una campana de secado. Se hicieron 10 réplicas que consistió en diluir en un vaso precipitado 0,400 gramos de biftalato de potasio con 50 ml de agua destilada, agregando 3 gotas de indicador fenolftaleína, y se tituló hasta el viraje de incoloro a un rosado ligero. Con el volumen gastado se determinó la concentración real mediante la siguiente fórmula:

#### **Ecuación 6.**

*Concentración real para la estandarización de hidróxido de sodio.*

$$C_{real} = \frac{m \times \%p}{Me_{KPH} \times V_g} \times 1000$$

Donde:

$C_{real}$ : Concentración real del hidróxido de sodio

$m$ : masa de biftalato de potasio (0,400 gramos)

$\%p$ : Pureza de biftalato de potasio (0,995)

$Me_{KPH}$ : Peso equivalente de biftalato de potasio (204,22 g/equivalente)

$V_g$ : Volumen gastado del hidróxido de sodio (mililitros)

Los datos de la estandarización se presentan en la siguiente tabla, así como la distribución de frecuencia para las diez réplicas realizadas.

**Tabla 49.**

*Estandarización de hidróxido de sodio.*

<i>Réplica</i>	<i>Masa de muestra (g)</i>	<i>Volumen Gastado (mL)</i>	<b>Grubb Calculado</b>	<b>H<sub>0</sub></b>
1	0,400	19,4	1,631	NO SE RECHAZA
2	0,400	19,6	0,835	NO SE RECHAZA
3	0,400	19,6	0,835	NO SE RECHAZA
4	0,400	19,8	0,040	NO SE RECHAZA
5	0,400	19,7	0,437	NO SE RECHAZA
6	0,400	19,9	0,358	NO SE RECHAZA
7	0,400	20,0	0,756	NO SE RECHAZA
8	0,400	19,9	0,358	NO SE RECHAZA
9	0,400	20,3	1,949	NO SE RECHAZA
10	0,400	19,9	0,358	NO SE RECHAZA
<b>Promedio (mL)</b>				19.8
<b>Desviación Estándar (mL)</b>				0.3
<b>Grubb Crítico (p=0.05)</b>				2.290
<b>Concentración de NaOH</b>				0.0984

Donde el estadístico de Grubb se determina mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 7.**

*Estadístico de Grubb para una muestra.*

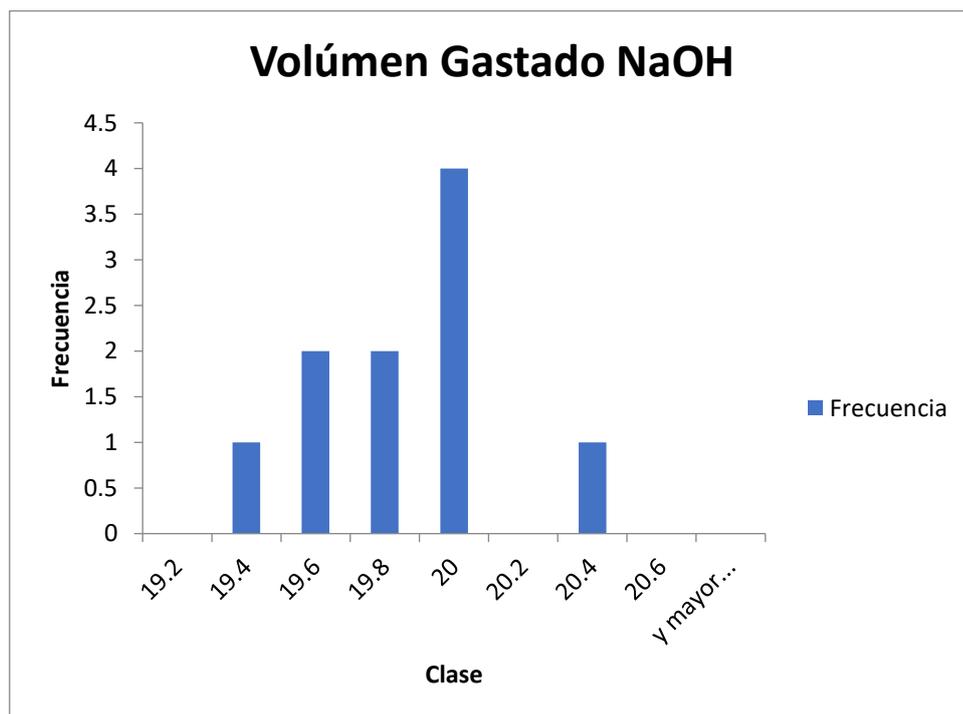
$$G_{\text{estadístico de Grubb}} = \frac{|\text{Valor medido} - \text{promedio}|}{\text{Desviación estándar}}$$

Mientras el Grubb crítico se obtiene de valores de tablas, para 9 grados de libertad y al 95% de confianza.

Si el estadístico calculado es menor al estadístico crítico se rechaza la hipótesis nula de que el valor medido no pertenece a la distribución de la muestra y por lo tanto debe ser rechazado como un dato anómalo. Para este caso todos los valores calculados de Grubb son menores por lo tanto no hay evidencia de que algún valor medido sea un dato anómalo. En base a ello se calcula el promedio y ese valor se reemplaza en la fórmula anterior obteniendo que la concentración real del hidróxido de sodio 0,0984 N.

**Figura 45.**

*Distribución del volumen gastado para la estandarización de hidróxido de sodio.*



#### ANEXO 4.

*Dosificación de insumos para cada tratamiento de 3L.*

**Tabla 50.**

*Dosificación de insumos para 3 litros de cada tratamiento.*

Materia prima	Tratamientos			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
	(20%FDA)	(30%FDA)	(40%FDA)	(50%FDA)
L/ Agua	2,64	2,41	1,98	1,65
ml/ FDA	600	900	1200	1500
g/ Malta Pilsen	600	525	450	300
g/ Lúpulo	5,4	4,73	4,05	3,38
g/ Flocculante	5g	5g	5g	5g
g/ Levadura	1,380g	1,208g	1,035	0,863

\*FDA: Fermento de arándano.

\*En la siguiente tabla se muestran los insumos necesarios que se utilizaron para elaborar 3 litros de cerveza sabor arándano para cada tratamiento.

## ANEXO 5.

### Valores críticos para estadístico de Grubb.

266

Apéndice 2

**Tabla A.6.** Valores críticos de  $G$  ( $P = 0.05$ ) para un contraste de dos colas.

Tamaño de muestra	Valor crítico
3	1.155
4	1.481
5	1.715
6	1.887
7	2.020
8	2.126
9	2.215
10	2.290

Tomados de *Outliers in Statistical data*, Vic Barnett and Toby Lewis, 2nd Edition, 1984, John Wiley & Sons Limited.

**Tabla A.7.** Valores críticos de  $\chi^2$  ( $P = 0.05$ ).

Número de grados de libertad	Valor crítico
1	3.84
2	5.99
3	7.81
4	9.49
5	11.07
6	12.59
7	14.07
8	15.51
9	16.92
10	18.31

**Fuente:** De “*Estadística y Quimiometría para Química Analítica*” por

Miller, J. N., Miller, J. C. (2002).

## ANEXO 6.

### *Proceso de Elaboración.*



Macerado de malta



Clarificado de mosto



Cocción de mosto



Levadura Safale™ US-05



Fermentación de cerveza



Arándano lavado y seleccionado.



*Triturado del arándano*



*Filtrado del arándano con tela de organza*



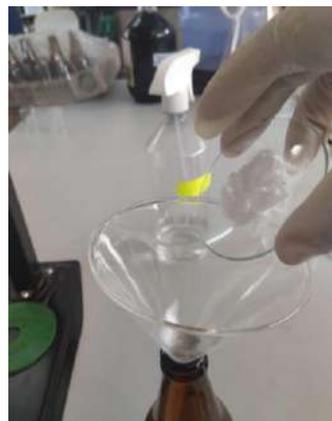
*Inoculación del zumo de arándano con Uvaferm-43 y fermentación.*



*Mezclado de tratamientos 20%, 30%, 40% y 50%.*



*Pesado de Dextrosa para carbonatación*



*Añadido de dextrosa a cada envase*



*Enchapado de cerveza*

## **ANEXO 7.**

### *Procedimientos analíticos.*

#### *Determinación de porcentaje de alcohol mediante densímetro de cerveza.*



*Muestras y densímetro de cerveza.*



*Medición de porcentaje de alcohol.*

#### *Calibración de multiparámetro HI-2213 con buffer 4,00; 7,00; 10,00 para medir pH.*



*Determinación del parámetro pH para las muestras.*



*Preparación de muestra para determinar acidez titulable.*



*Equipo a emplear para la titulación.*



*Trasvasado de 10 ml de muestra.*



*Dilución de la muestra en agua destilada.*



*Muestras para analizar de izquierda a derecha 20%, 30%, 40% y 50%.*

*Determinación potenciométrica de acidez titulable.*



*Montaje de equipos.*



*Inicio de la titulación.*



*Primer viraje de color pH (6,5-8,0).*



*Segundo viraje de color pH (8,0<) y  
término  
del procedimiento.*



*De izquierda a derecha muestras tituladas (20%, 30%, 40%, 50%).*

*Determinación de los brix para las muestras.*



*Refractómetro, muestra y pipeta Pasteur.*



*Lectura de brix de la muestra.*

***Materiales para la preparación y estandarización de hidróxido de sodio***



*Agua destilada, biftalato de potasio, pipeta e hidroxido de sodio sin estandarizar.*



*Muestras codificadas para análisis sensorial.*



*Recipiente codificados para análisis sensorial.*



*Pruebas sensorial.*

## ANEXO 8.

*Ficha hedónica de 9 puntos.*



Nombre : .....  
Fecha : .....



### Instrucciones

Frente a usted se encuentran cuatro muestras de *cerveza de arándano*. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

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

Código	Calificación para cada atributo			
	Olor	Color	Sabor	Textura