



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)  
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac  
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 1 (2025) - Publicado: 19/12/25  
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>

Páginas: 68 - 76

Recibido 13/11/2025 ; Aceptado 18/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.189>

Edición Especial: Cosmovisión Andina –2025

Autores:

1. ORCID [id https://orcid.org/0009-0006-4453-6482](https://orcid.org/0009-0006-4453-6482) Christel Huachaca-Rosales, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. [211076@unamba.edu.pe](mailto:211076@unamba.edu.pe)
2. ORCID [id https://orcid.org/0009-0002-5864-4397](https://orcid.org/0009-0002-5864-4397) Jhon Kenny Sierra-Villegas, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. [211095@unamba.edu.pe](mailto:211095@unamba.edu.pe)
3. ORCID [id https://orcid.org/0009-0005-9888-4848](https://orcid.org/0009-0005-9888-4848) Federico Sierra-Villegas, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. [231042@unamba.edu.pe](mailto:231042@unamba.edu.pe)
4. ORCID [id https://orcid.org/0009-0001-4264-6884](https://orcid.org/0009-0001-4264-6884) Ricardo Daniel Ccasani-Baltazar, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. [241069@unamba.edu.pe](mailto:241069@unamba.edu.pe)
5. ORCID [id https://orcid.org/0009-0007-5391-2619](https://orcid.org/0009-0007-5391-2619) Hermógenes Ccasani-Dávalos, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. [hccasani@unamba.edu.pe](mailto:hccasani@unamba.edu.pe)

sicochemical analysis, treatment T3 (10%) stood out with pH values of  $4.03 \pm 0.01$ , apparent extract of  $3.67 \pm 0.06$  °P, anthocyanin content of  $21.53 \pm 0.48$  mg C3G/L, and yeast count of  $3.20 \pm 0.05 \times 10^6$  yeast/mL ( $p < 0.05$ ), without significantly altering the alcoholic strength ( $4.99 \pm 0.02\%$  v/v;  $p > 0.05$ ). In the sensory evaluation, T3 obtained the highest overall acceptability ( $4.0 \pm 0.04$ ) and an intense purple color ( $4.3 \pm 0.02$ ), maintaining the classic flavor, bitterness, and body characteristics typical of the lager style ( $p > 0.05$ ). The *off-flavor* profile was clean, demonstrating a reduction in oxidative defects attributed to the antioxidant effect of the blueberries. From a functional standpoint, treatment T3 exhibited high antioxidant capacity, in addition to cellular biostimulation associated with the supply of amino acids, B vitamins, and minerals, giving the beer a significant nutraceutical value.

**Keywords:** Lager beer, blueberries, anthocyanins.

## Elaboración de cerveza estilo lager con adición de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*)

### Brewing lager-style beer with added blueberry (*Vaccinium corymbosum*)

Christel Huachaca Rosales<sup>1</sup>, Jhon Kenny Sierra Villegas<sup>2</sup>, Federico Sierra Villegas<sup>3</sup>, Ricardo Daniel Ccasani Baltazar<sup>4</sup> y Hermógenes Ccasani Dávalos<sup>5</sup>

**Resumen.** Se elaboró una cerveza estilo lager con adición de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) durante la etapa de maduración, en proporciones de 7.5% y 10% p/p (tratamientos T2 y T3, respectivamente), considerando un control sin adición (T1: 0%). El diseño experimental correspondió a un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones, realizándose la maduración a escala de laboratorio (10 L). En el análisis fisicoquímico, el tratamiento T3 (10%) destacó con valores de pH  $4.03 \pm 0.01$ , extracto aparente  $3.67 \pm 0.06$  °P, contenido de antocianinas  $21.53 \pm 0.48$  mg C3G/L y conteo de levadura  $3.20 \pm 0.05 \times 10^6$  levadura/mL ( $p < 0.05$ ), sin modificar significativamente el grado alcohólico ( $4.99 \pm 0.02\%$  v/v;  $p > 0.05$ ). En la evaluación sensorial se utilizó una escala de (1 - 5), T3 obtuvo la mayor aceptabilidad general ( $4.0 \pm 0.04$ ) y un color púrpura intenso ( $4.3 \pm 0.02$ ), manteniendo las características clásicas de sabor, amargor y cuerpo propias del estilo lager ( $p > 0.05$ ). El perfil de *off-flavors* fue limpio, evidenciando una reducción de defectos oxidativos atribuida al efecto antioxidante de los arándanos. Desde el punto de vista funcional, el tratamiento T3 presentó una alta capacidad antioxidante, además de una bioestimulación celular asociada al aporte de aminoácidos, vitaminas del complejo B y minerales, otorgando a la cerveza un valor nutraceutico destacado.

**Palabras Clave:** Cerveza lager, arándanos, antocianinas.

**Abstract.** A lager-style beer was brewed with the addition of blueberries (*Vaccinium corymbosum*) during the maturation stage, in proportions of 7.5% and 10% w/w (treatments T2 and T3, respectively), considering a control without addition (T1: 0%). The experimental design corresponded to a Completely Randomized Design (CRD) with three replicates, and maturation was carried out on a laboratory scale (10 L). In the phy-

## 1 Introducción

La investigación titulada “Elaboración de cerveza estilo lager con adición de arándano (*Vaccinium corymbosum*)” tiene como propósito desarrollar un producto innovador que incorpore un insumo de alto valor nutricional dentro del proceso cervecero artesanal. Este estudio busca aprovechar las propiedades funcionales del arándano, caracterizado por su elevado contenido de antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos, los cuales poseen efectos antioxidantes, anti-inflamatorios y cardioprotectores [1],[2].

El trabajo experimental se desarrolló en el laboratorio de la empresa Cervecería Abanquina S.A.C. y en el laboratorio de análisis de productos agroindustriales de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, durante el mes de octubre del año 2025, bajo condiciones controladas durante todo el proceso de elaboración.

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas a nivel mundial y ocupa el tercer lugar en popularidad, después del agua y el té, según [3]. En el Perú, el consumo anual promedio alcanza los 45.4 litros por persona, ubicando al país en el quinto lugar de consumo en América Latina [4]. Además, la cerveza posee valor nutricional debido a su contenido de minerales como magnesio, fósforo y potasio, junto con un bajo nivel de sodio, factores que ayudan a disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y promueven un efecto diurético beneficioso [4],[5].

Los arándanos son frutos pertenecientes al género *Vaccinium*, caracterizados por su alto contenido de compuestos bioactivos. De acuerdo con [6], el arándano es una baya rica en polifenoles, especialmente antocianinas, además de vitaminas y minerales, lo cual le otorga propiedades antioxidantes y beneficios potenciales para la salud humana.

En los últimos años, los productores de cerveza artesanal han adoptado estrategias de innovación mediante la incorporación de ingredientes no convencionales, como frutas, hierbas, cereales y flores, con el fin de diversificar los perfiles sensoriales y funcionales de la bebida [7],[8]. Este fenómeno responde al creciente interés de los consumidores por productos saludables y naturales, capaces de aportar beneficios nutricionales y sensoriales. En este contexto, la incorporación de arándanos en la cerveza lager se presenta como una alternativa tecnológica que puede mejorar su perfil antioxidante, color y estabilidad sensorial, sin alterar la identidad del estilo [9].

Diversos estudios han demostrado el potencial del arándano como ingrediente funcional en bebidas fermentadas. [10] evaluaron la influencia del momento de adición del arándano (*Vaccinium myrtillus* L.) en el perfil fenólico y proteico de la cerveza, observando un aumento significativo en el contenido de compuestos fenólicos y una mejora en la estabilidad del color. [11] evaluó la capacidad antioxidante de una cerveza artesanal elaborada con arándano, observando un incremento significativo en el contenido fenólico y en la estabilidad del color. Asimismo, [12] destacó el aprovechamiento del orujo de arándano en procesos de fermentación alcohólica como fuente natural de pigmentos y compuestos bioactivos.

De acuerdo con [13], la aplicación de recursos biológicos autóctonos en la elaboración de cervezas innovadoras constituye una tendencia de gran valor para el desarrollo regional, al promover la diversificación agroindustrial y la valorización de materias primas locales. Pese al avance del sector cervecero artesanal, existe una limitada investigación en el Perú sobre la formulación de cervezas con adición de frutas antioxidantes, como el arándano. En consecuencia, se desconoce la concentración óptima de este fruto que permita equilibrar el valor nutricional y las propiedades organolépticas del producto. Por ello, surge la necesidad de analizar cómo la adición de arándano afecta la calidad físicoquímica y sensorial de una cerveza tipo lager artesanal producida en condiciones controladas.

El objetivo general fue elaborar cerveza estilo lager con adición (7.5 y 10%) de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*), y como objetivos específicos fue evaluar el efecto de la adición de arándanos azules (7.5 y 10%) en una cerveza tipo lager sobre las características físicoquímicas del producto final y determinar el efecto de la adición de arándanos azules (7.5 y 10%) en una cerveza tipo lager sobre las características sensoriales del producto final, utilizando frutos frescos procedentes de cultivos locales de la región Apurímac. La investigación se realizó a escala de laboratorio, y se enfocó principalmente en el control de calidad del producto terminado y buscando la concentración que permita mantener las propiedades organolépticas propias del estilo y mejorar su valor funcional, aportando conocimiento técnico sobre la incorporación de frutas antioxidantes en procesos cerveceros artesanales.

Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan al desarrollo de cervezas artesanales funcionales, con mayor aceptación sensorial y valor nutricional, promoviendo la innovación agroindustrial sostenible en la región de Apurímac.

## 2 Método

Se realizó un estudio tipo aplicada según su propósito, experimental según su diseño, cuantitativo [14] para desarrollar cerveza lager funcional con arándano. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1: 0% – control; T2: 7.5% p/p; T3: 10% p/p de arándano triturado) y tres repeticiones, para cada uno de los tratamientos.

**Tabla 1.** Diseño experimental de la investigación.

Tratamientos	Factor A: Concentraciones de fruta	Réplicas
T1	0%	3
T2	7.5%	3
T3	10%	3

### 2.2 Población y muestra

La población considerada en este estudio estuvo compuesta por todas las unidades de cerveza verde estilo lager pertenecientes al lote experimental de 10 litros, elaboradas bajo condiciones controladas y homogéneas de proceso. A partir de esta población se obtuvieron las unidades experimentales mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple, garantizando que cada porción del lote tuviera la misma probabilidad de ser seleccionada. Cada unidad experimental consistió en una alícuota de 500 mL, la cual fue destinada a la evaluación de los diferentes tratamientos definidos en el diseño completamente al azar. Las concentraciones de adición de fruta de arándano se calcularon en porcentaje peso/peso (% p/p) respecto a la masa total de cerveza (10 L) para cada tratamiento. En la Tabla 2 se detallan las formulaciones correspondientes a cada tratamiento evaluado.

**Tabla 2.** Formulaciones de los insumos de la investigación.

Materia prima	Formulaciones en estudio		
	T1 (control)	T2 (7.5 %p/p)	T3 (10 %p/p)
L/Agua	750	750	750
g/arándanos por 10 kg de cerveza verde	0	750	1000
kg/malta Pilsener	75	75	75
kg/malta Múnich	25	25	25
kg/malta Caramelo	6	6	6
kg/maíz amarillo	30	30	30
g/lúpulo	700	700	700
g/levadura	250	250	250

### 2.3 Técnicas

Se evaluaron antocianinas mediante el método del pH diferencial AOAC 2005.02 [15], pH por el método potenciométrico AOAC 981.12 [16], conteo de levaduras mediante recuento directo con cámara de Neubauer siguiendo el procedimiento descrito por *American Public Health Association* [17], extracto aparente por gravedad específica conforme al método Beer-4 [18], y alcohol (% v/v) mediante destilación y medición del destilado AOAC 935.21 [19].

Se evaluaron atributos de sabor, color, amargor, cuerpo, transparencia y aceptabilidad general en el perfil sensorial se evaluó con 10 panelistas semi entrenados, con escala hedónica 1–5 para cada atributo y *off-flavors* con 6 panelistas entrenados, con escala de 1-3 (1 = leve, 2 = moderado y 3 = fuerte).

### 2.4 Procedimiento experimental

Para el proceso de elaboración de cerveza artesanal estilo lager con adición de la fruta arándanos, se trabajó en dos fases.

# Proceso de elaboración de la cerveza artesanal estilo lager con adición de arándanos

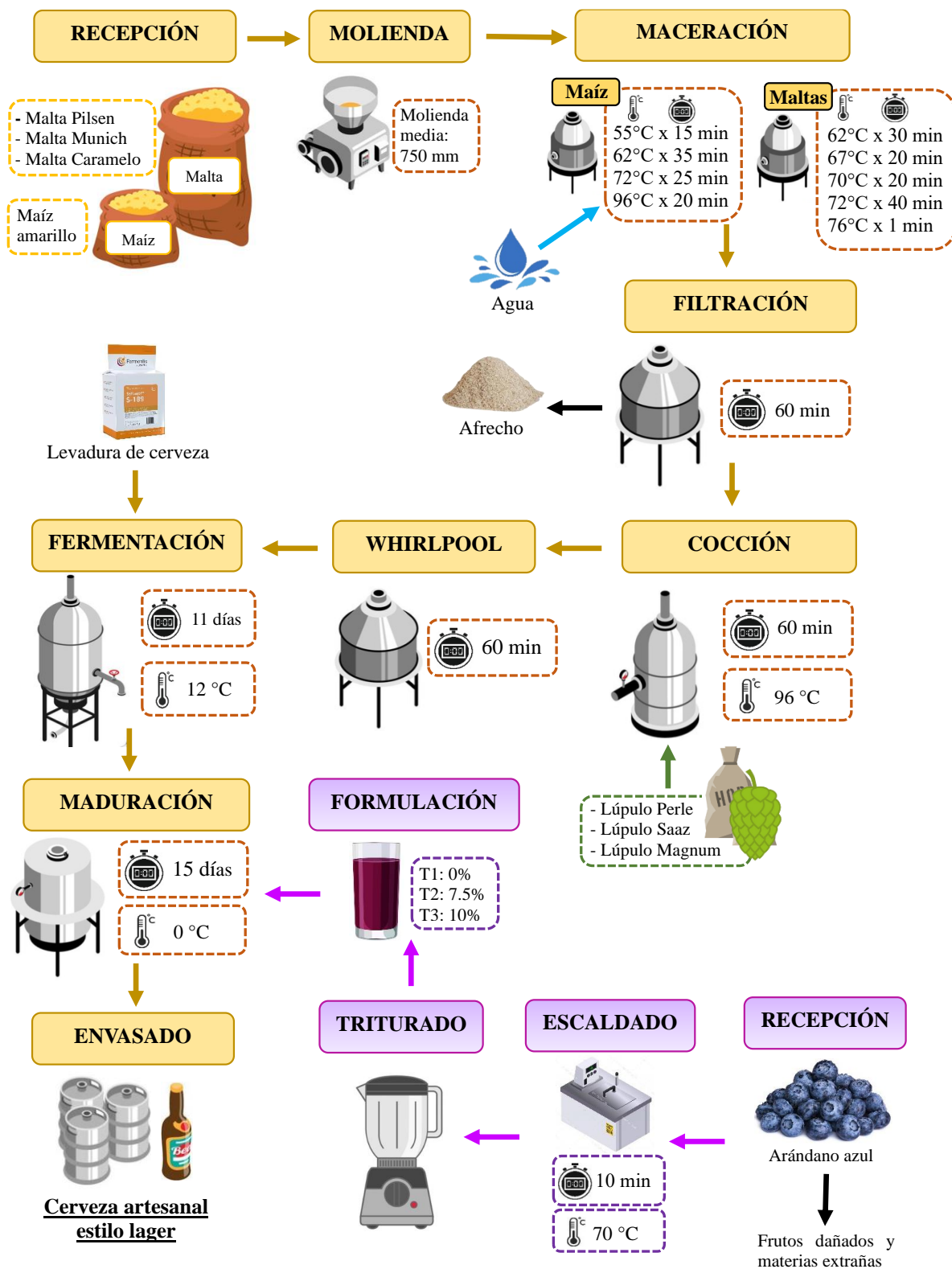


Figura 1. Proceso de elaboración de cerveza artesanal estilo lager con adición de arándanos

## FASE 1: Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal estilo lager con adición de arándano:

- Recepción: Se recibieron 75 kg malta Pilsener (Bestmalz), 25 kg malta Munich y 6 kg malta caramelo (Carabohemian), importadas de Alemania, cumpliendo especificaciones de calidad. También 30 kg maíz amarillo como adjunto, proveniente de Tancarpata, comunidad Micaela Bastidas, Quisapata.
- Molienda: Malta Pilsener, Munich, caramelo y maíz amarillo se trituraron medianamente en molino de granos para romper cáscara, exponer almidón y optimizar maceración y filtrado del mosto.
- Primera maceración (adjunto): Maíz molido se maceró por separado con agua mediante escalones térmicos: 55 °C (15 min), 62 °C (30 min), 72 °C (40 min), 96 °C (20 min), para romper los almidones y en la paila de mezcla convertir en azúcares fermentables.
- Segunda maceración: Maltas molidas, adjuntos y agua se mezclan a 60 °C para la conversión enzimática de almidones en azúcares mediante escalones térmicos: 62 °C (30 min), 67 °C (20 min), 70 °C (20 min), 72 °C (40 min), 76 °C (1 min).
- Filtración: Mosto azucarado se separa del afrecho. Mosto claro se transfiere a cocción; afrecho se retira como subproducto para alimentación animal
- Cocción: Mosto es hervido a 96 °C por 60 min, con lúpulo añadido en dos etapas (inicio: amargor; final: aroma/sabor). Esteriliza, isomeriza alfa-ácidos y elimina volátiles indeseados como DMS.
- Whirlpool: Mosto cocido se somete a movimiento circular en tanque whirlpool para sedimentar proteínas coaguladas y residuos de lúpulo, logrando mosto claro antes de enfriamiento.
- Fermentación: Levadura es inoculada; fermentación 13 días a 12–13 °C. Monitoreo de gravedad, pH, temperatura, presión y conteo celular para etanol, CO<sub>2</sub> y minimizar compuestos indeseables.
- Maduración: Cerveza madura a 0 °C para clarificar (sedimentación levadura/proteínas), estabilizar sabores y reducir diacetilo. Se añade arándano (10 % y 7.5 %).
- Envasado: Cerveza envasada principalmente en barriles; ocasionalmente en botellas ámbar de 250 mL.

## FASE 2: Descripción del proceso de obtención de la pulpa licuada de arándanos:

- Recepción: Arándanos de la comunidad de Yaca, del distrito de Circa son seleccionados, clasificados y limpios, descartando frutos dañados y materias extrañas.
- Escaldado: Los frutos se sumergen en agua a 70 °C durante 10 minutos para reducir la carga microbiana, inactivar enzimas indeseables y preservar compuestos fenólicos presentes en la fruta.
- Triturado: Los arándanos se trituran mecánicamente para obtener una pulpa homogénea que facilite la liberación de jugos, azúcares, antocianinas y compuestos aromáticos.
- Formulación: Finalmente, la pulpa obtenida se pesa según la formulación establecida y se agrega al inicio de la maduración de la cerveza, permitiendo una adecuada transferencia de color, sabor y aroma al producto final.

## 3 Resultados y Discusiones

### 3.1 Calidad fisicoquímica de la cerveza estilo lager con arándanos

**Tabla 3.** Resultados de análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey para las variables de perfil fisicoquímica de la cerveza estilo lager con arándanos.

Parámetros fisicoquímicos	T1 (control)	T2 (7.5%)	T3 (10%)	Sig.
pH	4.22 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.12 ± 0.02 <sup>b</sup>	4.03 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.0001*
Alcohol (ABV)	4.97 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.98 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.99 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.912
Extracto Aparente (°P)	2.50 ± 0.00 <sup>a</sup>	3.40 ± 0.10 <sup>b</sup>	3.67 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.0001*
Conteo Células (x10 <sup>6</sup> /ml)	2.83 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.03 ± 0.03 <sup>a</sup>	3.20 ± 0.05 <sup>b</sup>	*0.038
Antocianinas totales (mg C3G/L)	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	16.72 ± 0.25 <sup>b</sup>	21.53 ± 0.48 <sup>c</sup>	0.0001*

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes  $p > 0.05$ . \* = significativo.

El ANOVA mostró diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ) en cuatro de cinco parámetros fisicoquímicos de la cerveza lager con adición de pulpa de arándano (0%, 7.5% y 10% p/p), excepto en el contenido alcohólico ( $p > 0.05$ ). La prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) confirmó las diferencias entre tratamientos, indicando con superíndices alfabéticos las medias estadísticamente distintas o homogéneas.

**pH**



Se observó una disminución significativa y dosis dependiente del pH ( $p < 0.001$ ), con valores medios de  $4.22 \pm 0.00$  (control),  $4.12 \pm 0.02$  (7.5%) y  $4.03 \pm 0.01$  (10%). Este efecto es atribuible al aporte de ácidos orgánicos naturales del arándano, principalmente ácido cítrico (60–70%) y ácido málico (20–30%) [6]. La adición post fermentativa en maduración secundaria (0 °C) evita su consumo por la levadura, maximizando la acidificación sin alterar la atenuación alcohólica [9]. Un pH  $\leq 4.1$  (tratamiento 10%) confiere beneficios tecnológicos: estabilidad microbiológica (inhibe *Lactobacillus* y *Pediococcus*), mejor retención de color (forma flavylium de antocianinas), frescura sensorial equilibrada [11], [13]. El 10% logra un pH inferior al reportado (4.15 con 8% frutos rojos) [11], validando el uso de arándanos locales de Apurímac en un protocolo escalable para producir una lager funcional, estable y con mayor valor nutricional y aceptación sensorial [7], [8].

### Alcohol (ABV)

No se detectó efecto significativo del nivel de pulpa de arándano sobre el contenido alcohólico ( $p = 0.912$ ), con valores medios de  $4.97 \pm 0.03\%$  (control),  $4.98 \pm 0.03\%$  (7.5%) y  $4.99 \pm 0.02\%$  (10%) v/v, dentro del rango típico de una *lager* ligera (4.8–5.2% v/v). La adición post fermentativa en maduración secundaria (0 °C) evitó la metabolización de los azúcares del arándano principalmente fructosa por *Saccharomyces pastorianus*, cuya población se redujo a  $2.83 \times 10^6$  cel/mL y actividad metabólica prácticamente nula [6], [9]. Este resultado confirma que la atenuación final depende exclusivamente de la fermentación primaria, sin aporte alcohólico adicional del fruto [11]. Los azúcares no fermentados se retuvieron como extracto residual, contribuyendo a cuerpo y dulzor sin alterar el perfil etílico [7], [13]. El protocolo asegura consistencia alcohólica y fidelidad al estilo, ideal para una *lager* funcional con valor nutricional mejorado [8].

### Extracto aparente (°P)

Se observó un incremento lineal y altamente significativo del extracto aparente ( $p < 0.001$ ), con valores medios de  $2.50 \pm 0.00$  (control),  $3.40 \pm 0.10$  (7.5%) y  $3.67 \pm 0.06$  (10%) °P. Este aumento responde a la incorporación de sólidos no fermentables del arándano: fructosa residual, pectinas, fibra y polisacáridos estructurales de la pulpa y piel, junto con compuestos fenólicos poliméricos [6], [9]. Dado que la adición fue post fermentativa (0 °C), la levadura no metabolizó estos componentes, que permanecen en solución como extracto residual [11]. El tratamiento al 10% aporta cuerpo medio y sensación en boca más redonda, mejorando la textura sin afectar la limpidez final tras filtración [13]. Este perfil refuerza el valor funcional y aceptación sensorial de la lager, alineándose con tendencias de innovación con ingredientes naturales [7], [8].

### Conteo celular ( $\times 10^6$ cel/mL)

Solo T3 (10%) incrementó significativamente la viabilidad de levadura al final de maduración ( $3.20$  vs.  $2.83 \times 10^6$  células/mL;  $p = 0.038$ ), atribuible a aminoácidos libres (prolina, arginina), vitaminas B y minerales ( $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ) del arándano, que prolongan la fase estacionaria y refuerzan la resistencia osmótica [9], [20]. A diferencia de T2 (7.5%), el 10% supera el umbral bioestimulante sin inhibición por antocianinas [6]. Este efecto mejora la estabilidad biológica y reduce autólisis en almacenamiento.

### Antocianinas totales (mg C3G/L)

El contenido de antocianinas totales fue altamente significativo y dependencia de las formulaciones utilizadas ( $p < 0.001$ ), con  $0.00 \pm 0.00$ ,  $16.72 \pm 0.25$  y  $21.53 \pm 0.48$  mg C3G/L en control, 7.5% y 10% respectivamente. T3 (10%) superó el umbral cromático (15 mg C3G/L), logrando color rosado-rubí intenso y estable ( $\Delta E^*_{ap} > 5$ ) por flavylium a pH 4.0–4.5 [6], y aportando propiedad funcional antioxidante (capacidad ORAC  $> 300 \mu\text{mol TE/L}$ ) [9]. A diferencia de T2, el 10% garantiza diferenciación visual más funcionalidad bioactiva sin comprometer estabilidad. Esto posiciona la lager con adición de arándanos como un producto nutracéutico de alto valor.

## 3.2 Análisis sensorial en cerveza estilo lager con adición de arándanos azules

### Análisis de atributos sensoriales en cerveza estilo lager con adición de arándanos azules

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis de varianza no paramétrico realizado y la prueba de contraste de Tukey, la cual determinó que en las variables de sabor, amargor y cuerpo no existió diferencias significativas entre los tratamientos, las variables sensoriales que sí mostraron diferencias significativas fueron el color, transparencia y aceptabilidad general, y fueron a las que se les realizó la comparación de promedios según la prueba de Tukey.

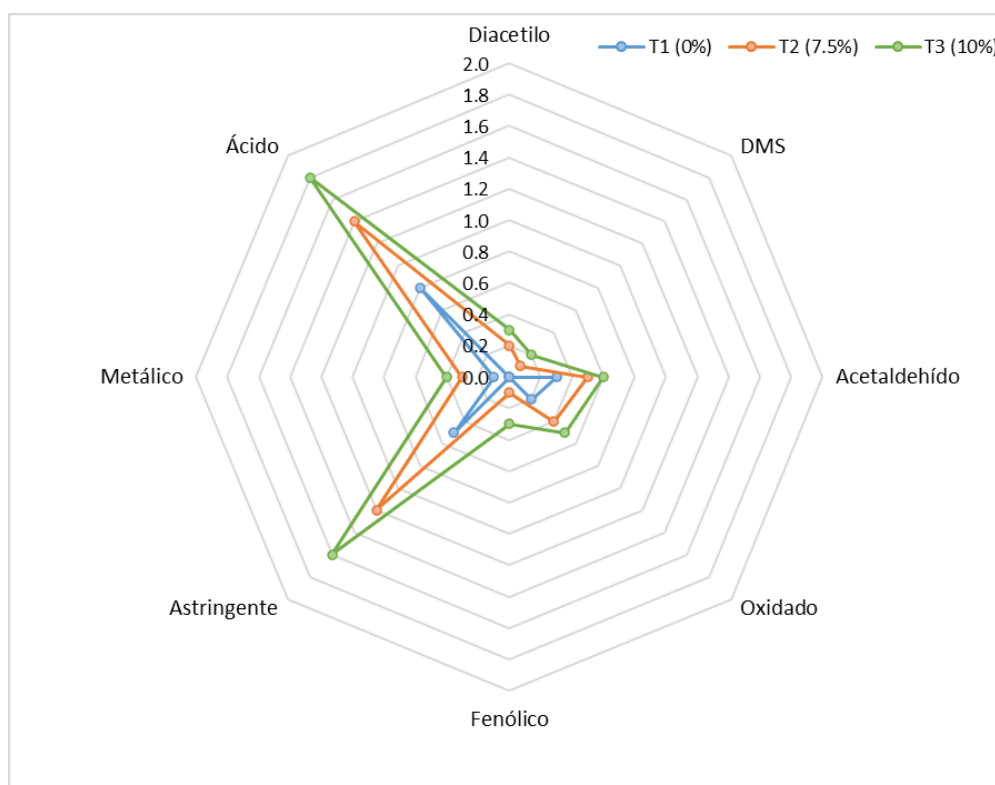
**Tabla 4.** Resultados de análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey para los atributos sensoriales de la cerveza estilo lager con arándanos azules.

Atributos sensoriales	T1 (0%)	T2 (7.5%)	T3 (10%)	Sig.
Sabor	2.50 <sup>a</sup>	2.30 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	0.71 ns
Color	1.90 <sup>a</sup>	3.50 <sup>b</sup>	4.30 <sup>c</sup>	<0.001**
Amargor	2.10 <sup>a</sup>	2.40 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	0.20 ns
Cuerpo	2.30 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	0.63 ns
Transparencia	2.50 <sup>a</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>b</sup>	0.034 *
Aceptabilidad general	3.20 <sup>a</sup>	3.40 <sup>a</sup>	4.00 <sup>b</sup>	0.034 *

Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa (Tukey HSD,  $p < 0.05$ ), \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.001$ ; ns = no significativo.

El color presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ), con T3 (10 %) alcanzando 4.30 (púrpura intensa) en comparación con T2 (7.5%) = 3.50 y T1 (0%) = 1.90, por alta extracción de antocianinas [21]. La aceptabilidad general fue mayor en T3 (4.00;  $p = 0.034$ ) en comparación con los otros dos tratamientos, mientras la transparencia en T3 disminuyó (3.50;  $p = 0.034$ ) debido a sólidos en suspensión de pectinas, pigmentos del arándano azul [22]. Sabor, amargor y cuerpo no variaron significativamente, preservando el perfil clásico del estilo lager. La adición del 10 % de pulpa de arándano azul mejora diferenciación visual y aceptación, se debe realizar una microfiltración para mayor limpieza de la cerveza. Los resultados validan el uso de arándanos locales como fuente de compuestos bioactivos, potenciando valor funcional y sensorial en cerveza la artesanal.

- Perfil de *Off-flavor* de la cerveza estilo lager con arándanos azules**



**Figura 2.** Resultados del perfil de *Off-Flavor* de la cerveza estilo lager con arándanos.

El perfil de *off-flavors* fue limpio y controlado en todos los tratamientos. Diacetilo, DMS, acetaldehído y metálico permanecieron en niveles muy bajos, indicando excelente manejo fermentativo [6]. T2 (7.5%) mostró leve aumento en ácido con una media de 1.4 y astringente 1.2, posiblemente por interacción inicial de antocianinas [9]. T3 (10%) aumentó su contenido en ácido con una media de 1.8 y el astringente a 1.6, evidenciando el efecto antioxidante del arándano, que mitiga efectos oxidativos [11]. La astringencia no aumentó significativamente.

## 4 Conclusiones

La adición de pulpa de arándano modificó significativamente el pH, el extracto aparente y el contenido de antocianinas de la cerveza, sin alterar el grado alcohólico. Estos cambios se deben al aporte de ácidos y compuestos no fermentables del fruto, incrementando el valor funcional del producto sin comprometer su calidad de la cerveza tipo lager.

Sensorialmente, la cerveza con 10 % de pulpa de arándano obtuvo mayor aceptación global y un color rosado-rubí intenso, preservando el perfil de sabor característico del estilo lager y sin *off-flavors*. Aunque se observó una ligera disminución en transparencia por sólidos en suspensión, la adición mejoró la apariencia visual, la diferenciación estética y la preferencia del consumidor. Esta variante funcional destaca por su equilibrio sensorial, valor agregado antioxidante y potencial comercial, validando el uso de recursos regionales.

## 5 Agradecimientos

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la Dirección de Institutos de Investigación y al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú, por permitir nuestra participación como postulantes en el Concurso FERCYT – Feria de Ciencia y Tecnología 2025. Asimismo, extendemos un especial reconocimiento a nuestro asesor, MSc. Hermógenes Ccasani Dávalos, por su acompañamiento, asesoramiento permanente y aportes fundamentales durante el desarrollo del presente proyecto. De igual manera, agradecemos a los responsables de los laboratorios, Ing. Justo Flavio Arias Motta, MSc. Luis Fernando Falcón Pérez, Ing. Shierly Medina Pérez e Ing. Ruth Ccopa Flores, por su apoyo técnico y la disponibilidad de los ambientes e instrumentos necesarios para la ejecución de los ensayos experimentales. Esta experiencia ha contribuido significativamente a nuestro crecimiento académico y profesional, animándonos a continuar investigando con responsabilidad, constancia y compromiso hacia el avance científico, tecnológico y social de nuestro país.

## 6 Referencias

- [1] W. Sun, "A review of the physiological functions of blueberry anthocyanins and their applications in food," BIO Web Conf., vol. 59, pp. 1–6, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20235902011.
- [2] G. Tobar-Bolaños, N. Casas-Forero, P. Orellana-Palma, and G. Petzold, "Blueberry juice: Bioactive compounds, health impact, and concentration technologies—A review," J. Food Sci., vol. 86, no. 12, pp. 5062–5077, 2021, doi: 10.1111/1750-3841.15944.
- [3] O. A. Castorena-García, J.H.; Juárez-Pérez, V.; Cano-Hernández, M.; Santiago-Santiago, V.; López-Mejía, "Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar," Concienc. Tecnológica, vol. 60, no. Caracterización fisicoquímica de la cerveza artesanal, pp. 1–11, 2020, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94465715001>
- [4] Euromonitor International, "Consumo y valor nutricional de la cerveza en América Latina," 2019. [Online]. Available: <https://www.euromonitor.com/>
- [5] C. W. Bamforth, Beer: Tap into the Art and Science of Brewing, 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2003. [Online]. Available: <https://global.oup.com/academic/product/beer-9780195305425>
- [6] W. Kalt et al., "Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins," Adv. Nutr., vol. 11, no. 2, pp. 224–236, 2020, doi: 10.1093/advances/nmz065.
- [7] R. Cadenas, I. Caballero, D. Nimubona, and C. A. Blanco, "Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer," Foods, vol. 10, no. 8, 2021, doi: 10.3390/foods10081726.
- [8] N. Cela, M. F. Fontefrancesco, and L. Torri, "Fruitful Brewing: Exploring Consumers' and Producers' Attitudes towards Beer Produced with Local Fruit and Agroindustrial By-Products," Foods, vol. 13, no. 17, 2024, doi: 10.3390/foods13172674.
- [9] R. Georgieva, P. Nedyalkov, V. Shopska, and M. Kaneva, "Effect of blueberries addition during beer maturation on yeast metabolism Rada," Food Sci. Appl. Biotechnol., vol. 4, no. March, pp. 63–75, 2021, doi: 10.30721.
- [10] P. Nedyalkov, I. Bakardzhiyski, R. Dinkova, V. Shopska, and M. Kaneva, "Influence of the Time of Bilberry (Vaccinium Myrtillus L.) Addition on the Phenolic and Protein Profile of Beer," Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., vol. 21, no. 1, pp. 5–15, 2022, doi: 10.17306/J.AFS.2022.1005.
- [11] J. G. da Silva, "Evaluation of the antioxidant power in blueberry craft beer," Instituto Superior Técnico, 2019. [Online]. Available: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244997259897/Extended Abstract\\_Jose Silva Final.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244997259897/Extended%20Abstract_Jose%20Silva%20Final.pdf)
- [12] Y. Cheng et al., "Fermented blueberry pomace with antioxidant properties improves fecal microbiota community structure and short chain fatty acids production in an in vitro mode," LWT - Food Sci. Technol., vol. 125, p. 109260, May 2020, doi: 10.1016/J.LWT.2020.109260.
- [13] N. De Simone et al., "Autochthonous Biological Resources for the Production of Regional Craft Beers: Exploring Possible Contributions of Cereals, Hops, Microbes, and Other Ingredients," Foods, vol. 10, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/foods10081831.
- [14] R. H. Sampieri, C. F. Collado, and M. del P. B. Lucio, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, 6ta edició. 2014.



- [15] AOAC International, "Official Method 2005.02: Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines—pH Differential Method." Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 2005. [Online]. Available: [https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=1684](https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1684)
- [16] AOAC International, "Official Method 981.12: Hydrogen Ion Concentration (pH) of Beverages." Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1990. [Online]. Available: [https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=1159](https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1159)
- [17] American Public Health Association (APHA), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, D.C.: APHA Press, 2015. [Online]. Available: <https://www.standardmethods.org/>
- [18] American Society of Brewing Chemists (ASBC), "Beer-4: Extract—Apparent, Original, Real, and True." ASBC, St. Paul, MN, 2011. [Online]. Available: <https://www.asbcnet.org/Methods/BeerMethods/pages/default.aspx>
- [19] AOAC International, "Official Method 935.21: Alcohol in Beer by Distillation." Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1990. [Online]. Available: [https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=1536](https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1536)
- [20] C. Nasuti and L. Solieri, "Yeast Bioflavoring in Beer : Complexity Decoded and Built up Again," fermentation, vol. 10, no. 183, 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/>.
- [21] M. E. Schreckinger, J. Lotton, M. A. Lila, and E. G. de Mejia, "Berries from South America: a comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization.," J. Med. Food, vol. 13, no. 2, pp. 233–246, 2010, doi: 10.1089/jmf.2009.0233.
- [22] P. Markakis, Anthocyanins as Food Colors. New York: Academic Press, 2012. [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/books/anthocyanins-as-food-colors/markakis/978-0-12-472550-8>